



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Tesis Doctoral

LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LOS ESPACIOS DOCENTES

Nuria Castilla Cabanes

Mayo 2015

**Directores:
Vicente Blanca Giménez
M^a Carmen Llinares Millán**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

TESIS DOCTORAL

LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LOS ESPACIOS DOCENTES

Nuria Castilla Cabanes

Directores: **Vicente Blanca Giménez**
M^a Carmen Llinares Millán

Mayo 2015

Resumen

La presente tesis doctoral aborda el estudio de la iluminación artificial en los espacios docentes y las emociones que ésta provoca en los alumnos. Se elabora a modo de guía para establecer una nueva metodología tanto para la realización de estudios de iluminación como para la incorporación de la iluminación artificial en la toma de decisiones de los arquitectos. La metodología de trabajo utilizada está basada en la Semántica Diferencial, dentro del contexto de la Ingeniería Kansei, como instrumento de medida de las emociones que despierta la iluminación desde el punto de vista del usuario/alumno. Gracias al uso de esta metodología se evita el inconveniente de que los parámetros se determinen exclusivamente por expertos y se orienta el estudio al usuario. Así, los resultados obtenidos se pueden aplicar en la definición de las características de diseño que satisfagan las percepciones, deseos y necesidades de los estudiantes contribuyendo a la mejora del aprendizaje.

Se analiza la información obtenida en tres estudios de campo. En el primero se estudia la percepción que los alumnos tienen del aula en su conjunto, incluyendo parámetros tanto de calidad ambiental interior como de arquitectura y diseño interior, con el objeto de determinar la relación de la iluminación con el resto de factores del aula. En el segundo se analiza el ambiente luminoso del aula siguiendo el mismo esquema y metodología utilizado en la experiencia anterior. De este modo, esta investigación aporta luz a otros estudios realizados en estos ámbitos y ofrece una información más completa de los atributos que determinan las preferencias de los estudiantes y su influencia sobre la valoración global del aula y de su iluminación. Por último, una vez diseñado el método, se aplica a un caso concreto: el análisis de las diferencias de percepción del ambiente luminoso del aula cuando se produce el cambio de lámparas fluorescentes a lámparas LED (*Light Emitting Diode*) ya que esta modificación tiene importantes implicaciones en la eficiencia energética de las aulas. De esta forma, se ponen de manifiesto las posibilidades de la metodología utilizada y sus posibles aplicaciones al campo de la investigación en iluminación.

El trabajo incluye el desarrollo de un marco conceptual que incorpora el análisis de los estudios de iluminación realizados hasta la fecha con el objetivo de dirigir apropiadamente la investigación posterior y sobre los que se muestran las potencialidades y limitaciones sobre las que dirigir futuras líneas de trabajo. De esta manera, esta tesis abre el camino a futuras investigaciones en el campo de la iluminación en la arquitectura que contribuyan a la formación de profesionales sensibilizados con la luz y las emociones que ésta despierta y que posean la capacidad técnica y creativa suficiente para materializar estos conocimientos en sus obras.

Resum

La present tesi doctoral aborda l'estudi de la il·luminació artificial en els espais docents i les emocions que aquesta provoca en els alumnes. S'elabora a manera de guia per a establir una nova metodologia tant per a la realització d'estudis d'il·luminació com per a la incorporació de la il·luminació artificial en la presa de decisions dels arquitectes. La metodologia de treball utilitzada està basada en la Semàntica Diferencial, dins del context de l'Enginyeria Kansei, com instrument de mesura de les emocions que desperta la il·luminació des del punt de vista de l'usuari/alumne. Gràcies a l'ús d'aquesta metodologia s'evita l'inconvenient que els paràmetres es determinen exclusivament per experts i s'orienta l'estudi a l'usuari. Així, els resultats obtinguts es poden aplicar en la definició de les característiques de disseny que satisfacin les percepcions, desitjos i necessitats dels estudiants contribuint a la millora de l'aprenentatge.

S'analitza la informació obtinguda en tres estudis de camp. En el primer s'estudia la percepció que els alumnes tenen de l'aula en el seu conjunt, incloent paràmetres tant de qualitat ambiental interior com d'arquitectura i disseny interior, amb l'objecte de determinar la relació de la il·luminació amb la resta de factors de l'aula. En el segon s'analitza l'ambient lluminós de l'aula seguint el mateix esquema i metodologia utilitzat en l'experiència anterior. D'aquesta manera, aquesta investigació aporta llum a altres estudis realitzats en aquests àmbits i ofereix una informació més completa dels atributs que determinen les preferències dels estudiants i la seua influència sobre la valoració global de l'aula i de la seua il·luminació. Finalment, una vegada dissenyat el mètode, s'aplica a un cas concret: l'anàlisi de les diferències de percepció de l'ambient lluminós de l'aula quan es produeix el canvi de llums fluorescents a llums LED (*Light Emitting Diode*) ja que aquesta modificació té importants implicacions en l'eficiència energètica de les aules. D'aquesta forma, es posen de manifest les possibilitats de la metodologia utilitzada i les seues possibles aplicacions al camp de la investigació en il·luminació.

El treball inclou el desenvolupament d'un marc conceptual que s'acompanya de l'anàlisi dels estudis d'il·luminació realitzats fins a la data amb l'objectiu de dirigir apropiadament la investigació posterior i sobre els quals es mostren les potencialitats i limitacions sobre les quals dirigir futures línies de treball. D'aquesta manera, aquesta tesi obri el camí a futures investigacions en el camp de la il·luminació en l'arquitectura que contribuïsqen a la formació de professionals sensibilitzats amb la llum i les emocions que aquesta desperta i que posseïsqen la capacitat tècnica i creativa suficient per a materialitzar aquests coneixements en les seues obres.

Abstract

This thesis deals with the study of artificial lighting in learning spaces and the emotions it causes in students. It is made as a guide for establishing a new methodology for both the accomplishment of studies of lighting and for the incorporation of the artificial lighting in the decision-making of architects. The working methodology is based on the Semantic Differential, within the context of Kansei Engineering, as a measure of the emotions aroused by lighting from the point of view of the user/student. Thanks to the use of this methodology there is avoided the disadvantage that the parameters are determined exclusively by experts and the study is orientated to the user. Thus, the obtained results can be applied in the definition of the design features that satisfy the perceptions, desires and needs of the students contributing to the improvement of learning.

The information obtained in three field studies is analysed. In the first one, the students' perception of the classroom is studied, including parameters of Indoor Environmental Quality, architecture and interior design in order to determine the relationship between lighting and the rest of the factors in the classroom environment. In the second one, the luminous environment of the classroom is analysed following the same scheme and methodology used in the previous experience. Therefore, this research brings light to other studies in these areas and provides more complete information on the attributes that determine the preferences of students and their influence on the classroom and lighting's overall assessment. Finally, once it is designed the method, it is applied to a specific case: the analysis of the differences of perception of the classroom's lighting when it is changed the fluorescent lamps to LED (Light Emitting Diode) lamps since this change has important implications in the classroom's energy efficiency. Thus, it is showed the potential of the used methodology and its possible applications to the research of lighting.

The study includes the development of a conceptual framework which incorporates the analysis of lighting studies carried out up to the date with the objective to guide properly further research and to show the potentials and limitations for future lines of work. Thus, this thesis opens the path for future research in architectural lighting that contributes to the formation of professionals sensitized with light and the emotions that it arouses and who have enough technical and creative ability to materialize this knowledge in their own work.

Agradecimientos

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a M^a Carmen Llinares Millán y a Vicente Blanca Giménez por todo el apoyo, aliento y dedicación que me han mostrado en la dirección de esta Tesis.

A Andrés Martínez Medina por su enorme interés en la dirección de mi trabajo de investigación.

A los investigadores internacionales expertos en iluminación: Jennifer A. Veitch, Kevin W. Houser, Steve Fotios y Stephan Völker por sus comentarios y aportaciones a mi tesis doctoral en el encuentro internacional de doctorandos en temas de iluminación Lumenet 2012.

A los profesores de la Universidad Politécnica de Valencia y de la Universidad de Alicante que impartían docencia en las aulas adecuadas para las experiencias y que han participado de una forma u otra en los estudios de campo, por su maravillosa disposición a ayudarme en todo lo que necesitara, muchos de ellos sin ni siquiera conocerme a priori:

Jorge Alcaide Marzal, Sabina Asensio Cuesta, Lorena María Atares Huertas, José Manuel Barrera Puigdollers, José María Bravo Plana-sala, Francisco Belmar Ibáñez, Pilar Candelas Valiente, Francisco Salvador Cervera Moreno, Fernando Cerveró Romero, Estefanía Cuenca Asensio, Ignacio Díez Torrijos, Debora Domingo Calabuig, María Victoria Esgueva López, Ana Espinós Capilla, Fernando Estellés Barber, Igor Fernández Plazaola, Dolores Furió Vita, Jorge García Hernández, Isabel Gasch Molina, Antonio Giménez Morera, Andrés Lapuebla Ferri, Jaime Llinares Millán, María del Carmen Llinares Millán, Mónica Mateo García, Jesús Mené Aparicio, Rosa María Martínez Sala, Antoni Montañana i Aviñó, Elena Navarro Astor, Bélgica Pacheco-Blanco, Alvaro Felipe Page Del Pozo, Núria Pascual Seva, Ignacio Javier Payá Zaforteza, Marta Pérez Rodríguez, Ana María Portalés Mañanós, Isabel Rodríguez Abad, José Ramón Ruiz Checa, María Paula Santiago Martín de Madrid, Isabel Tort Ausina, Antonio Uris Martínez, María Desamparados Vargas Colas. Especialmente a Carlos Pérez Carramiñana por su amistad e interés en la elaboración de este trabajo.

A todos mis compañeros del Departamento de Construcciones Arquitectónicas, especialmente a los profesores de la asignatura Acondicionamiento y Servicios II. A Alicia Martínez Antón, mi otro yo en la Escuela, porque después de siete años la gente sigue confundiendo nuestros nombres, y a Francisco José Cubel Arjona porque ambos me ayudaron con el pase de encuestas.

A Rafael Contero, de mantenimiento, que tan amablemente se encargó de la colocación y replazo de las luminarias en las aulas. A Philips Lighting Iberia por el préstamo desinteresado de sus productos para que pudiera llevar a cabo esta investigación y, en concreto, a las gestiones de Iván Castillo.

Y por supuesto, mi más sincero agradecimiento a todos los alumnos que han participado en los estudios de campo. Su disposición a ayudarme realmente me conmovió, especialmente a los alumnos de 4°C y 4°D de la asignatura Acondicionamiento y Servicios II de los cursos 2011/2012 y 2012/2013 por su paciencia.

En cuanto al apartado personal, quisiera dedicar esta tesis a mi marido Óscar, mi compañero, verdadero promotor y mecenas de este trabajo, por todo el amor, cariño y apoyo demostrado “con hechos” día a día. A mi madre, sin palabras, por todo el esfuerzo que ella sabe que le ha costado que yo llegara hasta aquí. A mi padre, que me mostró el gusto por el conocimiento y la lectura y que tan amablemente me dejó su magnífico archivo fotográfico para que yo lo manipulara a conveniencia para incluirlo en este trabajo. A mi hermana Elena, dispuesta a ayudarme siempre en lo que haga falta sin que ni siquiera lo pida. A mis tíos Antonio y Gabriel que constituyeron mi primer contacto con el mundo de la Arquitectura. A Lucía, la pequeña torbellino y alegría de la familia. Por último, a mi hijo Óscar, que se gestó dentro de mí mientras hacía esta tesis, espero que el ambiente de estudio vivido le ayude en su camino.

Índice

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
I.1 ANTECEDENTES	10
I.2 MÉTODO Y ESTRUCTURA DE LA TESIS	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO. ESTADO DE LA CUESTIÓN	19
II.1 PARÁMETROS BÁSICOS EN ILUMINACIÓN	20
II.1.1 Magnitudes fotométricas	20
II.1.2 Conceptos básicos	22
II.2 LA ILUMINACIÓN NATURAL	29
II.3 LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	30
II.3.1 Tipos de fuentes de luz artificiales	32
II.3.2 Ventajas e inconvenientes de las lámparas	34
II.4 PRINCIPIOS GENERALES DE LA ILUMINACIÓN	36
II.5 LA INFLUENCIA DE LA LUZ EN EL SER HUMANO	39
II.5.1. Efectos visuales	43
II.5.2. Efectos biológicos	51
II.5.3. Efectos fisiológicos	57
II.5.4. Efectos psicológicos	61
II.6 LA ILUMINACIÓN, EL APRENDIZAJE Y EL ENTORNO DOCENTE	67
II.7 LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LOS ESPACIOS DOCENTES	69
II.8 ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS SOBRE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN ESPACIOS DOCENTES	73
II.8.1 Evolución de las investigaciones	73
II.8.2 Estímulos lumínicos empleados	79
II.8.3 Parámetros a medir	102
II.8.4 La muestra	123
II.8.5 Métodos para recoger la respuesta emocional del sujeto	139
II.9. LA INGENIERÍA KANSEI: APLICACIONES A LA ILUMINACIÓN	151
II.9.1 Introducción a la Ingeniería Kansei	151
II.9.2 Metodología general de la Ingeniería Kansei	152
II.9.3 Tipos de Ingeniería Kansei	156
II.9.4 Aplicaciones de la Ingeniería Kansei	166
II.9.5 La Ingeniería Kansei en la Iluminación	185

CAPÍTULO III: OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE PARTIDA	189
III.1 OBJETIVOS	191
III.2 HIPÓTESIS DE PARTIDA	196
CAPÍTULO IV: MARCO EXPERIMENTAL. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE EXPERIENCIAS	199
IV.1 EXPERIENCIA 1: ANÁLISIS DEL AULA	200
IV.1.1. Introducción	200
IV.1.2. Material y Métodos	201
IV.1.2.1 Fase 1: Elaboración de cuestionarios	209
IV.1.2.2 Fase 2: Selección de estímulos	219
IV.1.2.3 Fase 3: Planificación del estudio de campo	220
IV.1.2.4 Fase 4: Desarrollo del estudio de campo	223
IV.1.2.5 Fase 5: Tratamiento de datos	226
IV.1.3. Resultados y discusión	240
IV.1.3.1. Etapa 1: Análisis descriptivo de la muestra	242
IV.1.3.2. Etapa 2: Obtención y extracción de los ejes semánticos	256
IV.1.3.3. Etapa 3: Ordenación de la importancia de los ejes	264
IV.1.3.4. Etapa 4: Análisis de la influencia de las propiedades	266
IV.1.3.5. Etapa 5: Análisis de la influencia de las tareas	275
IV.1.3.6. Etapa 6: Validación del modelo obtenido	282
IV.1.4. Conclusiones	294
IV.1.4.1. Relativas a la metodología	294
IV.1.4.2. Relativas a los resultados obtenidos	295
IV.2 EXPERIENCIA 2: ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN DEL AULA	298
IV.2.1 Introducción	298
IV.2.2 Material y Métodos	299
IV.2.2.1 Fase 1: Elaboración de cuestionarios	305
IV.2.2.2 Fase 2: Selección de estímulos	310
IV.2.2.3 Fase 3: Planificación del estudio de campo	311
IV.2.2.4 Fase 4: Desarrollo del estudio de campo	313
IV.2.2.5 Fase 5: Tratamiento de datos	315
IV.2.3 Resultados y discusión	320
IV.2.3.1. Etapa 1: Análisis descriptivo de la muestra	322
IV.2.3.2. Etapa 2: Estudio del universo semántico	333
IV.2.3.3. Etapa 3: Ordenación de la importancia de los ejes	342
IV.2.3.4. Etapa 4: Análisis de la influencia de las variables	347
IV.2.3.5. Etapa 5: Análisis de la influencia de las tareas	351
IV.2.3.6. Etapa 6: Validación del modelo obtenido	357
IV.2.4 Conclusiones	369
IV.3.2.1 Relativas a la metodología	369
IV.3.2.2 Relativas a los resultados obtenidos	370

IV.3 EXPERIENCIA 3: PRUEBA PILOTO	374
IV.3.1 Introducción	374
IV.3.2 Material y Métodos	375
IV. 3.2.1 Fase 1: Elaboración de cuestionarios	378
IV. 3.2.2 Fase 2: Selección de estímulos	383
IV. 3.2.3 Fase 3: Planificación del estudio de campo	388
IV. 3.2.4 Fase 4: Desarrollo del estudio de campo	391
IV. 3.2.5 Fase 5: Tratamiento de datos	394
IV.3.3 Resultados y discusión	399
IV. 3.3.1 Etapa 1: Análisis descriptivo de la muestra	401
IV. 3.3.2 Etapa 2: Análisis preliminar	407
IV. 3.3.3 Etapa 3: Análisis de la percepción de la iluminación con fluorescente	411
IV. 3.3.4 Etapa 4: Análisis de la percepción de la iluminación con LED	420
IV. 3.3.5 Etapa 5: Análisis comparativo de la percepción de la iluminación con fluorescente y LED	429
IV. 3.3.6 Etapa 6: Análisis comparativo de la percepción de la iluminación con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo	443
IV.3.2 Conclusiones	467
IV.3.2.1 Relativas a la metodología	467
IV.3.2.2 Relativas a los resultados obtenidos	468
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	471
VI.1 CONCLUSIONES	472
VI.1.1 Conclusiones relativas al estado de la cuestión	473
VI.1.2 Conclusiones relativas a la metodología y al estudio desarrollado	479
VI.1.3 Conclusiones relativas a los resultados obtenidos	481
VI.1.4 Conclusiones relativas a la proyección de los resultados y futuras líneas de trabajo	488
BIBLIOGRAFÍA	497
ANEXOS	527
Anexo 1. Índice de figuras y tablas	529
Anexo 2. Relación de estudios investigados	552
Anexo 3. Resumen resultados de los estudios	555
Anexo 4. Texto original de Boyce, P.	571
Anexo 5. Datos estadísticos	573
Anexo 6. Fichas técnicas de las aulas estudiadas	615



Fig. 1. Jóvenes bajo el sol



Fig. 2 . El Sol

Capítulo 01

I. Introducción



Fig. 3. El Sol y el Hombre

I.1. ANTECEDENTES

Desde los albores de la prehistoria, la humanidad se ha preocupado por el sol y por sus rayos de luz. Se ha desarrollado y se ha adaptado a ese sol específico, ajustando y sincronizando su fisiología interna y sus actividades al espectro único de la radiación ultravioleta y de la luz solar visible de espectro continuo. Sin embargo, la importancia de la luz natural para la salud general ha sido en gran medida ignorada durante muchos años¹.

Muchas veces se olvida que el organismo humano se esfuerza por crecer, desarrollarse y funcionar como un todo integrado. En cada una de sus respuestas a las fuerzas o limitaciones que lo estimulan de su entorno, responde orgánicamente mediante la búsqueda de equilibrios físicos con esas fuerzas y limitaciones que cumplen con ciertas funciones en sistemas concretos inherentemente coordinados. Estas respuestas tienen un peso importante en la determinación del desarrollo, la eficiencia y el bienestar posterior del organismo².

La mayoría de la gente, pasa alguna parte del día bajo la influencia de la luz del sol. Sin embargo, conforme la sociedad se vuelve más urbana, la cantidad de tiempo que pasa cada día bajo la influencia de la luz natural está disminuyendo. Más y más personas pasan más y más horas bajo la influencia de la luz artificial³. De hecho, la luz artificial forma parte de la vida cotidiana diaria. Incluso en los lugares más soleados, la exposición diaria a la luz natural es más pequeña que a la luz eléctrica. Entre las fuentes de luz eléctrica, las lámparas fluorescentes cuentan con el 67% de los lúmenes mundiales⁴.

¹ Hughes, P. C., 1981, School Lighting for the Total Person: A Psychobiological Approach, *Council of Educational Facility Planners Journal*, March-April, pp.4-6.

² *Ibidem op. cit.*

³ Hathaway, W. E., 1982, *Lights, Windows, Color: Elements of the School Environment*, Annual Meeting of the Council of Educational Facility Planners, International, 59th, Columbus, OH, September 26-29, p. 4.

⁴ McGowan, T. K., 1996, *GE Lighting*, personal communication, 18 October 1996. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, A critical examination of perceptual and cognitive effects attributed to full-spectrum fluorescent lighting, *Ergonomics*, vol. 44, nº 3, p. 255.



Fig. 4. Árbol en patio interior

Como se observa, a medida que la gente se ha trasladado al interior para escapar de los elementos de la naturaleza y ha aumentado su tiempo de trabajo, se ha visto obligada a renunciar a los beneficios de la luz natural de espectro continuo y a reemplazarlo con fuentes de luz artificial que varían mucho de la luz solar. No es de extrañar, que la iluminación eléctrica haya sido identificada como una fuente de preocupación y de interés para las personas⁵. A menudo, mala salud, infecciones y enfermedades endémicas se asocian al cambio a una vida en interiores⁶. La población estudiantil no es una excepción a esta regla y, en muchos lugares, es prácticamente una especie de interior.

El ambiente escolar se puede comparar con las condiciones propicias para el crecimiento de una planta con flores en el jardín. (Si las condiciones son buenas) la planta será saludable, el crecimiento será fuerte, (la cosecha) será abundante. (Si las condiciones son peores que lo que es ideal) la planta será escuálida y de mala calidad. Del mismo modo, el entorno escolar influye en la enseñanza y el aprendizaje⁷.

El uso de la luz natural en los ambientes docentes puede promover un entorno visual saludable y aumentar el rendimiento del aprendizaje. El principal factor que influye y afecta al entorno visual puede ser el área de la ventana y la orientación del aula. El área de la ventana admite la luz natural y ofrece vistas hacia el exterior a los profesores y estudiantes. Sin embargo, si la ventana no está diseñada correctamente, puede dar lugar a unas malas condiciones visuales y a un espacio poco atractivo. La orientación del aula es también un factor importante que influye en la distribución y en la cantidad de luz natural.

⁵ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

⁶ Hughes, P. C., 1981, *op. cit.*

⁷ Singel, F. J., 1969, *Planning the Learning Environment*, Public Schools, Madison Wisconsin, p. 11.

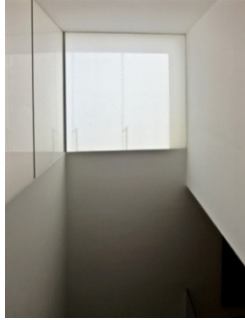


Fig. 5. Interior

Por lo tanto, es fundamental investigar el ambiente luminoso del aula para diseñar espacios docentes en los que la luz solar que penetre sea útil⁸. De manera que se consigan espacios donde se controle tanto la cantidad como la calidad de la luz. Sin embargo, no se trata simplemente de realizar las aberturas necesarias y colocar el número de lámparas preciso. Generalmente la luz artificial no se sabe integrar en etapas previas del proyecto, por lo que el sistema de iluminación artificial se convierte en un elemento añadido y no en una parte substancial del ambiente lumínico que trabaja en conjunto con el entorno arquitectónico.

La luz natural y la artificial no sólo son diferentes en su origen o en sus características sino que también conviven de manera distinta a lo largo del día o de las estaciones. La importancia de la luz en el interior de los espacios va más allá y tiene un aspecto más significativo: su influencia en el ser humano. Aspecto muchas veces olvidado por los arquitectos y que, en cierta manera, esta investigación pretende compensar.

Las relaciones entre arquitectura y educación son múltiples y complejas. Lo que normalmente se estudia es la arquitectura de los edificios educativos. Sin embargo, como vemos, esta relación tiene muchos más componentes en las que figuran las relaciones entre desarrollo mental, desarrollo social y desarrollo territorial, que son esenciales tanto para la arquitectura como para la cultura humana.

Desde el principio de los tiempos el hombre se ha esforzado por mejorar su calidad de vida. Y cada vez más, desea que esta calidad esté presente en todos los ámbitos posibles, incluyendo también el entorno lumínico. Al hablar de calidad en el entorno lumínico, quizá la parte de la calidad estética de la luz es la más utilizada.

⁸ Kim, Y. J., Kim, J. T., 2011, *A comparative analysis of the luminous environment of school classrooms with different orientations*, Proceedings of the 13th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, p. 12.



Fig. 6. Hombre y luz artificial

De hecho, la calidad estética de la luz es un concepto innegable, utilizado desde siempre en la arquitectura. Se puede ver en las palabras de Zumthor cuando dice:

[...] Una de mis ideas preferidas es primero pensar el conjunto del edificio como una masa de sombras, para a continuación – como en un proceso de vaciado –, hacer reservas para la instalación que permita las luces que queremos. Mi segunda idea favorita – por cierto, muy lógica, no es ningún secreto, lo hace cualquiera – consiste en poner los materiales y las superficies bajo el efecto de la luz, para ver cómo la reflejan. Es decir, elegir los materiales con la plena conciencia de cómo reflejan la luz y hacer que todo concuerde⁹.

De este modo, la luz es un aspecto fundamental de la práctica arquitectónica donde el arquitecto la utiliza como forma de composición que da lugar a edificios maravillosos. Como por ejemplo, los edificios de Le Corbusier, donde la luz, el sonido, el color, el ritmo y el espacio son los elementos clave para introducir en los ocupantes una sensación de armonía interior que resulta de un estado de transformación espiritual, como en el monasterio de La Tourette.

"La arquitectura es el juego sabio, correcto, magnífico de los volúmenes bajo la luz"¹⁰

Sin embargo, muchos otros casos, medir solamente la emoción o el carácter individual que al arquitecto le sugiere la luz y presumir que dicha emoción será la misma en todo aquel que visite o habite su edificio, puede no tener el mismo resultado. Más si se incluye el factor tiempo, que dará lugar a una visión del edificio cambiante con las modas y los usos.

⁹ Zumthor, P., 2006, *Atmósferas*, ed. G. Gilli, Barcelona, p. 58.

¹⁰ Le Corbusier, 1977, *Hacia una arquitectura*, ed: Poseidón, Buenos Aires.

Otro aspecto interesante es la distinta respuesta del individuo ante los estímulos luminosos según la etapa de la vida en que se encuentre. Se observa pues, que son numerosos los factores relacionados con las cualidades intrínsecas de las personas, los que condicionan la percepción.

De hecho, tanto factores fisiológicos como psicológicos inciden en la percepción de la luz y el espacio. Éste es un concepto multisensorial, es decir, la percepción de un determinado estímulo viene condicionada por un conjunto de sentidos.

Estas son las dificultades en las que no se ha de olvidar que el juez último de la calidad luminosa, es en definitiva el ojo humano. De este modo, cualquier avance en la calidad lumínica estará en gran medida relacionado con el avance en el estudio de la percepción y del comportamiento del sistema visual humano.

Además, tener en cuenta los principios psicológicos de las emociones, las aportaciones del diseño emocional, así como las aportaciones de carácter subjetivo, podría llegar a ser una herramienta muy útil para un arquitecto que podría incorporar estos conceptos a sus proyectos.

A partir de estas reflexiones, comienzan a surgir infinidad de cuestiones:

- ¿Qué factor es el determinante al juzgar la calidad estética de un espacio?
- ¿Cómo cambia la percepción del espacio cuando se modifica la iluminación?
- ¿Cómo influye ese cambio en el ser humano o en su organismo?
- ¿La diferencia es sustancial o insignificante?
- ¿Son válidos en la actualidad los niveles de iluminación reglamentados o estos responden a una época donde se han primado los excesos sin contraponerlos a las necesidades energéticas que requieren?

Preguntas como éstas pueden tener respuesta mediante la investigación de los aspectos relacionados con la iluminación.

I.2. MÉTODO Y ESTRUCTURA DE LA TESIS

Se puede considerar este trabajo como una investigación de campo en la que para su realización ha sido necesaria una recopilación bibliográfica, la conformación de un marco teórico, el desarrollo de tres estudios de campo o experiencias y el establecimiento de unas conclusiones. De esta manera, la presente tesis consta, además de este capítulo introductorio, de cuatro capítulos. En los dos primeros, se fundamenta teóricamente la investigación, en el siguiente se realiza la investigación empírica y en el último se recogen las principales conclusiones. A continuación, se resume brevemente el contenido de cada uno de ellos.

En el Capítulo II se describen los parámetros lumínicos más empleados en la investigación en iluminación, haciendo primero una introducción a las características fundamentales de la luz tanto natural y artificial, así como la influencia de la luz en el ser humano, en el aprendizaje y en el entorno docente y una breve descripción del uso de la iluminación artificial en los espacios docentes. Dicha influencia es la justificación última de toda la experimentación posterior.

A continuación, se muestra la revisión bibliográfica realizada de las investigaciones en iluminación artificial en centros docentes de los años 1939 a 2012. El fundamento de esta revisión ha sido la base de datos electrónicos SCOPUS. Por su importancia, también se ha incluido el vaciado de la revista *Lighting Research and Technology*.

Se han consultado también aquellas investigaciones que por su importancia eran más comentadas en la literatura científico-técnica. De este modo, se ha decidido ser lo más inclusivo posible en la revisión para proporcionar una visión global de las publicaciones sobre este tema.

En esta parte del capítulo II, se muestran los resultados del análisis de los estudios de iluminación desglosados en: evolución, estímulos lumínicos empleados, parámetros a medir, características y tamaño de la muestra y los métodos utilizados para recoger la respuesta emocional del sujeto.

Todas las citas que hacen referencia a un artículo en inglés han sido traducidas por la autora. Las referencias originales en inglés no se incluyen porque, debido a su amplio número, duplicaría la extensión del trabajo. Se puede ver un ejemplo en el Anexo 4.

autor	
año	
título	
fuente	
emplazamiento	características de la muestra empleada
duración	
lugar de experimento	
criterio de elección	
tamaño de la muestra	parámetros que se han estudiado
luz natural	
estímulos lumínicos	
parámetros a medir	
tipo de iluminación a ensayar	
análisis de datos	
técnicas estadísticas empleadas	
cuestionario	análisis cuestionarios
cuestiones planteadas	
lugar	
escala en preguntas cerradas	
resultados	
limitaciones del estudio	
comentarios	
bibliografía	
basado en otro estudio	

Tabla 1. Estructura y apartados de la página Excel utilizada para la revisión de las investigaciones en iluminación

El análisis que figura en este trabajo se ha efectuado tras un examen completo de los estudios e investigaciones más importantes. Una vez realizado este examen, se ha configurado una página Excel gracias a la cual se han analizado los estudios más importantes siguiendo los apartados que figuran a la izquierda de este texto en la Tabla 1.

Como final de este capítulo se describe el concepto y estado de la cuestión de la metodología escogida, la Ingeniería Kansei, una nueva técnica desarrollada en el ámbito industrial que elimina los inconvenientes que presentan los trabajos desarrollados en iluminación hasta el momento ya que incluye el punto de vista del usuario.

A continuación, tomando como base la información recopilada hasta el momento, en el Capítulo III, se formulan los objetivos y se establecen las hipótesis sobre las que se fundamenta la investigación.

En el Capítulo IV se inicia la parte empírica, la metodología de trabajo utilizada está basada en la Semántica Diferencial, dentro del contexto de la Ingeniería Kansei. De este modo, se aplica la Ingeniería Kansei al ámbito de la iluminación en el espacio docente.

En este capítulo se explica la planificación de los tres estudios de campo o experiencias (uno centrado en el análisis de las preferencias de los alumnos sobre su aula, el siguiente centrado en las preferencias sobre el ambiente luminoso del aula y el último, basado en las diferencias percibidas por los alumnos respecto al ambiente luminoso proporcionado por dos tipos de lámparas distintas como son los fluorescentes y los LED).

En cada caso, se delimita el proceso de muestreo, el tamaño muestral, etc. Además, se expone con detalle el procedimiento seguido para diseñar los cuestionarios y el conjunto de estímulos utilizados en cada una de las experiencias y se describe el desarrollo de las mismas, indicando las técnicas estadísticas seleccionadas para el tratamiento de los datos. A continuación, se detalla el análisis obtenido en cada uno de los estudios de campo y se describen y discuten los resultados.

Hay que destacar que para alcanzar los objetivos propuestos en cada una de estas experiencias se han definido una serie de estrategias metodológicas dispuestas en actividades y recursos que, con la adecuada ordenación, flexibilidad y adaptación, han permitido el desarrollo de cada uno de los estudios de campo.

A lo largo de la experimentación se han empleado instrumentos y técnicas para la captura y registro de la información como la observación, la elaboración y la aplicación de cuestionarios, cámaras fotográficas y aparatos de medición. Su selección se ha hecho en paralelo y se ha orientado siempre para conseguir el objetivo perseguido. La elaboración de cuestionarios para la captura de datos se describe de manera pormenorizada en este capítulo IV. También se describen las otras técnicas que se han utilizado. Éstas han sido elegidas apoyándose en el análisis resultante de la fase de revisión bibliográfica. Las que han implicado una mayor atención han sido las estadísticas.

Entre las aplicaciones informáticas utilizadas para desarrollar las estrategias metodológicas, cabe destacar el tratamiento estadísticos de los datos ya que ha implicado una mayor atención. Se ha efectuado a través del paquete informático SPSS v.16. Para la realización de los dibujos se ha utilizado el programa AutoCAD 2013 de Autodesk. Del paquete informático Microsoft OFFICE se han utilizado los siguientes programas: para la hoja de cálculo, el programa Excel; para el tratamiento de textos, el Word y para la presentación, el PowerPoint.

A partir del análisis estadístico de los datos en el Capítulo V se muestran las conclusiones obtenidas de la investigación empírica. Estas conclusiones están encaminadas a demostrar que el método creado recoge la respuesta emocional del sujeto ante diferentes entornos luminosos; además de observar cuál de los sistemas de iluminación investigados mejora la percepción emocional de los alumnos en sus aulas. Finalmente, se describen las líneas de investigación que en el futuro puedan completar los trabajos realizados hasta la fecha. Estas líneas de investigación se han planteado a partir de los resultados, la discusión y las conclusiones obtenidas en el presente trabajo.

En la última parte de la tesis se recoge la bibliografía consultada para su desarrollo y se adjuntan los anexos en los que se presenta una muestra de los cuestionarios utilizados (aulas, iluminación y diferencia entre fluorescentes y LED), así como los resultados estadísticos más relevantes obtenidos a partir de la aplicación del programa de análisis SPSS a los resultados obtenidos en los estudios de campo y las fichas técnicas de las aulas estudiadas.



Fig. 7. Tomando notas



*Veo, veo. Y tú ¿qué ves? No veo.
¿De qué color? No veo.
El problema no es lo que se ve, sino el ver mismo. La
mirada, no el ojo. Antepupila.
El no color, no el color. No ver. La transparencia.*

José Ángel Valente

Fig. 8. No ver

Capítulo 02

II. Marco teórico:
Estado de la cuestión

II.1. PARÁMETROS BÁSICOS EN ILUMINACIÓN

II.1.1. MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS

II.1.1.1. FLUJO LUMINOSO (F)

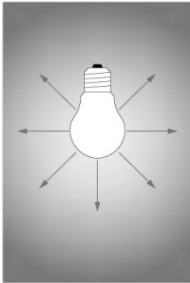


Fig. 9. Flujo luminoso

El flujo luminoso es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo.

Su símbolo es F y su unidad es el lumen (lm).

Magnitud	Símbolo	Unidad	Fórmula
Flujo	F; Φ ; Φ_V	lumen (lm)	$F = 683,002 \int_{\lambda \text{ visible}} \Phi(\lambda)V(\lambda)d\lambda$

II.1.1.2. INTENSIDAD LUMINOSA (J; I_V)



Fig. 10. Intensidad luminosa

La intensidad luminosa es la cantidad total de luz radiada o emitida en una dirección por una fuente de luz durante un segundo.

Su símbolo es J y su unidad la candela (cd).

Magnitud	Símbolo	Unidad	Fórmula
Intensidad luminosa	J; I _V	candela (cd)	$J = \frac{\Phi}{\omega}$

El flujo luminoso da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz en todas las direcciones del espacio. Por contra, si se piensa en una linterna es fácil observar que sólo ilumina en una dirección. Parece claro que se necesita conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso se define la intensidad luminosa.

ω : Ángulo sólido

Valor del ángulo sólido que determina la superficie de una esfera de 1 metro de radio, un casquete cuya área es igual a 1 m².

II.1.1.3. ILUMINANCIA (E)

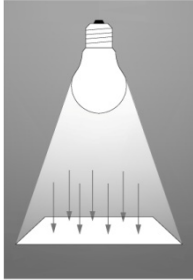


Fig. 11. Iluminancia

Iluminancia es una magnitud que mide la cantidad de flujo luminoso que incide sobre un objeto por unidad de superficie del mismo.

La iluminancia se reduce con el cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie.

Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es la iluminancia producida por 1 lumen que incide sobre una superficie de 1 m².

Magnitud	Símbolo	Unidad	Fórmula
Iluminancia	E	lux (lx) = $\frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$	$E = \frac{\Phi}{S}$

II.1.1.4. LUMINANCIA O BRILLO (L)

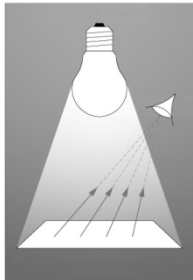


Fig. 12. Luminancia

Luminancia es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada.

Su símbolo es L y su unidad es la cd/m².

Magnitud	Símbolo	Unidad	Fórmula
Luminancia	L	cd/m ²	$L = \frac{J}{S_{\text{aparente}}} = \frac{J}{S \cdot \cos \alpha}$

Es importante destacar que sólo vemos luminancias, no iluminancias. La iluminancia es un valor fácil de calcular. La luminancia sin embargo depende de las propiedades de reflexión y los grados de reflexión de los materiales iluminados, estos valores a veces son desconocidos.

Los diseñadores en iluminación utilizan la iluminancia para diseñar los sistemas de iluminación de interiores.

II.1.2. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación se proporciona una breve introducción a conceptos básicos de iluminación para establecer la base de la revisión y definir las potenciales variables de confusión.

Para obtener más detalles se aconseja consultar algún trabajo de referencia como los editados por el Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), el Manual de IESNA Lighting¹¹ o los realizados por la Chartered Institution of Building Services Engineers¹².

II.1.2.1. CURVA DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA

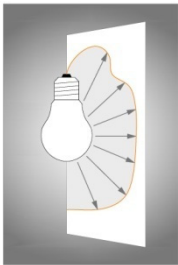


Fig.13. Curva de distribución luminosa

Se denomina también llamada curva fotométrica. Es un diagrama polar donde se representa la intensidad luminosa de una lámpara o de una luminaria.

Se obtiene la curva de distribución de la intensidad luminosa cuando se conectan los finales de todos los vectores de intensidad luminosa a una fuente de luz. Cada luminaria tiene una curva de distribución en particular, lo cual permite elegir la más adecuada para una aplicación determinada.

II.1.2.2. DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE UNA FUENTE DE LUZ (SPD)

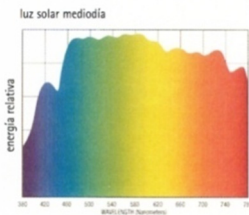


Fig. 14. Espectro de la luz solar a mediodía

La distribución espectral representa la distribución de la energía radiada en longitudes de onda diferentes en la parte visible del espectro¹³. Puede definirse para cada tipo de fuente de la luz. El espectro luminoso una fuente de luz da una idea de cómo se distribuye en valores de longitudes de onda. La luz del sol tiene un espectro continuo.

¹¹ Rea, M. S., editor, IESNA, 2000, *Lighting Handbook: Reference and Application*, 9th edition, ed. Illuminating Engineering Society of North America, New York.

¹² CIBSE, 1994, *Code for Interior Lighting*, ed. Chartered Institution of Building Services Engineers, London.

¹³ Schröder Socelec, *Distribución espectral de una fuente de luz*, [documento en línea], disponible en: <<http://www.schreder.com/esses/LearningCenter/EsencialAlumbrado/Pages/Spectral-distribution-of-a-lightsource.aspx>>, [consultado 2 agosto 2013].

De hecho, se llama **espectro visible**¹⁴ a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. A la radiación electromagnética en este rango de longitudes de onda se le llama luz visible o simplemente luz.

No hay límites exactos en el espectro visible; un ojo humano tipo responderá a longitudes de onda desde 400 a 700 nm aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 a 780 nm.

Sin embargo, el resto de fuentes de luz normalmente tiene un espectro distinto según el tipo de luz que emitan. Por ejemplo, tal como se ilustra en las figuras siguientes, la distribución espectral de una lámpara de vapor de sodio alta presión tiene la mayor parte de energía radiada en colores amarillo-naranja, mientras que la distribución espectral de una lámpara de halogenuros metálicos tiene su energía radiada en todas partes del espectro, lo que causa una emisión de luz blanca¹⁵.

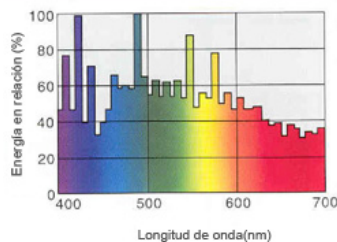


Fig. 15. Lámpara de halogenuros metálicos

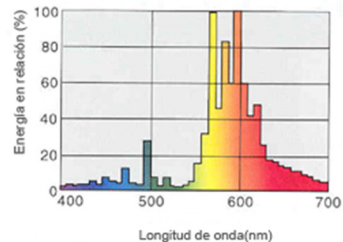


Fig. 16. Lámpara de sodio alta presión

Existe una amplia variedad de tipos de lámparas que se caracterizan por diferencias en la distribución de potencia espectral, o en inglés: “*spectral power distribution - (SPD)*”, la potencia radiante por unidad de longitud de onda en función de la longitud de onda¹⁶, es decir, diferentes lámparas emiten diferentes patrones de energía radiante en función de la longitud de onda.

¹⁴ Colaboradores de Wikipedia, Espectro visible, [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2013, recurso online, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible>, [consultado 3 agosto 2013].

¹⁵ Schröder Socelec, *op. cit.*

¹⁶ Rea, M. S., editor, IESNA, 1993a, *Lighting Handbook: Reference and Application*, 8th edition, ed. Illuminating Engineering Society of North America, New York. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

II.1.2.3. ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA (IRC / CRI / Ra)



Fig. 17. Ejemplo de buen IRC (arriba) y de mal IRC (abajo)

El índice de reproducción cromática (IRC) o en inglés: “*Color rendering index - (CRI)*” es una medida de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal¹⁷. Se define por la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) como:

*Reproducción Cromática: Efecto de una iluminación sobre la percepción del color de los objetos, de forma consciente o subconsciente, en comparación con su percepción del color bajo una iluminación de referencia*¹⁸.

El IRC se refiere a la comparación de la apariencia de color de los objetos bajo la fuente de luz de prueba con la apariencia de color de los mismos objetos cuando son iluminados por una fuente de luz de referencia (estándar) de la misma temperatura de color. Si la comparación entre la apariencia de los colores entre las dos lámparas es perfecta, IRC = 100¹⁹.

Esto es debido a que la luz solar contiene todos los en cantidades relativamente uniforme. De este modo, la luz natural es la referencia para comparar las características de rendimiento de color de otras fuentes de luz con luz natural con el máximo o índice de referencia del color (IRC) de 100²⁰.

Es un Índice útil para comparar las características cromáticas de las fuentes de luz. Permite estudiar la capacidad discriminadora de colores, según el tipo de radiación luminosa de las diferentes lámparas ya que define la ‘veracidad’ con que se ve el color de los objetos. El índice de reproducción cromática, junto con la temperatura de color, son los dos factores que permiten definir una fuente luminosa.

¹⁷Colaboradores de Wikipedia, *Índice de reproducción cromática*, [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2013, recurso online, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_reproducci%C3%B3n_crom%C3%A1tica>, [consultado 9 agosto 2013].

¹⁸ CIE, 1987, *International Lighting Vocabulary*, CIE Publication 17.4, 4th edition, CIE: International Commission on Illumination, Vienna.

¹⁹ Rea, M. S., editor IESNA, 2000, *op. cit.* Citado por: Hathaway, W. E., 1982, *op. cit.*

²⁰ *Ibidem op. cit.*

II.1.2.4. TEMPERATURA DE COLOR Y TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA (TCC O CCT)



Fig. 18. Lámparas con diferente temperatura de color

La temperatura de color es función de la combinación específica de longitudes de onda emitidas por una fuente luminosa, que luego se correlaciona con la temperatura térmica a la que un cuerpo negro ideal emitiría luz con los mismos valores de cromaticidad como la fuente. Por tanto, es un concepto que relaciona el color de una fuente luminosa al compararse con el que produce un cuerpo negro a esa misma temperatura.

Unidad: el grado Kelvin (K).

Cuerpo negro: Es un objeto teórico o ideal que absorbe completamente todas las radiaciones que inciden sobre él.

Para las lámparas fluorescentes, se utiliza el término "**temperatura de color correlacionada o temperatura correlativa de color - (TCC)** o en inglés: "**Correlated Color Temperature - (CCT)**". Es la temperatura de color a la que un radiador de cuerpo negro tiene la apariencia del mismo color que la lámpara fluorescente (que no es un radiador)²¹. Se puede decir que es la temperatura absoluta del cuerpo negro cuya cromaticidad es "la más parecida" al color de la fuente. Esto se debe a que para muchas fuentes luminosas no es posible obtener una correspondencia perfecta. En estos casos se hace referencia a la correspondencia más cercana posible.

Proporciones elevadas de radiación de onda corta generan altas temperaturas de color, que aparecen como colores fríos, como el blanco o el azul. Proporciones elevadas de radiación de onda larga producen bajas temperaturas de color, que se perciben como colores cálidos, como el rojo o el amarillo²².

Color de la luz	Temperatura de color correlacionada	Apariencia de color
Blanco rojizo	< 3300 K	Cálida
Blanco	3300 a 5300 K	Intermedia
Blanco azulado	> 5300 K	Fría

Tabla 2. Grupos de apariencia de color de lámparas

²¹ Rea, M. S., editor, IESNA, 1993a, *Lighting Handbook: Reference and Application*, 8th edition, ed. Illuminating Engineering Society of North America, New York. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²² Rea M. S., editor., 2000, *op. cit.* Citado en: Barkmann, C., Wessolowski N., Schulte-Markwort, M., 2012, Applicability and efficacy of variable light in schools, *Physiology & Behavior*, 105, pp. 621-627, p. 621.

II.1.2.5. RENDIMIENTO LUMINOSO O EFICIENCIA LUMINOSA

No toda la energía eléctrica consumida por una lámpara (incandescente, fluorescente, etc.) se transformaba en luz visible. Parte de ella se pierde por calor, parte en forma de radiación no visible (infrarrojo o ultravioleta), etc. Para hacerse una idea de la porción de energía útil se define el rendimiento luminoso como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene determinado por las características de las lámparas (25 W, 60 W...). Mientras mayor sea este cociente mejor será la lámpara y menos gastará.

Su símbolo es L y su unidad es el lumen por watt (lm / W).

Magnitud	Símbolo	Unidad	Fórmula
Rendimiento luminoso	η	lm / W	$\eta = \frac{\Phi}{W} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$

II.1.2.6. S/P RATIO

El S/P ratio de una fuente de luz hace referencia a la luz visualmente efectiva. Es la relación de la luz medida por métodos de visión fotópica (diurna) y visión escotópica (nocturna).

S/P Ratio²³

Sol + cielo	2.47
Fluorescente (5000 K)	2.10
Fluorescente (4000 K)	1.65
Fluorescente (3000 K)	1.40
Incandescente (2850 K):	1.41
Halogenuro metálico (Na/Sc):	1.49
Sodio de alta presión (50 W):	1.14

Tabla 3. Relaciones de S/P Ratio

Se determina mediante la medición de la salida en lúmenes o lux, utilizando un medidor de luz o un espectrómetro, calibrado primero a la curva de sensibilidad de la visión fotópica, y midiendo después la misma luz con instrumentos calibrados a la curva de sensibilidad de la visión escotópica.

²³ Rubenstein, F., *S/P Ratio*, [web en línea], Berkley labs, disponible en: <<http://www.sega-technologies.com/Pages/scotopicallyenhanced.aspx>>, [consultado 18 agosto 2013].

Los números resultantes forman una relación que se expresa como un número único. La relación S/P determina el brillo visual aparente de una fuente de luz y la cantidad de luz que produce una lámpara que es útil para el ojo humano es decir, lúmenes visualmente eficaces / lux).

Las lámparas con una relación S/P alta (alto contenido escotópico) mejoran nuestra capacidad de ver tanto en exteriores como en interiores. En iluminación de exterior, una fuente de luz 5000 K es más de 3 veces más eficaz que las fuentes de sodio de alta presión.

En iluminación de interior: Si dos estancias están iluminadas por separado con lámparas de 4000 K y 5000 K a igual luminancia fotópica, la estancia de 5000 K parecerá un 13% más brillante $[(S/P)^{0.5} = 1,13]$.

II.1.2.7. UNIFORMIDAD MEDIA DE LA ILUMINANCIA (U_0)

La uniformidad media de la iluminancia (U_0) es la relación existente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media sobre la superficie de referencia.

Es importante asegurar un valor de uniformidad elevado en el espacio iluminando ya que variaciones de iluminancia elevadas alrededor del área de trabajo pueden producir molestias visuales que afecten al confort de la persona. De esta manera, con un valor de adecuado de la uniformidad se garantiza la relación entre el área de la tarea y la iluminancia de las áreas circundantes inmediatas.

Magnitud	Símbolo	Fórmula
Uniformidad media (U_0)	U_0	$U_0 = E_{min} / E_{med}$

Se calcula de acuerdo con los criterios siguientes:

- E_{min} Corresponde al punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados
- E_{med} Corresponde al valor medio de la iluminancia calculado entre todos los n puntos considerados, desde el primero E_1 hasta el final E_n

II.1.2.8. DESLUMBRAMIENTO



Fig. 19. Efecto del deslumbramiento

Según el CIE²⁴, deslumbramiento es la condición de la visión que produce molestias, reducción o ambas, en la habilidad para ver objetos significantes debido a una inconveniente distribución del nivel de luminancias o variaciones extremas de las mismas en el espacio o en el tiempo. Es la sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno.

Se pueden encontrar varias formas de deslumbramiento:

1. *Atendiendo al origen:*

Directo: Debido a las propias fuentes luminosas con su flujo incidiendo directamente en el ojo del observador.

Indirecto: Se debe al flujo de una fuente luminosa reflejada en una superficie especular, mixta o semiespecular (difusora con un porcentaje de reflexión especular) hacia los ojos de un observador pudiendo producir sensaciones que van desde la leve distracción hasta fuerte incomodidad. Si la reflexión ocurre en el área de la tarea visual, se denomina reflexión por velo. Por el contrario, si sucede fuera de tal área se denomina deslumbramiento reflejado.

2. *Atendiendo a las consecuencias:*

Molesto: Produce molestias o malestar.

Incapacitante: Supone una reducción en la capacidad del sistema visual. Ceguera

²⁴ CIE, 1987, *op. cit.*

II.2. LA ILUMINACIÓN NATURAL

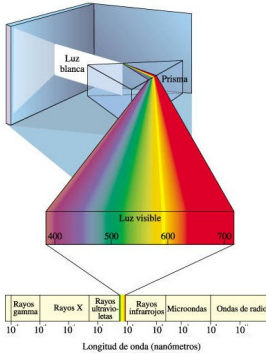


Fig. 20. Espectro de luz visible atravesando un prisma

La luz del sol es la forma de luz natural que nutre a la mayoría de los seres vivos. La fotosíntesis (la capacidad de las plantas para utilizar la luz solar en la fabricación de alimentos) y el fototropismo (la tendencia de crecimiento de las plantas hacia la luz) son dos procesos relacionados con la luz que se conocen bien. Sin embargo, los efectos de la luz sobre el ser humano no se comprenden tan ampliamente²⁵.

Para entender el efecto de la luz natural en los seres humanos es necesario, primero, conocer su naturaleza. El Universo tiene cuatro fuerzas fundamentales: la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear fuerte y la nuclear débil.

El ser humano percibe directamente dos de ellas: la electromagnética y la gravedad. La luz que nos llega del sol y de las lámparas, los rayos X, los rayos infrarrojos, las ondas radio y televisión, las señales de satélite, e incluso las ondas de los hornos microondas, todas ellas son formas de manifestación de las ondas electromagnéticas.

Como se ha comentado anteriormente, el espectro de la radiación electromagnética es muy amplio pero sólo una parte muy pequeña de este espectro, que es lo que se denomina luz visible, reúne las longitudes de onda que el ser humano puede percibir.

Dicho conjunto de longitudes de onda es el rango que va aproximadamente de los 380 a los 780 nm en los que la intensidad de la energía se distribuye uniformemente. De este modo, la mayor parte de la visión es una respuesta a la energía de la luz reflejada en los objetos en esas longitudes de onda²⁶.

Este concepto se comprende mejor con un ejemplo: se sabe que cuando la luz natural pasa a través de una gota de agua, se forma un arco iris. La misma luz del sol pasando a través de un prisma produce idéntico efecto, tal y como demostró Newton. Mientras que la luz solar parece ser, luz "blanca", el arco iris producido por las gotas de lluvia sugiere que la luz del sol contiene muchos colores. El alcance y la intensidad de estos colores es lo que se conoce como el espectro de la luz solar²⁷.

²⁵ Hathaway, W. E., 1982, *op. cit.*, p. 4.

²⁶ *Ibidem op. cit.*

²⁷ Thorington, L., Parascandola, L., Cunningham, L., 1971, Visual and Biologic Aspects of an Artificial Sunlight Illuminant, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 1, nº 10, pp. 33-41, p. 34. Citado por: Hathaway, W.E., 1982, *op. cit.*

II.3. LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

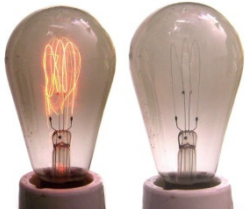


Fig. 21. Lámpara incandescente antigua, con filamento de carbono

En 1885 el físico austríaco Carl Auer von Welsbach, hace más eficiente la luz de gas. Coloca alrededor de la llama un manguito de gasa impregnada de torio y óxido de cerio. Como éste se hacía incandescente, aumentaba la intensidad luminosa.

El manguito incandescente condujo a la popularidad de la luz de gas a finales del s. XIX y principios del XX. Este hecho fue más tarde desplazado por el alumbrado eléctrico de Edison y la invención de Swan de la lámpara de filamento de carbono en 1879. Estos hechos marcaron el principio de una nueva era en el uso del hombre de la luz artificial.

Para comprender mejor tanto el uso como la investigación en luz artificial, es importante conocer su evolución. Las palabras de Peter Boyce, editor de la prestigiosa revista *Lighting Research and Technology*, son las más adecuadas:

La luz eléctrica se inició en la década de 1890 con la introducción de diversas formas de iluminación incandescente y de arco. La evolución desde entonces se puede dividir en tres fases:

- 1. Las décadas de 1890 a aproximadamente 1920 pueden considerarse como los años pioneros. Durante este tiempo, se desarrolló todo un sistema para la cuantificación y la medición de la luz, la lámpara incandescente se perfeccionó, se construyeron las redes eléctricas necesarias, se introdujeron los métodos básicos de cálculo y el uso de la iluminación eléctrica se extendió desde una minoría a una mayoría. [...] Las páginas de *The Illuminating Engineer*, fundada por Leon Gaster en 1908, están repletas con preocupaciones acerca de cómo poner luz sobre la tarea y no en el ojo, con el efecto de la iluminación sobre una superficie brillante, y con qué iluminación estaba en realidad en uso.*
- 2. Las décadas de alrededor de 1920 a 1970 pueden ser consideradas como el reino del ingeniero de iluminación. Los temas de estos años fueron una devoción por la tecnología y la cuantificación y una impulsión de mayores iluminancias, ejemplificados por el lema "Más luz, mejor visión."*

Durante estas décadas, se introdujeron muchas nuevas fuentes de luz, la lámpara fluorescente en 1938, la lámpara halógena de tungsteno en 1959, la lámpara de sodio de alta presión en 1962, y la lámpara de halogenuros metálicos en 1964. Durante el mismo período, las recomendaciones de iluminación crecieron en número y en complejidad a través de la introducción de múltiples criterios de iluminación. Dos de los más notables fueron el Índice de Reproducción de Color y el Índice de deslumbramiento del CIE General, los dos intentos de reducir fenómenos complejos a número único. Estos hechos, junto a la reducción en el costo real de la electricidad, provocó un aumento constante en la cantidad de luz que se considera aceptable y una reducción del tipo de instalación que pudiera cumplir con todos los criterios publicados. [...]

- 3. Las décadas de alrededor de 1970 hasta la actualidad han visto el ascenso del lighting designer y el declive del ingeniero de iluminación, una transformación asociada a un cambio en el énfasis desde la ciencia hacia el arte de la iluminación. Una de las razones de este cambio de énfasis puede haber sido las limitaciones en el tipo de iluminación considerada como buena práctica causada por los intentos de satisfacer múltiples criterios de iluminación al mismo tiempo. La necesidad humana de variedad en la vida es de nuevo convincentemente expresada por el Dr. Johnson, quien comentó: "La gran fuente de placer es la variedad. La uniformidad debe cansarnos al fin, aunque sea la excelencia de la uniformidad. Nos encanta esperar, y, cuando la expectativa se pierde o es satisfecha, queremos estar a la expectativa". El auge del lighting designer ha dado lugar a un patrón de la práctica de la iluminación que se divide en dos partes. En aplicaciones donde la apariencia del espacio es importante para la impresión dada, por ejemplo, para tiendas, para hoteles, para los vestíbulos de oficinas, al lighting designer se deja vía libre para utilizar la iluminación para entregar el "mensaje" requerido. En aplicaciones donde la función es la consideración principal, como en las zonas de trabajo de las oficinas, dominan los criterios simples de iluminación cuantitativa y el diseño de iluminación es en gran medida una cuestión de rutina²⁸.*

²⁸ Boyce, P. R., 2006, Education: the key to the future of lighting practice: The Trotter-Paterson memorial lecture presented to the Society of Light and Lighting, London, 21 February 2006, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, n° 4, p. 283.

II.3.1. TIPOS DE FUENTES DE LUZ ARTIFICIALES

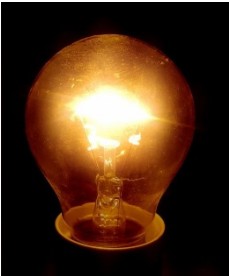


Fig. 22. Lámpara incandescente

Si el objetivo es investigar la iluminación artificial y conocer sus efectos, es necesario antes conocer los tipos de fuentes que se pueden encontrar en el mercado. Dichas fuentes, a grandes rasgos, se pueden clasificar en:

1. **Incandescentes**
2. **Descarga en gas**
3. **Led**

La diferencia entre ellas radica en la forma que tienen de generar luz:

1. **Incandescentes**

La lámpara incandescente es en realidad un radiador de calor. Tiene un filamento de wolframio alojado en el interior de una ampolla de vidrio sin aire que está rellena con gas mezcla o gases nobles. Debido al paso de la corriente eléctrica, el filamento de wolframio se pone incandescente y emite luz.

La temperatura del filamento puede llegar hasta 3000°C. Al paso de la corriente por el filamento, los electrones chocan con los átomos de wolframio. La energía se transmite a estos átomos, los cuales desprenden la misma en forma de luz y calor.

2. **Descarga en gas**

Las lámparas de descarga en gas contienen en su interior gases nobles y gases de mercurio, o de sodio, según el tipo. Al paso de la corriente los electrones emitidos chocan con los átomos de gas. Este choque provoca un desplazamiento de los electrones a una órbita superior con mayor potencial energía.

Al retornar a su órbita normal, emiten la energía en forma de radiación ultravioleta. La radiación ultravioleta excita la capa fluorescente que recubre el interior del tubo convirtiéndola en luz visible.

3. **Led**

Los diodos emisores de luz, que también son conocidos por LED (*Light Emitting Diode*), funcionan con tensiones que oscilan desde los 3 a los 12 volts.

En ellos se produce luz por electroluminiscencia siempre y cuando se aplique la tensión apropiada de corriente continua a un cristal que contiene una unión denominada p-n, donde “p” denota un exceso de cargas positivas, mientras que “n” denota lo propio pero con cargas negativas²⁹.

Con los recientes aumentos en el flujo luminoso y la eficacia, los LED han comenzado a competir con las fuentes convencionales de luz en luminarias para la iluminación general. Características típicas de los LED, como son luz direccional, tamaño pequeño y alto brillo no son como tales características nuevas de las fuentes de luz; sin embargo, son (aisladas o como combinación) características nuevas en algunas áreas de la iluminación interior funcional, tales como oficinas, aulas, salas de reunión o habitaciones de hospital.

Las lámparas más utilizadas hoy en día se enumeran en la Tabla 4.

Incandescentes	Halógenas			
Descarga en gas	Descarga en vapor de MERCURIO	Baja Presión	Tubos fluorescentes	Fluorescentes de espectro continuo (FSFL) Fluorescentes blanco frío (WWFL) Fluorescentes blanco cálido (CWFL) Fluorescentes blanco cálido filtrado (FCWFL)
			Lámparas fluorescentes compactas	
		Alta Presión	Con halogenuros metálicos	
	Descarga en vapor de SODIO	Baja Presión		
		Alta Presión		
LED	LED			

Tabla 4. Tipos de lámparas más utilizadas

²⁹ Blanca Giménez, V., Aguilar Rico, M., 1995, *Iluminación y color*, ed. Servicio de publicaciones U.P.V., Valencia.

II.3.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS LÁMPARAS

Siguiendo la clasificación de la Tabla 4, se exponen en la tabla siguiente las características más importantes de cada una de las lámparas. Estas particularidades son las se utilizan para elegir entre una u otra.

		Ventajas	Inconvenientes	Uso
Incandescentes	Halógenas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buena reproducción cromática ▪ Elevada intensidad luminosa ▪ Facilidad de instalación ▪ Encendido instantáneo ▪ Menores dimensiones ▪ Control del haz luminoso 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducida eficacia luminosa ▪ Corta duración ▪ Vida media: 2.000 horas ▪ Elevada emisión de calor 	Alumbrado de interior: Focalización
	Descarga en vapor de MERCURIO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buena eficacia luminosa ▪ Duración media ▪ Bajo coste de adquisición ▪ Mínima emisión de calor ▪ Variedad de tonos y excelente reproducción de color ▪ Vida media: 6000 a 9.000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variaciones del flujo con la temperatura ▪ Coste de adquisición medio-alto ▪ Retardo en alcanzar máximo flujo (>2 minutos) ▪ Acortamiento de vida por mínimo de encendidos 	Alumbrado de interior: Iluminación general.
Descarga en gas	Baja Presión			
	Fluorescentes compactas			
	Tubos fluorescentes			

Descarga en gas	Descarga en vapor de MERCURIO	Alta Presión Con halogenuros metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta eficacia luminosa ▪ Larga duración ▪ Flujo luminoso unitario importante en potencias medias ▪ Variedad de potencias ▪ Vida media: 10000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta depreciación del flujo ▪ Sensibilidad a las variaciones de tensión ▪ Requiere equipos especiales para arranque en caliente ▪ Dificultad de apariencias de color en reposición ▪ Flujo luminoso no instantáneo ▪ Poca estabilidad de color 	<p>Alumbrado deportivo o monumental</p> <p>En grandes alturas para iluminación general</p>
Descarga en gas	Descarga en vapor de SODIO	Baja Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excelente eficacia luminosa ▪ Larga duración ▪ Reencendidos instantáneos en caliente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mala reproducción cromática ▪ Flujo luminoso no instantáneo ▪ Sensibilidad a subtensiones 	En alumbrado de túneles
		Alta Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy buena eficacia luminosa ▪ Larga duración ▪ Aceptable rendimiento en color en tipos especiales ▪ Poca depreciación de flujo ▪ Posibilidad de reducción de flujo ▪ Vida media: 20.000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja reproducción cromática ▪ Estabilización no instantánea ▪ En potencias pequeñas gran sensibilidad a sobretensión ▪ Equipos especiales para reencendido en caliente 	<p>En alumbrado interior industrial</p> <p>En alumbrado exterior</p>
LED		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excelente eficacia luminosa ▪ Buena reproducción cromática ▪ Pequeñas dimensiones ▪ Larga vida ▪ Bajo consumo ▪ Alta resistencia contra golpes ▪ Alta eficacia en colores ▪ Luz direccionable ▪ Vida media: 50.000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad contra subidas de tensión ▪ Sensibilidad a calentamientos 	Alumbrado interior y exterior	

Tabla 5. Ventajas e inconvenientes de las principales lámparas

II.4. PRINCIPIOS GENERALES DE LA ILUMINACIÓN



Fig. 23. Luz abstracta

La luz solar puede ser recibida como luz directa o como bóveda celeste (luz difusa). Es extremadamente difícil obtener una adecuada distribución de luz por sí sola a menos que la luz natural esté bien controlada³⁰.

Si al saber conjugar la cantidad y la calidad adecuada de iluminación natural, se une el saber hacer lo mismo con la iluminación artificial, la tarea se convierte en una labor hartamente complicada, sobretodo en espacios de trabajo donde las tareas visuales son muy exigentes.

Las siguientes consideraciones generales acerca de la iluminación y su relación con la ejecución de tareas visuales provienen de Levy³¹, Gibson³² y Crouch³³:

- *La calidad de la luz es más importante que su cantidad.*
- *La cantidad de luz debe ser proporcional a la tarea realizada.*
- *La luminancia de la tarea (objeto) debe ser igual o ligeramente superior a la luminancia de todo el ambiente visual. El balance de luminancias debe ser el factor dominante en el diseño de iluminación.*
- *Un contraste excesivo (luz brillante, fondo oscuro) causa cansancio y falta de concentración. Las sombras deben ser eliminadas para mejorar el rendimiento y aumentar la retención de información.*
- *La luminancia del entorno no debe ser inferior a una quinta parte de la luminancia de la tarea y, preferiblemente, un tercio de su luminancia.*

³⁰ Singel, F. J., 1969, *op. cit.*

³¹ Levy, C., Howe, W., 1967, *Brighten your Corner*, Broadcast N° 7464, University Explorer, University of California, Los Ángeles, 4 pág. Citado por: Baas, A. M., 1973, Luminous Environments, *Educational Facilities Review*, n° 15, Oregon Univ., Eugene. ERIC Clearinghouse on Educational Management, pp. 1-10.

³² Gibson, C. D., 1965, Today's Concepts in School Lighting, *American School Board Journal*, June. Citado por: Baas, A. M., 1973, *op. cit.*

³³ Crouch, C. I., 1966, Better Lighting through Research, *American School & University*, May. Citado por: Baas, A. M., 1973, *op. cit.*

- *Una luz continua y difusa desde arriba es la forma más eficiente y económica de iluminación artificial. También produce un deslumbramiento mínimo.*
- *El deslumbramiento de las superficies cercanas deben reducirse tanto como sea posible mediante el uso de acabados mate y se evitarán pinturas brillantes, barnices y plásticos.*
- *El ángulo que se mantiene entre los materiales y la fuente de luz es fundamental. Debido al deslumbramiento reflejado, las áreas de trabajo nunca deben estar directamente debajo de las fuentes de luz.*
- *El uso de paneles de polarización es una de las maneras más eficaces de reducir el deslumbramiento.*
- *La luz uniforme no es siempre lo mejor.*
- *La luz blanca da la máxima visibilidad, pero otros colores pueden ser introducidos por razones psicológicas y estéticas.*
- *Los colores de las zonas circundantes deben ser considerados en un ambiente luminoso equilibrado.*
- *La iluminación debe estar bien integrada con otros factores de diseño de los edificios (espacial, térmico, visual, lumínico y estético).*
- *La iluminancia no es el mejor criterio para determinar la iluminación adecuada.*
- *Se debe usar un método objetivo para determinar la eficacia de cualquier sistema de iluminación [...] ³⁴.*

³⁴ Baas, A. M., 1973, *op. cit.*, p. 4.



Fig. 24. El panteón de Roma

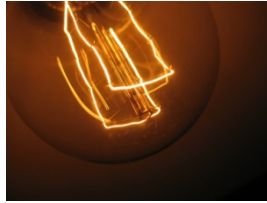


Fig. 25. Luz eléctrica

“La iluminación eléctrica nos ha permitido alejarnos aún más del estilo de vida precedente, que requería la luz solar para poder efectuar las operaciones en las que se implicaba a la vista. Además, la luz eléctrica ha alargado los días y ha acortado las noches, permitiéndonos trabajar (y divertirnos) durante las 24 horas del día. La gran mayoría de personas transcurre mucha parte de su tiempo en ambientes artificiales, ligados a ciclos de vigilia/sueño extendidos y aperiódicos.”³⁵

II.5. LA INFLUENCIA DE LA LUZ EN EL SER HUMANO

Las condiciones de la iluminación han demostrado tener impacto en los fundamentos de la vida humana: la salud, la seguridad y el bienestar. Las condiciones de la iluminación pueden afectar al rendimiento humano a través de tres sistemas: a través del sistema visual, a través del sistema circadiano y a través del sistema perceptivo³⁶.

- El sistema visual: modifica el estímulo y el estado de operación del sistema visual
- El sistema circadiano: actúa sobre el ciclo vital
- El sistema perceptual: tiene una acción global sobre el ambiente visual

La luz que incide en la retina estimula dos sistemas diferentes, pero interconectados: el sistema visual y el sistema circadiano. Cada uno de los cuales efectúa operaciones funcionales muy diferentes, necesarias para la supervivencia del ser humano. Cuando la información del sistema visual llega al cerebro se pone en funcionamiento el sistema perceptivo.

Se observa, pues, que a través de esos tres sistemas, la luz tiene en el ser humano efectos visuales, biológicos, fisiológicos y psicológicos. Estos efectos pueden llegar a tener un impacto importante en el entorno docente. La luz es un elemento fundamental del espacio docente y, por lo tanto, su uso debe ser planificado con mucho cuidado. Conocer lo que el estudiante necesita para desarrollar un equilibrio con el ambiente luminoso se convierte en un elemento prioritario para los planificadores.

³⁵ Rea, M. *et ál.*, 2007, *More than vision*, ed. Centro de Estudios e Investigación iGuzzini, Domus, Rozzano y Milán.

³⁶ Boyce, P. R., 2004, Lighting research for interiors: the beginning of the end or the end of the beginning, *Lighting Research and Technology*, vol. 36, nº 4, pp. 283-293.

El verdadero problema de la iluminación es el problema de adecuar diversos tipos de luz en los entornos ambientales del hombre civilizado, de tal manera que pueda llevar a cabo su cultura centrada en las tareas, no sólo en una forma socialmente satisfactoria, sino, más importante, de una manera eficaz biológicamente de acuerdo con la forma en que todas las estructuras relacionadas con la luz han evolucionado³⁷.

A la hora diseñar un ambiente luminoso, se debe ser consciente que nada más el hecho de cambiar las condiciones luminosas en un determinado lugar, como puede ser un aula, crea un conjunto de mecanismos causales, en una forma que Wyon³⁸ ha llamado un mapa de mecanismos vinculados, cuya justificación usada por Boyce³⁹ se describe a continuación.

- Cambiar las condiciones luminosas [...] puede afectar inmediatamente a los trabajadores [...] de tres maneras: mediante el cambio de la capacidad o agudeza visual, tal y como aseguran Rea y Ouellette⁴⁰; a través del cambio en el confort visual, como afirman Wibom y Carlsson⁴¹; y, modificando la percepción (apreciación) de las condiciones, según las investigaciones de Flynn *et ál.*⁴²
- Estos tres aspectos interactúan en el tiempo. Por ejemplo, las condiciones luminosas que causan incomodidad visual o distracción, con el tiempo, afectan a la capacidad visual y a la apreciación de las condiciones. Asimismo, las condiciones luminosas que limitan la capacidad visual, con el tiempo, afectan al confort visual.

³⁷ Singel, F. J., 1969, *op. cit.*, p. 18.

³⁸ Wyon, D. P., 1996, *Indoor environmental effects on productivity*, IAQ'96: Paths to Better Building Environments, Teichman KY, editor, Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, pp. 5-15. Citado por: Boyce, P. R. *et ál.*, 2006, Lighting quality and office work: two field simulation experiments, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, nº 3, pp. 191-223.

³⁹ Boyce, P. R. *et ál.*, 2006, *op. cit.*, p. 3.

⁴⁰ Rea, M. S., Ouellette, M. J., 1991, Relative visual performance: a basis for application, *Lighting Research and Technology*, vol. 23, nº 3, pp. 135-144.

⁴¹ Wibom, R. I., Carlsson, L. W., 1987, *Work at video display terminals among office workers*, International Scientific Conference on Work with display units 86, Knave B, Wideback PG, editors, Elsevier Science, pp. 357-367.

⁴² Flynn, J. E, Hendrick, C., Spencer, T., Martyniuk, O., 1979. A guide to methodology procedures for measuring subjective impressions in lighting, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 8, nº 2, pp. 95-110.

- Las capacidades visuales tienen un efecto directo en la ejecución de tareas, tal y como aseguran Rea y Ouellette⁴³; Eklund *et ál.*⁴⁴ y Eklund *et ál.*⁴⁵ También afectan a la percepción de la capacidad para ejecutar la tarea y por lo tanto, a la motivación para realizarla.
- El confort visual tiene un efecto indirecto sobre el estado de ánimo y, a través del estado de ánimo, un efecto sobre la sensación de salud y bienestar (aunque también podría ser considerada una forma de bienestar en sí misma).
- Las condiciones lumínicas se valoran frente a las expectativas para determinar si al trabajador [...] le gustan o disgustan las condiciones luminosas (preferencia) y esto, a su vez, da lugar a un efecto sobre el estado de ánimo, según atestiguan las investigaciones de Baron *et ál.*⁴⁶, y los de Newsham y Veitch⁴⁷.
- El estado de ánimo afecta directamente a las sensaciones de salud y bienestar. El estado de ánimo y la percepción de la capacidad influyen conjuntamente en la motivación para realiza la tarea y, por lo tanto, en el rendimiento, según testimonios de Baron *et ál.*⁴⁸ y Bandura⁴⁹.
- Por último, dar un control personal [...] afecta directamente a su estado de ánimo y a sus sensaciones sobre su capacidad para realizar una tarea, incluso si el control se utiliza poco, tal y como atestiguan Barnes⁵⁰ y Becker⁵¹.

⁴³ Rea, M. S., Ouellette, M. J., 1991, *op. cit.*

⁴⁴ Eklund, N. H., Boyce, P. R., Simpson, S. N., 2000, Lighting and sustained performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 29, pp. 116-130.

⁴⁵ Eklund, N. H., Boyce, P. R., Simpson, S. N., 2001, Lighting and sustained performance: modeling dataentry task performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30, pp. 126-140.

⁴⁶ Baron, R. A., Rea, M. S., Daniels, S. G., 1992, Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: the potential mediating role of positive affect, *Motivation and Emotion*, vol. 16, nº 1, pp. 1-33.

⁴⁷ Newsham, G. R., Veitch, J. A., 2001, Lighting quality recommendations for VDT offices: A new method of derivation, *Lighting Research and Technology*, 33, pp. 97-116.

⁴⁸ Baron, R. A., Rea, M. S., Daniels, S. G., 1992, *op. cit.*

⁴⁹ Bandura, A., 1982, Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37, pp. 122-147.

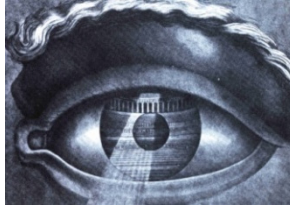
⁵⁰ Barnes, R. D., 1981, Perceived freedom and control in the built environment. In Harvey, J. H., editor, *Cognition, social behavior, and the environment*, Erlbaum, pp. 409-422.

⁵¹ Becker, F. D., 1985-1986, Quality of Work Environment (QWE): Effects on office workers, *Prevention in Human Services*, 4, pp. 35-57.

De esta manera, se observa que sólo si se tienen en cuenta los efectos biológicos de la luz, que reflejan la relación entre el ser humano y el ambiente luminoso, y se analiza exhaustivamente el efecto integral de las características de la percepción visual humana, los sentimientos psicológicos, las respuestas fisiológicas, la eficiencia en el aprendizaje (rendimiento visual) y la iluminación con ahorro de energía, se puede llegar a diseñar un ambiente luminoso en las aulas de nivel, calidad y eficiencia que cumpla con los requisitos de la enseñanza.

Dada su importancia, seguidamente, se analizan los diferentes efectos que la luz tiene en el ser humano, que son:

- efectos visuales
- efectos biológicos
- efectos fisiológicos
- efectos psicológicos



Todo esto lo han visto mis ojos.

Job, 13.1.

Fig. 26. El ojo de Ledoux

II.5.1. EFECTOS VISUALES.

Los humanos son más visuales en los procesos cognitivos que dependientes de cualquier otro sentido. Se basan en la información óptica para desenvolverse en la mayoría de los aspectos de su funcionamiento diario. La relevancia de la visión y, en consecuencia, de la iluminación, en la vida cotidiana hace de ambos, temas de investigación muy importantes.

De hecho, los efectos visuales de la iluminación han sido estudiados durante más de 500 años. Leonardo da Vinci (1452-1519) describió sus ideas acerca del "alumbrado público". Christiaan Huygens (1629-1695) formuló la teoría ondulatoria de la luz, mientras que Sir Isaac Newton (1642-1727) desarrolló la teoría corpuscular de la luz. Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) analizó los efectos de los colores y los aspectos de la iluminación.

Con la invención, a principios del XIX, de la luz de gas, y en la segunda mitad del mismo siglo, de la luz eléctrica, el estudio de los efectos visuales de la iluminación visual se dirigió cada vez más hacia la investigación de la aplicación práctica de la iluminación⁵². De este modo, el estudio de cómo se produce la visión y cuáles son los elementos involucrados, resulta fundamental para cualquier investigación en iluminación. Se debe conocer, por tanto, el órgano principal de la visión, el ojo.

El ojo funciona como una cámara fotográfica que recoge toda la información del mundo exterior. La luz pasa a través de la pupila y llega a la retina. Las células fotorreceptoras de la retina del ojo, los conos y bastones, regulan los efectos visuales. Cuando la luz llega a estas células, se produce una compleja reacción química. El producto químico que se forma (rodopsina activada) crea impulsos eléctricos en el nervio que conecta las células fotorreceptoras con la parte posterior del cerebro (corteza visual).

⁵² Van Bommel, W. J. M., Van den Beld, G. J., 2004, Lighting for work: a review of visual and biological effects, *Lighting Research and Technology*, 36, pp. 255-266.

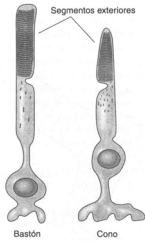


Fig. 27. Bastón y cono

En la corteza visual del cerebro los impulsos eléctricos se interpretan como "visión"⁵³. La distribución de conos y bastones no es uniforme en nuestra retina. Los conos se concentran en el centro y los bastones son más numerosos en la periferia. Los bastones operan en situaciones de niveles de luz extremadamente bajos (visión escotópica) y no permiten la visión del color. Los conos son los responsables de la nitidez y el detalle. Operan en situaciones de niveles de iluminación diurnos (visión fotópica) y sí que permiten la visión del color.

La sensibilidad de los sistemas de conos y bastones varía con la variación de longitud de onda de la luz y, por lo tanto, con los diferentes colores de la luz. Esto se ilustra en la figura 28, donde se proporcionan las curvas de sensibilidad espectral del ojo V_λ para el sistema de conos y V'_λ para el sistema de bastones. Para todas las situaciones de iluminación interior, los conos son decisivos de una manera muy determinante.

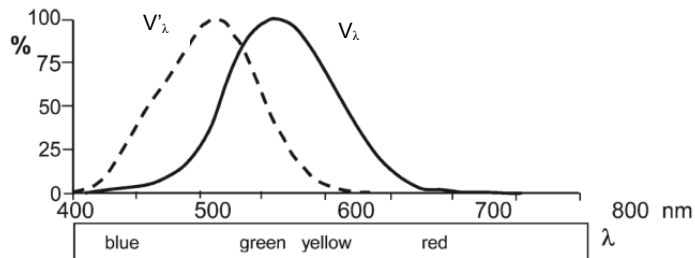


Fig. 28. Curvas espectrales de sensibilidad del ojo, V_λ para el sistema de conos (visión fotópica: línea continua) y V'_λ para el sistema de bastones (línea punteada)

El sistema visual es un sistema de detección a distancia que nos permite valorar el ambiente que nos rodea para establecer amenazas y oportunidades, [...]. En primer lugar, el sistema visual nos permite mantener una elevada fidelidad del espacio. Mediante la refracción óptica por parte de la córnea y de la lente del cristalino y mediante la potenciación de la imagen por parte de las neuronas de la retina, el sistema visual preserva una representación exacta espacial del ambiente dentro del cerebro⁵⁴.

⁵³ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

⁵⁴ Rea, M. *et ál.*, 2007, *op. cit.*

Dada la importancia de la visión para el ser humano, durante muchos años, el rendimiento visual y la incomodidad visual han sido los dos focos de la investigación en iluminación de interiores⁵⁵.

De hecho, se ha demostrado que la visibilidad depende de la calidad de todo el ambiente visual, no sólo de la cantidad de luz disponible. Es a través del contraste entre la tarea (objeto) y el fondo que el ojo ve⁵⁶.

Ver es mucho más que el reconocimiento de los detalles en algo iluminado. La visión está demostrando ser la función dominante en todas las acciones del hombre y las relaciones con su mundo espacial. Procesos visuales entran en su localización en el espacio, ajustando su equilibrio y postura en relación eficiente con lo que quiere o necesita manipular; manteniendo su cuerpo apoyado; identificando los factores o símbolos significantes del entorno; sintetizando y unificando otras sensaciones y experiencias con las inmediatamente visuales para derivar significado; determinando la dirección del movimiento manipulador; y estableciendo los equilibrios biológicos y psicológicos necesarios. De la supervivencia orgánica a la demanda social, ninguno de estos procesos visuales relacionados puede recibir atención excluyendo los demás si el organismo y la psicología del hombre ha de funcionar de manera eficiente. Con esta importancia de la visión, su correlación - la luz - entonces es la energía dominante en el entorno del hombre⁵⁷.

La visión es el receptor principal del organismo en el proceso de aprendizaje y la luz es la base de toda la visión. De este modo, la visión es probablemente la función dominante del desarrollo y aprendizaje del alumno.

Desde hace tiempo se estima que el 80% del tiempo de los estudiantes en las escuelas se dedica a tareas y actividades que requieren de la visión. Con el énfasis incrementado en la visión, así como en los dispositivos de aprendizaje multimedia, ese porcentaje no va a cambiar drásticamente, la visión sigue siendo el receptor principal del organismo en el proceso de aprendizaje⁵⁸.

⁵⁵ Boyce, P. R., 2004, *op. cit.*

⁵⁶ Baas, A. M., 1973, *op. cit.*

⁵⁷ Harmon, D. B., 1951, *The Co-ordinated classroom*, ed. American Seating Co., Grand Rapids, Michigan, p. 33.

⁵⁸ Singel, F. J., 1969, *op. cit.*, p. 17.

II.5.1.1. EFICACIA VISUAL

Se usa el concepto de eficacia visual para determinar el grado de resolución que cada persona puede alcanzar al realizar tareas visuales específicas, así como la facilidad, comodidad y tiempo que invierte en las mismas⁵⁹. La eficacia visual, por tanto, define el grado o nivel en que la visión es aprovechada por la persona para obtener información pero, como tantos otros conceptos, no se puede medir, sólo se puede valorar el funcionamiento visual en la realización de un número limitado de tareas.

El grado con el que el sistema visual puede efectuar estas operaciones tan extraordinarias está influido por la cantidad de luz disponible en la retina. Aunque se sabe que el sistema visual puede funcionar en condiciones que van desde la plena luz del sol hasta la luz nocturna tenue de las estrellas [...], la eficacia visual, los tiempos de reacción y la visión en color quedan afectados progresivamente por la reducción del nivel de iluminación. A pesar de ello, una sensación visual elemental puede ser generada por una cantidad mínima de fotones que llegue a la retina⁶⁰.

La *National Society for the Prevention of Blindness* de Estados Unidos investigó la importancia de la iluminación ambiental en los escolares. En su informe de 1963 verificó que la eficacia visual tenía un efecto notable sobre muchos resultados académicos y que, a su vez, estaba influenciada por un número extremadamente importante de factores, incluyendo la etapa de crecimiento y el desarrollo de los ojos; la presencia o ausencia de defectos oculares; la presencia y cantidad de deslumbramiento, que a menudo resultaba de la iluminación reflejada en los elementos en el aula, tales como la parte superior de los pupitres; y el brillo relativo de los objetos y sus contextos, tales como el contraste entre los objetos del entorno y de las paredes del aula, suelos o techos⁶¹.

⁵⁹ Vicente Mosquete, M.J., 2000, *Aspectos evolutivos y educativos de la deficiencia visual*, vol. II. cap. VI, apto. II. "Baja Visión", ed. O. N. C. E., pp. 63-104. Citado por: Santos Plaza, C.M., 2003, *Evaluación funcional de la visión: Un enfoque educativo*, I Congreso Virtual INTEREDVISUAL sobre Intervención Educativa y Discapacidad Visual, octubre.

⁶⁰ Hecht, S., Schlaer, S., Pirenne, M.H., 1942, Energy, Quanta, and Vision, *The Journal of General Physiology*, vol. 25, nº 6, pp. 819-840.

⁶¹ Dunn, R., Krinsky, J.S., Murray, J.B., Quinn P.J., 1985, Light Up Their Lives: A Review of Research on the Effects of Lighting on Children's Achievement and Behavior, *The Reading Teacher*, vol. 38, nº 19, pp. 863-869.

II.5.1.2. CONFORT VISUAL

El confort visual para una persona es una condición mental que expresa satisfacción con el ambiente visual. Depende del nivel de iluminancia del espacio, del índice de deslumbramiento y de la distribución espacial de la luz natural.

El confort visual tiene dos aspectos básicos⁶²:

- a. El aspecto cuantitativo, que hace referencia a que se necesita una cantidad de luz suficiente y necesaria para ver algo. La cantidad de luz puede proporcionar la visibilidad requerida (se está satisfecho con el ambiente visual si se puede ver correctamente). En un local oscuro, no se está satisfecho con el confort visual.
- b. El aspecto cualitativo, que se refiere a la eliminación de efectos molestos conectados a la iluminación. En la vida cotidiana, confort significa que los efectos perturbadores están limitados o no están presentes.

Los factores que delimitan el confort visual son:

- La uniformidad de la iluminación
- La luminancia óptima
- La ausencia de deslumbramiento
- Las adecuadas condiciones de contraste
- La percepción correcta de colores
- La ausencia de intermitencias de luz (parpadeo)

Se debe tener siempre en cuenta que una persona puede realizar una tarea visual con eficacia pero no sentir confort. El objetivo principal de la iluminación es promover ambos tanto la eficacia visual como el confort⁶³.

⁶² Pattini, A., 2011, *Confort visual: aulas y oficinas*, Jornada técnica Tecnalia, Arquitectura y confort humano.

⁶³ Singel, F. J., 1969, *op. cit.*, p. 18.

II.5.1.3. AGUDEZA VISUAL

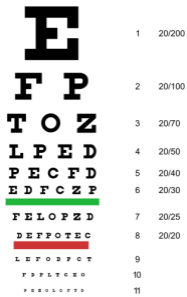


Fig. 29. Gráfica de Snellen, usada para medir la agudeza visual

La agudeza visual es la capacidad del sistema de visión para percibir, detectar o identificar objetos espaciales con unas condiciones de iluminación buenas. Para una distancia constante al objeto, si el paciente ve nítidamente una letra pequeña, tiene más agudeza visual que otro que no la ve⁶⁴.

Diferentes estudios han demostrado que la variación del espectro de la luz ambiental de una luz esencialmente blanca a unos niveles fotópicos fijos afecta a la agudeza visual de los adultos de todas las edades. Por ejemplo, durante la década de 1990, Berman y sus colaboradores⁶⁵ llevaron a cabo una serie de estudios de laboratorio en entornos laborales simulados donde compararon los efectos de diferentes espectros de luz sobre la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la percepción del brillo.

Estos estudios encontraron que una luz con un mayor contenido de azul, es decir, con una mayor temperatura correlativa de color (TCC) permitía una mejor agudeza visual y una mayor percepción del brillo en comparación con una luz de menor TCC, estando ambas condiciones de iluminación controladas para tener el mismo nivel de luz fotópica (visión diurna). Además, sus estudios de laboratorio demostraron que el mecanismo subyacente en los resultados de la agudeza era debido a una mayor eficacia de contenido espectral azulado en la variación tamaño de las pupilas. Una iluminación con una mayor TCC producía pupilas comparativamente más pequeñas para un determinado nivel de luz fotópica confinando así los rayos de luz de los objetos a la región más central del ojo, donde la calidad óptica es generalmente mejor.

Estos estudios sugirieron un nuevo principio para las aplicaciones lumínicas donde se sustituya la iluminación actual de TCC baja, el estándar típico actual en la mayoría de los edificios, por una iluminación con una alta TCC. Este principio permite, por un lado, obtener los máximos beneficios de agudeza visual manteniendo los niveles de luz sin cambios o, por otro lado, conseguir el máximo ahorro de energía mediante la reducción de los niveles de iluminación con una mayor TCC, manteniendo el nivel de la agudeza visual.

⁶⁴ Colaboradores de Wikipedia, *Agudeza visual*, [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2013, recurso online, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Agudeza_visual>, [consultado 13 noviembre 2013].

⁶⁵ Berman, S. M., Navvab, M., Martin, M. J., Sheedy, J., Tithof, W., 2006, A comparison of traditional and high colour temperature lighting on the near acuity of elementary school children, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, pp. 41-52.

II.5.1.4. RENDIMIENTO VISUAL

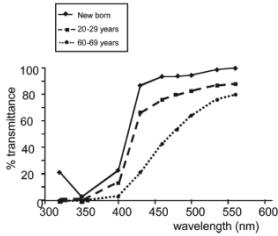


Fig. 30. Transmittancia de las lentes para varias categorías de edad

El rendimiento visual puede incidir directamente en el rendimiento escolar. Frecuentemente, los problemas de rendimiento visual van asociados a hiperactividad y/o a déficit de atención y cuando se solucionan los problemas que reducen el rendimiento visual, desaparecen (o mejoran considerablemente) la hiperactividad y el déficit de atención.

Las características de cantidad y de calidad de la luz en cualquier ambiente se encuentran entre los principales factores determinantes de la eficiencia de todos los procesos visuales en ese entorno⁶⁶. Sin embargo, establecer cuál es la cantidad y la calidad de la luz adecuada para conseguir un adecuado rendimiento visual es una tarea compleja. La calidad de la iluminación siempre debe ser lo suficientemente alta para garantizar el rendimiento visual suficiente para las tareas en cuestión. Sin embargo, el rendimiento visual real de una persona depende no sólo de la calidad de la iluminación, sino también de su propia 'habilidad para ver'.

A este respecto, la edad es un criterio importante, ya que los requisitos de iluminación aumentan con la edad. Una de las muchas razones de este efecto de la edad es el deterioro de la transmisión de las lentes de los ojos: las lentes se vuelven gradualmente amarillentas (ver figura 30). Este deterioro significa que las lentes envejecidas tienen una transmittancia inferior. También significa que se transmite menos luz y menos azulada. El ojo envejecido ve un mundo menos azul⁶⁷.

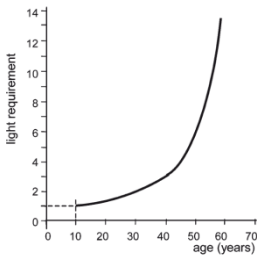


Fig. 31. Relación entre la edad y la cantidad relativa de luz necesaria para leer textos en letra impresa como un factor relativo a la exigencia de una persona de 10 años de edad

El amarillamiento gradual de las lentes y el estrechamiento de la pupila que se producen con la edad alteran el ritmo circadiano del cuerpo, lo que contribuye a una serie de problemas de salud. Conforme los ojos envejecen, cada vez menos cantidad de luz entra a través de las lentes para llegar a las células clave de la retina que regulan el ritmo circadiano del cuerpo, su reloj interno⁶⁸.

En la figura 31 se indica la cantidad mínima relativa de luz requerida para la lectura de un libro bien impreso en función de la edad. Se observa claramente como la necesidad de luz incrementa exponencialmente con la edad.

⁶⁶ Harmon, D. B., 1951, *op. cit.*

⁶⁷ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

⁶⁸ Tarkan, L., 2012, Aging of Eyes Is Blamed for Range of Health Woes, *The New York Times*, 20 February 2012.

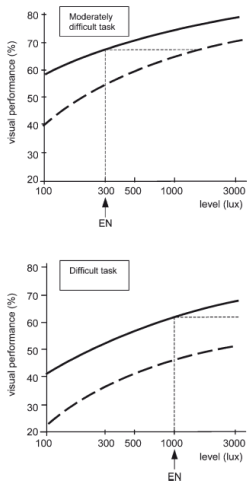


Fig. 32. Relación entre el rendimiento visual relativo (en %) y el nivel de iluminación (en lux). Línea continua: jóvenes; línea quebrada: personas mayores. EN: niveles de iluminación especificados en la norma

Dicho incremento de necesidad de iluminación no se tiene en cuenta a la hora de establecer los niveles de iluminación mínimos para cada espacio en la normativa como, por ejemplo, la norma UNE-EN 12464, que establece un factor fijo.

La figura 32 sirve como ilustración a los muchos resultados de investigaciones relativos a la influencia de la cantidad de iluminación en el rendimiento visual. En ella se proporciona el rendimiento visual relativo en función del nivel de iluminación para diferentes dificultades de la tarea visual: uno para una tarea moderadamente difícil (por ejemplo, trabajo de oficina o trabajo de maquinaria en general en un entorno industrial) y otro para una tarea difícil (por ejemplo, labores de inspección de color o trabajo de montaje fino)⁶⁹.

El gráfico muestra que los requisitos establecidos en la norma europea son, de hecho, muy adecuados para las personas más jóvenes.

Se podría pensar que puede llegar a ser interesante tratar de duplicar en interiores los niveles de iluminación proporcionados por la luz natural. Sin embargo, si bien es cierto que el sentido de la vista en el hombre se ha adaptado a través de años de evolución a la luz al aire libre y, por lo tanto, a sus niveles de iluminación, también lo es que dicha adaptación siempre se ha producido en términos de tareas visuales en el exterior.

El rendimiento visual es mayor, pero no es proporcional al nivel de iluminación. Como consecuencia de ello, no es necesario y tal vez ni siquiera conveniente tratar de duplicar la iluminación natural, en los interiores, para un uso más eficiente de la visión y el rendimiento de las tareas⁷⁰.

Además de su efecto en el rendimiento visual, la iluminación también puede tener una gran influencia sobre el ambiente y la impresión visual del lugar de trabajo. Correctamente diseñado, el entorno de trabajo en general puede tener un efecto estimulante sobre las personas que trabajan en él⁷¹.

⁶⁹ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

⁷⁰ Womack, D. W., 1963, *A Study of Factors Involved in Establishing a Satisfactory Acoustical Environment in the Classroom*, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee. Citado por: Singel, F. J., 1969, *op. cit.*, p. 18.

⁷¹ Clements-Croome, D. J., 1977, *Assessment of the influence of the indoor environment on job stress and productivity of occupants in offices*, Proceedings of Healthy buildings / IAQ'97, Washington, D. C. Citado por: Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

II.5.2. EFECTOS BIOLÓGICOS

Junto con la comida, el aire y el agua, la luz del sol es el factor más importante en la vida humana. La luz natural tiene sobre los seres humanos más efectos que los de la visión.

De hecho, el suministro de información visual al ojo sobre el entorno es sólo una función de la luz para el organismo, también se pueden encontrar importantes efectos no visuales mediados por los ojos.

El efecto beneficioso de la luz (natural) se conoce bien desde la antigüedad, siendo un ejemplo la helioterapia, o el tratamiento de la enfermedad por la exposición del cuerpo a los rayos del sol. La terapia de luz para hacer frente a los problemas de salud fue popular hasta la década de 1930, después de eso la introducción de la penicilina llevó a los fármacos a tomar el protagonismo. En los últimos 20-30 años, sin embargo, la apreciación de la luz como un factor importante para la salud y el bienestar ha revivido, gracias a diversos descubrimientos de la investigación biológica y médica⁷².

En un informe sobre las implicaciones biológicas de la iluminación artificial, Wurtman⁷³ señala que la luz, además de proporcionar estímulo visual, ejerce profundos efectos biológicos en los seres humanos y otros mamíferos.

En este sentido, varias investigaciones, como las de Boyce⁷⁴, Cajochen⁷⁵, Van Bommel y Van den Beld⁷⁶, han demostrado que tanto la iluminación natural como la artificial afectan a la salud de las personas, el humor, el bienestar y el estado de alerta.

⁷² Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

⁷³ Wurtman, R. J., 1968, Biological Implications of Artificial Illumination, A paper presented at the National Technical Conference of the Illuminating Engineering Society, Phoenix, Arizona, 63, 10, pp. 523-529. Citado por: Baas, A.M., 1973, *op. cit.*, p. 2.

⁷⁴ Boyce, P. R., 1973, Age, illuminance, visual performance, preference. *Lighting Research and Technology*, 5, pp. 125-144. Citado por: Slegers, P., Moolenaar, N., Galetzka, M., van der Zanden, B., 2012, Lighting affects students' concentration positively: Findings from three Dutch studies, *Lighting Research and Technology*, vol. 45, nº 2, pp. 159 - 175.

⁷⁵ Cajochen, C., 2007, Alerting effects of light, *Sleep Medicine Review*, 11, pp. 453-464. Citado por: Slegers *et ál.*, 2012, *op.cit.*

⁷⁶ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.* Citado por: Slegers *et ál.*, 2012, *op.cit.*

II.5.2.1. EFECTOS DIRECTOS

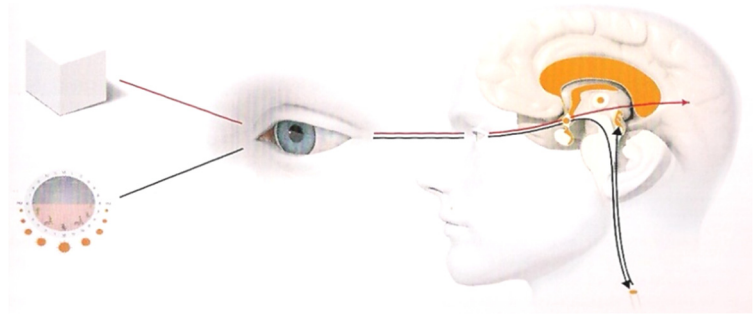


Fig. 33. Recorridos neuronales, el visual (rojo) y el circadiano (negro), para sincronizar la producción de melatonina durante la alternancia noche-día

Algunas investigaciones indican que hay numerosos efectos no visuales de la luz en las personas. El control de raquitismo y el efecto de bronceado son bien conocidos. Otros efectos menos conocidos son la sincronización de una serie de ritmos fisiológicos y la prevención y el control de la ictericia infantil⁷⁷.

La luz es, literalmente, un nutriente para el cuerpo, permitiendo que el organismo crezca adecuadamente con un mínimo de enfermedades. Por ejemplo, uno de los efectos biológicos mejor conocidos de la luz solar es la producción de vitamina D en la piel. Esta vitamina, que en realidad es una hormona debido a su estructura de esteroide activo, es esencial para la absorción intestinal normal del calcio y del fósforo de la dieta y para la mineralización normal del hueso⁷⁸.

II.5.2.2. EFECTOS INDIRECTOS

Los efectos indirectos no visuales de la luz en los procesos biológicos están mediados en parte por la glándula pineal a través del sistema visual. Estos efectos son muchos e incluyen la inducción y la estimulación de los ritmos biológicos, la inhibición en la síntesis de melatonina en el órgano pineal, influye en la maduración y la actividad cíclica posterior de las gónadas y en los efectos relacionados con el sistema endocrino. La glándula pineal parece ser central en la regulación de estos efectos indirectos de la luz.

⁷⁷ Hathaway, W. E., 1982, *op. cit.*

⁷⁸ Hughes, P. C., 1981, *op. cit.*, p. 5.

Wurtman⁷⁹ informa que la alteración en la iluminación ambiental puede producir cambios importantes, y a veces patológicos, en el metabolismo del organismo. Recomienda que, a medida que se acumula información sobre los mecanismos de los efectos biológicos de la luz, las fuentes deben ser modificadas para ser compatibles con las necesidades humanas.

Reloj biológico

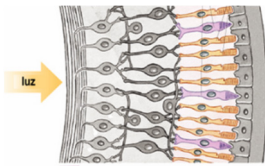


Fig. 34. Luz incidiendo sobre la retina

Todas las especies terrestres están gobernadas por relojes biológicos que se basan en un ciclo de aproximadamente 24 horas. En los seres humanos, estos relojes biológicos se encuentran en varios órganos periféricos, como el hígado, y sirven para regular sus funciones específicas como la digestión.

Sin embargo, nuestro cerebro está dotado con un reloj biológico principal que coordina los diferentes relojes periféricos para que realicen sus funciones en el momento justo y durante el tiempo necesario, siguiendo una secuencia reordenada y coordinada. Es un reloj biológico que se comporta como un director de orquesta.

El reloj biológico principal, que reside en el núcleo supraquiasmático (SCN), está preprogramado genéticamente para gestionar ciclos de aproximadamente 24,2 horas, aunque cada individuo presenta algunas diferencias en la regulación y duración de su reloj biológico principal. El reloj biológico principal de las personas que trabajan durante el día y duermen por la noche se sincroniza con la hora local, cada día, al despertar. En concreto, cuando la luz incide en la retina, proporciona la señal de sincronización al núcleo supraquiasmático, que ejecuta un programa solar de 24 horas, en lugar del programa predefinido de 24,2 horas. [...] Cuando se perturba esta armonía, por ejemplo, durante un vuelo intercontinental, se inician a manifestar alteraciones en las funciones de los órganos⁸⁰.

⁷⁹ Wurtman, R. J., Weisel, J., 1969, Environmental lighting and Neuroendocrine Function: Relationship between spectrum of light source and gonadal, *Endocrinology*, vol. 85, pp. 1218-1221. Citado por: Baas, A. M., 1973, *op. cit.*

⁸⁰ Rea, M. *et ál.*, 2007, *op. cit.*

Durante más de 150 años los científicos consideraron que los conos y los bastones eran las únicas células fotorreceptoras del ojo. Sin embargo, con la detección en 2002 de una nueva célula fotorreceptora en el ojo, los efectos biológicos de la luz se empezaron a comprender mejor.

Los estudios de Brainard *et ál.*⁸¹, Berson *et ál.*⁸² y Hattar *et ál.*⁸³ permitieron conocer que además de los bastones y conos, un tercer tipo de receptor está activo, es decir, las células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGCs).

Estos receptores cubren la retina como una telaraña y están directamente relacionados con el núcleo supraquiasmático (SCN) a través del tracto retinohipotalámico. El SCN es el reloj principal para todas las funciones circadianas corporales y controla estas funciones a través de la hormona melatonina y el cortisol, así como las proteínas CRY y PER, tal y como describe Pinel⁸⁴. Debido al descubrimiento de estas nuevas células fotorreceptoras ahora se comprende cómo la luz media y controla un gran número de procesos bioquímicos en el cuerpo humano.

De esta manera, los hallazgos más importantes están relacionados con el control del reloj biológico y la regulación de algunas hormonas importantes a través de regulares de ritmos de luz-oscuridad. Uno de los efectos biológicos beneficiosos de la iluminación es la inhibición y supresión del cortisol y la melatonina en seres humanos expuestos a diferentes sistemas de iluminación⁸⁵.

Probablemente muchos otros factores biológicos regulados por la iluminación tendrán un espectro de acción similar a la determinada sobre la base de la supresión de melatonina.

⁸¹ Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greeson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., Rollag M. D., 2001, Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor, *Journal of Neuroscience Research*, vol. 21, nº 16, pp. 6405-6412. Citado por: Rea, M. *et ál.*, 2007, *op. cit.*

⁸² Berson, D. M., Dunn, F. A., Takao, M., 2002, Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock, *Science*, 295, pp. 1070-3. Citado por: Rea, M. *et ál.*, 2007, *op. cit.*

⁸³ Hattar, S., Liao, H. W., Takao, M., Berson, D. M., Yau, K. W., 2002, Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity, *Science*, vol. 295, nº 5557, pp. 1065-70. Citado por: Rea, M. *et ál.*, 2007, *op. cit.*

⁸⁴ Pinel, J. P. J., 2010, *Biopsychology*, 8th edition, ed. Pearson, Boston. Citado por: Rea, M. *et ál.*, 2007, *op. cit.*

⁸⁵ Slegers, P. *et ál.*, 2012, *op. cit.*

Así, tal y como comenta Van Bommel⁸⁶, los efectos de una buena iluminación se extienden mucho más allá de los efectos visuales únicos: los efectos biológicos significan que una buena iluminación tiene una influencia positiva en la salud, el bienestar, el estado de alerta e incluso en la calidad del sueño, así lo atestiguan las investigaciones de Van den Beld a⁸⁷ y b⁸⁸; Veitch⁸⁹ y Rea, Figueiro y Bullough⁹⁰.

Según Hughes⁹¹, la luz natural activa otros importantes eventos bioquímicos en nuestro cuerpo que implican el control endocrino, el tiempo de nuestros relojes biológicos, la inducción de los ritmos circadianos, la capacidad de respuesta del sistema inmunológico, el crecimiento y el desarrollo sexual, la regulación del estrés y la fatiga, el control de las infecciones virales y el frío y la amortiguación de los trastornos funcionales del sistema nervioso.

Sin embargo, un elemento importante que hay que conocer a la hora de proyectar la iluminación, teniendo en cuenta los efectos en los ritmos circadianos, es que la cantidad de luz necesaria para influir en el sistema visual es muy inferior a la necesaria para estimular el sistema circadiano.

⁸⁶ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

⁸⁷ Van den Beld, G. J., 2002 a, *Licht und Gesundheit*, Licht 2002 Tagung, Maastricht.

⁸⁸ Van den Beld, G. J., 2002 b, *Healthy lighting, recommendations for workers, Symposium healthy lighting at work and at home*, Eindhoven University of Technology.

⁸⁹ Veitch, J. A., 2002, *Principles of healthy lighting: highlights of CIE TC 6-11's forthcoming report*, Fifth International LRO lighting research symposium, Orlando.

⁹⁰ Rea, M. S., Figueiro, M. G., Bullough, J. D., 2002, Circadian photobiology: an emerging framework for lighting practice and research, *Lighting Research and Technology*, 34, pp. 177-90.

⁹¹ Hughes, P. C., 1981, *op. cit.*



Fig. 35. Alumnos durmiendo en clase

II.5.3. EFECTOS FISIOLÓGICOS

Según Dantsig, Lararev y Sokolov⁹², si la piel humana no está expuesta a la radiación solar (directa o difusa) durante largos periodos de tiempo, se producen trastornos en el equilibrio fisiológico del organismo.

La deficiencia de luz solar es más pronunciada en las personas que viven en el extremo norte, así como en aquellos que trabajan en minas o en edificios privados de luz natural. Esto también se aplica, hasta cierto punto, a los residentes de las grandes ciudades industriales.

Sleegers⁹³ narra que estudios como los de Kobayashi y Sato⁹⁴, Mukea y Sato⁹⁵, Küller y Wetterberg⁹⁶, Morita y Tokura⁹⁷ y Küller⁹⁸, sugieren que la intensidad y la temperatura de color de la iluminación artificial también afectan a diversos procesos fisiológicos en el cuerpo humano, tales como la presión arterial, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la EEG (ElectroEncefaloGrafía), la temperatura del corazón y la melatonina.

A su vez, también comenta Sleegers⁹⁹ que la exposición a la iluminación con diferentes iluminancias y temperaturas de color también puede afectar a la calidad del sueño, estado de ánimo, estado de alerta y a la percepción de auto-eficacia de los sujetos estudiados, según estudios como los de Küller y Wetterberg¹⁰⁰, Baron *et ál.*¹⁰¹, Daurat *et ál.*¹⁰²,

⁹² Dantsig, M. M., Lararev, D. N., Sokolov, M. V., 1967, *Ultra-violet installations of beneficial action*, CIE Publication P. 69.20.

⁹³ Sleegers, P. *et ál.*, 2012, *op. cit.*

⁹⁴ Kobayashi, H., Sato M., 1992, The effect of color temperature of lighting sources on mental activity level, *Annals of Physiological Anthropology*, 11, pp. 45-49.

⁹⁵ Mukea, H., Sato, M., 1992, The effect of color temperature of lighting sources on the autonomic nervous functions, *Annals of Physiological Anthropology*, 11, pp. 533-538.

⁹⁶ Küller, R., Wetterberg, L., 1993, Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: impact of two fluorescent lamp types at two light intensities. *Lighting Research and Technology*, 25, pp. 71-81.

⁹⁷ Morita, T., Tokura H., 1996, Effects of lights of different color temperature on the nocturnal changes in core temperature and melatonin in humans, *Applied Human Science*, 15, pp. 243-246.

⁹⁸ Küller, R., 1986, Physiological and psychological of illumination and colour in the interior environment, *Journal of Light and Visual Environment*, 10, pp. 33-37.

⁹⁹ Sleegers, P. *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹⁰⁰ Küller, R., Wetterberg, L., 1993, *op. cit.*

¹⁰¹ Baron, R. A., Rea, M. S., Daniels, S. G., 1992, *op. cit.*

¹⁰² Daurat, A., Foret, J., Benoit, O., Mauco, G., 2000, Bright light during nighttime: effects on the circadian regulation of alertness and performance, *Biological Signal and Receptors*, 9, pp. 309-318.

Grunberger *et ál.*¹⁰³, Küller y Laike¹⁰⁴, Küller *et ál.*¹⁰⁵ y Lehr *et ál.*¹⁰⁶

Además de estos efectos fisiológicos, los estudios han demostrado que la exposición a niveles de iluminancia superior puede tener como resultado sentimientos de mayor estado de alerta y un mejor rendimiento. Muchas de las investigaciones sobre los efectos de la luz respecto al estado de alerta y al estado de ánimo se han llevado a cabo en condiciones de turno de noche.

La figura 36 muestra el efecto de dos regímenes de iluminación en la excitación en función del tiempo de trabajo, según la investigación de Boulos y su equipo¹⁰⁷.

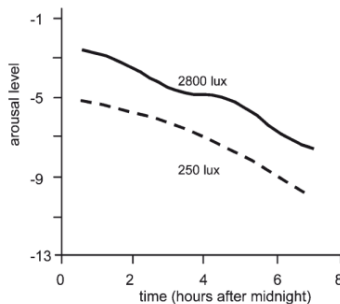


Fig. 36. Estado de alerta y estado de ánimo expresado como nivel de excitación (en una escala de Mehrabian y Russell de -24 a +24) para niveles uniformes de iluminación en los escritorios de los 250 lux y 2800 lux, en función de las horas de trabajo después de la medianoche

En ella se observa cómo se produce una disminución de la excitación por la noche en ambos regímenes, pero el régimen de iluminación elevada siempre se traduce en un nivel significativamente mayor de activación y de estado de alerta, y por lo tanto, un mejor estado de ánimo¹⁰⁸.

¹⁰³ Grunberger, J., Linzmayer, L., Dietzel, M., Saletu, B., 1993, The effect of biologically-active light on the neo-psyche and thymopsyche on psychophysiological variables in healthy volunteers, *International Journal of Psychophysiology*, 15, pp. 27-37.

¹⁰⁴ Küller, R., Laike, T., 1998, The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance and physiological arousal, *Ergonomics*, 41, pp. 433-447.

¹⁰⁵ Küller, R., Ballal, S., Laike, T., Mikellides, B., Tonello, G., 2006, The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor working environments. *Ergonomics*, 49, pp. 1496-1507.

¹⁰⁶ Lehr, S., Gerstmeyer, K., Jacob, J. H., Frieling, H., Henkel, A. W, Meyer, R., Wiltfang, J., Kornhuber, J., Bleicht, S., 2007, Blue light improves cognitive performance, *Journal of Neural Transmission*, 14, pp. 457-460.

¹⁰⁷ Boulos, Z., Campbell, S. S., Lewy, A. J., Terman, M., Dijk, D. J., Eastman, C. I., 1995, Light treatment for sleep disorders. Consensus Report VII Jet lag, *Journal of Biological Rhythms*, 10, pp. 167-76.

¹⁰⁸ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

Otros estudios muestran que los sujetos permanecen alerta más tiempo usando niveles más altos de iluminación para hacer frente a la fatiga como los de Daurat¹⁰⁹, Grunberger¹¹⁰ y Tops¹¹¹.

Este tipo de resultados también se da cuando se estudian combinaciones de luz natural y artificial, por ejemplo, se han realizado estudios, como el de Kerkhof¹¹² en el que se investigó los niveles de estrés y quejas en las personas que trabajan en interiores comparando a un grupo de personas trabajando únicamente bajo luz artificial con un grupo trabajando bajo una combinación de luz artificial y luz natural.

Descubrió que en enero, cuando la penetración de luz natural no es suficiente para hacer una contribución sustancial al nivel de iluminación, casi no hay diferencia entre los dos grupos. Pero en mayo, cuando la luz natural contribuye realmente, el grupo que se beneficia de la luz natural tiene un nivel de queja de estrés considerablemente menor.

Partonen y Lönnqvist¹¹³, por otro lado, mostraron que la luz artificial brillante en interiores en invierno tiene un efecto positivo en el estado de ánimo y la vitalidad¹¹⁴.

Por último, Lewy y su equipo¹¹⁵ demostraron que la luz solar o una luz artificial simulando a la natural de 1.500 a 2.500 lux, suprimían la secreción nocturna de melatonina, mientras que niveles bajos conducían a la supresión en pacientes maniacodepresivos.

Este hecho puede tener implicaciones importantes en el diseño de interiores para el control o la modificación de los estados de comportamiento específicos que incluyen la activación, la relajación y el estado de ánimo.

¹⁰⁹ Daurat, A. *et ál.*, 2000, *op. cit.*

¹¹⁰ Grunberger, J., *et ál.*, 1993, *op. cit.*

¹¹¹ Tops, M., Tenner, A. D., Van den Beld, G. J., Begemann, S. H. A., 1998, *The effect of the length of continuous presence on the preferred illuminances in offices*, Proceedings CIBSE Conference.

¹¹² Kerkhof, G. A., 1999, *Licht en prestatie*, Proceedings, Symposium Licht en Gezondheid, Amsterdam.

¹¹³ Partonen, T., Lönnqvist, J., 2000, Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people, *Journal of Affective Disorders*, 57, pp. 55-61.

¹¹⁴ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

¹¹⁵ Lewy, A. J., Kern, H. A., Rosenthal, N.E., Wehr, T. A., 1982, Bright artificial light treatment of a manic-depressive patient with a seasonal mood cycle, *American Journal of Psychiatry*, 139, pp. 1496-1498.



Fig. 37. Jacobsen, A., 1954-1956, Munkegård School, Gentofte.

II.5.4. EFECTOS PSICOLÓGICOS



Fig. 38. Jean Prouvé impartiendo clase

El efecto de la luz sobre el ser humano es diverso, complejo y abarca muchos aspectos diferentes. Como se ha comentado antes, la luz no sólo influye en la visión, sino que también determina los ciclos de funcionamiento corporales diarios y estacionales y afecta a los niveles de actividad fisiológicos y al estado de ánimo.

Diversos estudios han identificado que los efectos psicológicos de la luz en la percepción y el comportamiento humano pueden ser categorizados en los dominios de los ritmos circadianos y estacionales, las preferencias personales en la vida cotidiana, las condiciones de vida y de trabajo, y en los efectos dependientes de la luz sobre la salud y el rendimiento. Los hallazgos más importantes hasta ahora sobre el efecto de técnicas especiales de iluminación en el bienestar y el rendimiento de las personas en ambientes de trabajo los resumen Barkmann¹¹⁶ y su equipo como sigue:

- Una iluminación cada vez mayor, mejora la visión y, por tanto, mejora la capacidad de percibir la información óptica, según los estudios de Van Bommel *et ál.*¹¹⁷
- Una exposición a la luz durante la noche tiene un efecto estimulante, especialmente para longitudes de onda cortas¹¹⁸.
- Una mayor iluminancia, con una temperatura de color más fría (17000 K) tiene un efecto estimulante que conduce a niveles mayores de concentración, tal y como aseguran los estudios de Viola *et ál.*¹¹⁹, Mills *et ál.*¹²⁰ Sin embargo, el efecto de la luz de día artificial (5000 K) durante el día, sigue estando poco claro tal y como aseguran Veitch y McColl¹²¹ y Veitch¹²².

¹¹⁶ Barkmann, C. *et ál.*, 2012, *op. cit.*, p. 622.

¹¹⁷ Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

¹¹⁸ CIE, 2004, *Ocular Lighting Effects on Human Physiology and Behaviour*, CIE Publication 158, ed. CIE: International Commission on Illumination, Vienna.

¹¹⁹ Viola, A. U., James, M., Schlangen, L. J. M., Dijk, D. J., 2008, Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, vol. 34, nº4, pp. 297-306.

¹²⁰ Mills, P. R., Tomkins, S. C., Schlangen, L. J. M., 2007, The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance, *Journal of Circadian Rhythms*, vol. 5, nº 2, pp. 2-10.

¹²¹ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹²² Veitch, J. A., 2001, Psychological processes influencing lighting quality, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 30, nº 1, pp. 124-140.

- Una menor iluminancia, y especialmente, con una temperatura de color más cálida, parece mejorar la comunicación y el comportamiento social según lo confirman los estudios de Rea¹²³ y Knez y Enmarker¹²⁴ aunque esto puede ser explicado por un simple efecto de ajuste según explica Veitch¹²⁵.

II.5.4.1. ATENCIÓN

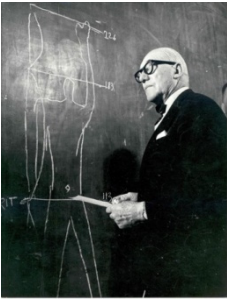


Fig. 39. Le Corbusier impartiendo una charla

La teoría subyacente es que se puede aumentar la probabilidad de ciertos resultados si se dirige la atención del espectador a elementos particulares en el entorno. Por ejemplo, los diseños de iluminación teatrales utilizan focos para dirigir la atención del público a los personajes importantes en el escenario. Debido a que el fin es hacer que un objeto se destaque por contraste con el fondo, se cree que la característica luminosa más probable para desencadenar la respuesta de atención son las distribuciones de luminancia¹²⁶.

Distribuciones de luminancias dentro del espacio

Según Veitch¹²⁷ la evidencia empírica sobre la noción de que la iluminación puede influir en la atención se basa en dos estudios en los que faltan detalles importantes sobre los métodos y los datos, y que carecen de pruebas estadísticas apropiadas. Hopkinson y Longmore¹²⁸ informaron de que la atención en una tarea visual vertical es mejor cuando la tarea se ilumina localmente, que cuando se enciende sólo la iluminación general. Una fuente de luz pequeña, de alto brillo por debajo de la tarea, atrajo más miradas cortas fuera de la tarea, mientras que una fuente más grande, de bajo brillo, parecía ser menos molesta. El efecto, que ellos llamaban “fototropismo humano”, también podría extenderse al movimiento, a pesar de que sólo hay un estudio con resultados provisionales, para apoyar esta afirmación, el estudio de Taylor y Sucov¹²⁹.

¹²³ Baron, R. A., Rea, M. S., Daniels, S. G., 1992, *op. cit.*

¹²⁴ Knez, I., Enmarker I., 1998, Effects of office lighting on mood and cognitive performance and a gender effect in work-related judgment, *Environment and Behavior*, vol. 30, nº 4, pp. 553-67.

¹²⁵ Veitch, J. A., 2001, *op. cit.*

¹²⁶ *Ibidem op. cit.*

¹²⁷ *Ibidem op. cit.*

¹²⁸ Hopkinson, R. G., Longmore, J., 1959. Attention and distraction in the lighting of work-places, *Ergonomics*, 2, pp. 321-334. Citado por: Veitch, J. A., 2001, *op. cit.*

¹²⁹ Taylor, L. H., Sucov, E. W., 1974. The movement of people toward lights, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3, April, pp. 237-241. Citado por: Veitch, J. A., 2001, *op. cit.*

La experiencia de la iluminación teatral demuestra que las áreas de alta luminosidad pueden atraer la atención, pero no se sabe si este mecanismo puede ser utilizado para provocar comportamientos deseables en otros entornos. A nivel de espacios globales, parece ser posible que las distribuciones de luminancia puedan dirigir la atención en formas útiles para la enseñanza en las aulas¹³⁰.

II.5.4.2. RENDIMIENTO

Existen estudios que sugieren que la iluminación artificial puede tener efectos positivos en la velocidad de trabajo, la precisión y el rendimiento de la tarea e incluso, que bajo ciertas condiciones específicas de iluminación, también puede aumentar el rendimiento humano¹³¹.

Según Justlén y Tenner¹³² cuando se cambia la iluminación es posible lograr un aumento en el rendimiento a través de los siguientes mecanismos:

1º. Rendimiento visual

Quando la gente puede ver mejor la tarea, tiene un mejor rendimiento.

2º. Confort visual

La disminución del deslumbramiento molesto influye en el rendimiento debido a una mayor concentración.

3º. Ambiente visual

La iluminación influye en el ambiente visual, el cual al ser una parte del entorno laboral, influye en el rendimiento.

4º. Relaciones interpersonales

Como la gente se ve entre sí, influye en cómo se sienten entre ellos, lo que repercute en la cooperación y la productividad.

¹³⁰ Taylor, L. H., Sucov, E. W., 1974, *op. cit.* Citado por: Veitch, J. A., 2001, *op. cit.*

¹³¹ Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹³² Justlén, H., Tenner, A., 2005, Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, pp. 843-855, p. 846.

5°. Reloj biológico

La luz ajusta el reloj biológico que controla los ritmos circadianos y, por lo tanto, influye en el rendimiento en determinados momentos.

6°. Estímulo

La luz estimula procesos psicológicos y fisiológicos, lo que mejora el rendimiento.

7°. Satisfacción laboral

Mejorar las condiciones de iluminación proporciona al empleado la sensación de que su tarea es importante, esto puede aumentar la satisfacción laboral, lo que influye en su rendimiento. Por otro lado, si tiene la posibilidad de modificar sus condiciones lumínicas esto le proporciona una sensación de autonomía lo cual, también influye en su satisfacción y, por tanto, en su rendimiento.

8°. Resolución de problemas

Resolver los problemas existentes de la iluminación, principalmente las quejas de los empleados, aumenta el bienestar y la motivación, lo que mejora el rendimiento.

9°. Efecto halo

El efecto halo se refiere a un sesgo cognitivo por el cual la percepción de un rasgo particular es influenciada por la percepción de rasgos anteriores en una secuencia de interpretaciones¹³³. De esta manera, el efecto de la creencia en la superioridad de una nueva tecnología o producto en sí mismo puede conllevar a un mejor rendimiento.

10°. Proceso de cambio

Una buena gestión de la modificación de la iluminación aumenta los efectos positivos del cambio y disminuye los efectos negativos.

¹³³ Colaboradores de Wikipedia, Efecto halo, [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2013. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_halo>. [Consultado 7 septiembre 2013].

Proceso de cambio

A la hora de realizar un estudio de investigación en el ámbito de la iluminación es fundamental, para poder estimar realmente la influencia de la iluminación y de su cambio, recoger y separar los mecanismos que intervienen en el proceso de modificación de las condiciones de luz. Uno de estos mecanismos más conocidos en la investigación psicológica es el efecto *Hawthorne*:

Los experimentos de *Hawthorne* fueron realizados en la década de 1920 en la planta de *Western Electric* en *Hawthorne*. En ellos se estudiaba el rendimiento de los trabajadores de montaje eléctrico que trabajaban en una sala de ensayo especial. Los resultados han entrado en el reino de la leyenda psicológica, aunque precisamente lo que se observó, y el por qué, sigue estando poco documentado y probablemente mal entendido, tal y como asegura Diaper¹³⁴. Los investigadores aumentaron los niveles de luz, los disminuyeron, e incluso fingieron cambiar las lámparas por otras nuevas cuando en realidad simplemente las reemplazaron por las mismas. No importaba el cambio de iluminación que hicieran, el rendimiento aparentemente aumentaba¹³⁵.

Asegura Veitch¹³⁶ que hoy en día, se considera que varios procesos pueden explicar estos resultados: los participantes fueron seleccionados para participar en un experimento en una sala especial, la modificación de las condiciones de luz enviaba una poderosa señal a los empleados de que su jefe se preocupaba por ellos, a lo que ellos respondieron con un aumento del esfuerzo y del rendimiento. Las condiciones sociales especiales de los trabajadores probablemente también contribuyeron al aumento de rendimiento, tal y como estudiaron Diaper¹³⁷ y Gifford¹³⁸. Una de las lecciones que se debe aprender de esta serie de investigaciones es que la investigación sobre iluminación no es inmune al efecto de confusión de las expectativas de los participantes, lo que puede sesgar seriamente los resultados empíricos. De hecho, los prejuicios son un problema potencialmente grave en la investigación en iluminación porque la naturaleza del estímulo es imposible de ocultar a los sujetos videntes.

¹³⁴ Diaper, G., 1990, The Hawthorne Effect: a fresh examination, *Educational Studies*, 16, pp. 261-267.

¹³⁵ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹³⁶ *Ibidem.*

¹³⁷ Diaper, G., 1990, The Hawthorne Effect: a fresh examination, *Educational Studies*, 16, pp. 261-267. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹³⁸ Gifford, R., 1997, *Environmental Psychology: Principles and Practice*, 2ª ed, ed. Allyn & Bacon, Boston. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

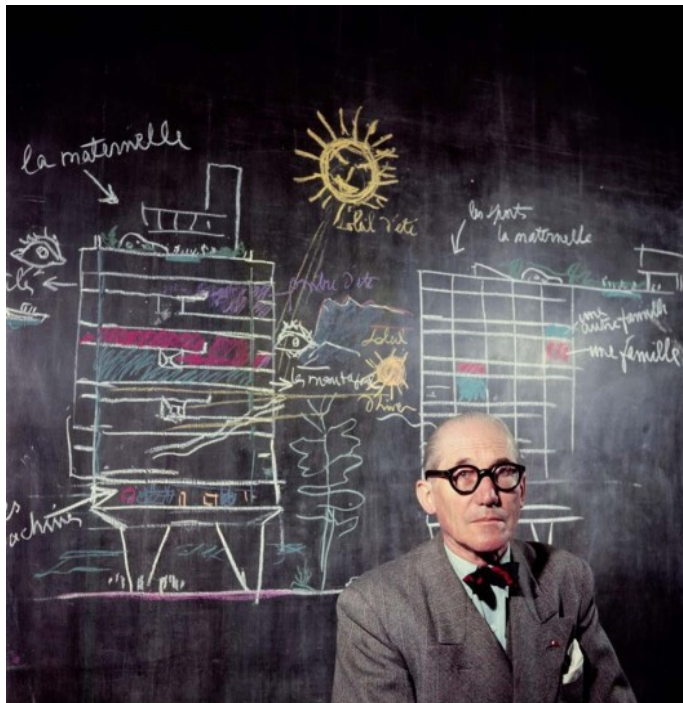


Fig. 40. Le Corbusier impartiendo clase.



Fig. 41. Tizas

*"El ambiente de una determinada instalación educativa tiene un efecto considerable en las actividades diarias de aquellos que usan la instalación. Estudiantes, profesores y personal no siempre pueden verbalizar lo que les gusta de los detalles físicos de un edificio, pero reconocen el efecto que el edificio tiene en ellos. La investigación ha demostrado que el estado de un edificio docente afecta sin duda al rendimiento escolar y al comportamiento del estudiante y que hay elementos de diseño de las instalaciones que se considera que mejoran el entorno de aprendizaje."*¹³⁹

II.6. LA ILUMINACIÓN, EL APRENDIZAJE Y EL ENTORNO DOCENTE

Desde los primeros edificios escolares se ha reconocido que la luz, o su ausencia, tienen un efecto fundamental en el entorno docente. Robson, arquitecto de la *London School Board*, fue el primero en escribir sobre la importancia de la luz en el diseño de la escuela:

*"Es bien conocido que los rayos del sol tienen una influencia benéfica en el aire de una habitación... son para un niño pequeño lo que son para una flor"*¹⁴⁰

La luz, según Wurtman¹⁴¹, es el factor ambiental más importante después de la alimentación y el agua en el control de las funciones corporales. Investigadores como Dunn¹⁴², Phillips¹⁴³ y Jago¹⁴⁴ afirman que la iluminación es fundamental para el diseño del ambiente docente y que contribuye a modelar la naturaleza estética y psicológica del ambiente de aprendizaje.

¹³⁹ Maiden, J., Foreman, B. A., 1998, Cost, Design and Climate: Building a Learning Environment, *School Business Affairs*, vol. 64, n° 1, January, p. 40-44.

¹⁴⁰ Robson, E., 1874, *School Architecture*, ed. John Murray, London. Citado por: Newman, M., 2009, *Post-Occupancy Evaluation of Primary Schools: A Multi-Stakeholder Perspective*, tesis doctoral, Coventry University, p. 32.

¹⁴¹ Wurtman, R. J., 1975, The Effects of Light on the Human Body, *Scientific American*, vol. 233, n° 1, pp. 68-77.

¹⁴² Dunn, R. *et ál.*, 1985, *op. cit.*

¹⁴³ Phillips, R. W., 1997, Educational Facility Age and the Academic Achievement of Upper Elementary School Students, Tesis doctoral sin publicar, University of Georgia.

¹⁴⁴ Jago, E., y Tanner, K., 1999, *Influence of the school facility on student achievement: Lighting; color*, Athens, Ga., Dept. of Educational Leadership, University of Georgia, disponible en: <<http://www.coe.uga.edu/sdpl/research/abstracts/visual.html>>

Efectivamente, una iluminación adecuada es una característica importante de cualquier entorno de aprendizaje:

*Si la iluminación es insuficiente, los estudiantes tendrán más dificultades para realizar "tareas de aprendizaje visuales"*¹⁴⁵

Dunn¹⁴⁶, Phillips¹⁴⁷ y Jago¹⁴⁸ también declararon que la falta de iluminación provoca que la percepción de estímulos visuales, tales como textos, sea difícil y, por lo tanto, influya en la actitud ante el aprendizaje y en el rendimiento de los estudiantes.

Por otro lado, una iluminación demasiado intensa puede interferir en el ambiente de estudio mediante la creación de brillo excesivo y/o calor¹⁴⁹. Sin embargo, en un artículo titulado "School Sense", afirma Üllik Rouk que:

*"El efecto de la iluminación en un ambiente de aprendizaje tiene que ver con mucho más que con el confort visual de los alumnos. Hay una evidencia creciente de que la iluminación también afecta el comportamiento del estudiante, la salud, y el rendimiento académico"*¹⁵⁰

Aparte del confort visual, Tanner¹⁵¹ encontró que la luz también incide en la salud y el bienestar de los alumnos, por ejemplo, aulas mal o inadecuadamente iluminadas pueden producir síntomas de tipo *jet lag*.

Se observa, por tanto, que la importancia de mejorar el ambiente interior es fundamental para estudiantes y profesores. Una mejora en la calidad de la iluminación interior tiene un beneficio directo en el aumento de la productividad y en el estado de alerta de estudiantes y profesores¹⁵².

¹⁴⁵ Maiden, J., Foreman, B. A., 1998, *op. cit.*, p. 42. Citado por: Fox, A. W. 2001, *Topical Reports: Sustainable Design for Schools*, Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center, Seattle, WA, p. 20.

¹⁴⁶ Dunn, R. *et ál.*, 1985, *op. cit.*

¹⁴⁷ Phillips, R. W., 1997, *op. cit.*

¹⁴⁸ Jago, E., y Tanner, K., 1999, *op. cit.*

¹⁴⁹ Fox, A. W., 2001, *op. cit.*, p. 20.

¹⁵⁰ Probe, 1997, *Developing Education Policy Issues*, National Education Knowledge Industry Association Communications, Washington D. C., p. 41, Citado en: Fox, A. W., 2001, *op. cit.*, p. 20.

¹⁵¹ Tanner, K., 2000, The Influence of School Architecture on Academic Achievement, *Journal of Educational Administration*, vol. 38, nº 4, pp. 309-330.

¹⁵² Hughes, P. C., 1981, *op. cit.*

II.7. LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LOS ESPACIOS DOCENTES



Fig. 42. Escuela de Secundaria Hunstaton, 1950-54

Hasta la década de 1950, la luz natural era el principal medio de iluminación en la mayoría de los espacios docentes. El diseño del aula se basaba en gran parte en las relaciones entre el tamaño de las ventanas y las dimensiones del espacio.

La luz eléctrica empezó a utilizarse para completar la ausencia puntual de luz solar (días nublados o de tormenta) y para mantener un nivel mínimo óptimo de visión que no impidiera el proceso de aprendizaje. Lo cual, favorecido por los bajos costes de la energía eléctrica, propició que los arquitectos comenzaran a aprovecharse de la flexibilidad que proporcionaba la iluminación eléctrica.

De esta manera, la cantidad de luz natural utilizada en las escuelas llegó a tomar un papel secundario. Esto produjo que durante muchos años, las escuelas se proyectaran sin ventanas. El objetivo que estaba detrás de este tipo de proyectos era ahorrar energía, reducir el vandalismo y eliminar las distracciones externas. Incluso estudios posteriores demostraron que las aulas sin ventanas eran un beneficio para el aprendizaje del estudiante.

Sin embargo, en años posteriores hubo un renovado interés por la influencia de la luz natural en los entornos de aprendizaje y empezaron a sucederse estudios donde se reconocían los efectos positivos psicológicos y fisiológicos de la luz natural en las escuelas, por ejemplo, Plympton¹⁵³ encontró que los estudiantes en aulas que tenían más luz natural avanzan más rápido que aquellos en aulas con menos luz natural.

¹⁵³ Plympton, P., Conway, S., Epstein, K., 2000, *Daylighting in Schools: Improving Student Performance and Health at a Price Schools Can Afford*, American Solar Energy Society Conference, June, National Renewable Energy Laboratory, Madison, Wisconsin.

Según los comentarios de Newman¹⁵⁴ estas conclusiones fueron apoyadas por la investigación comparativa de Nicklas y Bailey¹⁵⁵ de cuatro escuelas primarias en los EE.UU., en las que se encontró una mejora global del 14% en el rendimiento escolar de los alumnos que estudiaban en escuelas con luz natural.

A su vez, la investigación llevada a cabo por el Heschong Mahone Group¹⁵⁶ encontró que los niños que estudiaban en aulas con más luz natural avanzaban en su aprendizaje un 20% más rápido que sus compañeros que estudiaban en aulas sin luz natural.

Hoy en día, hay suficiente razón para creer que la luz natural proporciona las mejores condiciones de iluminación y nadie puede negar que, empleada correctamente, puede reducir drásticamente la iluminación eléctrica, la energía y los costes de mantenimiento, incluso en días nublados o en las latitudes del norte.

Mientras que la base científica que vincula la luz natural al aprendizaje se acumulaba, ha habido distracciones y modas que afectaban a las decisiones sobre la iluminación en los centros docentes.

El caso más llamativo, y el que ha causado más controversia, es el de la iluminación fluorescente de espectro continuo o en inglés: “*Full-spectrum fluorescent lighting - (FSFL)*”.

Hace treinta años, las lámparas fluorescentes más comunes eran las de blanco frío o en inglés: “*Cool White - (CWFL)*”, que es un color de luz blanca con un inconfundible tinte azulado. La gente se sentía incómoda por la atmósfera fría que creaban.

La idea de la iluminación de espectro continuo se inició en la década de 1970 como una táctica de ventas para promocionar determinadas marcas de lámparas fluorescentes.

Aunque no existe una definición firme de fluorescente de espectro continuo (FSFL), la adoptada aquí es la definición descrita por Boyce:

¹⁵⁴ Newman, M., 2009, *op. cit.*

¹⁵⁵ Nicklas, M. H., Bailey, G. B., 1995, *Student Performance in Daylit Schools*, Innovative Design.

¹⁵⁶ Heschong Mahone Group, 1999, *Daylighting in Schools. An investigation into the relationship between daylight and human performance*, Detailed Report for Pacific Gas and Electric Company, Fair Oaks, CA. Citado por: Newman, M., 2009, *op. cit.*

Una FSFL es una lámpara que emite luz en todas las regiones del espectro visible, y algunas en la ultravioleta - una región de longitud de onda corta - radiación de alta energía (UV-A, 320 - 400 nm), que tiene una TCC de 5000 K o superior y un IRC de al menos 90. Esta TCC superior al de otras lámparas comunes significa que parecen más blanco-azulado¹⁵⁷.

De este modo, las lámparas FSFL generaban una luz de color blanco azulado similar a la luz natural. Aunque el color de la lámpara era significativamente mejor que el blanco frío, los fabricantes hicieron declaraciones sobre sus beneficios para la salud.

Algunos centros se iluminaron de nuevo a un costo considerablemente alto para ofrecer ese beneficio percibido: las lámparas FSFL eran varias veces más caras que las lámparas convencionales y producían significativamente menos luz. Incluso, se realizaron numerosas investigaciones que avalaban la tesis de los fabricantes sobre los efectos beneficiosos de las FSFL.

Sin embargo, de acuerdo con Gifford¹⁵⁸, la investigación sobre los efectos de la iluminación de espectro continuo era "inexperta" y las fuertes afirmaciones sobre esa iluminación, se habían basado en una investigación deficiente que no cumplía ni siquiera las más rudimentarias normas de la investigación científica.

De hecho, tal y como comenta Schneider¹⁵⁹, la *Food and Drug Administration* de los Estados Unidos ordenó en 1986 a la *Duro Test Corporation*, fabricantes de *Vita-lite* y promotores de las lámparas de UV mejorada de "espectro continuo", que cesase y se abstuviese de hacer declaraciones sobre los beneficios para la salud de aplicaciones no clínicas de este tipo de fuente de luz.

Otra cuestión importante que ha afectado a la iluminación artificial de espacios docentes es el cambio que se ha producido en el tipo de tareas y en el uso de las tecnologías que se realiza en el aula.

¹⁵⁷ Boyce, P. R., 1994, Is full-spectrum lighting special? In Veitch, J. A. (ed.), *Full-Spectrum Lighting Effects on Performance, Mood, and Health*, IRC Internal Report number 659, National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction, Ottawa, Ontario, Canada, pp. 30-36. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹⁵⁸ Gifford, R., 1994, Scientific evidence for claims about full-spectrum lamps: past and future. Citado en: Veitch, J. A., 1994, *op. cit.*

¹⁵⁹ Schneider, M., 2002, Do school Facilities Affect Academic Outcomes? *National Clearinghouse for Educational Facilities*, National Institute of Building Sciences, Washington.

De esta forma, la iluminación del área de la tarea ha sido cada vez más exigente conforme pasaba el tiempo:

En los viejos tiempos, la pizarra era la superficie más importante del aula. Hoy en día, las presentaciones audiovisuales son necesarias casi todos los días. [...] El enfoque del diseño de iluminación es muy diferente. Además, auditorios, gimnasios, bibliotecas, aulas de arte y laboratorios cada uno de ellos requiere una atención individual. La iluminación para cada área ha de ser diferente en la selección de fuentes de luz, luminarias, niveles de iluminación, y controles de iluminación¹⁶⁰.

Por lo tanto, hoy en día, el diseño lumínico de un espacio docente es un problema muy complejo que requiere no sólo de un conocimiento muy amplio sino también de una actualización en el uso de nuevas tecnologías ya que cada una de estas nuevas tecnologías implica un cambio en el tipo de tarea que se realiza y, por tanto, un cambio en el tipo de iluminación más adecuada.

Así, el futuro de la iluminación para los espacios docentes debe de tener en cuenta todas las nuevas tareas que se lleven a cabo en el aula debido a nuevas tecnologías y también a nuevos métodos docentes. Todo ello, combinado con las implicaciones que tiene el uso de los distintos tipos de luz sobre los usuarios del aula.

¹⁶⁰ Fishman, I., 1984, *A Review of the School Lighting - Past, Present & Future*, Conference record, Industry Applications Society, IEEE-IAS Annual Meeting, p. 1393.

II.8. ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS SOBRE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN ESPACIOS DOCENTES

El presente apartado tiene como objeto revisar y analizar la metodología seguida por los distintos investigadores en los últimos tiempos. Cómo estos autores han resuelto las cuestiones surgidas en cada fase del desarrollo experimental y cómo básicamente han dado respuesta a las cuestiones: ¿qué parámetros medir?, ¿cuáles son los más adecuados?, ¿quién va a formar parte de la muestra?, ¿cuál va a ser el tamaño muestral?, ¿qué estímulos lumínicos se van a emplear?, ¿dónde emitirlos?, ¿cómo se va a recoger la respuesta emocional del sujeto? y finalmente ¿qué técnicas existen para ello?

A continuación, se describen los antecedentes bibliográficos que han tratado estas cuestiones. El esquema del trabajo utilizado está basado en el trabajo realizado por Galiana¹⁶¹ y la revisión realizada por Veitch y McColl¹⁶². Después de haber realizado el vaciado de la bibliografía existente y siguiendo este esquema de trabajo, se ha efectuado una recopilación de los estudios más importantes y se han analizado, tal y como se ha explicado en el apartado I.2. La relación de las investigaciones analizadas figura en el Anexo II.

II.8.1. EVOLUCIÓN DE LAS INVESTIGACIONES

Como es lógico pensar, la investigación de la iluminación artificial en los espacios docentes ha seguido la evolución y las preocupaciones de la investigación de la iluminación en general. En este caso, después de analizar los estudios se han clasificado estos estudios en cinco grupos según la técnica de iluminación utilizada¹⁶³:

- 1º **Efectos ópticos**
- 2º **Lámparas de espectro continuo (FSFL)**
- 3º **Lámparas fluorescentes modernas**
- 4º **Técnicas de iluminación dinámica o variable (VL)**
- 5º **LED ('Light-Emitting Diode': diodo emisor de luz)**

¹⁶¹ Galiana Martínez, M., 2009, *La Ingeniería Kansei como herramienta de análisis de percepciones sonoras*. Dirección: María Del Carmen Llinares Millán, Álvaro Felipe Page del Pozo, DEA, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Física Aplicada.

¹⁶² Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹⁶³ Se ha añadido el primer y el quinto grupo a la clasificación realizada por Barkmann, C. *et ál.*, 2012, *op. cit.*, p. 622

1º Efectos ópticos:

Primeramente, la investigación en iluminación se basó principalmente en preocupaciones ópticas, centrándose en aspectos tales como el brillo, el contraste y la reflectancia. En general, estos estudios concluyeron que la precisión y la velocidad de visión, la sensibilidad al contraste, la agudeza visual y el funcionamiento fisiológico del ojo, continuaban mejorando significativamente a medida que se aumentaba el nivel de iluminación hasta a un punto óptimo¹⁶⁴. Boray¹⁶⁵ comenta que se descubrió que el aumento de la cantidad de luz (iluminancia) da lugar a espectaculares aumentos de la productividad.

Más adelante, la atención se desplazó el interés de la cantidad de luz hacia la calidad de la luz. Los estudios, como los de Wohlfarth¹⁶⁶ y Hathaway¹⁶⁷ en educación primaria encontraron una conexión entre la calidad de la luz en la clase, el rendimiento y el bienestar académico de los niños. A continuación, se muestra la relación de los estudios analizados que tratan estos temas:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Fotios, Ramasoot, 2010	[4] Serafica, 1973
	[2] Gislén, Gustafsson, Kröger, R.H.H., 2008	[5] Sampson, 1970
	[3] LaGiusa, Perney, 1974	[6] Blackwell, 1958
		[7] Harmon, 1951
		[8] Luckiesh, Moss, 1940
		[9] Tinker, 1939

Tabla 6. Relación de estudios analizados que tratan temas ópticos

¹⁶⁴ Guth, S., White, E., 1965, Challenge of tomorrow's lighting, *School Board Journal*, pp. 25-27. Citado por: Kleiber, D. A. *et ál.*, 1973, Environmental Illumination and Human Behavior: The Effects of Spectrum of Light Source on Human Performance in a University setting, Center for Improvement of Undergraduate Education, Cornell Univ., Ithaca, N.Y., p. 1.

¹⁶⁵ Boray, P. F., 1989, Effects of warm white, cool white and full-spectrum fluorescent lighting on simple cognitive perform, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 9, nº 4, pp. 297-307.

¹⁶⁶ Wohlfarth, H., Sam, C., 1982, The effects of color-psychodynamic environmental color and lighting modification of elementary schools on blood pressure and mood: a controlled study, *International Journal of Biosocial and Medical Research*, 7, pp. 9-16.

¹⁶⁷ Hathaway, W. E., Hargreaves, J. A., Thompson, G. W., Novitsky, D., 1992, *A Study into the Effects of Light on Children of Elementary School-Age—A case of Daylight Robbery*, IRC Internal Report No. 659, Planning and Information Services, Alberta Dept. of Education, Edmonton.

2º Lámparas de espectro continuo (FSFL):

Una vez aparecieron en el mercado las lámparas de espectro continuo (FSFL), se empezó a investigar también su uso. Las lámparas de espectro continuo hoy en día ni se fabrican ni se utilizan. La hipótesis inicial que subyacía en estos trabajos es que se necesitaba que la luz cubriera el espectro completo de colores, exactamente igual que la luz solar, para lograr un efecto positivo. Sin embargo, los efectos sobre los estudiantes a través de parámetros como el estado de ánimo, la distracción y el rendimiento fueron inconsistentes¹⁶⁸. En el apartado II.8 se ha explicado esta polémica.

McColl y Veitch¹⁶⁹ resumieron estos estudios en una revisión sistemática y llegaron a la conclusión de que no era la propiedad de espectro continuo sino la específica intensidad de la luz y la temperatura de color los parámetros que realmente influían. En la tabla siguiente se muestran los trabajos analizados que utilizan lámparas de espectro continuo (FSFL):

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Shapiro, Roth y Marcus, 2001	[8] Hollwich, Dieckhues, 1980
	[2] Samuels, 1999	[9] O’Leary, Rosenbaum, Brooks, Hughes, 1978.
	[3] Veitch , McColl, 1995	[10] Maas, Jayson, Kleiber, 1974
	[4] Grangaard, 1993	[11] Mayron, Ott, Nations, Mayron, 1974
	[5] Hathaway, 1992 Boray, Gifford, Rosenblood, 1989	[12] Kleiber, Musick, Jayson, 1973
	[6] Wohlfarth, 1986	
	[7] Ott, J., 1982 Wohlfarth, H., Sam, C., 1982	

Tabla 7. Relación de estudios analizados que investigan las lámparas de espectro continuo

¹⁶⁸ Barkmann, C. *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹⁶⁹ McColl, S. L, Veitch, J. A., 2001, Full-spectrum fluorescent lighting: a review of its effects on physiology and health, *Psychological Medicine*, vol. 31, nº 6, pp. 949-964.

3º Lámparas fluorescentes modernas:

El tercer grupo de estudios engloba aquellos que investigaron las lámparas fluorescentes modernas. En este tipo de estudios se combinaba el uso de este tipo de lámparas con cambios en la temperatura de color y en el nivel de iluminación.

En un estudio de campo, Küller y Lindsten¹⁷⁰ investigaron la influencia de la luz natural y artificial en los niveles de cortisol y la conducta de 83 estudiantes suecos de primaria de entre ocho y nueve años. Instalaron una luz artificial blanco cálido (WWFL) y una luz artificial blanco día (3000 K, 300 lux y 5500 K, 200 lx, respectivamente) en aulas con y sin ventanas en un total de cuatro aulas. En las clases con luz natural, los autores identificaron una tendencia hacia una concentración cada vez mayor con la luz blanco día, un aumento de la comunicación con la luz blanco cálido (WWFL) y un retraso en el ritmo de cortisol estacional sin luz artificial o con luz natural¹⁷¹.

A continuación, se muestra la referencia de los estudios examinados que investigaron estos aspectos:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Rautkyä, Poulakka, Tetri, Halonen, 2010	[4] Berman, SM, Navvab, M., Martin, M.J., Sheedy, J., Tithof, W., 2006
	[2] Yan, Guan, Liu, Liu, 2010	[5] Küller, Lindsten, 1992
	[3] Huang, Chen, 2010	

Tabla 8. Relación de estudios analizados que investigan las lámparas fluorescentes modernas

¹⁷⁰ Küller, R., Lindsten, C., 1992, Health and behavior of children in classrooms with and without windows, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 12, nº4, pp. 305-317

¹⁷¹ Barkmann, C., *et ál.*, 2012, *op. cit.*

4º Técnicas de iluminación dinámica o variable:

Además de los estudios anteriores sobre formas de iluminación "estáticas", los investigadores han comenzado actualmente a examinar los efectos potenciales de la iluminación dinámica en el entorno escolar. La iluminación dinámica o variable (VL) se refiere a una iluminación que proporciona diferentes configuraciones de iluminación, en combinaciones específicas de iluminancia y temperatura correlativa de color, que se pueden aplicar a lo largo del tiempo para estimular tanto el estado de alerta mental como la relajación¹⁷².

Según Barkmann¹⁷³ el enfoque innovador de la VL se basa en los hallazgos de que las preferencias de luz varían dependiendo de la situación y las necesidades individuales, tal y como aseguran los estudios de Viola¹⁷⁴, Mills¹⁷⁵, Fleischer¹⁷⁶, Baron¹⁷⁷, Knez¹⁷⁸, Knez y Enmarker¹⁷⁹, Kuller¹⁸⁰, y Biner *et ál.*¹⁸¹

Wessolowski¹⁸² ha demostrado que la iluminación dinámica mejora el rendimiento de los alumnos, según la evaluación de la velocidad de lectura y el comportamiento de los alumnos, tanto en términos de inquietud como de comportamiento agresivo. Slegers¹⁸³ indica que los sistemas de iluminación dinámica pueden tener efectos positivos sobre el rendimiento visual de los alumnos, el nivel de atención y el bienestar.

¹⁷² Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹⁷³ Barkmann, C., *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹⁷⁴ Viola, A. U. *et ál.*, 2008, *op. cit.*

¹⁷⁵ Mills, P. R., *et ál.*, 2007, *op. cit.*

¹⁷⁶ Fleischer, S. E., 2001, *Die psychologische Wirkung veränderlicher Kunstlichtsituationen auf den Menschen (The psychological effect of variable artificial lighting on human beings)*, Tesis doctoral, TU Berlin, Berlin.

¹⁷⁷ Baron *et ál.*, 1992, *op. cit.*

¹⁷⁸ Knez, I., 1995, Effects of indoor lighting on mood and cognition, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 15, nº 1, pp. 39-51.

¹⁷⁹ Knez, I., Enmarker I., 1998, *op. cit.*

¹⁸⁰ Küller, R., Lindsten C., 1992, *op. cit.*

¹⁸¹ Biner, P. M., Butler, D. L., Fischer, A. R., Westergrene, A. J., 1989, An arousal optimization model of lighting level preferences, *Environment and Behavior*, 21, pp. 3-16.

¹⁸² Wessolowski, N., Schulte-Markwort, M., Barkmann, C., 2010, Laborstudie zur Replizierung der Wirksamkeit von dynamischem Licht im Schulunterricht. Citado por: Slegers, P. *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹⁸³ Slegers, P. *et ál.*, 2012, *op. cit.*

Sin embargo, el tema de la iluminación dinámica suscita, hoy en día, controversia ya que mientras algunos estudios apoyan los efectos de la iluminación dinámica en el rendimiento de niños de primaria y en estudiantes universitarios, como afirma Wessolowski¹⁸⁴, otras evidencias refutan dichos efectos, como la investigación de Iszó¹⁸⁵.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Sleegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012	[2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012

Tabla 9. Relación de estudios analizados que utilizan técnicas de iluminación dinámica o variable

5º LED:

La aparición de los LED, una fuente de luz con menor consumo y mayor duración, ha hecho que el mundo de la iluminación gire su atención hacia ellos. Sin embargo, sólo se ha tenido acceso, hasta ahora, a un único estudio sobre los efectos de dicha fuente de luz en los centros docentes es el de Yan, Lee, Guan y Liu¹⁸⁶. En dicho estudio se comparan los LED con fluorescentes a distintas temperaturas de color y distintos niveles de iluminación. Finalmente, estos autores concluyen que el LED, al tener un espectro más saludable, debería tener un uso generalizado.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Yan, Lee, Guan, Liu, 2012
-------------------------------------	-------------------------------

Tabla 10. Relación de estudios analizados que utilizan lámparas LED

¹⁸⁴ Wessolowski, N., Schulte-Markwort, M., Barkmann, C., 2010, Laborstudie zur Replizierung der Wirksamkeit von dynamischem Licht im Schulunterricht. Citado por: Sleegers, P. *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹⁸⁵ Iszó, L., 2009, *Appropriate dynamic lighting as a possible basis for a smart ambient lighting*. In Stephanidis C, editor, 2009, *Universal Access in HCI*, Part II, HCII, LNCS 5615, Heidelberg, Springer Verlag, pp. 67-74. Citado por: Sleegers *et ál. op. cit.*

¹⁸⁶ Yan, Y., Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X., 2012, Evaluation Index Study of Students' Physiological Rhythm Effects under Fluorescent Lamp and LED, *Advanced materials research*, vol. 433-440, pp. 4757-4764.

II.8.2. ESTÍMULOS LUMÍNICOS EMPLEADOS



Fig. 43. Estímulos lumínicos

Para recoger la respuesta emocional de los alumnos ante la iluminación es necesario que estos sean sometidos a una serie de estímulos lumínicos. Pero ¿qué tipo de estímulos lumínicos hay que emplear?, ¿cómo influye cada uno de los parámetros de la luz?, ¿cuál es el más importante?, ¿de cuánta duración tiene que ser el estímulo?, etc.

Como se verá más adelante, las respuestas a estas preguntas también dependen del objetivo del experimento en cuestión, así como del entorno donde éste tiene lugar (en campo o en laboratorio).

De este modo, se puede hacer una segunda clasificación en dos grandes grupos de investigaciones, dependiendo del tipo de estudio realizado:

- Los que realizan experiencias en campo, en las que se utiliza la propia aula que normalmente usan los alumnos.
- Los que emplean laboratorios, en los que se ensayan una o dos variables de la luz.

Por otro lado, los estímulos lumínicos utilizados en entornos docentes, se pueden dividir en seis grandes grupos, según qué característica de la luz artificial se esté modificando:

- Tipos de lámparas
- Sistemas de iluminación y fuentes de luz (natural o artificial)
- Iluminancia
- Luminancia
- Temperatura correlativa de color
- Índice de reproducción cromático

Una vez vista esta clasificación previa, a continuación se detallan las características de los estímulos empleados en los diferentes trabajos analizados. Para destacar aquellos estudios que forman parte de la revisión se han marcado en **negrita** el nombre de los autores.

II.8.2.1. TIPOS DE LÁMPARAS

Como es lógico, históricamente, el estudio de un determinado tipo de lámpara ha correspondido siempre con su aparición en el mercado. De este modo, la evolución del tipo de lámpara empleado en entornos docentes ha sido la siguiente:

- 1º Lámparas incandescentes
- 2º Lámparas fluorescentes
 - a. De espectro continuo (FSFL)
 - b. Modernas
 - c. Con técnicas de iluminación variable (VL)
- 3º LED

De todas estas lámparas, la lámpara fluorescente ha sido desde sus orígenes, el tipo de lámpara más utilizada en la iluminación de centros docentes. En concreto, tal y como menciona Veitch:

Históricamente, la lámpara fluorescente más común ha sido la fluorescente blanco frío (en inglés: Cold-white fluorescent lamp o CWFL), que se caracteriza por un SPD diseñado para maximizar la visibilidad acromática y tiene una TCC = 4100 K. Las lámparas fluorescentes blanco cálido (en inglés: Warm-white fluorescent lamp o WWFL), también comunes, tienen una apariencia de color más cálida (TCC = 3000 K). Existen varias lámparas dentro de estos tipos de TCC, con diferentes grados de capacidad de reproducción del color¹⁸⁷.

A pesar de ese uso común, los efectos de la lámpara fluorescente sobre el ser humano han sido siempre contradictorios. A menudo, se ha sospechado que fuera causante de dolores de cabeza, fatiga visual y otros problemas de salud más graves como el cáncer de piel, tal y como aseguran los estudios de Stone¹⁸⁸, Lindner y Kropf¹⁸⁹, Veitch *et ál.*¹⁹⁰ y Veitch y Gifford¹⁹¹.

¹⁸⁷ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹⁸⁸ Stone, P. T., 1992, Fluorescent lighting and health, *Lighting Research and Technology*, 24, pp. 55-61. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹⁸⁹ Lindner, H., Kropf, S., 1993, Asthenopic complaints associated with fluorescent lamp illumination (FLI): the role of individual disposition, *Lighting Research and Technology*, 25, pp. 59-69. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹⁹⁰ Veitch, J. A., Hine, D. W., Gifford, R. 1993, End users' knowledge, preferences, and beliefs for lighting, *Journal of Interior Design*, vol. 19, nº 2, pp. 15-26. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹⁹¹ Veitch, J. A., Gifford, R., 1996, Assessing beliefs about lighting effects on health, performance, mood and social behavior, *Environment and Behavior*, 28, pp. 446-470. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

El tipo de lámpara que se utiliza es el punto de partida en la mayoría de los estudios consultados. El objetivo que subyace detrás de este hecho es poder relacionar una determinada lámpara con aspectos positivos para los alumnos.

Sin embargo, a pesar de los intentos de identificar una determinada lámpara con determinados efectos sobre el ser humano, no es tanto la lámpara en sí misma sino las propiedades de intensidad de la luz, deslumbramiento, temperatura de color, parpadeo, índice de reproducción cromática, etc. los parámetros que realmente influyen.

Incluso dentro de un mismo estudio, no era raro que se confundieran los cambios de iluminancia y de tipo de lámpara debido a las diferentes eficacias de la lámpara. Las FSFL en general emiten menos lúmenes por vatio que otros tipos de lámparas comunes, por lo que cuando se sustituye una por otra baja el nivel de iluminación. En tales casos, fue imposible determinar si los efectos observados fueron causados por cambios en el tipo de lámpara o por el cambio en las condiciones luminosas, aunque algunos autores intentaron tales atribuciones¹⁹².

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Yan, Lee, Guan, Liu, 2012	[12] Hathaway, 1992
	[2] Shapiro, Roth y Marcus, 2001	[13] Boray, Gifford, Rosenblood, 1989
	[3] Samuels, 1999	[14] Wohlfarth, 1986
	[4] Veitch , McColl, 1995	[15] Hollwich, Dieckhues, 1980
	[5] Hathaway, 1995	[16] O'Leary, Rosenbaum, Brooks, Hughes, 1978.
	[6] Grangaard, 1995	[17] Maas, Jayson, Kleiber, 1974
	[7] Hathaway, 1994	[18] Mayron, Ott, Nations, Mayron, 1974
	[8] Grangaard, 1993	[19] Kleiber, Musick, Jayson, 1973
	[9] Küller, Lindsten, 1992	
	[10] Grangaard, 1993	
	[11] Küller, Lindsten, 1992	

Tabla 11. Relación de estudios analizados que emplean lámparas fluorescentes

¹⁹² Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

II.8.2.2. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y FUENTES

Luminarias

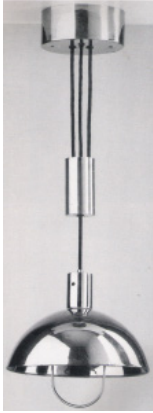


Fig. 44. Brandt, M. Przyrembel, H., 1926, luminaria colgante

La norma UNE-EN 60598-1 define como luminaria el aparato de alumbrado que reparte, filtra y transforma la luz emitida por una o varias lámparas y comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de las lámparas (excluyendo las propias lámparas).

Si la luminaria transforma y filtra la luz de la lámpara, es lógico pensar que también tiene un papel importante en el tipo de luz proporcionado. De esta manera, la luminaria puede llegar a modificar el espectro de emisión de la luz emitida por la lámpara.

De hecho, tal y como lo indican los estudios Whillock *et ál.*¹⁹³, las lentes de plástico y de vidrio y los difusores que se usan comúnmente absorben casi toda la radiación UV <400 nm, aunque sí que están disponibles comercialmente plásticos y vidrios especiales que transmiten la radiación UV.

Si se conoce que la luminaria es la responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara, resulta curioso que, en la mayoría de estudios consultados, no se hace referencia alguna al tipo de luminaria utilizada y sí, en casi todos, se citan las características del tipo de lámpara empleado, su temperatura de color, su IRC y la iluminancia alcanzada. El resultado de la investigación que se ha realizado coincide con la indicación que ya hicieran Veitch y McColl en su revisión:

Los informes de las investigaciones no son consistentes en la forma de describir las luminarias que alojan las lámparas. A menos que se indique lo contrario, dentro del mismo estudio se utilizó el mismo tipo de luminaria y el mismo tratamiento de cubrición en todas las condiciones experimentales, pero, en general, no se sabe si estas han transmitido o absorbido la componente UV¹⁹⁴.

¹⁹³ Whillock, M., Clark, I. E., McKinlay, A. F., Todd, C. D., Mundy, S. J., 1988, *Ultraviolet Radiation Levels Associated with the Use of Fluorescent General Lighting, UV-A and UV-B Lamps in the Workplace and Home*, National Radiation Protection Board Report R221, London: HMSO. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

¹⁹⁴ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

Se citan a continuación los estudios que sí revelan qué tipo de luminaria utilizaron. Su característica más notable es que son estudios actuales (hoy en día ya se conoce la importancia de la luminaria) y coincide en ambos, que utilizan iluminación variable.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<p>[1] Slegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012</p> <p>[2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012</p> <p>[3] Mayron, Ott, Nations, Mayron, 1974</p>
-------------------------------------	--

Tabla 12. Estudios consultados que indican el tipo de luminaria

Se ha incluido la investigación liderada por Mayron y su equipo¹⁹⁵ porque, si bien no indica como tal el tipo de luminaria, sí que hace referencia a la protección de las lámparas contra la emisión de rayos X y contra la radiación electromagnética de baja frecuencia.

Luz natural

Es una realidad que los seres humanos vivimos en espacios donde la luz natural y la artificial conviven de manera diferente conforme pasa el tiempo. El reto de la investigación en iluminación es esclarecer este fenómeno e intentar cuantificar y poner en orden la enorme cantidad de circunstancias que se suceden. Concretamente, en la investigación sobre la luz artificial, la dificultad radica en intentar aislar las variables dependientes y las independientes. Una de las más importantes es la presencia o no de luz natural, tal y como comenta Veitch:

*La presencia de la luz natural, en alguno o en todos los espacios utilizados para las investigaciones sobre el tipo de lámpara, es otra variable de confusión potencial. La variabilidad en iluminancia y en las cualidades espectrales de la luz natural a lo largo del día y de las condiciones climáticas es considerablemente mayor que en cualquier diferencia entre los tipos de lámparas fluorescentes. Por lo tanto, es imposible caracterizar precisamente a qué condiciones de estímulo respondieron los sujetos si estuvieron en espacios con ventanas*¹⁹⁶.

¹⁹⁵ Mayron, L. W., Ott, J. N., Nations, R., Mayron, E. L., 1974, Light, radiation and academic behaviour. Initial Studies on the Effects of Full-Spectrum Lighting and Radiation Shielding on Behavior and Academic Performance of School Children, *Academic Therapy*, vol. 10, n° 1, pp. 33-47.

¹⁹⁶ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 259.

De esta manera, puede suceder que muchos de los potenciales beneficios o desventajas atribuidos a la iluminación artificial, o a un tipo de lámpara en concreto, en realidad, pueden estar causados por otros factores.

Los experimentos de laboratorio en general incluían controles para este problema mediante el uso de espacios sin ventanas. Los estudios de campo eran inconsistentes al informar de la presencia o ausencia de ventanas en el establecimiento de objetivos¹⁹⁷.

Después del análisis de las investigaciones, se observa cómo hasta los años 80, en los estudios de campo o no se hace referencia a la existencia de luz natural o, si se nombra, no se tiene en cuenta su efecto. A partir de esa época sí que aparecen estudios en los que se combinan experimentos en aulas con y sin ventanas. Incluso, en las últimas investigaciones, como la llevada a cabo por Slegers y su equipo¹⁹⁸, se combinan dos estudios de campo con aulas con ventanas y un estudio de laboratorio sin ventanas. Todo ello en un intento de aislar el efecto de la luz artificial (en este caso, sistemas de luz dinámica) del efecto de la luz natural.

Sin embargo, en su investigación el estudio de laboratorio estadísticamente no corrobora los hallazgos positivos del aumento de la concentración de los alumnos sometidos a iluminación variable en los dos primeros estudios de campo. Una posible explicación es la aleatoriedad de los grupos y la posible existencia de diferencias previas entre ellos y otra es la diferencia entre el periodo de exposición a la nueva iluminación.

Aun así, en ninguno de los estudios analizados se aportan datos de iluminación natural ni exterior, ni interior. Sí que se hace un breve comentario a la existencia de días nublados y cubiertos en Slegers *et ál.*¹⁹⁹ y en Rautkylä *et ál.*²⁰⁰, donde se mide la iluminación natural tanto interior como exterior pero no se aportan datos.

En las tablas siguientes se hace una relación de los estudios que utilizaron luz natural o artificial:

¹⁹⁷ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 259.

¹⁹⁸ Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

¹⁹⁹ *Ibidem op. cit.*

²⁰⁰ Rautkylä, E., Puolakka, M., Tetri, E., Halonen, L., 2010, Effects of Correlated Colour Temperature and Timing of Light Exposure on Daytime Alertness in Lecture Environments *Journal of Light & Visual Environment, Journal of Light and Visual Environment*, 34, nº 2, pp. 59-68.

Estudios que experimentaron en espacios **con y sin luz natural**:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<u>Estudios de laboratorio:</u>	<u>Estudios de campo:</u>
	Ninguno	[1] Grangaard, 1995 [2] Küller, Lindsten, 1992 [3] Hathaway, 1992 [4] Wohlfarth, 1986

Tabla 13. Estudios analizados que investigaron en espacios con y sin luz natural

Estudios que utilizaron espacios **sin luz natural**:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<u>Estudios de laboratorio:</u>	<u>Estudios de campo:</u>
	[5] Slegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012 (Estudio 3) [6] Fotios, Ramasoot, 2010 [7] Boray, Gifford, Rosenblood, 1989 [8] Tinker, 1939	[9] Yan, Lee, Guan, Liu, 2012 [10] Rautkyä, E., Poulakka, M., Tetri, E., Halonen, L., 2010 [11] Berman, Navvab, Martin, Sheedy, Tithof, 2006 [12] Veitch, McColl, 1995

Tabla 14. Estudios analizados que experimentaron en espacios sin luz natural

Estudios que experimentaron en espacios **con luz natural**:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<u>Estudios de laboratorio:</u>	<u>Estudios de campo:</u>
	Ninguno	[13] Slegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012 (Estudio 1 y 2) [14] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012 [15] Samuels, 1999 [16] Kleiber, Musick, Jayson, 1973 [17] Luckiesh and Moss, 1940

Tabla 15. Estudios analizados que investigaron en espacios con luz natural

Por último, se encuentran los estudios que no hacen una referencia explícita a la existencia o no de luz natural:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<u>Estudios de laboratorio:</u>	<u>Estudios de campo:</u>
	[18] O'Leary, Rosenbaum, Brooks, Hughes, 1978 [19] Serafica, 1973	[20] LaGiusa, Perney, 1974 [21] Mayron, Ott, Nations, Mayron, 1974

Tabla 16. Estudios que no hacen referencia a la existencia o no de luz natural

Balastos

Como ya se ha comentado, la mayoría de los estudios consultados estudian lámparas fluorescentes. Una de las características importantes de este tipo de lámparas es que utilizan balastos para su funcionamiento.

El balasto eléctrico es un equipo que sirve para mantener un flujo de corriente estable en las lámparas de descarga en gas, ya sean tubos fluorescentes, lámparas de vapor de sodio, lámparas de halogenuros metálicos o lámparas de vapor de mercurio.

Una diferencia entre las fuentes de luz natural y algunas tecnologías de iluminación eléctrica es la existencia de parpadeo. Las lámparas fluorescentes convencionales con balastos magnéticos dan la apariencia de una emisión constante, pero de hecho su emisión luminosa varía al doble de la tasa de la corriente alterna (por lo tanto, a 120 Hz en América del Norte, a 100 Hz en Europa). Los balastos electrónicos, una tecnología relativamente nueva disponible para lámparas fluorescentes, utilizan circuitos integrados electrónicos para aumentar la velocidad de la oscilación a la gama de 20 ± 60 kHz. El grado de modulación luminosa no es constante a través de los tipos de lámpara, sino que depende de la naturaleza del fósforo de la lámpara (que determina la SPD de la lámpara) y de las características del balasto²⁰¹.

²⁰¹ Rea, M. S., editor, IESNA, 1993a, *op. cit.* Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 259.

Tal y como indica Veitch²⁰², varios investigadores, como Wilkins²⁰³, Küller²⁰⁴ y Veitch²⁰⁵, han constatado que el parpadeo luminoso de las lámparas fluorescentes con balastos magnéticos, en comparación con balastos electrónicos, tiene efectos sobre la actividad neural, el rendimiento visual, los movimientos oculares sacádicos, la lectura y los dolores de cabeza.

A su vez, Newman²⁰⁶ comenta que existe una asociación entre el parpadeo de las lámparas fluorescentes y otros problemas de salud graves como la epilepsia, tal y como muestra Harding²⁰⁷. La distracción del parpadeo de la luz también puede exacerbar los síntomas del trastorno por déficit de atención con hiperactividad y el autismo, como aseguran los estudios de Thompson²⁰⁸ y Kluth²⁰⁹.

Por su parte, Kerpen²¹⁰ sugiere que el uso iluminación de espectro continuo libre de parpadeo debería ser utilizado para combatir algunos de estos problemas. En general, los centros que todavía tuvieran balastos de baja frecuencia deberían considerar su sustitución por los de un circuito de control de alta frecuencia. Las combinaciones de baja frecuencia y lámparas con una temperatura de color alta (por ejemplo, 6000 K), en particular, deberían ser evitadas porque los fósforos tienen persistencia breve y proporcionan una modulación alta. En su lugar se deberían de utilizar lámparas con temperatura de color de 3500 K²¹¹.

²⁰² Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁰³ Wilkins, A. J., Neary, C., 1991, Some visual optometric and perceptual effects of coloured glasses, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 11, pp. 163-171. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁰⁴ Küller, R., Laike, T., 1998, The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance and physiological arousal, *Ergonomics*, 41, pp. 433-447. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁰⁵ Veitch, J. A., Mc Coll, S. L., 1995, Modulation of fluorescent light: Flicker rate and light source effects on visual performance and visual comfort, *Lighting Research and Technology*, vol. 27, n° 4, pp. 243-256. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁰⁶ Newman, M., 2009, *op. cit.*, p. 33.

²⁰⁷ Harding, G. F. A., 1994, *Photosensitive Epilepsy*, vol. 9, n° 3, [publicación en línea], disponible en: <<http://www.epilepsytoronto.org/photo.html>>, [consultado 10 abril 2013].

²⁰⁸ Thompson, S., 1999, *Neurobehavioural Characteristics Seen in the Classroom: Developing an Educational Plan for the Student with NLD*, [publicación en línea], disponible en: <http://www.nldline.com.sue_educ.htm>, [consultado 12 noviembre 2013].

²⁰⁹ Kluth, P., 2004, Autism, Autobiography and Adaptations: Teaching Exceptional Children, *Teaching Exceptional Children*, vol. 36, n° 4, pp. 42-47.

²¹⁰ Karpen, D., 1993, *Full Spectrum Polarized Lighting: An Option for Therapy Boxes*, 101st Annual Convention of the American Psychological Society, Toronto.

²¹¹ Winterbottom, M., Wilkins, A., 2008, Lighting and discomfort in the classroom, *Journal of Environmental Psychology*, 29, pp. 63-75.

Por tanto, se observa que el tipo de balasto tiene una influencia importante en los resultados de las investigaciones. En la revisión efectuada, sin embargo, se constata una falta de información sobre el tipo de balastos, aunque se puede suponer que se han utilizado balastos magnéticos en la mayoría de los estudios anteriores a finales de 1980, cuando los balastos electrónicos llegaron al mercado y comenzaron a ser ampliamente utilizados.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Veitch, J. A., McColl, S. L., 1995	[3] Mayron, Ott, Nations, Mayron, 1974
	[2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012	

Tabla 17. Estudios en los que se indica el tipo de balasto utilizado

II.8.2.3. ILUMINANCIA

De todos los parámetros de la luz capaces de provocar una sensación subjetiva, el nivel de iluminación es uno de los más evidentes. Quizá por ello, también sea uno de los más estudiados. Durante años se han llevado a cabo numerosos trabajos de investigación sobre la iluminación natural y artificial con objeto de medir el nivel de iluminación presente en distintos ámbitos del ser humano así como sus consecuencias y efectos sobre la salud.

Veitch y McColl²¹² explican que la iluminancia es el término técnico para el área de densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, coloquialmente se habla de 'niveles de iluminación'. La luminancia es la cantidad de flujo luminoso propagada en una dirección dada desde un punto de una superficie.

Comúnmente, también se identifica con el brillo de un objeto (aunque, tal y como explica Rea²¹³, este uso confunde la cantidad fotométrica y la sensación de brillo, que depende del estado de adaptación del ojo, así como la luminancia del objeto). Las dos cantidades están relacionadas por la reflectancia: luminancia es el producto de la iluminación sobre la superficie y la reflectancia de la superficie.

²¹² Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²¹³ Rea, M. S., editor, IESNA, 1993a, *op. cit.*

Luminancia y la iluminancia son funciones ponderadas de la curva de sensibilidad espectral (V_λ para la visión fotópica, V'_λ para la visión escotópica). A pesar de ser la iluminancia uno de los parámetros más estudiados, saber cuál es el nivel de iluminación más adecuado para cada persona y para cada situación sigue siendo un tema controvertido en iluminación. Primero, porque inevitablemente conlleva a innumerables intereses económicos y energéticos, y segundo, porque no es fácil establecer cuál es la iluminancia más adecuada para cada individuo. La sensibilidad del ojo de cada persona determina el nivel y el tipo de luz necesario para el confort personal; esta necesidad está impuesta biológicamente y cambia gradualmente con la edad²¹⁴.

A principios de la década de 1970, Dunn y Dunn²¹⁵ ya habían documentado que algunos estudiantes constantemente preferían estudiar con poca luz en lugar de con mucha luz, un patrón diferente al de otros estudiantes que, en repetidas ocasiones, solicitaban sentarse en las áreas bien iluminadas del aula. De este modo, se observa cómo el nivel de iluminación adecuado no solo cambia con la edad y las circunstancias sino que también es una necesidad subjetiva.

En el ámbito docente, la problemática es más importante si cabe ya que dicho nivel de iluminación puede tener influencia en el aprendizaje. Se sabe, por ejemplo, que el rendimiento cognitivo y el visual aumentan con el nivel de iluminación y con la temperatura de color.

Aun así, sí que existe un límite inferior de iluminancia, Tinker²¹⁶ sugirió un 'nivel crítico' de la iluminación o un nivel en el que las tasas de rendimiento tendían a dejar de crecer. El 'nivel crítico' no es adecuado para una visión práctica y Tinker estimaba que:

Una iluminación adecuada, probablemente debería requerir una adición de 10-15 fotocandelas (108-161 lux) al nivel crítico para una visión ordinaria. Las situaciones más exigentes pueden requerir de 20 a 25 fotocandelas (215-269 lux). Parece que no hay razón por la cual más de un total de 50 a 60 fotocandelas (538-646 lux) debe ser necesario para incluso las tareas visuales más exigentes²¹⁷.

²¹⁴ Price, G. E., 1980, Which learning Style Elements Are Stable and Which Tend to Change? *Learning Styles Network Newsletter*, vol. 1, nº 3, p. 1. Citado en: Dunn, R. *et ál.*, 1985, *op. cit.*

²¹⁵ Dunn, R. *et ál.*, 1985, *op. cit.*

²¹⁶ Tinker, M. A., 1950, Basic Requirements in School Lighting, *American Medical Association*, vol. 143, nº 4, pp. 362-364. Citado por: Singel, F. J., 1969, *op. cit.*

²¹⁷ Tinker, M. A., 1950, *op. cit.* Citado por: Singel, F. J., 1969, *op. cit.*, p. 20.

Más allá de estos límites, la visión no es adecuada y esto puede llegar a tener efectos sobre el adecuado rendimiento de los alumnos. Según Knirk²¹⁸ los niveles inapropiados de iluminación dañan el ojo humano y tienen lamentables consecuencias fisiológicas. Knirk²¹⁹ sostuvo que los niveles iluminación en un aula nunca deberían ser inferiores a 30 fotocandelas (323 lux).

La norma UNE-EN 12464-1 en el caso de espacios docentes establece una iluminancia de 300 lux para aulas. Numerosos autores, han sugerido mayores niveles de iluminación específicos que la normativa actual para la mayoría de espacios de enseñanza. Falk, el presidente de la *School and Lighting Committee de la Illuminating Engineering Society*, comentó que ya no era aceptable para la iluminación de las aulas un único estándar de nivel mínimo de iluminancia. Aseveró que los estándares anteriores se habían quedado obsoletos:

El diseño de la iluminación del aula juega un papel particularmente crítico en la educación debido a la relación directa entre una buena iluminación y el rendimiento del estudiante... ya que cuanto más fácil es ver la palabra impresa o escrita en un papel, más rápidamente y con más precisión se puede identificar la palabra. Dadas dos personas que son relativamente similares en todos los sentidos y relativamente iguales en el potencial de aprendizaje y de visión, el que puede ver más cómodamente leerá y escribirá con más rapidez y precisión y con menos fatiga visual posible que el que está intentando realizar exactamente la misma tarea bajo condiciones de visibilidad más bajas que las adecuadas²²⁰.

En el estudio de Govén y su equipo²²¹ se encuentran efectos positivos para una iluminación más brillante (500 lux) en comparación con el estándar de iluminación (300 lux), sobre la lectura, la escritura y las matemáticas en los niños de los centros de primaria.

²¹⁸ Knirk, F. G., 1970, Acoustical and Visual Environments Affect Learning, *Audiovisual Instruction*, vol. 15, pp 34-35, p. 10. Citado por: Dunn, R. *et ál.*, 1985, *op. cit.*

²¹⁹ Knirk, F. G., 1970, *op. cit.*

²²⁰ Falk, N., 1972, New Standards for Classroom Lighting, *American School and University*, vol. 44, n° 7, pp. 21-28. Citado en: Dunn, R. *et ál.*, 1985, *op. cit.*, p. 866.

²²¹ Govén, T., Laike, T., Raynham, P., Sansal, E., 2010, *The influence of ambient lighting on pupils in classrooms – considering visual, biological and emotional aspects – as well as use of energy*, Proceedings of the International Commission on Illumination Conference, Vienna, Austria. Citado por: Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

De hecho, con un aumento de la iluminancia, la visión mejora lo que aumenta la capacidad para percibir información óptica²²². Las últimas investigaciones, como la de Smolders²²³ en 2012, demuestran que una mayor iluminación durante el día puede tener efecto en las medidas subjetivas del estado de alerta y la vitalidad, así como en las medidas objetivas de rendimiento, frecuencia cardíaca y variabilidad de la frecuencia cardíaca.

De los estudios consultados, los equipos de **Sleegers**²²⁴ y **Barkmann**²²⁵ utilizaron una iluminación variable con una combinación de modificaciones en la iluminancia y en la temperatura de color. Por su parte, Sleegers y sus colaboradores²²⁶ evaluaron el efecto de las condiciones de iluminación (con iluminancias verticales entre 350 lux y 1000 lux y temperatura de color correlacionada entre 3000 y 12 000 K) en la concentración de niños de primaria en tres experimentos. Sus resultados subrayaban la importancia de la iluminación para el aprendizaje e indican una influencia positiva de las condiciones de iluminación de la concentración de los alumnos. Se puede destacar también la investigación del equipo liderado por **Yan**²²⁷ los cuales, en un estudio con lámparas fluorescentes y LED, constataron como el mejor valor de iluminancia cambia con una temperatura de color diferente. A continuación se muestran los estudios en los que se informa de la iluminancia utilizada.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<u>Iluminación variable:</u>	<u>Iluminación estática:</u>
	[1] Sleegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012 [2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012	[1] Yan, Lee, Guan, Liu, 2012 [2] Huang, Chen, 2010 [3] Luckiesh and Moss, 1940 [4] Tinker, 1939

Tabla 18. Estudios analizados en los que se hace referencia a la iluminancia empleada

²²² Van Bommel, W. J. M. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

²²³ Smolders, K. C. H. J., de Kort, Y. A. W., Cluitmans, P. J. M., 2012, A higher illuminance induces alertness even during office hours: Findings on subjective measures, task performance and heart rate measures, *Physiology and Behavior*, vol. 107, nº 1, pp. 7-16.

²²⁴ Sleegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

²²⁵ Barkmann, C., *et ál.*, M., 2012, *op. cit.*

²²⁶ Sleegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

²²⁷ Yan, Y., Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X., 2012, Evaluation Index Study of Students' Physiological Rhythm Effects under Fluorescent Lamp and LED, *Advanced materials research*, vol. 433-440, pp. 4757-4764.

II.8.2.4. LUMINANCIA

La revisión efectuada revela problemas con la especificación de la intensidad de la luz, tal y como sucediera en la realizada por Veitch²²⁸: todos los estudios investigados en este trabajo implican procesos influidos visualmente en los que la luminancia es el descriptor apropiado del estímulo.

Sin embargo, en muchos de ellos se informa de la iluminancia y no se hace ninguna referencia a las reflectancias de las superficies, lo que provoca que sea imposible determinar cuáles eran exactamente las condiciones luminosas experimentadas por los participantes.

Si se hubiera informado en su lugar de la luminancia, habría habido una métrica común que describiera las condiciones del estímulo, como hubiera sido deseable para la comparación de los estudios.

Explican Veitch y McColl²²⁹ que este problema se ha visto agravado por la posible existencia de errores fotométricos que son particularmente graves cuando se efectúan comparaciones de diferentes tipos de lámparas ya que para dichas comparaciones, en muchos casos, no se han seguido las indicaciones Ouellette:

Las mediciones fotométricas comunes tanto de iluminancia como de luminancia se realizan usando medidores calibrados para un estándar incandescente. Cuando la lámpara estándar se diferencia en la distribución espectral de potencia de la lámpara de prueba (como las lámparas fluorescentes lo hacen de las incandescentes), pueden ocurrir errores sustanciales en la medición y el tamaño del error varía para cada longitud de onda²³⁰.

Hay que destacar que los cuidadosos procedimientos fotométricos, recomendados por Ouellette para minimizar estos errores, son caros y técnicamente difíciles y, por lo tanto, relativamente poco comunes. Entre los estudios analizados, el más destacado es el de **Yan, Guan y Lee**²³¹ en el que se comparan iluminancias y temperaturas de color de dos tipos de lámparas fluorescente y LED.

²²⁸ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²²⁹ *Ibidem, op. cit.*

²³⁰ Ouellette, M. J., 1993, Measurement of light: Errors in broad band photometry, *Building Research Journal*, 2, pp. 25 - 30. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 259.

²³¹ Yan, Y. , Guan, Y., Lee, T. G., 2012, Experimental Research of Visual Performance with different Optical Spectrum Light Sources, *Advanced Materials Research*, vols. 433-440, pp. 6375-6383.

Sin embargo, no hacen ninguna referencia al tema de las mediciones fotométricas. Cuestión muy importante, y más en los LED, por el cambio que se produce en la distribución espectral con respecto a la de las lámparas fluorescentes.

A continuación, se exponen los trabajos que hacen referencia a la luminancia empleada:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Huang, Chen, 2010	[3] Veitch, McColl, 1995
	[2] Berman, Navvab, Martin, Sheedy, Tithof, 2006	[4] LaGiusa, Perney, 1974

Tabla 19. Estudios analizados que hacen referencia a la luminancia

En la tabla siguiente se muestran estudios que, si bien no hacen referencia expresa a la luminancia, sí lo hacen a la reflectancia en paredes o al acabado de suelo, techo y paredes:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<u>Reflectancia:</u>	<u>Acabados de suelo, techo y paredes:</u>
	[1] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012	[2] Boray, Gifford, Rosenblood, 1989
		[3] Tinker, 1939

Tabla 20. Estudios analizados que hacen referencia a la reflectancia de las superficies o a sus acabados

II.8.2.5. TEMPERATURA CORRELATIVA DE COLOR

La temperatura correlativa de color (TCC) es otro de los parámetros utilizados para caracterizar las fuentes de luz blanca que juega un papel fundamental en la fisiología y psicología humana.

El diseño de iluminación tiene como base de diseño y criterio de evaluación parámetros como la iluminación (luminancia), el porcentaje de uniformidad de la iluminación, el deslumbramiento, el índice de reproducción cromático y otras propiedades físicas. El contenido de radiación azul-verde de una fuente de luz afecta al sistema circadiano. Por lo tanto, la garantía de calidad de la iluminación está estrechamente relacionada con la elección de la adecuada temperatura de color de la fuente de luz, además de satisfacer la iluminación, la uniformidad, el control del deslumbramiento y otros requisitos. Una temperatura de color diferente de la fuente de luz no sólo se relaciona con el rendimiento visual, sino que también afecta, obviamente, a la psicología y la fisiología de la percepción visual, como la atención, la velocidad de reacción y así sucesivamente cuando los alumnos estudian²³².

Según la revisión realizada por Jou y sus colaboradores²³³, una temperatura de color alta estimula la secreción de cortisol, una hormona que mantiene a las personas despiertas y activas, tal y como aseguran los estudios de Van Bommel²³⁴, Mills *et ál.*²³⁵ y los de Sato, Sakaguchi y Morita²³⁶. Una temperatura de color alta también suprime marcadamente la secreción nocturna de melatonina oncostática (MLT), lo que aumenta el riesgo de cáncer de mama y de cáncer de próstata, tal y como lo afirman las investigaciones de Pauley²³⁷.

²³² Huang, H., Chen, G., 2010, *Study on Energy Saving Lighting of Classroom based on Circopic*, International Conference on Digital Manufacturing & Automation, ChangSha, China, pp. 471-474, p. 474.

²³³ Jou, J. H. *et ál.*, 2011, High efficiency low color-temperature organic light-emitting diodes with a blend interlayer, *Journal of Materials Chemistry*, 21, pp. 17850-17854.

²³⁴ Van Bommel, W. J. M., 2006, Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work, *Applied Ergonomics*, 37, pp. 461-466.

²³⁵ Mills, P. R. *et ál.*, 2007, *op. cit.*

²³⁶ Sato, M., Sakaguchi, T., Morita, T., 2005, The effects of exposure in the morning to light of different color temperatures on the behavior of core temperature and melatonin secretion in humans, *Biological Rhythm Research*, vol. 36, nº 4, pp. 287-292.

²³⁷ Pauley, S. M., 2004, Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue, *Medical Hypotheses*, vol. 63, nº 4, pp. 588-596.

Por el contrario, una temperatura de color baja tiene un efecto menor en la supresión de MLT, ayuda a estabilizar los nervios autónomos, y proporciona una sensación cálida y confortable, según los informes de Brainard *et ál.*²³⁸ y Sato *et ál.*²³⁹ Por lo tanto, el desarrollo de una mejor iluminación de temperatura de color baja es una tarea importante, sobre todo para la luz durante la noche.

A la hora del análisis de los estudios de iluminación, según las indicaciones de Pinto *et ál.*²⁴⁰ y Linhares *et ál.*²⁴¹, se ha observado que no muchos de ellos tienen en cuenta que es posible obtener diferentes distribuciones de potencia espectral (SPD) de fuentes de luz con la misma TCC gracias al metamerismo.

De hecho, en la mayoría de las investigaciones analizadas, se hace referencia a la temperatura de color pero no al SPD de la fuente de luz. En general, el mecanismo que utilizan la mayoría de estudios sobre la TCC, es hacer composiciones de temperaturas correlativas de color y de iluminancias para comprobar cuál es la combinación más adecuada para el aprendizaje.

La investigación en ese campo se puede decir que tiene resultados poco claros.

Es evidente que la influencia de la fuente de luz en el color percibido por un observador de cualquier muestra iluminada por dicha fuente es el resultado de la interacción entre la distribución de potencia espectral (SPD) de la fuente y la reflectancia espectral de la muestra. Por lo tanto, la capacidad de los seres humanos para hacer juicios acerca de las diferencias de color entre pares de muestras de color depende de si se utiliza una u otra fuente de luz²⁴².

²³⁸ Brainard, G. C., Richardson, B. A., King, T. S., Reiter, R. J., 1984, The influence of different light spectra on the suppression of pineal melatonin content in the Syrian hamster, *Brain Research*, 294, pp. 333-339.

²³⁹ Sato, M., Sakaguchi, T., Morita, T., 2005, *op. cit.*

²⁴⁰ Pinto, P. D., Felgueiras, P. E. R., Linhares, J. M. M., Nascimento, S. M. C., 2010, Chromatic effects of metamers of D65 on art paintings, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30, pp. 632-637.

²⁴¹ Linhares, J. M. M., Felgueiras, P. E. R., Pinto, P. D., Nascimento, S. M. C., 2010, Colour rendering of indoor lighting with CIE illuminants and white LEDs for normal and colour deficient observers, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30, pp. 618-625.

²⁴² Pardo, P. J., Cordero, E. M., Suero, M. I., Pérez, A. L., 2012, Influence of the correlated color temperature of a light source on the color discrimination capacity of the observer, *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 29, nº 2, pp. 209-215, p. 209.

Generalmente, se recomienda un valor u otro dependiendo del nivel de iluminación²⁴³ o de la actividad programada que se va a llevar a cabo aunque la recomendación más utilizada que relaciona la temperatura correlativa de color, el nivel de iluminancia y las respuestas subjetivas es la gráfica de Kruithof que se puede observar en la figura siguiente:

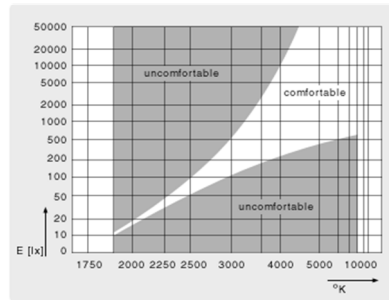


Fig. 45. Gráfica de Kruithof

Hace más de 60 años, Kruithof que trabajaba para Philips como ingeniero, fue el primero que "científicamente" aclaró los efectos de la temperatura de color de la luz en los seres humanos.

Reveló el rango de iluminación confortable mediante la combinación de la iluminancia con la temperatura de color que se muestra en la figura 45.

Una combinación de una temperatura de color más baja con un mayor nivel de iluminación da una "sensación agobiante e incómoda", mientras que una combinación de temperatura de color alta con un nivel de iluminación inferior da una "sensación triste e incómoda". Cuando se excluyen estas áreas incómodas, el área central restante se puede definir como el aérea "confortable" que se expande al aumentar la temperatura de color²⁴⁴.

El hallazgo de Kruithof ha sido citado con frecuencia en numerosos estudios. En vista de sus investigaciones, los autores de libros de texto de ingeniería de la iluminación, de arquitectura y de ergonomía recomiendan que la temperatura de color de la iluminación sea alta.

²⁴³ Davis, R. G., Ginthner, D. N., 1990, Correlated color temperature, illuminance level, and the Kruithof curve, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 19, pp. 27-38.

²⁴⁴ Katsuura, T., *Physiological anthropology: effects of artificial light environment on humans*, [publicación en línea]. En: Rudan, P., 2009, *Physical (Biological) Anthropology*, ed., EOLSS Publishers Co Ltd., Reino Unido, disponible en: <<http://www.eolss.net/sample-chapters/c03/e6-20a-05.pdf>>, [consultado 8 mayo 2013].

Sin embargo, otros estudios, como los realizados por Sato *et ál.*²⁴⁵ cuestionan sus resultados. El IDAE en la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes²⁴⁶, considera adecuada una temperatura de color de las lámparas de 3500 K, teniendo en consideración el rango de niveles de iluminación que pueden precisar las distintas dependencias docentes.

Según la revisión de Slegers²⁴⁷, además de los efectos de la iluminancia, estudios como los de Hathaway²⁴⁸ y Rautkylä²⁴⁹ indican efectos positivos de la iluminación de diferentes temperaturas correlativas de color (4000 K y 17000 K) sobre diversos resultados físicos, psicológicos y rendimiento de los alumnos, tales como la salud dental, el crecimiento físico y el desarrollo, la asistencia, el estado de alerta y el rendimiento académico.

Si se tiene en cuenta el criterio del estudio de la TCC, los estudios analizados en la presente revisión se pueden dividir en dos grupos:

- 1º Aquellos que utilizan iluminación variable (VL) en el tiempo, con combinaciones de temperatura de color e iluminancia.
- 2º Aquellos que utilizan iluminación estática que simplemente varía las condiciones de TCC, o en algunos casos las combinaciones de TCC e iluminancia.

Conviene destacar los estudios del equipo dirigido por **Yan, Lee, Guan y Liu**²⁵⁰ en un estudio con LED y fluorescentes realizan recomendaciones sobre el tipo de fuente de luz y la temperatura de color más adecuada. Indican que las lámparas tipo LED de temperatura de color 4000 K deberían ser la principal fuente de luz en las aulas.

Las lámparas fluorescentes de temperatura de color alta (6500 K), normalmente utilizadas en sus actuales aulas universitarias, pueden hacer que la fatiga cerebral o astenopía en los estudiantes llegue a ser más grave y que disminuya su eficiencia. Por lo tanto, no deberían de ser utilizadas como principal fuente de luz.

²⁴⁵ Sato, M., Sakaguchi, T., Morita, T., 2005, *op. cit.*

²⁴⁶ IDAE, CEI, 2001, Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes, ed. IDAE, Madrid.

²⁴⁷ Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

²⁴⁸ Hathaway *et ál.*, 1992, *op. cit.* Citado por: Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

²⁴⁹ Rautkylä, E. *et ál.*, 2010, *op. cit.* Citado por: Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

²⁵⁰ Yan, Y., Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X., 2012, *op. cit.*

A su vez establecen recomendaciones de mejores y peores combinaciones de luminancia y TCC, tanto para LED como para fluorescentes:

Grupo lámparas fluorescentes:

Mejor valor de iluminancia			Peor valor de iluminancia		
2700 K	2700 K	4000 K	2700 K	4000 K	6500 K
300lx	300lx	1000lx	750 lx	300 lx	1000 lx

Tabla 21. Mejor y peor valor de iluminancia con fluorescentes para distintas TCC

Grupo LED:

Mejor valor de iluminancia			Peor valor de iluminancia		
2700 K	4000 K	6500 K	2700 K	4000 K	6500 K
750 lx	300 lx	500 lx	1000 lx	500 lx	1000 lx

Tabla 22. Mejor y peor valor de iluminancia con LED para distintas TCC

De acuerdo a los resultados de este experimento, el estándar de iluminancia en los pupitres del aula regulado en la norma UNE-EN 12464 es 300 lx. Si se analizan sus datos, eso sólo sería adecuado si se utilizan lámparas fluorescentes de temperaturas de color bajas. Según ellos, lo más beneficioso para la salud de los estudiantes sería utilizar temperaturas de color media.

Como consecuencia, se debería elevar el estándar y evitar los 300 lx que es el peor rango de iluminancia. Por otra parte, también indican que según sus resultados las lámparas fluorescentes de temperatura de color baja o alta no se deberían utilizar como principal fuente de luz del aula.

Como se puede observar, estas recomendaciones resultan muy sugestivas, sin embargo cuando se estudia la investigación en profundidad, se observa que en el experimento que realizan tan sólo cuenta con 16 observadores universitarios. Siendo las recomendaciones tan interesantes, sería aconsejable que la muestra fuera más representativa.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<u>Illuminación variable (VL):</u>	
	[1] Slegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012	TCC= 12 000 K / 6500 K / 4000 K / 3000 K / 2900 K
	[2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012	TCC= 11 000 K / 5800 K / 4000 K / 3800 K / 3500 K
	<u>Illuminación estática:</u>	
	[1] Yan, Lee, Guan, Liu, 2012	TCC = 17 000 K / 4000 K
	[2] Yan, Guan, Lee, 2012	TCC = 6500 K / 4000 K / 2700 K
	[3] Rautkyä, Poulakka, Tetri, Halonen, 2010	TCC = 17 000 K / 4000 K
	[4] Huang, Chen, 2010	TCC = 6500 K / 4000 K / 2700 K
	[5] Berman, Navvab, Martin, Sheedy, Tithof, 2006	TCC = 5500 K / 3620 K
	[6] Samuels, 1999	TCC = 5400 K / ±4000 K
[7] Küller, Lindsten, 1992	TCC = 5500 K / 3000K	
[8] Boray, Gifford, Rosenblood, 1989	TCC = 5000 K / 4150 K / 3000 K	

Tabla 23. Estudios analizados en los que se hace referencia a la temperatura de color

II.8.2.6. ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

El hecho de que la iluminación proporcione una buena reproducción del color es algo más que deseable. En espacios comerciales, el IRC es uno de los factores más importantes. Los productos expuestos a la venta han de verse lo más apetecibles posible y, para ello, la reproducción de los colores en su verdadera magnitud es fundamental.

En espacios docentes el efecto del índice cromático no es tan directo. La norma UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo en su tabla 5.36 establece para los edificios educativos un IRC o Ra mínimo de 80, excepto para aulas de arte en escuelas de arte que señala un mínimo de 90. Sin embargo, a pesar de estos mínimos, su efecto no ha sido tan estudiado, sobre todo en lo que a sensaciones subjetivas se refiere.

Según la revisión realizada por Veitch y McColl²⁵¹, una característica de las lámparas que podría ser importante es la reproducción del color. Comentan McNelis *et ál.*²⁵² que las lámparas que permiten una fina discriminación de color son preferibles a otros tipos de lámparas y podrían mejorar la sensación subjetiva de que uno puede ver claramente, como aseveran las investigaciones de Aston y Bellchambers²⁵³ y Bellchambers y Godby²⁵⁴. Estos hallazgos sugieren que lámparas con un elevado IRC podría inducir a un efecto positivo, con consecuencias favorables para las conductas cognitivas y sociales.

Boyce y Simons²⁵⁵ compararon directamente la discriminación de color bajo diferentes tipos de lámparas en una serie de ocho experimentos. En ellos, el IRC, y no el tipo de lámpara (TCC), era un buen indicador de las puntuaciones medias de error. De hecho, en los estudios examinados a pesar de su posible efecto favorable, el índice de reproducción cromática (IRC) es uno de los índices menos referenciado. Ninguna de las investigaciones lo tiene como objeto de la investigación.

²⁵¹ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 273.

²⁵² McNelis, J. F., Howley, J. G., Dore, G. E., Delaney, W. B., 1985, Subjective appraisal of colored scenes under various fluorescent lamp colors, *Lighting Design and Application*, 15(6), Junio, pp. 25-29.

²⁵³ Aston, S. M., Bellchambers, H. E., 1969, Illumination, colour rendering, and visual clarity, *Lighting Research and Technology*, 1, pp. 259-261.

²⁵⁴ Bellchambers, H. E., Godby, A. C., 1972, Illumination, colour rendering, and visual clarity, *Lighting Research and Technology*, 4, pp. 104-106.

²⁵⁵ Boyce, P. R., Simons, R. H., 1977, Hue discrimination and light sources, *Lighting Research and Technology*, 9, pp. 125-140. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 265.

En aquellos en los que sí se indica, no se informa sobre su posible efecto positivo o negativo. En la mayoría, ni siquiera se señala cuál es y en ninguno de ellos se comentan los efectos de los tipos de lámparas más nuevos en la percepción del color, percepción en la que influye mucho la capacidad de discriminación del color.

Tanto las lámparas fluorescentes T8 como las T5 utilizan un recubrimiento trifósforo que produce una SPD con picos, aunque la percepción general es de una luz blanca (a una TCC especificada). Las lámparas están diseñadas para producir un elevado IRC para una TCC dada, pero esto no es lo mismo que una buena capacidad de discriminación del color²⁵⁶.

De las investigaciones consultadas, el caso más llamativo es el de las lámparas de espectro continuo (FSFL) en las que se comparan lámparas con un índice de reproducción cromática muy diferente. Respecto a este hecho, comentan Boyce y Rea²⁵⁷ que aunque una FSFL, con un IRC = 90, mejora el rendimiento de discriminación de color en comparación con la fluorescente blanco frío (CWFL) (TCC = 4100 K, IRC = 62), este efecto no es una propiedad exclusiva de las lámparas FSFL, existen muchos otros tipos de lámparas fluorescentes con un alto IRC.

Seguidamente, se muestran los estudios analizados en los que se indica el IRC aunque no es objeto de experimentación:

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Yan, Guan, Lee, 2012	IRC= 80/100
	[2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012	IRC= 82/85
	[3] Samuels, 1999	IRC= (FSFL=96)/ (CWFL = 65)
	[4] Küller, Lindsten, 1992	IRC= 91/85
	[5] Boray, Gifford, Rosenblood, 1989	IRC=(FSFL=90)/ (CWFL=62)/(WWFL=52)

Tabla 24. Estudios analizados que investigan el IRC

²⁵⁶ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 266.

²⁵⁷ Boyce, P. R., Rea, M. S., 1994, A field evaluation of full-spectrum, polarised lighting, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 23, nº 2, pp. 86-107. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 265.

II.8.3. PARÁMETROS A MEDIR

En este apartado se muestra qué parámetros miden los estudios analizados y cuáles son los resultados más relevantes conseguidos.

II.8.3.1. EFECTOS VISUALES

Desde los principios de la investigación en iluminación, este tipo de efectos visuales son aquellos en los que más se ha profundizado. Cómo se produce la visión, qué tipo de iluminación es la más adecuada para cada tarea, cuáles son las características de la luz que están influyendo visualmente y de qué modo, son cuestiones básicas. Como no podía ser de otra manera, ese tipo de preguntas también se hallan entre las investigaciones analizadas. Se han encontrado estudios sobre la eficiencia visual, la agudeza visual, el rendimiento visual y el confort visual que pueden estar influyendo en la visión y, por tanto, en el aprendizaje de los alumnos. En todos ellos se investiga cómo mejoran dichos parámetros si se cambia el nivel de iluminación, la temperatura de color, el tipo de lámpara, etc.

Otro ejemplo de parámetro importante es si la distribución de potencia espectral de una fuente de luz (SPD) de una fuente de luz influirá en la capacidad de ver a los niveles típicos de luz en interiores, tal y como indican Veitch y McColl²⁵⁸, teniendo en cuenta que la relación entre la visión y la luz está relacionada en dos curvas de eficiencia luminosa espectral de la visión (ver figura 46).

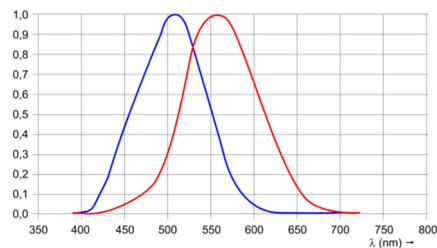


Fig.46. Cambio en la curva de sensibilidad media, escotópica (nocturna: en azul) versus fotópica (diurna: en rojo), normalizadas (la nocturna es más sensible)

En los niveles de luz típicos de los interiores, la visión es una función del sistema fotópico de fotorreceptores de los conos, con una respuesta máxima a 555 nm. La visión nocturna es dependiente del sistema escotópico de fotorreceptores de los bastones, que son más sensibles a 508 nm, tal y como indica Rea²⁵⁹. Así, es trivial observar que la SPD afecta a la visión.

²⁵⁸ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁵⁹ Rea, M. S., editor, IESNA, 1993a, *op. cit.*

Ella determina los colores que uno ve y, junto con la irradiación, el brillo aparente (por ejemplo, en niveles de iluminación bajos una luz azul parecerá más brillante que una luz roja, pero ocurrirá lo contrario en niveles de luz elevados).

II.8.3.1.1. Eficacia visual

Respecto a los estudios revisados, **Luckiesh y Moss**²⁶⁰ estudiaron la influencia de la iluminación de la escuela en el progreso educativo y en el bienestar de los alumnos. Concluyeron que una mejora de la iluminación aumentaba definitivamente y significativamente el progreso educativo. Midió la eficacia visual de los alumnos durante dos años y encontraron variaciones estacionales. Obtuvieron un mayor grado de eficacia visual durante los meses de invierno.

II.8.3.1.2. Confort visual

Generalmente, el confort visual se estudia con otros parámetros como pueden ser la agudeza visual y el rendimiento visual. **Fotios y Ramasoot**²⁶¹ realizaron un experimento para investigar la relación entre la iluminación, la aceptabilidad visual y las propiedades luminosas de pantallas de visualización. Existen pocos estudios analizados en los que se trate el tema de las pantallas de visualización en las aulas y este es uno de ellos. Teniendo en cuenta los principios del deslumbramiento, su investigación revela que en las aulas los reflejos molestos sobre las pantallas de visualización son la principal queja sobre el entorno visual. Debido a que el uso de las pantallas de este tipo en las aulas va aumentando progresivamente, se espera que las quejas también lo hagan. Sus resultados sugieren que los límites de luminancia de las luminarias prescritos en la normativa, UNE-EN 124641:2002, son demasiado bajos y que las pantallas de visualización modernas pueden tolerar mayores luminancias.

II.8.3.1.3. Agudeza visual

Entre los estudios más conocidos sobre la agudeza visual figuran los de Berman (ver apartado II.5.1.3). En ellos, la variación del espectro de la luz ambiente, de una luz esencialmente blanca, a unos niveles fotópicos fijos (visión diurna) afecta a la agudeza visual.

²⁶⁰ Luckiesh, M., Moss, F. K., 1940, Effects of classroom lighting upon the educational progress and visual welfare of school children, *Illuminating Engineering*, 35, pp. 915-938.

²⁶¹ Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, New Lighting Recommendations for the Classroom of the Future Based on Luminous Parameters of Display Screen Equipment, *Journal of Light & Visual Environment*, vol. 34, nº 3, pp. 165-169.

Berman²⁶² encontró que el tamaño de pupila depende de la cantidad de luz disponible para el sistema escotópico (visión nocturna), incluso en los niveles de luz típicos de los interiores, es decir, a mayor luz en las regiones espectrales en las que los bastones son sensibles, menor es el tamaño de la pupila. Cuanto más pequeña es la pupila, mayor será la profundidad de campo y mejor la agudeza visual. Por lo tanto, Berman predijo que una fuente de luz con fuertes emisiones alrededor de 508 nm, y además en el espectro fotópico, producirá un rendimiento visual óptimo.

Respecto a la revisión efectuada, **Berman, Navvab, Martin, Sheedy y Tithof**²⁶³ en 2006 realizaron una investigación sobre el efecto de espectro de la lámpara y del nivel de iluminación en la agudeza visual en condiciones típicas de lectura. Llegaron a la conclusión de que si se cambia la iluminación tradicional de 3500 K a una iluminación de mayor temperatura de color (TCC) es posible proporcionar una mayor calidad del entorno visual con un reducido coste de energía de iluminación ya que sus resultados mostraban que la agudeza visual era significativamente mejor bajo la lámpara con una temperatura de color superior (5500 K) con 24 de los 27 niños que participaron en su estudio.

Los resultados de Berman son similares a los de **Huang y Chen**²⁶⁴ en 2010 que también estudiaron la relación entre las condiciones visuales de la temperatura de color y el nivel de iluminación.

Establecieron que bajo la iluminación fluorescente del aula, el área de la pupila es menor bajo una temperatura de color alta y media. Esta variación del área de la pupila refleja el rendimiento visual y el cirtópico de las diferentes temperaturas de color de las fuentes de luz.

Si el área de la pupila se hace más pequeña, implica que se reduce más eficazmente la fatiga visual y que se mejora la eficiencia del aprendizaje. Según sus resultados, para conseguir el mismo rendimiento visual y cirtópico, es decir, un área de la pupila igual, las fluorescentes de 6500 K necesitan producir menos luminancia y, por lo tanto, un menor consumo de energía eléctrica. Establecieron que las lámparas fluorescentes de temperatura de color media y alta son buenas para el ahorro energético.

²⁶² Berman, S. M., 1992, Energy efficiency consequences of scotopic sensitivity, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 21, nº 1, pp. 3-14. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁶³ Berman, S. M. *et ál.*, 2006, A comparison of traditional and high colour temperature lighting on the near acuity of elementary school children, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, pp. 41-52.

²⁶⁴ Huang, H., Chen, G., 2010, *op. cit.*

II.8.3.1.4. Rendimiento visual

Un elemento a tener en cuenta en el rendimiento visual es que si bien los resultados de los experimentos de Berman²⁶⁵ son coherentes, no está claro que el tamaño de la pupila sea el mecanismo de mediación para un mejor rendimiento visual con lámparas escotópicamente mejoradas. De hecho, en sus estudios de 1993 y 1994, no hubo correlación entre el tamaño de la pupila y el rendimiento académico de los estudiantes.

Fotios y Levermore²⁶⁶ en 1995 encontraron un mejor rendimiento visual bajo una luz blanca incandescente con una temperatura de color de alta densidad (más fuerte componente azul de una lámpara incandescente normal), pero el tamaño del efecto no fue consistente con la predicción basada en la teoría de Berman.

Veitch y McColl²⁶⁷ comentan que otros estudios, como los de Hathaway *et ál.*²⁶⁸, Hathaway²⁶⁹, Halonen²⁷⁰, Küller y Wetterberg²⁷¹, Halonen *et ál.*²⁷², Boyce y Rea²⁷³, Rea²⁷⁴, Vrabel *et ál.*²⁷⁵, tampoco han encontrado efectos de la distribución espectral de una fuente de luz (SPD) en el rendimiento visual o la agudeza visual en el rango de luminancias típico utilizado en interiores.

²⁶⁵ Berman, S. M, Fein, G., Jewett, D. L, Ashford, F., 1993, Luminance controlled pupil size affects Landolt C test performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 22, pp. 150-65.

²⁶⁶ Fotios, S., Levermore, G. J., 1995, Visual perception under tungsten lamps with enhanced blue spectrum, *Lighting Research and Technology*, 27, pp. 173-179. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁶⁷ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁶⁸ Hathaway, W. E. *et ál.*, 1992, *op. cit.*

²⁶⁹ Hathaway, W. E., 1995, Effects of School Lighting on Physical Development and School Performance, *The Journal of Educational Research*, vol. 88, n° 4, Mar. - Apr., pp. 228-242.

²⁷⁰ Halonen, L., 1993, *Effects of Lighting and Task Parameters on Visual Acuity and Performance*, NTIS no. PB94-179231, Espoo: Helsinki University of Technology.

²⁷¹ Küller, R., Wetterberg, L., 1993, *op. cit.*

²⁷² Halonen, L., Eloholma, M., Lehtovaara, J., 1993, *Lighting Objectives and Demands of Future Buildings*, NTIS no. PB94-132503, Espoo, Helsinki University of Technology.

²⁷³ Boyce, P. R., Rea, M. S., 1994, *op. cit.*

²⁷⁴ Rea, M. S., 1993b, A test of full-spectrum polarized lighting, *Lighting Magazine*, 6, pp. 24-25.

²⁷⁵ Vrabel, P. L., Bernecker, C. A., Mistrick, R. G., 1995, Visual performance and visual clarity under electric light sources: Part 1- Visual performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 24, n° 1, pp. 69-80.

Según Veitch²⁷⁶, una posible explicación a estos resultados contradictorios son los sesgos de las expectativas: las diferencias individuales en la agudeza visual son grandes, por lo que la mayoría de los investigadores controlan esta fuente de varianza mediante el uso de diseños intra-sujetos que hacen la variable independiente obvia.

Sin embargo, se han obtenido resultados consistentes usando diseños intra-sujetos para estudiar los efectos predichos por otros modelos de rendimiento visual, como los estudios de Rea y Ouellette²⁷⁷; del contraste, por ejemplo, Boyce y Rea²⁷⁸; y de los efectos de luminancia fotópica, por ejemplo, Rowlands *et ál.*²⁷⁹, Halonen²⁸⁰, que son condiciones de estímulo igualmente evidentes. Si los resultados inconsistentes fueron causados por los sesgos de las expectativas derivados del conocimiento de las hipótesis, seguramente estas otras investigaciones también mostrarían resultados contradictorios.

A continuación, se comentan los estudios analizados que tratan este tema del rendimiento visual:

Veitch y McColl²⁸¹ examinaron los efectos de la distribución espectral de la fuente de luz (SPD) y la tasa de parpadeo en el rendimiento y el confort visual. En su experimento la modulación cromática no parecía afectar al rendimiento visual o al confort visual. En cuanto a la SPD, sus resultados no apoyaban la hipótesis de Berman. No hubo un efecto estadísticamente significativo en el tiempo de la fuente de luz en el rendimiento visual, en la tarea de rendimiento visual o en el confort visual. Sin embargo, sus resultados tienen importantes implicaciones para la práctica de la iluminación ya que demostraron que bajo condiciones de visión restrictivas y de estricto control experimental, los jóvenes con visión normal mostraban un mejor rendimiento visual en condiciones de iluminación fluorescente de alta frecuencia que con iluminación fluorescente de baja frecuencia.

²⁷⁶ Vrabel, P. L., Bernecker, C. A., Mistrick, R. G., 1995, *op. cit.*

²⁷⁷ Rea, M. S., Ouellette, M. J., 1991. Relative visual performance: a basis for application. *Lighting Research and Technology*, 23, pp. 135-44. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁷⁸ Boyce, P. R., Rea, M. S., 1994, *op. cit.* Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁷⁹ Rowlands, E., Loe, D. L., Waters, I. M., Hopkinson, R. G. 1971, Visual performance in illuminance of different spectral quality, en *Proceedings of the 17th session of the Commission Internationale de l'Éclairage*, Barcelona, (Bureau Centrale de la CIE, Paris).

²⁸⁰ Halonen, L., 1993, *op. cit.*

²⁸¹ Veitch, J. A., Mc Coll, S. L., 1995, Modulation of fluorescent light: Flicker rate and light source effects on visual performance and visual comfort, *Lighting Research and Technology*, vol. 27, nº 4, pp. 243-256.

Establecieron que el parpadeo luminoso afecta al rendimiento visual en todo el rango de 100/120 Hz a 20 kHz, con tasas de parpadeo más bajas se reduce el rendimiento visual.

Además, entre distintos tipos de lámparas las diferencias cromáticas en el parpadeo podrían contribuir a una varianza adicional en el rendimiento visual. Aunque no hay una evidencia directa de que el parpadeo cromático influye en el rendimiento visual, la evidencia indirecta sugiere que podría ser importante, al menos para las poblaciones sensibles²⁸².

Los resultados de su estudio añaden peso a los argumentos a favor de balastos electrónicos de alta frecuencia para los sistemas de iluminación fluorescentes: no sólo son energéticamente más eficientes que los tradicionales, sino que tienen efectos beneficiosos sobre el rendimiento y el bienestar humano.

Teniendo en cuenta también que en las condiciones habituales de trabajo visual, con tiempos de exposición más largos y para personas de diferentes edades y habilidades visuales, el efecto de la frecuencia de parpadeo en el rendimiento visual se puede ver consecuentemente agravado.

Veitch²⁸³ indica que el parpadeo cromático puede confundir a la literatura en esta área, dada la gran variedad de tipos de lámparas y metodologías utilizadas en las investigaciones, con algunas fuentes que parpadean (fluorescentes y de descarga de alta intensidad) y otras que no (incandescentes).

A parte de la influencia de la distribución de potencia espectral de la fuente de luz (SPD), también influye en el rendimiento visual otro tipo de parámetros, como puede ser el nivel de iluminación y la temperatura de color:

Yan, Guan y Lee²⁸⁴ en un estudio con 8 estudiantes determinaron cuál era la mejor combinación de iluminación de ambiente e iluminación de pizarra. Basándose en un experimento sobre el rendimiento visual de los estudiantes, llegaron a la conclusión de que la tasa de reconocimiento es mayor cuando existe un buen contraste entre la fuente de luz del ambiente y la de la pizarra.

²⁸² Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 264.

²⁸³ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

²⁸⁴ Yan, Y., Guan, Y., Lee, T. G., 2012, *op. cit.*

Según sus conclusiones, cuando se elige una fuente de luz para un aula, tendría que evitarse usar la misma temperatura de color para la iluminación general que para la pizarra.

De esta manera, la mejor combinación de temperatura de color es 4000 K para la iluminación general y 2700 K para la pizarra y la peor, usar lámparas fluorescentes de 6500 K para la iluminación general y para la pizarra.

Por su parte **Tinker**²⁸⁵ en 1939 estudió nivel crítico de intensidad de iluminación para la lectura y encontró que la velocidad de lectura aumentaba con el incremento de la intensidad de la iluminación hasta un punto entre 3,1 y 10,3 fotocandelas (33 a 111 lux) cuando el ojo se adapta durante sólo 2 minutos a la luminosidad de la luz utilizada; cuando el ojo se adapta adecuadamente (15 minutos de tiempo de adaptación) el nivel crítico para la visión efectiva es de aproximadamente 3 fotocandelas (32 lux) o ligeramente por debajo.

La claridad de visión se reducía en dos horas de lectura bajo intensidades de menos de 3,1 fotocandelas (33 lux). Con intensidades que iban desde 3,1 hasta 53,3 fotocandelas (33 a 574 lux), la claridad de visión se veía poco afectada por un trabajo visual prolongado.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<p>[1] Yan, Guan, Lee, 2012</p> <p>[2] Huang, Chen, 2010</p> <p>[3] Fotios, Ramasoot, 2010</p> <p>[4] Berman, Navvab, Martin, Sheedy, Tithof, 2006</p> <p>[5] Veitch, McColl, 1995</p>	<p>[6] O'Leary, Rosenbaum, Brooks, Hughes, 1978</p> <p>[7] Kleiber, Musick, Jayson, 1973</p> <p>[8] Luckiesh, Moss, 1940</p> <p>[9] Tinker, 1939,</p>
-------------------------------------	--	---

Tabla 25. Estudios analizados que investigan el rendimiento visual

²⁸⁵ Tinker, M. A., 1939, The effect of illumination intensities upon speed of perception and upon fatigue in reading, *Journal of Educational Psychology*, vol. 30, n° 8, November, pp. 561-571.

II.8.3.2. EFECTOS BIOLÓGICOS

Los efectos biológicos de la luz son los efectos más importantes ya que pueden llegar a tener una repercusión muy importante en la salud de los estudiantes y, por tanto, en su rendimiento académico. Así como en los logros académicos, la iluminación puede afectar a la salud de los estudiantes, incluyendo la producción de vitamina D, los cambios de humor, la depresión y los dolores de cabeza, tal y como aseguran las investigaciones de Guzowski²⁸⁶ y Benya²⁸⁷.

II.8.3.2.1. Efectos directos

Los efectos directos de la luz en los entornos docentes no siempre son fáciles de investigar. Evidentemente no hay duda de que existe una relación causa-efecto entre la biología del organismo y su entorno, aunque la medida de esa relación es a menudo cualitativa. Como ejemplo de este tipo de investigación figura el estudio de:

Grangaard²⁸⁸ que durante de dos años constató como la presión sanguínea de los alumnos disminuía un 9% menos con lámparas de espectro continuo (FSFL).

II.8.3.2.2. Efectos indirectos

Los efectos de la luz sobre los ritmos circadianos son los efectos menos investigados en comparación con el resto. La causa posible de la escasez de estudios puede ser que el descubrimiento de una nueva célula fotorreceptora en el ojo y su influencia en el ritmo circadiano no se produjo hasta 2002 por el equipo de Berson²⁸⁹.

En los estudios investigados, aquellos que versan sobre los efectos indirectos de la luz sobre el ser humano son los siguientes:

²⁸⁶ Guzowski, M., 2000, Address Health and Wellbeing, in *Daylighting for Sustainable Design*, ed. McGraw-Hill, ed. New York, pp. 291-339. Citado por: Newman, M., 2009, *op. cit.*

²⁸⁷ Benya, J. R., 2001, *Lighting for schools*, ed. National Clearinghouse for Educational Facilities, Washington, D.C.

²⁸⁸ Grangaard, E. M., 1993, *Effects of Color and Light on Selected Elementary Students*, tesis doctoral, inédita, Department of Educational Administration and Higher Education, University of Nevada, Las Vegas.

²⁸⁹ Berson, D.M, Dunn, F.A, Takao, M., 2002, Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock, *Science*, 295, pp. 1070-3.

Küller y Lindsten²⁹⁰ estudiaron los efectos de la luz sobre la producción de las hormonas del estrés, el rendimiento en el aula, el crecimiento del cuerpo y las bajas por enfermedad de los niños en la escuela. Sus resultados indicaron la existencia de una variación estacional sistemática con más hormonas del estrés (cortisol) en verano que en invierno. El descenso se hizo más pronunciado durante el período de noviembre a diciembre seguido por un incremento notable, que en el sur de Suecia parecía ocurrir alrededor de febrero.

Constataron como el trabajo en aulas sin luz natural puede alterar el patrón hormonal básico y esto, a su vez, puede influir en la capacidad de los niños para concentrarse o cooperar, y eventualmente también puede tener un impacto en el crecimiento anual del cuerpo y en las bajas por enfermedad.

Este resultado es importante ya que parece indicar que el trabajo en entornos sin ventanas, o en ambientes que carecen de iluminación adecuada, puede provocar una perturbación severa en el sistema cronobiológico que regula la producción de hormonas.

De este modo, tanto la luz natural como la artificial afectarían al sistema cronobiológico. En los países del norte, el período crítico parece ser a finales de otoño, invierno y principios de primavera. También encontraron patrones estacionales en la capacidad de concentración y cooperación de los alumnos, aunque constataron que hasta cierto punto, estos patrones se relacionaban con los principales días festivos durante el verano y la Navidad.

Sin embargo, los factores climáticos, como la luz natural y la temperatura interior, también parecían jugar un papel importante. En parte, podría estar relacionado con cambios cronobiológicos dentro del individuo y, en parte, especialmente donde las variaciones de temperatura estaban implicadas, a los cambios en la activación tónica.

Asociaron valores altos de cortisol por la mañana con una inclinación hacia la sociabilidad de los alumnos, mientras que valores moderados o bajos parecían promover la concentración individual. Este conocimiento puede ser útil en la planificación de los trabajos de la jornada escolar, así como del curso escolar.

A su vez, constataron cómo los factores estacionales también parecían influir en el crecimiento del cuerpo.

²⁹⁰ Küller, R., Lindsten, C., 1992, *op. cit.*

Los niños con valores altos de cortisol por la mañana tuvieron un incremento algo menor en el crecimiento corporal anual. Esta correlación inversa se hizo más pronunciada durante el período de invierno, de noviembre a febrero.

El crecimiento corporal está regulado, entre otras, por las hormonas somato-tropinas de la glándula pituitaria, un proceso regulado en parte por las áreas hipotalámicas. La melatonina pineal puede ser un posible regulador de este proceso que, por lo tanto, se volvería sensible a la estimulación de la luz.

Por último, la producción de cortisol, especialmente en diciembre, parecía tener cierta influencia en las bajas por enfermedad. Debido a que el cortisol actúa como movilizador de las defensas del cuerpo, parece razonable que las bajas por enfermedad fueran mayores para aquellos niños con niveles de cortisol más bajos.

Llegaron incluso a concluir que, si se lograba elevar los niveles de cortisol por medio de una mejor iluminación, los niños y niñas más vulnerables podrían volverse más resistentes a los resfriados y otras infecciones.

Otro tipo de estudios en los que se han investigado los efectos biológicos son aquellos en los que se estudiaban las lámparas de espectro continuo, con la consiguiente polémica que conllevaron (ver apartado II.7. La iluminación artificial en los espacios docentes). Independientemente de que el mecanismo implicado en los resultados conseguidos no fuera el tipo de lámpara, se recopila a continuación las conclusiones al respecto de la revisión efectuada:

Hathaway²⁹¹ llegó a la conclusión de que los estudiantes que trabajan bajo lámparas fluorescentes de espectro continuo con suplementos ultravioleta desarrollaban menos caries y tenían una mejor asistencia, rendimiento, crecimiento y desarrollo que los alumnos que estudiaban bajo otro tipo de luz.

Constató también que los estudiantes bajo los efectos de lámparas de vapor de sodio de alta presión tenían tasas más bajas de crecimiento y desarrollo, así como niveles más pobres de asistencia y rendimiento. Determinó que los sistemas de iluminación tienen importantes efectos no visuales en los estudiantes ya que están expuestos a ellos en las aulas durante largos periodos de tiempo.

²⁹¹ Hathaway, W. E., 1995, *op. cit.*

Wohlfarth²⁹² estudió los efectos de las lámparas de espectro continuo, el color prescrito y combinaciones de luz y color, luz ultravioleta y radiación electromagnética.

No observó relaciones causa-efecto sistemáticamente significativas entre ninguno de los tipos de luz y la capacidad del alumno (niveles de rendimiento), actitudes hacia las materias escolares, mal comportamiento que exigía una acción disciplinaria, ausencias debidas a enfermedades, problemas de refracción en los ojos o presión arterial.

Aunque no encontró relaciones sistemáticamente significativas en la presión arterial, sí que hubo indicios de que el color puede tener algún efecto a corto plazo sobre los niveles de presión arterial de los estudiantes.

En concreto, asoció los colores cálidos y estimulantes con un aumento de la presión arterial de los estudiantes de la mañana a la tarde. A su vez, también encontró un fuerte efecto entre la luz ultravioleta en el rango 280-400 nm y la reducción de la caries dental y las ausencias por enfermedad.

La eliminación de las emisiones electromagnéticas de las lámparas fluorescentes dio lugar a una disminución significativa de los comportamientos fuera de la tarea de los grupos en el aula, pero no en los grupos seleccionados por hiperactividad.

A continuación, se muestran en la tabla siguiente las investigaciones que tratan de medir los efectos indirectos de la luz en el ser humano.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Grangaard, 1993 [2] Küller, Lindsten, 1992	[3] Hathaway, 1995 [4] Wohlfarth, 1986
-------------------------------------	---	---

Tabla 26. Estudios analizados que investigan los efectos indirectos de la luz

²⁹² Wohlfarth, H., 1986, *Color and Light Effects on Students' Achievement, Behavior, and Physiology*, Planning and Information Service, Alberta Dept. of Education, Edmonton, Canada.

II.8.3.3. EFECTOS FISIOLÓGICOS

Como se ha comentado anteriormente (ver apartado II.5.3), la luz afecta a diversos procesos fisiológicos en el cuerpo humano, tales como la presión arterial, la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la EEG, la temperatura del corazón y la melatonina.

Además, la exposición a la iluminación con diferentes iluminancias y temperaturas correlativas de color (TCC) también puede afectar a la calidad del sueño, al estado de ánimo, al estado de alerta y a la percepción de auto-eficacia de los sujetos estudiados.

En el análisis realizado, entre los estudios que han ensayado los efectos fisiológicos de la luz destacan los de:

Rautkyä, Poulakka, Tetri y Halonen²⁹³ que compararon cambios en el estado de alerta de los alumnos cambiando la temperatura de color de las lámparas (4000 K – 17 000 K). Sus resultados variaban con respecto a la estación.

En otoño, los alumnos estaban más alerta al principio de la clase ya que según ellos, los niveles hormonales del ser humano cambian de la mañana a la tarde. La TCC alta mantenía el estado de alerta. En primavera, el estado de alerta decreció independiente de la TCC.

Estudiaron el cronotipo de los estudiantes y confirmaron que no tenía correlación entre los cambios en el estado de alerta y los cambios de TCC. Las personas que habían tomado estimulantes presentaban menos cambios en el estado de alerta al cambio en la TCC.

De esta manera, verificaron que los estimulantes enmascaran los efectos de la luz y que la cafeína induce los mismos efectos que la luz blanca fría ya que la luz fría estimula y activa el metabolismo.

Sus resultados confirman que es buena idea colocar iluminación dinámica en términos de variación del color de la luz de la mañana a la tarde siguiendo la actividad hormonal.

²⁹³ Rautkylä, E., Puolakka, M., Tetri, E., Halonen, L., 2010, Effects of correlated colour temperature and timing of light exposure on daytime alertness in lecture environments, *Journal of Light and Visual Environment*, 34, pp. 59-68.

Samuels²⁹⁴, en su investigación, planteaba la pregunta de que si en un país como Australia, bendecido con la luz del sol, la influencia de las lámparas de espectro continuo era comparable a la del norte de Europa, donde la luz del día se acorta significativamente y los síndromes del trastorno afectivo estacional (SAD) se vuelven más frecuentes, induciendo a la depresión y, por tanto, influyendo en el rendimiento.

Samuels encontró un efecto positivo de la luz de espectro continuo, incluso en las condiciones de Sydney, Australia. Según su estudio, el espectro continuo de las lámparas mejoró el estado de ánimo y la atención en los escolares. La ansiedad, la depresión y el trastorno afectivo estacional (SAD o *Seasonal affective disorder*) (letargo, etc.) también mejoraron o se produjeron significativamente menos veces.

Concluyó que las condiciones de la iluminación de espectro continuo marcaban una diferencia sustancialmente positiva en la atención, el estado de ánimo, el estado mental y en el comportamiento de los estudiantes, es decir, en su rendimiento genérico en la escuela.

Aún con todas las reservas ya comentadas sobre la investigación de lámparas FSFL, la investigación de Samuels plantea una pregunta interesante: si la influencia de la luz artificial es la misma en todas las latitudes o influye sustancialmente las características propias de cada territorio, sobre todo en el acceso a la luz natural, en los sujetos y, por tanto, en los resultados de las investigaciones.

Se muestran en la tabla siguiente las investigaciones revisadas que analizan los efectos fisiológicos de la luz en el ser humano.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	[1] Rautkyä, Poulakka, Tetri, Halonen, 2010 [2] Samuels, 1999	[3] Küller, Lindsten, 1992
-------------------------------------	--	----------------------------

Tabla 27. Estudios analizados que investigan los efectos fisiológicos de la luz

²⁹⁴ Samuels, R., 1999, *Light, Mood and Performance at School: Final Report*, Department of Education and Training and Department of Public Works and Services, NSW, Australia.

II.8.3.4. EFECTOS PSICOLÓGICOS

II.8.3.4.1. Atención



Fig. 47. Elemento de atención: la pizarra

Captar o aumentar la atención de los alumnos a través de la iluminación puede llegar a ser un instrumento muy importante para el aprendizaje en el aula. Entre los estudios que intentan estudiar el efecto de la iluminación en la atención se encuentran, en primer lugar, aquellos que investigan la diferente distribución de luminancias dentro del espacio del aula:

LaGiusa y Perney²⁹⁵ por ejemplo, emplearon variaciones de iluminancia como ayuda para atraer y mantener la atención de los estudiantes hacia un elemento de instrucción. Esta aplicación, realizada en 1973²⁹⁶ en dos aulas, mejoró la cantidad de tiempo dedicado a la atención de la tarea (a juzgar por un observador independiente) y el rendimiento a corto plazo en una serie de pruebas de vocabulario. Las diferencias en el nivel de atención se produjeron en función del número y de las condiciones de las presentaciones.

La técnica de ayuda visual a la presentación de mayor iluminación incrementó la atención de los alumnos. De este modo, mostraron que la reacción de atención a las ayudas visuales puede mejorar mediante el refuerzo de los patrones de brillo y que tales técnicas podían ser un medio eficaz para mejorar la atención de alumnos, mientras se usasen a largo plazo en un ambiente real.

En segundo lugar, se hallan estudios más recientes en los que se emplea una iluminación dinámica o variable (VL), es decir, una luz que es variable en iluminancia y temperatura de color para aumentar la atención y adecuar la iluminación a las tareas del aula.

Sleegers, Moolenaar, Galetzka y van der Zanden²⁹⁷ realizaron tres experimentos para evaluar el efecto de la VL en la concentración de los alumnos de centros de primaria. Sus resultados subrayan la importancia de la iluminación para el aprendizaje e indican una influencia positiva de las condiciones de iluminación en la concentración de los alumnos.

²⁹⁵ LaGiusa, F. F., Perney, L. R., 1974, Further studies on the effects of brightness variations on attention span in a learning environment, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3, pp. 249-52.

²⁹⁶ LaGiusa, F. F., Perney, L. R., 1973. Brightness patterns influence attention spans, *Lighting Design + Application*, vol. 3, n° 5, May, pp. 26-30.

²⁹⁷ Sleegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

Cabría destacar que en sus investigaciones la concentración de los alumnos mayores se veía menos afectada por las condiciones de iluminación que la de los alumnos más jóvenes, y los alumnos mayores siempre obtenían mejores resultados en las pruebas de concentración que sus compañeros más jóvenes.

Asimismo examinaron los efectos diferenciales de las condiciones de iluminación en el aula sobre la concentración según el género, pero no encontraron ninguna evidencia de efectos diferenciales de género en la relación entre la iluminación y la concentración.

Por su parte **Barkmann, Wessolowski y Schulte-Markwort**²⁹⁸ analizaron el efecto de la VL sobre el rendimiento y la actitud de los estudiantes. Su objetivo era determinar si los efectos positivos conocidos de la VL sobre el bienestar y el rendimiento en el entorno laboral eran transferibles al entorno escolar, y si los estudiantes o los profesores encontraban en la VL una herramienta adecuada para uso en el aula.

Sus resultados mostraron que los estudiantes cometieron menos errores bajo el programa de iluminación focalizada. La velocidad de la lectura aumentó significativamente. La comprensión de lectura también mejoró, pero esta mejoría no fue estadísticamente significativa. Por el contrario, la motivación por el logro de los estudiantes y el clima de aula no cambiaron.

En general, los estudiantes y los profesores valoraban positivamente la VL y la consideraron útil durante las clases. A la vista de sus resultados, afirmaron que la VL representa un factor ambiental que puede ser útil para optimizar las condiciones generales de aprendizaje en los centros docentes del futuro.

II.8.3.4.2. Rendimiento

Ha habido estudios que han tratado de correlacionar elementos como el color y el atractivo estético con rendimiento de los estudiantes. Comenta Schneider²⁹⁹ que un ejemplo de este tipo de investigaciones es el informe de Cash en 1993 en el que para mejorar el rendimiento estudiantil las paredes fueron pintadas de colores pastel en vez de blanco.

²⁹⁸ Barkmann, C., *et ál.*, M., 2012, *op. cit.*

²⁹⁹ Schneider, M., 2002, *Do School Facilities Affect Academic Outcomes?*, National Clearinghouse for Educational Facilities, Washington, p. 6

Sin embargo, tratar de medir o evaluar la influencia de la iluminación en el rendimiento de los alumnos es una tarea muy compleja ya que dicho rendimiento puede verse afectado por múltiples factores que no siempre son fáciles de aislar o controlar y que pueden llegar a invalidar la investigación.

A continuación, debido a la diferencias en el aprendizaje con respecto a la edad, a la hora de efectuar la revisión de las investigaciones que trataban de evaluar el rendimiento de los estudiantes se ha seguido la división utilizada por Veitch³⁰⁰ en la que separa las investigaciones que estudian el rendimiento académico de niños de aquellas que investigan el de los adultos.

Efectos en el rendimiento de los niños:

Con respecto a la influencia de la iluminación en el rendimiento académico de los niños, dentro de las investigaciones analizadas, únicamente se han encontrado investigaciones que examinan los efectos de las lámparas FSFL (ver apartado II.7). Ejemplos de estudios y los experimentos de campo como los de Mayron *et ál.*³⁰¹; Zamkova y Krivitskaya³⁰²; Ferguson y Munson³⁰³ y Hathaway³⁰⁴, que, en general, no encuentran efectos sistemáticos de las FSFL sobre el rendimiento académico.

En el mejor de estos estudios, Ferguson y Munson³⁰⁵ controlaron los efectos a largo plazo de diferente tipo de enseñanza examinando las medidas de atención y de memoria administradas para su estudio por los profesores en las aulas.

Llevaron a cabo tanto experimentos con un diseño de medidas repetidas como experimentos con un diseño entre grupos en diferentes aulas. No encontraron evidencia de que el tipo de iluminación del aula afectara a estos resultados.

³⁰⁰ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

³⁰¹ Mayron, L. W., Ott, J. N., Nations, R., Mayron, E. L., 1974, *op. cit.*

³⁰² Zamkova, M. A., Krivitskaia, E. I., 1966, The effect of radiation by erythema-uvioi lamps on the working capacity of students, *Gigiena i sanitaria*, vol. 31, nº 4, April, pp. 41-44.

³⁰³ Ferguson, R. V., Munson, P. A., Victoria, B. C., 1987, *The Effects of Artificial Illumination on the Behaviour of Elementary School Children*, Final Report to Extramural Research Programs Directorate Health Services and Promotions Branch Health and Welfare Canada, University of Victoria, Victoria, Canada.

³⁰⁴ Hathaway, W. E., 1995, *op. cit.*

³⁰⁵ Ferguson, R. V., Munson, P. A., Victoria, B. C., 1987, *op. cit.*

Mayron, Ott, Nations y Mayron³⁰⁶ estudiaron los efectos de la iluminación de espectro continuo y protección contra las radiaciones en el comportamiento y el rendimiento académico de los escolares.

Llegaron a demostrar que el uso de la iluminación fluorescente de espectro continuo (FSFL) y con protección contra la radiación disminuía el comportamiento hiperactivo de los alumnos en dos aulas de primer grado, comparándolos con el grupo de estudiantes de control en dos aulas con iluminación fluorescente estándar blanco frío (CWFL).

A su vez, también demostraron que el rendimiento académico era significativamente diferente entre las cuatro aulas. Sin embargo, sus resultados no son concluyentes ya que no quedaba claro en su estudio si las diferencias fueron resultado de las condiciones experimentales o causadas por tener los alumnos profesores distintos.

No encontraron ninguna relación entre el rendimiento académico y la disminución en el comportamiento hiperactivo. Por último, sus resultados indicaban que no hubo variaciones significativas en el rendimiento académico en condiciones de iluminación alternativas según el género de los sujetos.

Hathaway³⁰⁷ demostró que los estudiantes bajo de lámparas fluorescentes de espectro continuo con suplementos ultravioleta desarrollaban menos caries y tenían una mejor asistencia, rendimiento, crecimiento y desarrollo que los estudiantes bajo otro tipo de luz, que no habían recibido este suplemento.

Los estudiantes bajo lámparas de vapor sodio de alta presión tuvieron las tasas más bajas de crecimiento y desarrollo, así como los niveles más pobres de asistencia y rendimiento.

En general, en las condiciones de FSFL se produjo una asistencia significativamente mejor que bajo las lámparas de CWFL y los incrementos mayores de rendimiento en lenguaje y matemáticas se consiguieron bajo las condiciones de FSFL, completado o no con radiación ultravioleta.

³⁰⁶ Mayron, L. W., Ott, J. N., Nations, R., Mayron, E. L., 1974, *op. cit.*

³⁰⁷ Hathaway, W. E., 1995, *op. cit.*

Boray, Gifford y Rosenblood³⁰⁸ estudiaron las diferencias entre los efectos causados por las lámparas fluorescente de blanco cálido (WWFL), las fluorescentes blanco frío (CWFL) y las de espectro continuo (FSFL) en el rendimiento en tareas verbales simples y cuantitativas, recomendaciones de salario nominal, atractivo, juicios de percepción del atractivo del aula, tamaño estimado de la aula, auto-informe del placer y del estado de activación. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre los tres tipos de iluminación en cualquiera de estas medidas.

Un análisis posterior indicó que, si las diferencias realmente existían, eran bastante pequeñas. Finalmente, recomendaron las lámparas blanco frío (CWFL) o caliente (WWFL) porque eran mucho menos costosas que las lámparas de espectro continuo (FSFL).

Un resultado interesante sobre las impresiones de la estética del aula es que no fueron diferentes en las tres condiciones de iluminación. En suma, la iluminación fluorescente de espectro continuo, blanco frío y cálido no parece tener efectos diferentes sobre cómo la gente percibe a los otros o al entorno, al menos cuando no se llama la atención sobre la iluminación del aula. Sin embargo, una vez que se llama la atención sobre las diferencias de iluminación, los lugares parecen muy diferentes.

Grangaard³⁰⁹ en un estudio de dos años, constató como existían menos comportamientos fuera de la tarea en los alumnos que trabajaban bajo lámparas de espectro continuo (FSFL).

O'Leary, Rosenbaum, Brooks y Hughes³¹⁰ compararon la influencia de los tubos de blanco frío (CWFL) y de fluorescente de luz de día en niños en edad escolar pero no encontraron diferencias significativas de las condiciones de iluminación en el comportamiento hiperactivo, de orientación a la tarea o de las calificaciones del nivel de actividad, según la evaluación de observadores independientes

³⁰⁸ Boray, P. F., Gifford, R., Rosenblood, L., 1989, Effects of warm white, cool white and full-spectrum fluorescent lighting on simple cognitive performance, mood and ratings of others, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 9, nº 4, December, pp. 297-307.

³⁰⁹ Grangaard, E. M., 1993, *Effects of Color and Light on Selected Elementary Students*, (Tesis doctoral, inédita), Department of Educational Administration and Higher Education, University of Nevada, Las Vegas.

³¹⁰ O'Leary, K. D., Rosenbaum, A., Brooks, S., Hughes, P. C., 1978, Fluorescent lighting; a purported source of hyperactive behavior, *Journal of Abnormal Child Psychology*, vol. 6, nº 3, pp. 285-289.

Efectos en el rendimiento de los adultos:

Al igual que sucediera con la influencia de la iluminación en el rendimiento académico de los niños, en el caso de los adultos, dentro de las investigaciones analizadas, únicamente se han hallado investigaciones que examinan los efectos de las lámparas FSFL (ver apartado II. 7).

Según Veitch³¹¹, no se llegó a demostrar ninguno de los efectos positivos de las lámparas FSFL en los experimentos de campo realizados en las aulas universitarias. Las valoraciones de los alumnos sobre la calidad de la discusión, de las ideas del profesor y de los estudiantes, y de su propio interés y aprendizaje, durante la sesión, así como las medidas de la interacción del aula, no se diferenciaron en un aula de reuniones iluminada con cualquiera de los dos tipos de lámparas FSFL o CWFL.

Por su parte, Blais³¹² demostró en una sala de conferencias, que el rendimiento en los exámenes de curso y las predicciones de los alumnos de su rendimiento en los exámenes tampoco se vieron afectados por el tipo de lámpara.

Ferguson y Munson³¹³ realizaron un experimento de laboratorio en el que los estudiantes universitarios efectuaron una tarea informática de memoria en una habitación sin ventanas iluminada con 300 lux bajo lámparas CWFL y FSFL. El rendimiento, midiendo la memoria, no difirió bajo los dos tipos de lámparas.

Boray y sus colaboradores³¹⁴ también en una investigación de laboratorio, examinaron las puntuaciones compuestas de tests relacionados con problemas de gramática y aritmética realizadas con la presión del tiempo bajo lámparas FSFL, WWFL o CWFL. Llegaron a la conclusión de que el tipo de lámpara no tuvo ningún efecto sobre el rendimiento o en la evaluación de la tarea de los candidatos a los puestos de trabajo.

³¹¹ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

³¹² Blais, C., 1983, *The influence of lighting spectral characteristics on actual and perceived exam performance*, Unpublished Master's thesis, Cornell University, Ithaca. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

³¹³ Ferguson, R. V., Munson, P. A, Victoria, B. C., 1987, *The Effects of Artificial Illumination on the Behaviour of Elementary School Children*, Final Report to Extramural Research Programs Directorate Health Services and Promotions Branch Health and Welfare Canada, University of Victoria, Victoria, Canada.

³¹⁴ Boray, P. F., Gifford, R., Rosenblood, L., 1989, *op. cit.*

En cuanto a los nulos resultados de las investigaciones, hay que valorar que tanto los estudios de campo como los de laboratorio, utilizan diferentes tipos de investigaciones en un intento de evitar el efecto perjudicial de las expectativas de los sujetos. De este modo, se considera que los resultados no están causados por estos sesgos, aunque muchas veces sean difíciles de controlar.

Seguidamente, en la Tabla 28 se muestra la lista de los estudios que analizan el efecto de la iluminación en el rendimiento académico de los adultos.

AUTORES Y TRABAJOS REVISADOS	<p>[1] Slegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012.</p> <p>[2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012</p> <p>[3] Küller, Lindsten, 1992</p> <p>[4] Hathaway, 1992</p> <p>[5] Boray, Gifford, Rosenblood, 1989</p> <p>[6] Ferguson y Munson, 1987</p>	<p>[7] Wohlfarth, 1986</p> <p>[8] O'Leary, Rosenbaum, Brooks, Hughes, 1978</p> <p>[9] Mayron, Ott, Nations, Mayron, 1974</p> <p>[10] LaGiusa, Perney, 1974</p> <p>[11] Kleiber, Musick, Jayson, 1973</p> <p>[12] Serafica, 1973</p>
-------------------------------------	--	---

Tabla 28. Estudios analizados que estudian los efectos en el rendimiento de los adultos



Fig. 48. Clase de matemáticas en una escuela holandesa de los años 30 del siglo XX

II.8.4. LA MUESTRA

Fig. 49. Sección de Preparatoria del Instituto Escuela de Madrid, 1933



¿Qué tipo de experimento es el más adecuado?, ¿quién va a participar en el estudio?, ¿cuál va a ser el tamaño de la muestra?, ¿qué procedimiento es el más adecuado para seleccionar la muestra?

Para contestar a estas preguntas existen diferentes criterios:

Una de las cuestiones más importantes en iluminación es la variación en la visión con la edad del sujeto. Por lo tanto, en la investigación en este campo en la mayoría de casos interesa evaluar la manera en que la iluminación afecta a diferentes sectores de la población de una edad determinada.

En los estudios en entornos docentes se encuentran dos sectores bien delimitados: niños y adultos. En el caso de niños, en todos los artículos se hace referencia a su edad y a las características propias de la visión para dicha edad. En el caso de adultos, en casi todos los casos, se ensaya con estudiantes universitarios.

Otra cuestión también importante es el sexo, el estado de salud, el nivel de ingresos, el nivel de educación, el estado anímico, etc., por lo que incluso los aspectos psicológicos, fisiológicos, y socioeconómicos de la muestra pueden llegar a tener un papel relevante.

Dado que, generalmente, este tipo de estudios se centra en evaluar las consecuencias de la iluminación en un determinado tipo de alumnos, normalmente se opta por realizarlos en aulas reales.

Seguidamente, se analizan en la tabla siguiente las metodologías empleadas por diversos investigadores relacionadas con la muestra, criterios de elección, tamaño del grupo, etc.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA EMPLEADA

LUGAR	CRITERIO DE ELECCIÓN	AUTORES	MUESTRA	EMPLAZAMIENTO Y DURACIÓN
EN CAMPO (Aula)	Aleatorio	<p>Barkmann, C., Wessolowski, N., Schulte-Markwort, M., 2012. realizaron su experimento en cuatro clases similares.</p> <p>Dos se utilizaron como grupo de control y dos como experimental.</p> <p>Hacían referencia al tamaño de las aulas así como a la reflectancia de suelo y paredes.</p>	<p>n= 110</p> <p><u>Primaria:</u> n = 60 (54.5%); Aula 1 (GE) = 30 (27.3%) (19 M, 11 V); Aula 2 (GC) = 30 (27.3%) (18 M, 12 V); Edad=8,3±0,07 SD.</p> <p><u>Secundaria:</u> n= 50 (45.5%); Aula 3 (GE) = 25 (22.7%) (12 M, 13 V); Aula 4 (GC) = 25 (22.7%) (12 M, 13 V) Edad=15,7±0,14 SD.</p>	<p>Europa, Alemania, Hamburgo. Período: 9 meses. Otoño, invierno, primavera, verano. 45 min, siempre los miércoles o los jueves. Empezando a las 08-09 h. Las pruebas reales se llevaron a cabo sólo después de 10 min. de exposición a la iluminación.</p>
		<p>Samuels, R., 1999, en un estudio en dos fases: Fase 1: Estudio antes / después (1998). Fase 2: Grupo de control y grupo experimental. Con 12 aulas, 8 aulas experimentales y 4 aulas de control.</p>	<p>Fase 1: n = 312 Fase 2: n = 328 Grupo experimental (GE)= 219 Grupo control (GC)= 109 Edad: 0-6 Años.</p>	<p>Oceania, Australia, New South Wales. Fase 1: un año. 1998 Fase 2: un año. 1999</p>
		<p>Grangaard, E. M., 1993.</p>	<p>n=11 5 V (45%) y 6 M (55%). Escuela elemental. Edad: 6 años.</p>	<p>América, Nevada, Las Vegas, C. H. Decker Escuela elemental 10 - 10 - 10 días Total: 30 días Diciembre Finales 1992</p>

EN CAMPO (Aula) Aleatorio	<p>Küller, R., Lindsten, C., 1992, trabajaron en cuatro clases diferentes en lo que respecta al acceso a la luz natural y al tipo de luz fluorescente empleada.</p>	<p>n= 83 43 V (52%) y 40 M (48%). Edad: 8-9 años. Aula A= 16 (9 M, 7 V); Aula B= 23 (12 M, 11 V); Aula C= 22 (10 M, 12 V); Aula D= 22 (9 M, 13 V)</p>	<p>Europa, Suecia, Malmö. 1 año de estudio.</p>
	<p>Hathaway, W. E., 1992, trabajaron en 5 aulas diferentes en lo que respecta al acceso a la luz natural y al tipo de luz fluorescente. Los datos de referencia se recogieron al inicio del estudio en junio de 1987 y, con 233 de los estudiantes que permanecieron en la conclusión del estudio, en junio de 1989.</p>	<p>n= 157 Escuela elemental superior. Edad: 9-11 años. Grado 4-5. Aula 1= 19 Aula 2= 28 Aula 3= 37 Aula 4= 36 Aula 5= 37</p>	<p>América, Canadá. 2 años de estudio. Desde junio de 1987 a junio de 1989.</p>
	<p>Mayron, L.W., Ott, J.N., Nations, R., Mayron, E.L., 1974.</p>	<p>n = 98 (_ M, _ V) Grado 1 Edad: 6 años En cuatro clases: Aula 1 = 25 Aula 2 = 23 Aula 3 = 26 Aula 4 = 24</p>	<p>América, EE.UU., Florida, Sarasota, Gocio Escuela Elemental 6 meses. Enero a junio de 1973</p>
	<p>Berman, SM, Navvab, M., Martin, MJ., Sheedy, J., Tithof, W., 2006, investigaron en un aula experimental sin ventanas. Cinco de los niños llevaban gafas.</p>	<p>n= 27 niños 15 V (55%) y 12 M (45%). Grado 4-5. Edad: 10-11 años.</p>	<p>América, EE.UU.</p>

EN CAMPO (Aula) Semi aleatorio (aleatorio con alguna restricción)	<p>Sleegers, P., Moolenaar, N., Galetzka, M., van der Zanden, B., 2012 , realizaron dos estudios:</p> <p><u>Estudio 1:</u></p> <p>Designaron dos escuelas. Una escuela para la condición de control y otra para la experimental/</p> <p><u>Estudio 2:</u> Dos aulas dentro de la misma escuela.</p> <p>Se excluyeron a los alumnos con problemas de aprendizaje (dislexia, trastorno de conducta)</p>	<p><u>Estudio 1:</u> n = 98</p> <p>Control: n = 52 (grado 4 = 27; grado 6 = 25)</p> <p>Experimental: n = 46 (grado 4 = 21; grado 6 = 25) 39 V (40%) 59 M (60%) Edad media = 10 años</p> <p><u>Estudio 2:</u> n = 44. Control: n = 22. Experimental: n = 22. 23 V, 21 M. Edad media = 10 años</p>	<p>Europa, Países Bajos</p> <p><u>Estudio 1:</u> Sur de los Países Bajos. Noviembre 2009-marzo 2010. 9 a.m. - 10 a.m.</p> <p><u>Estudio 2:</u> Oeste de los Países Bajos. 21 a 18 feb 2011. 10 a.m. Expuestos durante un mes.</p>
	<p>Wohlfarth, H., 1986, en un estudio con voluntarios, analizaron cuatro escuelas con aulas diferentes en referencia al acceso a la luz natural</p>	<p>n= 998 Escuela elemental superior Grado 1-6 Edad: 6-12 años</p> <p>Aula 1= 304,2 Aula 2= 149 Aula 3= 337 Aula 4= 147,8</p>	<p>América, Canadá, Alberta, Wetaskiwin Escuela de distrito</p> <p>10 meses de exposición al nuevo entorno.</p> <p>Pre-estudio: 1981-82 Post-estudio: 1982-83</p>

<p style="text-align: center;">EN CAMPO (Aula)</p>	<p style="text-align: center;">Semi aleatorio (aleatorio con alguna restricción)</p>	<p>Luckiesh, M., Moss, F., 1940, eligieron expresamente alumnos de 5° y 6° para el estudio ya que:</p> <p>(1) la demanda de visión crítica es mayor en estos grados que en los grados inferiores y</p> <p>(2) según ellos, se podría esperar que los alumnos de esta edad reaccionaran o estarían afectados por factores visuales a un grado mayor que los alumnos mayores ya que todavía están en un período de formación desde el punto de vista de la fisiología y la morfología visual</p> <p>Septiembre 1936: En un estudio preliminar examinaron las condiciones de iluminación de las viviendas de los alumnos.</p> <p>Los dividieron en grupos equilibrados, considerando los siguientes criterios: período académico, nivel educativo, edad cronológica, edad mental y cociente intelectual. Además, examen ocular exhaustivo y completo.</p> <p>Los dos grupos se reconsideraron a la luz de estos datos.</p> <p>Noviembre 1936: reequilibrado de los grupos</p>	<p>n = 76 Grado 5-6. Edad: 10-12 años.</p> <p>Aula 1 = 19 Aula 2 = 19 Aula 3 = 19 Aula 4 = 19</p> <p>Población de clase media urbana</p> <p>América, EE. UU., Missouri, Joplin, Lafayette School</p> <p>Duración del estudio: 3 años de estudio 1936-1939</p> <p>Exposición al entorno: 7 meses.</p> <p>Estación: Todo el año.</p>
---	---	---	--

EN LABORATORIO	Aleatorio	<p>Serafica, F. C., 1973, evaluó los cambios en las conductas de apego a través de los cambios en las puntuaciones de la proporción de cada tipo de conducta de apego. Puso de manifiesto que hay una tendencia genéticamente programada en los bebés a mantener la proximidad y el contacto con sus madres con una iluminación baja</p>	<p>n=20 niñas Edad: 8, 11, 14, 19, 24 meses</p>	<p>Duración: 7 días.</p> <p>Exposición al nuevo entorno: 6 episodios de 3 min</p>
	Semialeatorio (aleatorio con alguna restricción)	<p>Sleegers, P., Moolenaar, N., Galetzka, M., van der Zanden, B., 2012, realizaron su estudio en un laboratorio que simulaba una escuela</p> <p>Establecieron que la exposición a la luz natural puede afectar a los efectos de la iluminación artificial más que durante la temporada de invierno</p> <p>Los alumnos en el ambiente controlado se sometieron a las mismas condiciones de iluminación durante una mañana</p> <p>Excluyeron a los alumnos con problemas de aprendizaje (dislexia, trastorno de conducta)</p>	<p><u>Estudio 3:</u> n = 55</p> <p>6 escuelas (grados 4, 5 y 6).</p> <p>25 V (45%) 30 M</p> <p>Edad media = 10 años</p>	<p><u>Estudio 3:</u> Universidad de Twente, Países Bajos.</p> <p>Primavera (mayo / junio de 2010)</p> <p>6 semanas Temprano por la mañana</p> <p>Expuestos durante una mañana</p>
	Selectivo	<p>O'Leary, K. D., Rosenbaum, A., Brooks, S., Hughes, P. C., 1978, ensayaron con siete niños de primer grado con trastornos de conducta y / o hiperactividad.</p>	<p>n= 7</p> <p>Grado 1</p> <p>Edad: 6 años</p>	<p>América, EE. UU.</p> <p>Durante un período de 8 semanas</p> <p>Las condiciones de la iluminación en el aula se alternaban al final de cada semana</p>

Investigaciones con universitarios:

<p>EN CAMPO (Aula)</p> <p>Semi aleatorio (aleatorio con alguna restricción)</p>	<p>Rautkyä, E., Poulakka, M., Tetri, E., Halonen, L., 2010, realizaron dos estudios uno en primavera y otro en otoño, en un aula de conferencias con forma de anfiteatro</p> <p>El procedimiento de selección fue voluntario</p>	<p><u>Estudio en primavera:</u> n=16 (todos hombres)</p> <p>Rango de edad: 22-27 Media: 24±1,3 SD.</p> <p><u>Estudio en otoño:</u> n=138 (17 mujeres, 121 hombres) Rango de edad: 19-30 Media: 22±1,8 SD</p>	<p>Europa, Finlandia, Helsinki</p> <p>Final primavera (12h sol) 9:15-10:45 12:15-13:45 / 90 min</p> <p>Final del otoño (9h sol) 8:15-9:45; 14:15-15:45 / 90 min</p>
	<p>Kleiber, D. A., Musick, P. L., Jayson, J. K., 1973, los voluntarios no eran conscientes del ensayo en el estudio 2</p>	<p><u>Estudio 1:</u> n= 58 27 V y 31 M En cuatro clases: Aula 1=42 (22 M, 20 V) Aula 2 = 10 (5 M, 5 V) Aula 3 = 3 (3 M, 0 V) Aula 4 = 3 (1 M, 2 V)</p> <p><u>Estudio 2:</u> n = 41 12 V y 29 M Estudiantes universitarios de psicología</p>	<p>América, EE.UU., N.Y., Ithaca, Cornell Univ.</p> <p><u>Estudio 1:</u> Duración del estudio: 8 semanas de estudio en cada una de las 4 clases</p> <p>Exposición al entorno: ? horas Estación: ?</p> <p><u>Estudio 2:</u> Duración del estudio: 4 días consecutivos en una semana Exposición al entorno: 4 horas al día Estación: ?</p>

EN LABORATORIO	Aleatorio	<p>Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, pidieron a los participantes gafas o lentes de contacto que las usaran durante el experimento</p>	<p>n= 40 20 V (50%) y 20M (50%) Rango de edad: 18-80 años</p>	<p>Europa, Inglaterra, Sheffield.</p>
		<p>Boray, P.F., Gifford, R., Rosenblood, L., 1989, hacían referencia al tamaño y acabado de paredes y suelo</p>	<p>n=170 43 V y 74 M Estudiantes de psicología</p>	<p>Sesión de 35 min.</p>
		<p>Tinker, M. A., 1939, realizaron el experimento en una sala experimental cúbica, con paredes de cartón color gris</p>	<p>Parte I y II: n = 432 Universitarios de segundo año. Seis grupos de 72 estudiantes cada uno se emplearon como lectores.</p> <p>Parte III: n = 2</p>	<p>América, EE. UU.</p>
	Semi aleatorio (aleatorio con alguna restricción)	<p>Veitch, J. A., McColl, S. L., 1995, realizaron un estudio con voluntarios. Sí que hacen referencia al tamaño de las aulas así como a la reflectancia de suelo y paredes</p> <p>Restringieron la edad a este estrecho rango con el fin de limitar la influencia de los cambios en la visión relacionados con la edad como la presbicia</p> <p>Todos los participantes tenían una percepción de la visión normal o corregida a normal y la visión del color normal</p> <p>Todos llevaban sus gafas o lentes correctoras, durante toda la sesión</p>	<p>n= 48</p> <p>16 V (33,3%) y 32 M (66,7%)</p> <p>Edad: 18-24 años.</p> <p>32 alumnos tenían 19 años</p>	<p>América, Canadá. Canadian University</p> <p>Duración: 60-70 min.</p> <p>Noches entre 16:00-22:00 h.</p>

EN LABORATORIO Selectivo	<p>Yan, Y., Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X., 2012, realizaron su investigación en por la tarde-noche para evitar la influencia de la luz solar</p> <p>El investigador después de la prueba volvía a ajustar (temperatura de color y luminancia) y llevaba a cabo el siguiente experimento usando el mismo método</p>	<p>n = 16 8 V (50%) 8 M (50%)</p> <p>Edad = 18-21 años</p>	<p>Asia, China: Hora: 19:30-22:00</p> <p>La prueba se divide en antes del trabajo, auto-estudio y después del trabajo en tres experimentos distintos.</p> <p>Adaptación: 3-5 min. Estudio: 45 min. Prueba. Descanso: 10-15 min.</p>
	<p>Yan, Y., Guan, Y., Lee, T. G., 2012, eligieron alumnos saludables y con una agudeza visual superior a 1,0.</p> <p>Para eliminar el efecto de la luz solar y asegurar que los sujetos estaban en un ciclo similar de ritmo fisiológico cada experimento se realizó a la misma hora para garantizar la continuidad y la relativa comparabilidad de los datos de prueba.</p>	<p>n = 8</p> <p>4 V (50%) y 4 M (50%)</p> <p>Edad = 18-21 años</p>	<p>Asia, China: Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chongqing.</p> <p>Hora: 19:00-22:30</p>

Tabla 29. Características de la muestra empleada

II.8.4.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se pueden extraer algunas conclusiones a partir de la tabla anterior:

- Las experiencias se realizan en laboratorio o como trabajo de campo en el aula. También suele suceder que cuando se ensayan algunas características en concreto de la iluminación, una variante del trabajo en laboratorio es el aula experimental. Dicha aula experimental suele ser un aula que se ha acondicionado adecuadamente para ensayar algunas variables en concreto del ensayo.
- En general, se observa una diferencia en el tamaño de la muestra cuando la experiencia es llevada a cabo en campo o en laboratorio. Las experiencias de campo permiten un mayor número de estudiantes dado que pueden formar parte del experimento todos los alumnos del aula. En cambio, las experiencias de laboratorio se llevan a cabo en un recinto controlado por lo que el tamaño de la muestra suele ser menor. Además, la preparación de los ensayos consume una determinada cantidad de tiempo, lo cual limita el tamaño de la muestra a utilizar. Esto no ocurre en los estudios de campo puesto que la experiencia se realiza durante las horas de clase.

En cuanto a cuál va a ser el tamaño de la muestra, se observan tamaños de muestra muy variables. Como valor orientativo, se opta por la orientación marcada por Flynn, Hendrick, Spencer y Martyniuk:

El tamaño total de la muestra afectará, por supuesto, al “orden de significancia” y, por lo tanto, a la precisión de los resultados. Con el fin de lograr una diferencia estadísticamente significativa (entre los resultados) que sea razonable, es deseable una muestra de al menos 40 o más sujetos. Esta muestra se toma generalmente en varios grupos de modo que la secuencia de presentación pueda ser aleatoria³¹⁵.

Si se utiliza el criterio de 40 participantes o más para tener datos estadísticamente significativos, se encuentran los estudios que se detallan en la tabla siguiente:

³¹⁵ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*

Estudios con más de 40 participantes	[1] Slegers, Moolenaar, Galetzka, van der Zanden, 2012	[5] Samuels, 1999
	[2] Barkmann, Wessolowski, Schulte-Markwort, 2012	[6] Veitch, McColl, 1995
	[3] Fotios, Ramasoot, 2010	[7] Hathaway, 1992
	[4] Rautkyä, Poulakka, Tetri, Halonen, 2010	[8] Küller, Lindsten, 1992;
		[9] Wohlfarth, 1986
		[10] Boray, Gifford, Rosenblood, 1989
		[11] Mayron, Ott, Nations, Mayron, 1974
		[12] Kleiber, Musick, Jayson, 1973
		[13] Luckiesh, Moss, 1940
		[14] Tinker, 1939

Tabla 30. Estudios con más de 40 participantes analizados

II.8.4.2. CRITERIO DE ELECCIÓN

- El criterio para elegir la muestra varía de los ensayos de campo a los de laboratorio. En las experiencias de campo (en el aula), el criterio para la elección de la muestra se reduce generalmente a escoger de forma aleatoria a los alumnos de un aula en concreto. Sin embargo, en los estudios en laboratorio se le suele aplicar a la muestra algún criterio de selección ya que tratan de evaluar efectos puntuales de la iluminación. Generalmente, se suele escoger sujetos con visión normal, como el de Veitch y McColl³¹⁶, y en ensayos con niños, a veces, se excluyen los alumnos con problemas de aprendizaje, como el de Slegers *et ál.*³¹⁷
- Al ser ensayos con iluminación, la forma en la que ven los alumnos se convierte en un factor fundamental. Se conoce que la visión del ser humano varía con la edad, por lo tanto, se tiene en cuenta la edad de los alumnos y su visión a dicha edad. En algunos estudios incluso se ha llegado a restringir el rango de edad con objeto de ensayar algunos aspectos en concreto, como los de Veitch y McColl³¹⁸ y el de Luckiesh y Moss³¹⁹, o si se ensaya alguna característica en concreto de la muestra, como el caso de los niños hiperactivos o con trastornos de conducta de O'Leary *et ál.*³²⁰

³¹⁶ Veitch, J. A., Mc Coll, S. L., 1995, *op. cit.*

³¹⁷ Slegers, P., *et ál.*, 2012, *op. cit.*

³¹⁸ Veitch, J. A., Mc Coll, S. L., 1995, *op. cit.*

³¹⁹ Luckiesh, M., Moss, F. K., 1940, *op. cit.*

³²⁰ O'Leary, K. D., *et ál.*, 1978, *op. cit.*

Otros, sin embargo, amplían el rango de edad, cuando quieren establecer características que se muestran constantes a lo largo del tiempo, como el ensayo de Fotios y Ramasoot³²¹.

- A efectos estadísticos, una de las herramientas más poderosas de que se dispone para elegir una buena muestra es que ésta sea seleccionada al azar. Se observa asimismo que la mayoría de los estudios optan por este carácter aleatorio de la muestra, como el estudio de Siegel³²². Dicho hecho, provoca que los resultados se aproximen lo máximo posible a la realidad.

II.8.4.3. TIPOS DE INVESTIGACIONES

Con lo expuesto anteriormente, se puede ver que dependiendo del objetivo concreto de la investigación, el experimento es llevado a cabo en campo o en laboratorio. En los casos en los que se trata de evaluar la influencia de un tipo de iluminación sobre los alumnos en general, el experimento se lleva a cabo en campo. Cuando lo que se quiere es analizar alguna variable en particular y conocer sus efectos, la investigación se realiza en laboratorio. Ambas experiencias presentan una serie de aspectos positivos y negativos, siendo las ventajas de uno los inconvenientes del otro y viceversa.

II.8.4.3.1. Investigaciones en campo

Ventajas:

La ventaja que proporcionan las investigaciones de campo en entornos escolares, es que las condiciones son reales y no se requiere ninguna preparación especial diferente al cambio en las condiciones lumínicas. Esta realidad tiene la ventaja de que se pueden tener resultados que se asemejan más a las condiciones en las que se va a utilizar la iluminación.

Inconvenientes:

Está claro que la riqueza del estudio radica en el ajuste de la prueba a la vida real. Sin embargo, la dificultad de estos estudios radica en las múltiples variables a las que los alumnos pueden estar expuestos, que pueden estar modificando los resultados y enmascarando los efectos de la relación entre luz y el resto de variables ambientales.

³²¹ Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, *op. cit.*

³²² Siegel, A., 1988, *op. cit.*

Esto es importante especialmente en investigaciones donde sólo se estudian unos pocos parámetros. Un problema común a casi todos los estudios de campo es la imposibilidad de controlar los sesgos de selección y madurez porque la asignación aleatoria de los estudiantes a las clases normalmente no se permite, y por la posibilidad de sesgos de efectos históricos tales como la diferencia en la docencia.

Como comenta Gifford³²³, la literatura de la iluminación es particularmente notable en su incapacidad para discutir estos temas. Los diseños anidados se utilizan con poca frecuencia, aunque son el diseño apropiado cuando el mismo tratamiento se aplica a una unidad de clase completa.

En los casos en que diferentes tipos de lámparas se instalan en diferentes centros, las diferencias en el estatus socioeconómico, la política del centro, el comportamiento de los docentes, y la historia son particularmente difíciles de controlar³²⁴. En la investigación efectuada la asignación aleatoria de las aulas a las condiciones de tratamiento no se pudo controlar para los efectos que estudiaban ya que estudiaban sólo una o dos aulas por condición de iluminación.

II.8.4.3.2. Experimentos en laboratorio

Ventajas:

Una de las ventajas de las experiencias en laboratorio es que el experimento, si está bien diseñado, garantiza que la respuesta de los sujetos no está condicionada por otros factores ambientales.

En la medida de lo posible en la selección de las condiciones de estímulo, sólo las variables ambientales objeto de la investigación (por ejemplo, la iluminación) deben variar de un contexto a otro. Variaciones acústicas, térmicas, acabados de las habitaciones, proporciones espaciales, etc. deben ser minimizadas. De este modo, las variaciones en la escala de resultados se pueden atribuir a la variable de iluminación de interés (con mínimas complicaciones de otras variables)³²⁵.

Si se realizan de este modo, permiten examinar un determinado parámetro manteniendo el resto de parámetros constantes.

³²³ Gifford, R., 1994, *op. cit.* Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

³²⁴ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

³²⁵ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*, p. 97.

De esta manera, la elección de un buen diseño o un buen laboratorio es fundamental para conseguir resultados veraces.

Esto significa que la selección de "laboratorios" [...] podría comenzar más eficazmente con espacios donde son posibles varios escenarios de luz alternativos (como aquellos con conmutación alternativa, oscurecimiento, etc.) La calidad de estos "laboratorios", por lo tanto, depende del número y amplitud de las variables de iluminación que pueden ser aisladas para su estudio específico (intensidad, distribución, color, brillo, etc.)³²⁶.

Una vez bien elegido el laboratorio, otra ventaja de este tipo de ensayo es que se pueden repetir en las mismas condiciones las veces que será necesario. Estos estudios en laboratorio permiten la comparación de estímulos en tiempo real. En cambio, en las experiencias en aulas reales, las comparaciones entre los mismos no pueden ser totalmente fiables.

Esto es debido a que los sujetos no pueden desplazarse instantáneamente de un aula a otra, pudiendo incluso pasar días o meses entre los dos escenarios de luz sucesivos. El investigador debe confiar en la capacidad de los evaluados de emitir juicios basándose en la comparación memorística con configuraciones de luz pasadas.

A continuación, se enumeran en la siguiente tabla los estudios de laboratorio encontrados entre las investigaciones analizadas:

Estudios de laboratorio	[1] Slegers <i>et ál.</i> , 2012	[5] Veitch, McColl, 1995
	[2] Yan <i>et ál.</i> , 2012	[6] Boray <i>et ál.</i> , 1989
	[3] Yan <i>et ál.</i> , 2012	[7] Serafica, 1973
	[4] Fotios, Ramasoot, 2010	[8] Tinker, 1939

Tabla 31. Estudios de laboratorio encontrados entre los analizados

³²⁶ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*, p. 97.

Inconvenientes:

El hecho de aislar las variables provoca que la experiencia no deje de ser artificial. Las condiciones de laboratorio nunca pueden representar con una fiabilidad del 100% las condiciones reales, es decir, por muy precisas que sean las condiciones de laboratorio, nunca llegan a reproducir fielmente las situaciones reales.

A su vez en laboratorio se exige una elaboración de las condiciones tanto ambientales como de iluminación, con el consiguiente consumo de tiempo.

La presentación de las condiciones ambientales para ser juzgada en el 'laboratorio' determinará, en gran medida, la calidad y la interpretación de los resultados. Por esta razón, los escenarios de luz deben ser elegidos o contruidos específicamente para soporte del abanico de variables que definen el área de estudio. Por ejemplo, un estudio de las respuestas al color de la luz debe incluir varios escenarios en los que la variable única o principal es el color; mientras que un estudio de respuesta a la distribución de la luz debería incluir varios escenarios en los que la distribución es la única variable o principal. Por supuesto complejos escenarios lumínicos que involucran múltiples variables son permisibles, y a menudo se desea información sobre dichas configuraciones. El punto donde se debe hacer hincapié aquí es que debe ser incluido en el diseño del experimento un rango de escenarios para cada variable de interés³²⁷.

Como se ha comprobado, tanto las experiencias en campo como las de laboratorio tienen sus ventajas e inconveniente. Como conclusión, se podría decir que las experiencias en aulas reales son adecuadas para medir las preferencias absolutas de los sujetos, mientras que los experimentos en laboratorio son preferibles para medir alguna variable lumínica en detalle.

El siguiente paso que se va a desarrollar es que, una vez emitidos los estímulos lumínicos, se ha de recoger la respuesta emocional de los sujetos de la muestra. El método más ampliamente empleado son las encuestas y cuestionarios.

³²⁷ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*, p. 97.



Fig. 50. Louis Kahn enseñando en la Universidad de Pennsylvania

II.8.5. MÉTODOS PARA RECOGER LA RESPUESTA EMOCIONAL DEL SUJETO

Recoger la respuesta emocional de los sujetos ante los estímulos lumínicos es un proceso de investigación muy complejo. La componente subjetiva puede resultar difícilmente medible o cuantificable ya que puede constar de múltiples variables.

Dichas variables pueden variar en la misma persona, influida por el estado anímico o de salud, y también de un sujeto a otro dependiendo de sus preferencias personales o del tiempo.

Este problema puede dar lugar a múltiples cuestiones como: ¿cuál es la mejor forma de recoger la respuesta emocional del sujeto ante diferente iluminación? ¿cómo se debe diseñar el cuestionario para recoger dicha respuesta? ¿cuántas preguntas debe tener? ¿qué escalas subjetivas se deben emplear? etc.

Con el fin de contestar a estas preguntas, Flynn *et ál.*³²⁸ constataron en 1979 que los estímulos lumínicos provocaban asociaciones subjetivas o impresiones independientemente del tipo de sala donde se ensayaran:

La investigación de escenarios de luz similares en diferentes salas y con distintas configuraciones de muebles-actividades indica que el efecto modificador de la iluminación es razonablemente consistente a través de las salas. Esto tiende a reforzar la teoría de que estamos tratando con estímulos lumínicos que indican, o dicho de otra manera, comunican asociaciones subjetivas o impresiones, y que la dirección de estas impresiones es algo independiente de la sala en la que se observan los estímulos lumínicos³²⁹.

A partir de diferentes trabajos elaboraron una guía que se centraba en establecer los procedimientos metodológicos adecuados para el estudio de las impresiones subjetivas en iluminación. Su intención era proponer una serie de pruebas estandarizadas o procedimientos, de modo que se pudiera comparar el trabajo de distintos investigadores, que contribuyera a crear una base común de conocimientos e información sobre el tema.

³²⁸ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*, p. 96.

³²⁹ *Ibidem op. cit.*

Dos de los aspectos del comportamiento humano que podrían estar influidos, en cierta medida, por la iluminación espacial son: (1) el efecto de la luz sobre la impresión subjetiva y la actitud, y (2) el efecto de la luz sobre el rendimiento y la conducta manifiesta. Los efectos anteriores (impresiones subjetivas) parecen implicar un reconocimiento de señales o patrones, y estos pueden ser estudiados por métodos de escalas³³⁰.

Se observa que, desde hace tiempo, el cómo recabar las impresiones subjetivas es un objetivo primordial de la investigación en iluminación. Aun así, no deja de ser un objetivo complejo, ya que la única manera de medir la respuesta emocional de un sujeto es preguntándole directamente y que él elabore un auto-informe.

Según Fernández-Ballesteros³³¹ el auto-informe se refiere a la información verbal que un individuo proporciona sobre sí mismo, o sobre su comportamiento. Para Calvillo³³² la información sobre las respuestas y la experiencia subjetiva de las emociones no pueden ser contrastadas mediante ningún otro método, por lo que el auto-informe es, al menos actualmente, el único método directo de recogida de información sobre estas respuestas y un método indirecto sobre la respuesta fisiológica y conductual. Sobre este punto Fernández-Ballesteros³³³ señala que el auto-informe puede ser considerado el método prioritario y directo por excelencia a la hora de explorar los contenidos mentales del ser humano. De esta manera, a la hora de preguntarle al sujeto de la investigación, se pueden distinguir dos tipos de preguntas:

1. **Con respuestas abiertas:** el sujeto puede dar cualquier respuesta a la pregunta formulada, sin necesidad de atenerse a unas respuestas preestablecidas.
2. **Con respuestas cerradas:** el sujeto debe escoger entre una serie de respuestas predeterminadas para cada pregunta.

³³⁰ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*, p. 95.

³³¹ Fernández-Ballesteros R., 1980, *Psicodiagnóstico*, ed. Cincel-Kapelusz, Madrid.

³³² Calvillo Cortés, A. B., 2010, Luz y Emociones: Estudio sobre La Influencia de la Iluminación Urbana en las Emociones; tomando como base el Diseño Emocional, tesis doctoral, inédita, dir.: R. San Martín Páramo, Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Barcelona, Barcelona.

³³³ Fernández-Ballesteros R., 1980, *Psicodiagnóstico*, ed. Cincel-Kapelusz, Madrid. Citado por: Calvillo Cortés, A. B., 2010, *op. cit.*

La principal ventaja de las preguntas con respuestas abiertas es la posibilidad de obtener respuestas que reflejen fielmente el sentimiento expresado por el sujeto. En las preguntas cerradas, en cambio, la elección de una respuesta predeterminada acota este grado de precisión.

Sin embargo, el uso de preguntas cerradas presenta una gran ventaja. Permite un óptimo tratamiento estadístico de los datos obtenidos, dado que las respuestas pueden agruparse en conjuntos cerrados y definidos. La mayoría de los estudios combinan preguntas abiertas con preguntas cerradas.

No de todos los estudios testeados se ha podido analizar los cuestionarios que utilizaban. En algunos casos porque no los facilitaban y en otros porque la única información proporcionada era el resumen. Aun así, de los analizados, se ha observado que utilizan tanto las preguntas abiertas como las cerradas, si bien es cierto que las más utilizadas son las repuestas cerradas. Dentro de dichas respuestas cerradas:

El método más empleado para recoger la respuesta emocional del sujeto es mediante escalas subjetivas. Éstas pueden ser verbales o numéricas, continuas o discretas. En cualquier caso, estas escalas tratan de reflejar el grado de sentimiento percibido por el sujeto, ofreciendo múltiples opciones de respuesta, de forma que el sujeto pueda escoger aquella que más se adecue al estado emocional que desea expresar³³⁴.

Generalmente, el método más utilizado es el de la escala de calificación de semántica diferencial que se considera uno de los elementos de la evolución del procedimiento de investigación. Este método implica el uso de escalas de calificación de semántica diferencial (SD), como “bueno-malo”, “agradable-desagradable”, etc.

El trabajar con dichas escalas ha propiciado la identificación de varias categorías amplias de impresión que aparentemente pueden ser señaladas o modificadas (hasta cierto punto) por los sistemas de iluminación³³⁵.

³³⁴ Galiana Martínez, M., 2009, *op. cit.*

³³⁵ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*, p. 96.

Dentro de dichas escalas, se opta por una escala subjetiva que se compone de varios escalones discretos que reflejan el sentimiento del sujeto, por ejemplo, si en el cuestionario se hace referencia al espacio lumínico, como en el utilizado por Kleiber y su equipo³³⁶ que se muestra en la tabla siguiente:

Marque una (3 es el medio) de cada dimensión:						
Cálido	1	2	3	4	5	Frío

Tabla 32. Ejemplo de escala subjetiva

En este caso la escala empleada es numérica pudiéndose emplear también una combinación de la escala verbal y la numérica, como en el cuestionario de Wohlfarth³³⁷ que se expone en la tabla siguiente:

	Mucho	Un poco	Nada	Un poco	Mucho	
Bonito	1	2	3	4	5	Feo

Tabla 33. Ejemplo de combinación de escala verbal y numérica

Tanto si la escala empleada es escrita como numérica es aconsejable que esté formada por un número impar de opciones (por ejemplo: 3, 5 o 7 en general), de modo que exista un término medio exacto entre ambos extremos que permita a los sujetos expresar una respuesta de valor medio. En los casos estudiados, la más empleada es la escala de 5.

Otra cuestión importante en la investigación es la escala que se debe elegir en cada caso. La temática de las preguntas, de este modo, puede ser muy variada dependiendo del objetivo de la investigación.

En relación a la elección de las escalas de clasificación, a continuación, se hace referencia a las sugerencias aportadas por Flynn *et ál.*³³⁸:

³³⁶ Kleiber, D. A., Musick, P. L., Jayson, J. K., 1973, *op. cit.*

³³⁷ Wohlfarth, H., 1986, *Color and Light Effects on Students' Achievement, Behavior, and Physiology*, Planning and Information Service, Alberta Dept. of Education, Edmonton, Canada.

³³⁸ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*

Se deberían elegir las escalas de calificación apropiadas al contexto y los objetivos del experimento. Idealmente, el experimentador podría desear incluir todas las escalas de calificación posibles en cada estudio y gracias a un análisis factorial indicar qué escalas son redundantes. Aunque no existe ningún conjunto de escalas adecuadas para todos los propósitos, una selección dada normalmente debe incluir muestras escala a partir de los factores pertinentes. [...] en los estudios de iluminación espacial, los principales factores y más repetidos incluyen “evaluativo”, “claridad”, “espacio”, y a veces “complejidad”. Sin embargo, consideraciones prácticas normalmente prohibirían este enfoque, y en general tendrá que ser seleccionado un conjunto más limitado de escalas de calificación. Otras escalas de interés específico (por ejemplo, tono de color, uniformidad, etc.) también deberían añadirse según sea apropiado para los objetivos específicos del estudio. Hay que tener en cuenta el objetivo del experimentador que es seleccionar escalas que van a diferenciar al máximo entre los sistemas de iluminación que están siendo estudiados³³⁹.

Lógicamente, las escalas de calificación han de estar orientadas al tipo de investigación que se desee realizar. Sin embargo, Flynn y su equipo³⁴⁰ sí que establecen una lista de escalas con las que aconsejan trabajar ya que identificado varias categorías generales de impresión de los sistemas de iluminación y que pueden ser completadas o modificadas. Dichas categorías de impresión se exponen en la tabla siguiente:

Categorías: ³⁴¹	
<i>Perceptivo:</i>	<i>impresiones de una mayor claridad visual impresiones de amplitud impresiones de complejidad espacial impresiones de tono de color impresiones de deslumbramiento</i>
<i>Entorno donde se produce la conducta:</i>	<i>impresiones de espacio público vs privado impresiones de espacio relajado relax vs tenso</i>
<i>Preferencia total:</i>	<i>impresiones de preferencia (me gusta – no me gusta) impresiones de agrado</i>

Tabla 34. Categorías de impresión

³³⁹ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*, p. 97.

³⁴⁰ *Ibidem op. cit.*

³⁴¹ *Ibidem op. cit.*

Por otro lado, habría que destacar que en la mayoría de estudios se incluyen preguntas relacionadas con el ámbito sociocultural: edad, sexo, nivel de estudios, etc.

De este modo, los diferentes autores tratan de establecer correlaciones entre los aspectos relacionados con la iluminación y determinados grupos poblacionales. Incluso hay veces en las que se incluyen aspectos como tipo de estudios realizados y estado de salud.

Por último, la mayoría realiza los cuestionarios *in situ*, en el momento, antes o después de que se produzca el estímulo lumínico. En ninguno de los estudios se hace referencia a encuestas por teléfono, por correo u otro medio, ya que esta clase son más propias de otros tipos de investigación.

El método de la entrevista o encuesta *in situ* presenta la ventaja de permitir un diálogo entre entrevistador y entrevistado, de manera que en caso de surgir alguna duda por ambas partes, ésta puede ser resuelta (por ejemplo: dificultad en interpretar alguna de las preguntas por parte del entrevistado o falta de comprensión de alguna de las respuestas por parte del entrevistador).

Esto plantea también una serie de desventajas como una posible sensación de presión debida a la presencia del entrevistador o el inconveniente de que el sujeto debe responder el cuestionario en el momento acordado por el entrevistador, pudiendo no resultar éste el momento más adecuado para el primero.

Seguidamente, se presenta la Tabla 35 con la relación de los estudios analizados en la que figura el tipo de preguntas que se ha plasmado, el tipo de cuestionario, la descripción del método de investigación utilizado y la escala en preguntas cerradas que se ha utilizado en cada uno de ellos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CUESTIONARIOS EMPLEADOS

PREGUNTAS	CUESTIONARIO	AUTORES	ESCALA EN PREGUNTAS CERRADAS
CERRADAS / ABIERTAS	Realizado <i>in situ</i>	<p><u>EN EL AULA:</u></p> <p>Barkmann, C., Wessolowski, N., Schulte-Markwort, M., 2012, utilizaron dos tipos de cuestionarios subjetivos:</p> <p><u>Actitud hacia la escuela:</u> motivación por el rendimiento académico y el clima del aula (FEES - Cuestionario para la experiencia escolar emocional y social) para los alumnos de tercer y cuarto grado.</p> <p><u>Uso y evaluación subjetiva:</u> las evaluaciones subjetivas de los estudiantes sobre la iluminación variable (VL) se midieron mediante escalas estandarizadas de calificación (Escalas de calificación de 5 puntos para la evaluación de los diferentes programas de iluminación variable).</p> <p>Las de los profesores fueron recogidas a través de preguntas abiertas (por ejemplo, experiencias negativas y positivas y propuestas de mejora).</p>	Numérica-discreta

CERRADAS <i>Realizado in situ</i>	<p>Kleiber, D. A., Musick, P. L., Jayson, J. K., 1973:</p> <p><u>Estudio 1:</u></p> <p>Cuestionario post-seminario Consistió en 20 escalas bipolares en el que cada sujeto debía juzgar su reacción a la clase, la calidad del seminario y la atmósfera de la sala.</p> <p>Escala de 5 puntos</p> <p><u>Estudio 2:</u></p> <p>1) Cuestionario Subjetivo: 3 Secciones</p> <p>Sección I - Pre-estudio: preguntas abiertas de respuesta libre / Post-estudio: preguntas tipo test (a, b, c, d)</p> <p>Sección II - 13 afirmaciones relativas a la sensación de fatiga. (Mejor que / igual / peor que)</p> <p>Sección III - 21 escalas bipolares Escala de 5 puntos</p>	<p>Numérica-discreta</p>
	<p>Samuels, R., 1999, realizó un estudio en dos fases:</p> <p><u>Fase 1:</u> Evaluaron los 12 docentes de las 12 aulas</p> <p><u>Fase 2:</u> A los mismos maestros se les pidió evaluar a sus estudiantes una sola vez, unos 5 meses después de la exposición a las diferentes condiciones de iluminación, sin ser conscientes de la continuidad de la situación de la investigación hasta ese momento.</p>	

<p>CERRADAS</p>	<p style="text-align: center;">Realizado <i>in situ</i></p> <p>De este modo, la probabilidad de que el efecto 'Hawthorne' (ver pág. 67) o factores motivacionales incontrolables (positivos o negativos) que podrían haber en el curso de la investigación se redujo sustancialmente.</p> <p>Profesores y estudiantes vivieron la situación inconscientemente y sólo después de los hechos se evaluó el ámbito de investigación.</p> <p>Esto se asemeja a un modelo clásico de evaluación post-ocupación, donde la intervención experimental, y su enorme impacto potencial, no está presente.</p> <p>El cuestionario incorporaba escalas de calificación bipolar de cinco puntos y 35 ítems relativos al humor del estudiante, la atención y el comportamiento, agrupados en cinco dimensiones:</p> <p>Falta de atención, ansiedad, depresión, SAD y problemas de comportamiento, que son asimismo agrupadas en las categorías genéricas de Devereux.</p> <p>En la fase 2, decidieron no analizar el cuestionario individual del profesor ya que los números estaban puestos en escala y confundían, por ejemplo:</p> <p style="text-align: center;">Calmado 7 6 5 4 3 2 1 Ansioso</p> <p>¿Marcar el 1 significaba un bajo nivel de ansiedad, o como estaba cerca de la palabra ansioso implicaba un alto nivel?</p> <p>Según el autor, sin números se habría asumido que más cerca a la palabra ansiedad en la escala habría implicado un mayor valor en ese aspecto.</p>	<p>Numérica-discreta</p>
------------------------	--	--------------------------

CERRADAS	Realizado <i>in situ</i>	<p>Wohlfarth, H., 1986, utilizó un test para medir el estado de ánimo preadolescente (PAMS) Manejó una escala bipolar de 5 puntos: "mucho - un poco - nada - un poco - mucho"</p> <p>Las cuatro dimensiones del PAMS son:</p> <p>Soltura (animado, alegre, contento, sonriente, maravilloso)</p> <p>Tristeza (solo, triste, atrapado, no deseado, malestar)</p> <p>Agresión (mal temperamento, mandón, furioso, con ganas de pegar, malo)</p> <p>Autoestima (valiente, guapo o guapa, poderoso, fuerte, robusto)</p> <p>Debido a la posibilidad de "efectos reactivos", presentaron el cuestionario como una "actividad" en lugar de una prueba para ser lo menos amenazante e intrusivo posible.</p>	Numérica-discreta
CERRADAS	Realizado <i>in situ</i>	<p><u>EN LABORATORIO:</u></p> <p>Boray, P.F., Gifford, R., Rosenblood, L., 1989, una de las partes de su estudio era la realización de un cuestionario sobre las impresiones de las cualidades estéticas de la sala:</p> <p><u>Tamaño de la habitación:</u> a los sujetos se les pidió estimar la longitud, la anchura y la altura de la habitación.</p> <p><u>Atractivo de la habitación:</u> escala bipolar de 9 puntos (cómodo, incómodo, me gusta-no me gusta, agradable-desagradable, y bonita-fea).</p> <p><u>Percepción subjetiva de placer y excitación:</u> tenían que marcar sus estados de ánimo con seis palabras en una escala bipolar de 9 puntos que van desde "en absoluto" hasta "mucho"</p> <p>Estos ítems fueron seleccionados de las escalas de placer y excitación de Mehrabian y Russell.</p> <p>Placer, insatisfecho (puntuación inversa), y feliz se utilizaron para reproducir la puntuación de placer. Lento (puntuación inversa), vivo y frenético componían la puntuación de excitación.</p>	Numérica discreta

CERRADAS	Realizado in situ	<p>Veitch, J. A., McColl, S. L., 1995, realizaron un estudio con voluntarios.</p> <p><u>Questionario sobre el confort visual:</u> Dichos voluntarios tenían que rellenar un auto-informe. Había dieciséis ítems en el cuestionario (fuente: 7 pt Likert). Para cada ítem, el participante clasificaba el grado en que él o ella experimentaban una sensación particular en ese momento, desde 1 = en absoluto a 7 = muy mucho.</p> <p>La puntuación de confort visual fue el promedio de las calificaciones de siete elementos: visión borrosa o estrecha; irritación de los ojos, sequedad de ojos, manchas o marcas en frente de los ojos, fatiga visual, dolor de cabeza, otros problemas de visión. Estos siete ítems fueron adaptados de Wilkins y Neary.</p> <p>Los otros nueve ítems eran de relleno (por ejemplo: inquieto, hambriento, ansioso, aburrido, tensión en la espalda).</p> <p><u>Questionario sobre el estado de salud:</u></p> <p>Al final de la sesión se repartía un cuestionario para registrar la información sobre la salud y el bienestar personal y la historia de salud familiar.</p> <p>Se basaba en factores identificados en la literatura como susceptibles a los efectos de la modulación de la luz: migraña, dificultades en la lectura, ansiedad, patologías oculares, fatiga visual y dolores de cabeza, epilepsia.</p> <p>Este cuestionario también incluía cuestiones sobre enfermedades que tienen efectos sobre el sistema visual, hábitos de sueño, resfriados, y la ingesta de cafeína en ese día y los descongestionantes, que son conocidos por afectar al tamaño de la pupila. Las últimas variables se incluyeron como posibles explicaciones de algún caso remoto en los datos de rendimiento.</p>	Numérica-discreta
-----------------	--------------------------	---	-------------------

Tabla 35. Características de los cuestionarios empleados



Fig. 51. Equipo de Gropius, 1924, despacho del director de la Bauhaus, Weimar, con la luminaria de tubos incandescentes diseñada por Walter Gropius, STIJL (Neoplasticismo)

II.9. LA INGENIERÍA KANSEI: APLICACIONES A LA ILUMINACIÓN

II.9.1. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA KANSEI

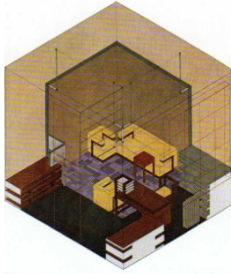


Fig. 52. Bayer, H., 1922, isometría del despacho de Walter Gropius, STIJL

La Ingeniería Kansei (en japonés: *kansei kougaku*, ingeniería de los sentidos) fue inventada en la década de 1970 por el profesor Mitsuo Nagamachi de la Universidad Internacional de Hiroshima. Es una metodología de desarrollo de productos orientada al consumidor.

Su finalidad es traducir las impresiones, emociones y sensaciones de los usuarios en conceptos y parámetros concretos que sirvan de pauta para el diseño de productos y objetos que satisfagan las demandas de las personas³⁴². De esta manera, los productos consiguen representar el sentimiento y las expectativas previstas por los usuarios.

Las tendencias en el desarrollo de productos actuales indican que los usuarios tienen dificultades para distinguir entre muchos productos debido a la equivalencia funcional. Los usuarios, por lo tanto, basan sus decisiones en factores más subjetivos. Además, en el futuro, los productos consistirán, en mayor grado, de una combinación de una parte tangible y otra intangible³⁴³.

“Kansei”³⁴⁴ es una palabra japonesa que significa sensación o percepción psicológica de los usuarios con relación a un producto. Nagamachi la usa con varias traducciones diferentes para tratar de explicarla, por ejemplo:

“...la impresión que alguien recibe de un determinado producto, entorno o situación utilizando todos sus sentidos la vista, el oído, el tacto, el olfato, el gusto, así como su reconocimiento”³⁴⁵

³⁴² Schütte, S. T. W., Eklund, J., Axelsson, J. R. C., Nagamachi, M., 2004, Concepts, methods and tools in Kansei Engineering, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 5, nº 3, May-June, pp. 214-231.

³⁴³ *Ibidem op. cit.*

³⁴⁴ Nagamachi, M., 1997, *Kansei Engineering: the framework and methods*, en Nagamachi, M. (ed.), *Kansei Engineering 1*, Kaibundo Publishing co. Ltd, Kure, pp. 1-9.

³⁴⁵ Nagamachi, M., 2001, Proceedings of International Conference on Affective Human Factors Design, Workshop 2 on Kansei Engineering, Singapore.

II.9.2. METODOLOGÍA GENERAL DE LA INGENIERÍA KANSEI

Entre todas las técnicas orientadas a incorporar las emociones en el diseño de productos destaca la Ingeniería Kansei por ser una de las metodologías más completas y pioneras en este campo. En la literatura también se pueden encontrar otro tipo de técnicas como pueden ser *Emotional Design*, *Emotional Engineering*, *Affective Design*, *Design of Pleasurable Products*, *Product Semantics*, etc.

La Ingeniería Kansei identifica las demandas del usuario en el nuevo producto resultante mediante la definición de un nuevo concepto. Para ello, parte de la base de que la percepción del usuario depende de atributos o variables físicas y de atributos o variables simbólicas. De esta forma, la valoración global de un producto viene determinada por la combinación de ambos aspectos.

La novedad que presenta esta herramienta respecto a las metodologías que se han utilizado hasta ahora es que los atributos que se toman como base para hallar las relaciones con los parámetros de diseño no son definidos por el experto sino que, por el contrario, intervienen en su definición los usuarios.

De esta forma, el usuario se comunica directamente y, gracias a esto, se elimina el filtro que se impone en la mayor parte de estudios, en los que los deseos del usuario son interpretados por investigadores. Solamente una vez definidas las variables que cuantifican la respuesta subjetiva del usuario, es posible establecer las relaciones entre cada atributo percibido sobre la sensación global de confort³⁴⁶.

En el caso de la iluminación, el objetivo del uso de la Ingeniería Kansei no es tanto la creación de un nuevo producto, que puede serlo, sino el poder establecer un modelo para la valoración de estímulos lumínicos.

A continuación, se explica la estructura general del planteamiento Kansei, que se puede observar en la figura 53, basándose en las explicaciones proporcionadas por Schütte y sus colaboradores³⁴⁷ en su aplicación a los estímulos lumínicos:

³⁴⁶ Llinares, M. C., Montañana, A., Fernández, I., María Pons, M., 2011, *Análisis de la sensación de confort en bibliotecas universitarias mediante ingeniería Kansei*, XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Huesca, 6-8 de julio.

³⁴⁷ Schütte, S. T. W. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

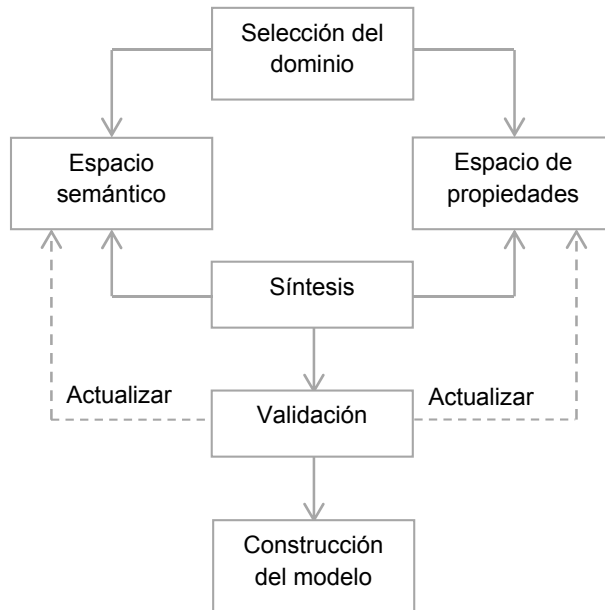


Fig. 53. El modelo del concepto de la Ingeniería Kansei establecido por Schütte y su equipo ³⁴⁸

Selección del dominio

El dominio Kansei puede entenderse como el concepto completo de un cierto elemento. La selección del dominio incluye la elección de un grupo objetivo, a qué público se va a ofrecer, y las especificaciones del nuevo estímulo. Basándose en esta información, se recogen las muestras del estímulo que representa el dominio.

Por tanto, esta metodología considera que la valoración subjetiva está condicionada no sólo por los estímulos (combinaciones de variables), sino por el esquema de conceptos que maneja un determinado grupo de usuarios, es decir, para que se valore adecuadamente una situación o un estímulo, las variables de valoración deben adaptarse al esquema previo mental que tiene un determinado grupo sobre él.

³⁴⁸ Schütte, S. T. W. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

Generación del espacio semántico

La primera fase debe ser obtener y cuantificar la respuesta del usuario en términos kansei (valoración psicosociológica), es decir, establecer el universo de atributos percibidos realmente por el usuario según sus propias palabras (universo semántico del usuario).

Utilizar el campo semántico del propio usuario implica que cada colectivo o grupo de usuarios puede tener universos semánticos completamente diferentes.

Tal y como comentan Shütte y sus colaboradores³⁴⁹, una palabra Kansei es una palabra que describe el dominio del estímulo. A menudo, estas palabras son adjetivos, pero también son posibles otras formas gramaticales.

Con el fin de obtener una selección completa de las palabras, todas las fuentes disponibles tienen que ser utilizadas, incluso si las palabras emergentes parecen ser similares o la misma.

De esta forma, los atributos que se toman como base para hallar las relaciones con los parámetros son definidos completamente por el usuario, y no por los expertos, eliminando así el filtro que se impone en la mayor parte de estudios, en los que los deseos del usuario son interpretados por investigadores.

Generalmente, se considera ventajoso utilizar el número original de palabras porque una selección siempre causa una pérdida de información. Sin embargo, este elevado número de palabras no siempre es viable a la hora de realizar los cuestionarios.

Uno de los posibles métodos de reducción de palabras es usar la semántica diferencial de Osgood y sus colaboradores³⁵⁰ y el análisis factorial (ver página 230), con objeto de captar la percepción que el usuario tiene de un estímulo.

La expresión “espacio semántico” se crea para exponer que todos los productos pueden ser descritos dentro de un espacio vectorial definido por expresiones semánticas o palabras.

³⁴⁹ Schütte, S. T. W. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

³⁵⁰ Osgood, C.E., Suci, C.J., Tannenbaum, P.H., 1957, *The Measurement of Meaning*, University of Illinois Press, Urbana, pp. 76-124.

Generación del espacio de propiedades

En una segunda fase, se identifican las características o parámetros de un estímulo desde la percepción del usuario. Generalmente, los estímulos lumínicos proporcionan una amplia variedad de propiedades potenciales que pueden ser integradas en nuevos sistemas de iluminación. Apoyarse en los estímulos existentes es una de las formas más comunes de identificar propiedades apreciables.

Síntesis

En el paso de la síntesis, se relacionan el espacio semántico y el espacio de las propiedades, tal y como se observa en la figura 53, es decir, una vez identificados los parámetros del estímulo lumínico se relacionan con el universo semántico de los usuarios generalmente por medio de estudios de campo o experimentos de laboratorio en los cuales se investigan las relaciones entre las palabras y los elementos de diseño.

Test de validez

Antes del paso final, debe ser evaluada la validez de la construcción del modelo. Si estas pruebas revelan debilidades, se han de tomar medidas para reducir sus efectos, de lo contrario el modelo resultante no será ni válido ni útil.

Finalmente, se utilizan herramientas informáticas para construir un marco que permita utilizar de forma ágil y sistemática las relaciones encontradas a la hora de analizar estímulos o plantear nuevas configuraciones.

Esta herramienta debe permitir también la actualización periódica de las apreciaciones subjetivas, es decir, actualizar la base de datos de imágenes y palabras, y sus relaciones en función de los cambios que pueden suceder en el tiempo.

II.9.3. TIPOS DE INGENIERÍA KANSEI

La Ingeniería Kansei ha evolucionado desde sus inicios hasta ahora. En la bibliografía se describen diferentes metodologías para relacionar las características de los productos con las emociones o Kansei³⁵¹. Después de más de cuarenta años, hoy en día se clasifica la Ingeniería Kansei en seis tipos que aplican investigadores como Nagamachi³⁵², ³⁵³ y Schütte³⁵⁴:

- Tipo I: Clasificación por categorías.
- Tipo II: *Kansei Engineering Computer System* (KES).
- Tipo III: KES Híbrido. *Kansei Engineering Modeling*.
- Tipo IV: Modelo matemático.
- Tipo V: Ingeniería Kansei Virtual (VIKE).
- Tipo VI: Ingeniería Kansei de diseño colaborativo.

Se describen a continuación cada uno de ellos, siguiendo las clasificaciones utilizadas por Llinares³⁵⁵, Montañana³⁵⁶ y Galiana³⁵⁷. A su vez, insistiendo más en los tipos de Ingeniería más importantes y difundidos como son los tipos I, II, III y IV.

- **Ingeniería Kansei Tipo I: Clasificación por categorías**

Según Schütte³⁵⁸, en la Ingeniería Kansei tipo I se identifica y desarrolla una estrategia de producto y un segmento de mercado en una estructura de árbol que identifica las necesidades afectivas de los usuarios. Estas necesidades afectivas o Kanseis se conectan entonces manualmente a las propiedades del producto.

³⁵¹ Vergara, M., Mondragón, S., 2008, Ingeniería Kansei. Una potente metodología aplicada al diseño emocional, *Faz. Revista de diseño de integración*, nº 2, agosto, pp. 46-59.

³⁵² Nagamachi, M., 1995, Kansei engineering: a new ergonomic consumer-orientated technology for consumer development, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, pp. 3-11.

³⁵³ Nagamachi, M., 2002, Kansei as powerful consumer-oriented technology for product development, *Applied Ergonomics*, 33, pp. 289-294.

³⁵⁴ Schütte, S., 2005, *Engineering Emotional Values in Product Design - Kansei Engineering in Development*, Tesis Doctoral, Linköping Universitet, Institute of Technology, Sweden.

³⁵⁵ Llinares, M. C., 2003, *op.cit.*

³⁵⁶ Montañana, A., 2009, *Estudio cuantitativo de la percepción del usuario en la valoración de ofertas inmobiliarias mediante Ingeniería Kansei*, tesis doctoral, inédita, Dir.: Llinares, M. C., Dpto. de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

³⁵⁷ Galiana, M., 2010, *op.cit.*

³⁵⁸ Schutte, S., 2005, *op. cit.*

Este tipo de Ingeniería Kansei es el más simple y directo de implementar ya que se trata de un tipo de regresión lineal para variables categóricas (características de los productos no numéricas) que utiliza algunos parámetros del modelo de regresión completo (el que incluye todas las características del producto) para determinar la fuerza de la relación.

En concreto, los parámetros que se utilizan son los coeficientes de correlación total y parcial, y los valores de los coeficientes de la ecuación de regresión. Como contrapartida, la utilización del modelo de regresión completo tiene el inconveniente de la interdependencia entre variables, tal y como comenta Hair³⁵⁹, lo cual implica que el número de características del producto que se pueden analizar se limita a unas pocas características muy generales³⁶⁰.

En este tipo I se realizan encuestas en las que se pregunta directamente al segmento de mercado objetivo sobre aquellas características que podrían influir en la valoración. En definitiva, lo que se efectúa es una identificación manual entre las necesidades afectivas del usuario y las características que debe tener el producto.

Desde hace algún tiempo, las industrias automovilísticas japonesas llevan utilizando este proceso para el desarrollo de sus productos. Uno de los casos más significativos es la utilización de este método de clasificación por categorías que realizó la empresa Mazda³⁶¹ para desarrollar el coche deportivo "Miyata". Uno de los más vendidos tanto en los Estados Unidos como en Japón.

Empezaron por encuestar a los clientes sobre su comportamiento de conducción, especialmente sobre las maniobras y actitudes de jóvenes conductores, ya que Mazda había decidido desarrollar un nuevo coche para la gente joven y realizó un cuestionario sobre el estilo de vida y evaluó el comportamiento de los consumidores. Del análisis de estos datos, pusieron palabras clave en las tarjetas una a una y encontraron el "concepto de nivel cero" del nuevo producto como punto de partida.

³⁵⁹ Hair, J. F., *et ál.*, 2000, *Multivariate Data Analysis*, 5ª ed., Prentice Hall Iberia, Madrid. Citado por Vergara, M., Mondragón, S., 2008, *op. cit.*, p. 53.

³⁶⁰ Vergara, M., Mondragón, S., 2008, *op. cit.*, p. 53.

³⁶¹ Nagamachi, M., 2002, *op. cit.*, p. 290.

De este modo, el desarrollo del producto se iniciaba desde el “concepto de nivel cero” (*zero-level concept*). Este concepto se descomponía después en subconceptos, para que fuera más fino y más comprensible en la segunda etapa. Descompusieron los conceptos en subconceptos de forma continua, para en algún momento llegar a la característica física apropiada que se ajustara al subconcepto. Esto daba un conjunto aproximado de características del subconcepto. Posteriormente, llevaron a cabo experimentos de ergonomía para resolver las especificaciones más detalladas en relación con el diseño del producto.

Así, en Mazda el equipo de proyectos descubrió la “unificación conductor - máquina” como concepto de nivel cero que se ajustaba al nuevo tipo de coche deportivo y, desde la descomposición de conceptos, consiguieron el dominio físico. Después de muchos experimentos de ergonomía, llegaron a las especificaciones particulares del proyecto. Como puede observarse por este ejemplo, en este tipo de Ingeniería Kansei la mayoría del trabajo la realizan los expertos. Otras empresas que también han utilizado este proceso son Mitsubishi, Toyota, Honda, Ford, Hyundai y Delphi Automotive Systems.

- **Ingeniería Kansei Tipo II: Kansei Engineering Computer System (KES)**

El Tipo II, o sistema KES, es el procedimiento de Ingeniería Kansei más conocido en Japón. Es un sistema de Ingeniería Kansei asistido por ordenador en el que las conexiones entre Kansei y propiedades de los productos se realizan mediante herramientas estadísticas matemáticas.

Según Nagamachi³⁶², es un sistema informatizado que transfiere el sentimiento y la imagen de los consumidores a los detalles de diseño, es decir, transfiere las opiniones o sensaciones del usuario ante unas palabras Kansei especificadas por el diseñador en elementos de diseño y características de los mismos que mejor las representan. Nagamachi³⁶³ establece que su arquitectura contiene básicamente cuatro bases de datos:

³⁶² Nagamachi, M., 1995, *op. cit.*

³⁶³ Nagamachi, M., 1995, *op. cit.*, p. 5-6.

1. Base de datos Kansei:
Esta base de datos contiene las palabras Kansei que son representativas de los sentimientos del consumidor sobre el producto y es la primera que se configura. Luego se reducen a las palabras que parecen ser suficientes para representar los sentimientos de los consumidores sobre el producto. De esta manera, es como se construyen las escalas o ejes semánticos independientes que caracterizan el universo semántico del producto a través del análisis factorial. En realidad, es un sistema que localiza las proyecciones de las palabras que describen el objetivo Kansei de diseño en un sistema de ejes semánticos independientes.
2. Base de datos de imágenes:
Los resultados evaluados mediante las escalas semánticas en la fase anterior se analizan en segundo lugar por la Teoría Cuantitativa Tipo I de Hayashi³⁶⁴ que es un tipo de análisis de regresión múltiple para datos cualitativos. A través de este análisis, se obtiene una lista de las relaciones estadísticas entre las palabras Kansei y los elementos de diseño. Por lo tanto, se identifican componentes de diseño del producto a partir de una palabra Kansei específica. De esta forma, por ejemplo, si un consumidor quiere algo “hermoso”, esta palabra Kansei se corresponde con algunos detalles de diseño en el sistema. Estos datos construyen la base de datos de imágenes.
3. Base de datos de conocimientos:
Esta base de datos de conocimientos se compone de las reglas necesarias para decidir los elementos que más correlacionan los detalles de diseño con las palabras Kansei.
4. Base de datos de diseño y de color:
Los detalles de diseño en el sistema se implementan en la base de datos de diseño y la base de datos de color, por separado. Todos los detalles de diseño consisten en los aspectos de diseño que se correlacionan totalmente con cada palabra Kansei. La base de datos de colores se compone de todos los colores que también se corresponden con las palabras Kansei.

³⁶⁴ Hayashi, C., 1976, *Method of Quantification*, Toyokeizai, Tokyo.

A continuación, se describe el procedimiento en el *Kansei Engineering System* (KES) según las especificaciones de Nagamachi³⁶⁵:

El consumidor introduce en el KES sus palabras Kansei relacionadas con el producto deseado. El sistema KES recibe estas palabras a través de la base de datos y comprueba si puede reconocer o no la palabra Kansei. Si puede reconocerlas, las palabras se transfieren a la base de conocimientos. El sistema utiliza la base de imágenes y la base de conocimientos para decidir los elementos de diseño y el color más correlacionados con las palabras introducidas por el usuario, y el controlador de KES saca y muestra las piezas y colores apropiados en la pantalla.

- **Ingeniería Kansei Tipo III: KES Híbrido. Kansei Engineering Modeling**

Se denomina sistema KES reversible y normalmente se conoce como KES Híbrido. Como comenta Nagamachi³⁶⁶, en la Ingeniería Kansei Tipo III, se construye un modelo matemático para obtener el resultado ergonómico de las palabras Kansei. El modelo matemático implica un tipo de lógica que desempeña un papel similar al de la base de reglas. Este tipo es similar a los dos anteriores y en realidad es una derivación del Kansei Tipo II pero utiliza modelos matemáticos más complejos (regresión, lógica difusa, redes neuronales, etc.) para relacionar las bases de datos.

No sólo sugiere las propiedades o imágenes de los productos que proporcionan un determinado Kansei, sino que también predice el Kansei que un producto o un nuevo diseño pueden llegar a provocar. Lo que es lo mismo, entrando la imagen (o características objetivas) del producto en cuestión, el sistema predice cuál será la puntuación que conseguirá el producto. De esta manera, se observa que el KES Híbrido ayuda tanto al consumidor como al diseñador en la toma de decisiones por lo que su aplicación es doble. La estructura del sistema que soporta la aplicación de la Ingeniería Kansei es relativamente compleja. La figura siguiente muestra esta estructura del sistema KES Híbrido:

³⁶⁵ Nagamachi, M., 1995, *op. cit.*, p. 5-6.

³⁶⁶ Nagamachi, M., 1995, *op. cit.*, p. 7.

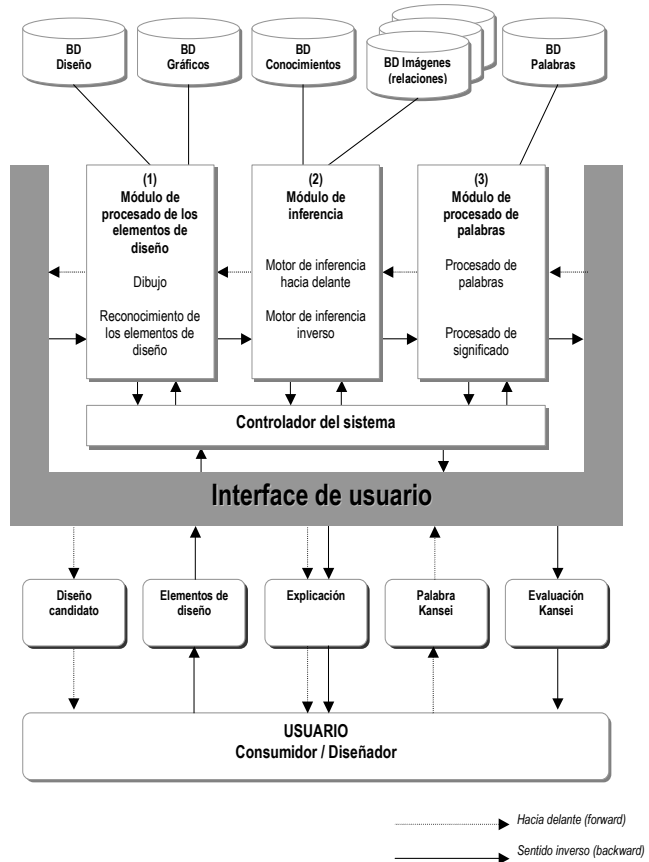


Fig. 54. Estructura del sistema del KES híbrido ³⁶⁷

El sistema está formado por cuatro módulos principales (módulo de procesado de elementos de diseño, módulo de inferencia, módulo de procesado de palabras Kansei y controlador del sistema) y cinco tipos de bases de datos (base de diseño, base de elementos gráficos, base de conocimientos, base de imágenes y base de palabras Kansei).

El KES Híbrido es un sistema que funciona en base dos desarrollos posibles, uno llamado "*Forward*" que apoya al sistema de decisión del consumidor, y otro conocido como "*Backward*" que apoya al del diseñador.

³⁶⁷ Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, Hybrid Kansei Engineering System and Design Support, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 2, nº 19, febrero, pp. 81-92. Citado por: Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*, p. 46.

Ambos desarrollos se grafían en la figura siguiente:

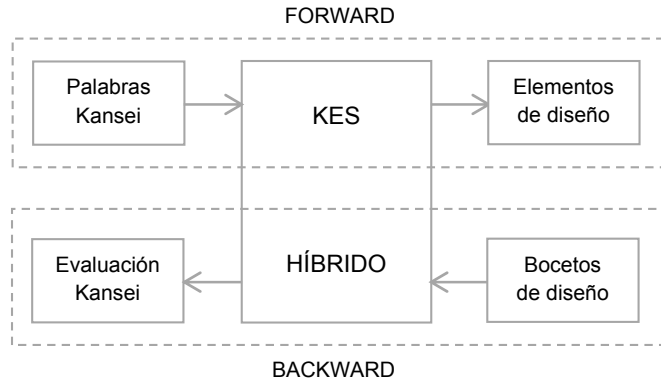


Fig. 55. Diagrama del proceso KES Híbrido ³⁶⁸

Matsubara y Nagamachi³⁶⁹ describen ambos desarrollos haciendo referencia a que en el desarrollo "Forward" el diseñador obtiene el diseño exigido a través de la entrada de las palabras Kansei por parte del consumidor.

En el desarrollo "Backward", el diseñador es capaz de dibujar un boceto en el ordenador y el sistema informático reconoce el patrón de diseño introducido por el diseñador. A continuación, el sistema estima el Kansei o la imagen del diseño introducida y muestra las palabras Kansei que el consumidor relaciona con dicho boceto de diseño.

El sistema informatizado combinado "Forward" y "Backward" es una poderosa herramienta de apoyo tanto para los usuarios como para diseñadores en la toma de decisiones. Cuando el usuario introduce las palabras Kansei, el sistema intenta identificar los significados Kansei a través de la unidad de procesamiento de textos refiriéndose a la base de datos de palabras Kansei. Acto seguido, el sistema infiere el diseño candidato a través del desarrollo "Forward" en referencia a las bases de conocimientos y de imágenes.

Por último, el sistema muestra el producto que mejor se adapta a sus emociones en referencia a las bases de datos de diseño y de elementos gráficos.

³⁶⁸ Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, *op. cit.*, p. 82.

³⁶⁹ Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, *op. cit.*

El sistema pues, ayuda al consumidor al traducir en elementos de diseño sus sentimientos sobre el producto. Cuando el diseñador introduce un boceto de diseño, el sistema ejecuta el módulo de reconocimiento de elementos de diseño e identifica los elementos de diseño como elemento y categoría. Seguidamente, el sistema proporciona los resultados del diagnóstico que son el Kansei o las imágenes relacionadas con el diseño introducido a través del desarrollo “*Backward*”, es decir, le aporta la respuesta del usuario en sus propias palabras.

Comenta Castro³⁷⁰ que para poder llevar adelante un estudio KES apropiado, a fin de definir correctamente los requisitos que deberá cumplir un producto en el mercado, la metodología es bastante compleja. Se necesita un sistema con el software instalado donde el diseñador, el fabricante y el consumidor introducen palabras (tags descriptivos) que identifican los atributos deseados del producto.

De seguida, el sistema verá si puede reconocer y relacionar esas palabras mediante sus bases de datos internas (de palabras, de imágenes, de conocimientos, de diseño y color).

Si puede hacerlo, utiliza la base de datos de imagen para decidir los elementos de diseño y color que mejor se ajustan a las palabras utilizadas. A partir de aquí, se recopilan las palabras Kansei y se aplica la semántica diferencial para definir los ejes semánticos del producto. Todo ello con el objetivo de realizar pruebas con los usuarios y relacionar los calificativos utilizados con los elementos de diseño, a fin de llegar a definir los requisitos del producto que se quiere diseñar.

- **Ingeniería Kansei Tipo IV: Modelo matemático Kansei**

Según Shütte³⁷¹, este tipo se centra en modelos de predicción matemática. Estos modelos son rigurosamente validados, como los tipos II y III. En este caso, lo que sucede es que para conseguir la salida óptima a partir de las palabras de entrada, se sustituye la base de datos de conocimientos o normas por un modelo matemático.

³⁷⁰ Castro, A., 2008, La ingeniería Kansei, [publicación en línea], *IF... la revista de innovación*, 65, julio, disponible en: <<http://www.infonomia.com/if/articulo.php?id=429&if=65>>, [consultado 10 marzo 21014].

³⁷¹ Schütte, S., 2005, *op. cit.*, p. 53.

- **Ingeniería Kansei Tipo V: Ingeniería Kansei Virtual (VIKE)**

Este tipo de Ingeniería Kansei combina el KES con un sistema de realidad virtual. Esto permite que el consumidor pueda ver y probar los productos diseñados para responder a sus necesidades y sentimientos sin que sea necesario que la empresa tenga antes que construirlos. Las imágenes que se muestran del producto se generan a través de herramientas de realidad virtual o realidad aumentada.

Como relata Wilson³⁷², la tecnología de realidad virtual es una avanzada tecnología informática, capaz de construir un espacio virtual en el ordenador, de modo que se puede tener una experiencia en ese espacio virtual que no sería posible en el mundo real. Según Matsubara y Nagamachi³⁷³, el VIKE implica que se construya un espacio kansei ajustado al Kansei del consumidor y en el que puede tener la experiencia virtual en el espacio kansei, con el fin de examinar la conveniencia de un determinado diseño para su Kansei.

El VIKE permite comprobar el espacio kansei antes de la producción de un determinado producto kansei, por lo que esta tecnología combinada es muy útil y eficaz para el diseño de casas, del interior de los vehículos, del diseño urbano y del paisajismo.

- **Ingeniería Kansei Tipo VI: Ingeniería Kansei de diseño colaborativo**

En esta variante de la Ingeniería Kansei, a la base de datos Kansei se accede a través de Internet, por lo que se puede utilizar para trabajar en grupo. Tal y como expone Nagamachi³⁷⁴, lo que se construye es un sistema de diseño de trabajo en grupo utilizando la Web que cuenta con un sistema inteligente y unas bases de datos Kansei. Este sistema es muy útil para el trabajo en grupo de diseño conjunto de varios diseñadores.

³⁷² Wilson, J. R., 1999, Virtual environments applications and applied ergonomics, *Applied Ergonomics*, 30, pp. 3-9. Citado por: Nagamachi, M., 2002, *op. cit.*, p. 291.

³⁷³ Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, *op. cit.* Citado por: Nagamachi, M., 2002, *op. cit.*, p. 291.

³⁷⁴ Nagamachi, M., 2002, *op. cit.*

Dicho sistema tiene un servidor con un software inteligente que soporta el diseño colaborativo. Los diseñadores pueden utilizar la voz y pueden ver el trabajo de sus colegas en la pantalla, el desarrollo o la corrección de diseños utilizando las bases de datos Kansei y siguiendo las sugerencias del sistema. Después de recibir la orden de la compañía para el desarrollo del producto, los diseñadores comprueban la base de datos kansei y el sistema inteligente.

De este modo, se utilizan las posibilidades de comunicación y trabajo en red que proporciona Internet ya que esta tecnología permite que puedan estar en contacto y comunicarse diseñadores ubicados en distintas partes del mundo. Así pueden compartir ideas, modificar y mejorar sus diseños utilizando una base de datos kansei común³⁷⁵.

Diferencias entre los tipos de Ingeniería Kansei

Finalmente, tal y como mencionan Page *et ál.*³⁷⁶, se pueden encontrar diferencias entre los cuatro primeros tipos de Ingeniería Kansei que se han expuesto anteriormente. Las más destacadas hacen referencia al resultado conseguido y a la participación del usuario.

En cuanto al resultado conseguido, en el Tipo I se van eligiendo las palabras en cada fase y se van encontrando los parámetros de diseño más correlacionados. Por su parte, los Tipos II y III permiten una respuesta inmediata ante las palabras introducidas. Como conclusión, en los Tipos I, II y III la bondad de la salida depende de los parámetros que se hayan determinado en la entrada y no existe una salida óptima.

En cuanto a la participación del usuario, el Tipo I se caracteriza por una acentuada colaboración del equipo de desarrollo, quien a partir de su experiencia genera los conceptos que se asocian a un determinado producto. Sin embargo, en los Tipos II, III y IV participa el usuario directamente ya que parten de las sensaciones del propio usuario.

³⁷⁵ Ishihara, S., Ishihara, K., Nagamachi, M., 1998, *Kansei inference system and internet VR*, Manuf. Hybrid Automation-II, pp. 403-406.

³⁷⁶ Page, A., Porcar, R., Duch, M. J., Solaz, J., Solaz, V., 2001, Nuevas técnicas para el desarrollo de productos innovadores orientados al usuario, ed. IBV, Valencia, p. 124. Citado por: Galiana, M., 2010, *op. cit.*, p. 119.

II.9.4. APLICACIONES DE LA INGENIERÍA KANSEI

Son numerosas las aplicaciones que ha tenido esta metodología en el desarrollo de productos en diferentes sectores del mercado. A pesar de que la mayoría de ellas se han realizado en Japón y Corea, en los últimos años la Ingeniería Kansei se ha extendido a otros continentes. La razón principal de este hecho es que la Ingeniería Kansei es aplicable a cualquier tipo de producto o servicio en el que la percepción del usuario sea un factor que se tiene que considerar tanto en diseño industrial como en diseño gráfico, multimedia e interactivo.

De hecho, esta metodología se ha empleado en el diseño de espacios, robótica, envases de perfume, equipos industriales, vehículos, alimentos, equipamiento del hogar, arquitectura, ingeniería civil, envase y embalaje; también se ha usado en el acabado de materiales de vidrio, generación de tonos para teléfonos móviles, revistas, anuncios publicitarios, suelos, etc. En general, últimamente se está asistiendo al nacimiento de nuevos productos multidisciplinares de diseño pensados exclusivamente para proyectar las emociones positivas en el usuario.

- **Sector del automóvil:**

Las principales aplicaciones de esta metodología se han efectuado en el sector **automovilístico**. Las empresas japonesas Nissan, Mazda y Mitsubishi fueron las pioneras en su implementación. La primera utilizarlo con éxito fue Mitsubishi con el diseño del modelo "Diamante" que alcanzó un gran nivel de ventas en Japón. De igual forma, la empresa Mazda consiguió un gran éxito con su deportivo "Miyata". Para lograrlo Mazda contó con la ayuda de Nagamachi³⁷⁷ a la hora de implementar el Kansei Tipo I en el proceso de producción de la empresa. Desarrollaron un nuevo coche deportivo de la marca con el mercado de adultos jóvenes en mente.

El equipo del proyecto extrajo los comportamientos del segmento de clientes, registrando cada comportamiento y asignaron una palabra clave para ello. Después de agrupar las características del conductor, algunas de las similitudes identificadas en este proceso se transformaron en las especificaciones de diseño que luego tradujeron dichos subconceptos en elementos de diseño (dimensiones, diseño volante, etc.), es decir, en características físicas del automóvil.

³⁷⁷ Nagamachi, M., 1995, Kansei Engineering: a new ergonomic consumer-orientated technology for consumer development, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, pp 3-11.

El fin de este proceso era crear un coche que transmitiera la sensación de unidad entre el conductor y la máquina. El modelo que resultó de este proceso de trabajo fue un éxito de ventas. Desde entonces, la Ingeniería Kansei ha sido para Mazda una herramienta indispensable para el desarrollo de nuevos productos.

Posteriormente, esta metodología ha sido también empleada por otras empresas del sector tanto en Europa como en Estados Unidos. En los EE.UU., la Compañía Ford aprendió la Ingeniería Kansei de Mazda y lo implementó en el diseño de "Taurus". Fiat en Italia e incluso Porsche en Alemania también se interesaron por esta Ingeniería. De hecho, la Ingeniería Kansei Tipo I se utiliza a través de todo el mundo, ya que parece que es fácil de introducir en el desarrollo de productos.

Por su parte, Shimizu y Jindo³⁷⁸ desarrollaron un programa para el análisis de los datos de evaluación de sensibilidad utilizando un método de regresión difusa. Este programa tomaba en cuenta las ambigüedades y la no linealidad de las sensaciones humanas y, por tanto, proporcionaba un método para la cuantificación de sus correlaciones con las características físicas. De este modo, los autores desarrollaron un método de regresión difusa con el objeto de cuantificar las correlaciones entre las percepciones y las características del producto.

Realizaron estudios básicos encaminados a la creación de un **interior confortable del vehículo** en cuanto a la sensación térmica. Estos estudios se centraron en el desarrollo de interiores que emparejaban sensibilidades humanas mediante la cuantificación de las correlaciones entre las sensaciones humanas y las características físicas del interior que influyen en ellos, utilizando el método de análisis de la lógica difusa.

La Ingeniería Kansei Tipo II (KES) también ha sido aplicada en este sector. Concretamente, tal y como comenta Nagamachi³⁷⁹, la empleó Nissan para el **diseño de un volante**. Primeramente, recogieron veinte palabras Kansei relativas al diseño del volante del diálogo en las tiendas de automóviles y de revistas de coches. Posteriormente, redujeron el número de palabras. Seguidamente, construyeron las escalas semánticas de valoración. Éstas se emplearon para la evaluación de cincuenta y nueve muestras fotografiadas de diseño de volantes.

³⁷⁸ Shimizu, Y., Jindo, T., 1995, A fuzzy logic analysis method for evaluating human sensitivities, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15, nº 1, January, pp. 39-47.

³⁷⁹ Nagamachi, M., 1995, Kansei Engineering: a new ergonomic consumer-orientated technology for consumer development, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, pp 3-11.

Mostraron estas diapositivas a estudiantes, veintisiete varones y veintitrés mujeres. Luego, los sujetos evaluaron estas diapositivas en escalas semánticas. Clasificaron 13 elementos de diseño tales como el número de radios, el tipo de frontal, el área del frontal y así sucesivamente. Posteriormente, cada ítem fue clasificado de nuevo en categorías más pequeñas, como (2, 3, 4) radios, área del frontal (pequeña, mediana o grande), y así sucesivamente. Los datos se evaluaron mediante escalas semánticas diferenciales y los detalles de diseño de los diferentes ítems se calcularon mediante la Teoría Cuantitativa de Hayashi Tipo I.

Como resultado, obtuvieron las relaciones estadísticas existentes entre las palabras Kansei y los detalles de diseño del volante. Mediante la utilización de estos resultados, construyeron cuatro bases de datos y un KES asistido por ordenador para el diseño de volante (KESW). Desarrollaron también la variante híbrida del sistema KES como soporte para el trabajo del diseñador en una empresa de automoción. Por lo tanto, los datos evaluados por el estudiante, así como por parte de los diseñadores de la empresa se llevaron a cabo en las bases de datos para apoyar la decisión del diseñador. Los resultados proporcionados por este sistema KES se evaluaron por diferentes diseñadores expertos en el sector, obteniendo excelentes calificaciones.

Estudios más recientes también han aplicado la Ingeniería Kansei al sector del automóvil como los Takebuchi y sus colaboradores³⁸⁰. Estos investigadores estudiaron el **color exterior del vehículo** ya que consideraban que la calidad de los colores exteriores de los automóviles se ha convertido en un factor estético importante (preferencia) que influye decisivamente en el proceso de compra. En consecuencia, presentaron en su estudio un modelo de aproximación al diseño del color exterior del automóvil y verificaron su eficacia.

Para crear este modelo, en primer lugar, determinaron los cuatro elementos más deseados por los jóvenes como colores exteriores (con clase, de lujo, noble y deportivo). A continuación, determinaron los seis elementos del color (tono, luminosidad, intensidad, brillo, opacidad y falta de granularidad) que influían más en los compradores jóvenes. Aplicaron entonces el análisis de correspondencia con la ayuda del análisis estadístico multivariante con el fin de correlacionar las preferencias de los jóvenes con los elementos de color. Esto les permitía determinar la influencia de cada elemento de color.

³⁸⁰ Takebuchi, S., Nakamura, T., Asami, H., Amasaka, K., 2012, The automobile exterior color design approach model, *Journal of Japan Industrial Management Association*, vol. 62, nº 6, February, pp. 303-310.

Basándose en estos hallazgos, el modelo se ha aplicado posteriormente en el desarrollo del color exterior (pinturas y métodos de pintura), demostrando resultados significativos.

Otro ejemplo de aplicación de la Ingeniería Kansei al diseño de vehículo es el realizado por Zhang y Wang³⁸¹ que se han centrado en el **diseño de vehículos eléctricos**. En este caso, bajo el contexto de que los fabricantes necesitan enfoques eficaces en el diseño de los coches eléctricos, la Ingeniería Kansei permite a los diseñadores aplicar el análisis cuantitativo desde la perspectiva del análisis de usuarios de manera que pueden identificar rápidamente los elementos clave de diseño y construir la correspondencia entre las imágenes de diseño y la forma de los elementos.

- **Diseño de productos:**

En el campo del diseño de productos, la metodología Kansei Tipo II se ha implementado en productos muy diversos, como relojes de pulsera, teléfonos, productos cosméticos, sillas de oficina, prótesis mamarias, monturas de gafas, etc. Los productos desarrollados con esta metodología han tenido bastante éxito en el mercado ya que lo que se intenta con la Ingeniería Kansei es desarrollar nuevos productos con los valores afectivos de los usuarios, de manera que éstos sientan deseo de adquirirlos.

Hsu y sus colaboradores³⁸² investigaron las diferencias en la percepción del diseño de **teléfonos** entre diseñadores y usuarios. Comprobaron si existían diferencias entre el espacio semántico de ambos grupos. Emplearon el método de la semántica diferencial (SD) para examinar la relación entre la evaluación de los sujetos de las muestras de teléfonos y los elementos de diseño. Utilizaron 14 pares de imágenes-palabras para la evaluación del diseño de teléfono. Presentaron veinticuatro muestras telefónicas reales a 40 sujetos (20 diseñadores y 20 usuarios) para su evaluación subjetiva. Desarrollaron un análisis multivariante para analizar la percepción de los sujetos y construir modelos conceptuales para el diseño del teléfono. Sus resultados revelaron que existen muchas diferencias entre las percepciones de diseñadores y usuarios sobre los mismos objetos reales y sus interpretaciones sobre las mismas imágenes-palabras.

³⁸¹ Zhang, F., Wang, J., 2013, Application of Kansei engineering in electric car design, *Applied Mechanics and Materials*, vol. 437, pp. 985-989.

³⁸² Hsu, S.H., Chuang, M.C., Chang, C.C., 2000, A semantic differential study of designers' and users' product form perception, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 25, n° 4, May, pp. 375-391.

En otro ámbito, Nakada³⁸³ empleó la Ingeniería Kansei para investigar la relación entre los elementos de diseño y los valores de sensibilidad Kansei en el diseño de **maquinaria de movimiento de tierras**. Su objetivo era acabar con la mala imagen de este producto dotándolo de una mayor calidad a través de un diseño confortable que resultara atractivo.

Concluyó con su investigación que el diseño de maquinaria tiene que tener en cuenta el efecto de sensibilidades humanas como la motivación para operar o adquirir, o los factores de bienestar psicológico, como la familiaridad, el atractivo y la comodidad. A través de un cuestionario determinó que el asiento, el color y la forma de la maquinaria eran los elementos de diseño que incidían en mayor grado en las percepciones de los usuarios.

En otro ámbito diferente, Jindo y sus colaboradores³⁸⁴, desarrollaron un sistema de ayuda al diseño de **sillas de oficina** aplicando gráficos en 3D. Realizaron evaluaciones subjetivas utilizando la metodología de la semántica diferencial (SD) para examinar la relación entre las evaluaciones personales de los usuarios de sillas de oficina y los elementos de diseño de la propia silla.

El análisis factorial mostró cuatro factores o ejes representativos del espacio semántico de las sillas de oficina para usuarios japoneses: el diseño, el confort, el refinamiento y el poder. Trataron los resultados obtenidos mediante la teoría cuantitativa de Hayashi Tipo I.

El sistema incluía una base de datos que contenía las representaciones gráficas en 3D de los distintos elementos de las sillas, de forma que cuando el usuario introducía un adjetivo o palabra kansei, el sistema ponía en marcha la unidad de procesamiento de gráficos determinando la forma de los componentes de la silla, la perspectiva, la fuente de luz y la calidad de los materiales, permitiendo así obtener una visualización gráfica.

Por otra parte, el sistema también posibilitaba ir modificando los parámetros de diseño de sillas, incrementando de esta forma la libertad del diseño. Como resultado, el sistema indicaba los elementos de diseño necesarios para crear un diseño de silla determinado.

³⁸³ Nakada, K., 1997, Kansei engineering research on the design of construction machinery, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 19, nº 2, February, pp. 129-146.

³⁸⁴ Jindo, T., Hirasago, K., Nagamachi, M., 1995, Development of a design support system for office chairs using 3-D graphics, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15, nº 1, January, pp. 49-62.

En el mismo campo, Such³⁸⁵ realizó una aplicación práctica de la Ingeniería Kansei sobre el producto **mesa de oficina**. Su metodología de trabajo se basó en el análisis de la información obtenida en dos estudios de campo en los que registró la respuesta emocional estimulada por el producto, mediante el uso de la metodología de la semántica diferencial. Contó con la participación de 58 usuarios y 89 prescriptores de compra de empresas públicas y privadas de las Comunidades Autónomas de Madrid, Cataluña y Valencia.

El análisis estadístico de los datos obtenidos le permitió delimitar los conceptos semánticos bajo los que se percibe el producto, cuantificar y describir el grado de influencia de la valoración emocional en la valoración final del producto, analizar la relación percepción-estímulo físico y obtener pautas de diseño para la implementación de las expectativas "emocionales" del usuario. De este modo, concluyó que la consecución de una percepción de calidez, privacidad y robustez en una representación gráfica de un diseño de mesa de oficina, permitía maximizar su aceptación desde el punto de vista de la implementación de los atributos emocionales.

Por otro lado, los **productos relacionados con la mujer**, como productos cosméticos o lencería, es otro de los ámbitos de aplicación de la Ingeniería Kansei. Respecto a los productos cosméticos, la compañía de cosméticos Shiseido³⁸⁶ que ha desarrollado un amplio rango de metodologías y técnicas para explorar los sentimientos del cliente o Kansei que generan sus productos. Las aplicaciones de la Ingeniería Kansei de Shiseido están relacionadas con los sistemas de cierre de tapas, diseños centrados en las personas, donde el diseño final se obtiene teniendo en cuenta las opiniones de los usuarios y aplicando conceptos de ergonomía.

Como producto final de estos estudios, Shiseido obtiene diseños que aseguran que las partes que están en contacto con la mano del cliente funcionan adecuadamente y brindan la máxima satisfacción y sensación posible al usuario. Hay que destacar que estos estudios son extrapolados a diferentes etnias y poblaciones para asegurar que se logra idéntica satisfacción con el producto en cualquier sitio del planeta donde opera la empresa.

³⁸⁵ Such, M.J., 2004, *La Ingeniería Kansei como modelo de simulación del fenómeno de la percepción. Aplicación en el sector del mobiliario de oficina*, Tesis doctoral, Dir: Porcar Seder, R., Dpto. Ingeniería Mecánica y de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

³⁸⁶ Álvarez Laverde, H., 2006, *Experiencia Kansei en Shiseido*, [publicación en línea], Barcelona, España, disponible en: <<http://www.ingenieriakansei.com/shiseido.pdf>>, [consultado 10 febrero 2014].

- **Ámbito inmobiliario**

En el ámbito inmobiliario se ha aplicado la Ingeniería Kansei en numerosas ocasiones, sobre todo en que hace referencia al diseño de elementos que forman parte de la propia vivienda. En este sentido, Matsubara y Nagamachi³⁸⁷ propusieron un nuevo concepto de Sistema de Ingeniería Kansei, el sistema KES Híbrido y lo aplicaron en el **diseño de puertas de entrada a viviendas**. Empezaron empleando la semántica diferencial con el objetivo de conseguir las palabras Kansei que los usuarios utilizaban en sus valoraciones. Seguidamente, redujeron dichas palabras mediante un análisis factorial. Acto seguido, subdividieron la puerta como objeto de diseño en ítems y categorías. Aplicaron la teoría cuantitativa de Hayashi Tipo I, a los resultados de la semántica diferencial y a los ítems y categorías de la descomposición del diseño.

Los resultados de la aplicación mostraron la relación de cada adjetivo con el componente de diseño. Una vez que obtuvieron estas relaciones, construyeron la base de imágenes, que describía el peso y puntuación de los ítems para cada palabra kansei, y la base de conocimientos que representaba las condiciones obligadas para cada diseño. Finalmente, detallaron el sistema de inferencia “*forward*” y “*backward*” y la función de reconocimiento del diseño que es capaz de traducir un diseño o boceto de un producto en parámetros, ítems o categorías. Los autores destacaron que el algoritmo era útil debido a que la puerta principal de acceso a la vivienda era un objeto sencillo y de fácil reconocimiento. Sin embargo, para objetos con un diseño más complicado, como el diseño interior de un vehículo, era necesario aplicar algoritmos más complejos.

Igualmente existen trabajos publicados sobre **pavimentos** como los de Schütte, Lindberg y Eklund³⁸⁸ los cuales utilizaron un modelo general de Ingeniería Kansei para evaluar las impresiones subjetivas de **pavimentos laminados**. Sus resultados mostraron que ese tipo de pavimentos se pueden describir con cuatro descripciones semánticas básicas y siete propiedades principales. Observaron también que artesanos y arquitectos tenían diferentes impresiones sobre los pavimentos laminados.

³⁸⁷ Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, Hybrid Kansei Engineering System and design support, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 19, nº 2, February, pp. 81-92.

³⁸⁸ Schütte, S., Lindberg, A., Eklund, J., 2006, *Subjective assessment of laminate flooring*, *Contemporary Ergonomics*, Annual Conference of the Ergonomics Society on Contemporary Ergonomics, Cambridge, United Kingdom, 4-6, April, pp. 194-198.

Concluyeron que los pavimentos laminados a veces se percibían como un material de revestimiento inferior al natural. A pesar del hecho de que muchas de sus propiedades son objetivamente superiores. Por lo que una comercialización selectiva podía mejorar su imagen.

En este mismo ámbito de aplicación, en nuestro país se encuentra el estudio de campo realizado por Vergara y Agost³⁸⁹ con el objetivo, entre otros, de descubrir cuáles eran los factores principales que se perciben de los **pavimentos cerámicos** y cuáles eran las impresiones subjetivas que más influían en la elección o rechazo de los mismos. Desarrollaron una página web especialmente diseñada para tal fin en la que participaron más de 250 clientes que contestaron sobre sus preferencias y sobre la percepción de diferentes pavimentos cerámicos.

Sus resultados demostraron que las impresiones más destacables en los pavimentos cerámicos pertenecen a campos o roles diferentes del producto, entre los que destacan valores simbólicos (sencillo, atemporal, innovador, hogareño, aspecto de caro), valores estéticos (amplitud, luminosa, natural) y valores funcionales y de uso (funcional, versátil, resistente, resbaladizo, fácil limpieza). Los factores semánticos más influyentes en la valoración global del pavimento son los ligados a significados de valores simbólicos y estéticos, mientras que los de significado funcional no afectan a las preferencias.

Nagasawa³⁹⁰ desarrolló un modelo de evaluación sensorial de preferencias de **fachadas** por comparaciones por pares. Con el fin de hacer frente a la ambigüedad o la contradicción características del análisis sensorial, el autor presentó la estructura básica de un modelo de carácter difuso. Propuso la creación de una jerarquía y la reorganización de las muestras por el método de modelado estructural Fuzzy, que se desarrolla sobre la base de la teoría de conjuntos difusos.

Lo más relevante de este modelo es que permite representar gráficamente la jerarquía de las muestras, dando la información necesaria para obtener la relación entre cada elemento. De esta forma, el modelo analiza convenientemente las percepciones y proporciona una representación gráfica de los resultados. La Ingeniería Kansei también se ha empleado en el diseño de espacios en la vivienda.

³⁸⁹ Vergara Monedero, M., Agost Torres, M. J., 2011, *Influencia de la impresión subjetiva en la elección de pavimentos cerámicos*, XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Huesca, 6-8 de julio, pp. 2122-2132.

³⁹⁰ Nagasawa, S., 1995, *Fuzzy sensory evaluation of condominium's façade*, IEEE International Conference on Fuzzy Systems, vol. 2, pp. 503-508.

En este ámbito se encuadra el trabajo realizado por Enomoto y sus colaboradores³⁹¹ en el **diseño de cocinas**, los cuales aplicaron la Ingeniería Kansei a un sistema de Realidad Virtual (VR) de diseño de cocinas en la empresa Matsushita Electric Works, Ltd. Emplearon la metodología Kansei en sus clientes a través de adjetivos que expresaban la atmósfera de la cocina y el estilo de vida de los consumidores. Gracias a esta estrategia obtuvieron las preferencias cualitativas de los consumidores en la disposición en la cocina, el diseño y la decoración, y reprodujeron la disposición de la cocina en el entorno del usuario, con los materiales y la decoración. Usaron la información recogida para tener una idea del diseño ideal de cocina de los consumidores, y convertirlo en un diseño tridimensional real. Esto permitía a los clientes tener una imagen concreta de la cocina que se construían, y también les permitía ver y tocar sus componentes en el espacio virtual.

Por otro lado, ya en nuestro país, Llinares y Page³⁹² aplicaron la Ingeniería Kansei al **diseño de viviendas**, en concreto, analizaron la respuesta emocional del cliente ante las promociones inmobiliarias. Llevaron a cabo un estudio de campo con el fin de demostrar el método. Participaron en el estudio 155 sujetos que evaluaron 112 viviendas urbanas en la ciudad de Valencia (España). Mediante el uso de técnicas semánticas diferenciales, identificaron un conjunto de 15 factores capaces de explicar el 62,9% de la variabilidad de la percepción muestreada. Después de obtener el universo semántico de los usuarios, conectaron la respuesta emocional de los sujetos y su valoración global, en términos de la decisión de compra. La metodología Kansei les permitió identificar los principales conceptos independientes o atributos que describen la percepción del comprador de una determinada propiedad expresada en sus propias palabras. Ordenaron estos atributos en función de su influencia en la valoración global con el fin de cuantificar su importancia relativa. Seguidamente, obtuvieron un modelo cuantitativo para la predicción de una evaluación general de atributos simbólicos. De esta manera, el método proporcionaba una forma cuantitativa de predecir el éxito de una propiedad específica a la venta mediante la evaluación de los principales factores que la condicionan. Por otra parte, desarrollaron un análisis comparativo detallado de las fortalezas y debilidades de las diferentes propiedades.

³⁹¹ Enomoto, N., Nomura, J., Sawada, K., Imamura, K., Nagamachi, M., 1995, Kitchen planning system using kansei VR, *Advances in Human Factors/Ergonomics*, vol. 20, nº C, pp. 185-190.

³⁹² Llinares, M. C., Page, A., 2007, Application of product differential semantics to quantify purchaser perceptions in housing assessment, *Building and Environment*, vol. 42, nº 7, July, pp. 2488-2497.

En la misma línea de investigación, Llinares y Page³⁹³ también analizaron la estructura de las impresiones emocionales de los ciudadanos y determinaron su influencia en su **elección residencial** mediante la aplicación de la semántica diferencial. Recopilaron la opinión de ciento cincuenta y nueve sujetos acerca de los diferentes barrios de la ciudad de Valencia (España). Utilizando la Ingeniería Kansei describieron el espacio semántico de un determinado barrio a través de 10 ejes independientes que explicaban el 60% de la variabilidad. Estos ejes reflejaban aspectos relacionados con la apariencia del vecindario, el desarrollo futuro, el ritmo de vida, la planificación, los servicios y la salud ambiental. A continuación, establecieron la relación entre las respuestas emocionales de los sujetos y la decisión de optar por vivir en un área en particular. Por último, llevaron a cabo un análisis comparativo de dos barrios en expansión para analizar las diferencias en las preferencias generales de los ciudadanos. De este modo, este novedoso trabajo en el ámbito inmobiliario logró identificar los atributos emocionales utilizados por los ciudadanos, y no por los expertos, para expresar sus impresiones de las diferentes zonas de una ciudad.

En otro estudio posterior, también en el campo inmobiliario, los mismos investigadores³⁹⁴ aplicaron la semántica diferencial con el objetivo de analizar las **diferencias entre géneros**. Identificaron el universo semántico (estructura) utilizado por hombres y mujeres a la hora de describir su percepción de **bienes inmuebles en venta**. Evaluaron las respuestas de 112 hombres y 43 mujeres sobre las imágenes de 112 pisos en venta en el momento del estudio en la ciudad de Valencia (España) con 60 adjetivos.

Identificaron el conjunto de atributos o variables que captaban la percepción del usuario de una propiedad con sus propias palabras (ejes semánticos) mediante análisis factorial de componentes principales. Describieron el universo semántico de una determinada propiedad mediante 15 ejes independientes que explicaron el 64% de la variabilidad de los varones y 17 ejes que explicó el 72,3 % de la varianza para las mujeres. Estimaron la conexión entre la respuesta emocional del sujeto, expresada a través del conjunto de ejes (15 para los hombres y 17 para las mujeres) y la valoración global en términos de decisión de compra.

³⁹³ Llinares, M. C., Page, A., 2008, Differential semantics as a Kansei Engineering tool for analysing the emotional impressions which determine the choice of neighbourhood: The case of Valencia, Spain, *Landscape and Urban Planning*, vol. 87, nº 4, 30 September 2008, pp. 247-257

³⁹⁴ Llinares, M. C., Page, A., 2009, Analysis of gender differences in the perception of properties: An application for differential semantics, *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 2, nº 1, pp. 273-298.

Sus resultados demostraron diferencias significativas en las variables utilizadas por hombre y mujeres a la hora de expresar su percepción de un inmueble a la venta y el peso de estas variables en la decisión de compra.

Montañana³⁹⁵ llevó a cabo una segunda fase del estudio realizado por Llinares y Page³⁹⁶. En su trabajo desarrollaba una herramienta de apoyo al diseño orientado al consumidor, y la aplicaba al sector inmobiliario. Dicha herramienta permitía determinar cuáles eran los parámetros claves que debe seguir el diseño de un producto de promoción inmobiliaria para que fuera percibido por el consumidor de una determinada manera. A su vez, también permitía predecir cuál sería la respuesta a nivel de percepción del consumidor ante una determinada promoción inmobiliaria. Montañana estableció qué características de diseño de una vivienda son las que provocan una determinada respuesta emocional en el usuario y consiguió medir cuantitativamente la relación entre estas respuestas subjetivas y las características de diseño. De este modo, la herramienta permitía abaratar costos de desarrollo de productos al asegurar su adecuación a los objetivos de marketing propuestos y permitirá, simultáneamente, orientar las campañas de apoyo publicitario hacia aspectos que eran fácilmente reconocibles por parte del consumidor al corresponder a sus propias percepciones expresadas en su propio lenguaje.

Entre las investigaciones más actuales de Llinares y Page³⁹⁷ se encuentra una propuesta sobre el uso del modelo de Kano para analizar el impacto de los diferentes atributos subjetivos en las decisiones de compra de los consumidores. En concreto, en el diseño de **promociones inmobiliarias**. En este estudio, en una primera etapa, utilizaron la semántica diferencial para medir la componente subjetiva del estado emocional. En la segunda etapa, emplearon el análisis de regresión y el modelo de Kano para definir el peso relativo de cada atributo emocional en la decisión de compra. Además de los atributos lineales, el modelo de Kano permitió identificar otros dos tipos de atributos que presentan un rendimiento no lineal: atributos básicos y atributos interesantes. Hicieron hincapié en que esta información es muy relevante para arquitectos y diseñadores, ya que les permite determinar el grado al que deben dirigir sus esfuerzos para mejorar ciertos atributos con el objeto de mejorar la evaluación global.

³⁹⁵ Montañana, A., 2009, *op. cit.*

³⁹⁶ Llinares, M. C., Page, A., 2007, *op. cit.*

³⁹⁷ Llinares, M. C., Page, A. F., 2011, Kano's model in Kansei Engineering to evaluate subjective real estate consumer preferences, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 41, nº 3, May, pp. 233-246.

Por último, Llinares, Page y Llinares³⁹⁸ también mostraron un método para definir estrategias que mejoren la percepción de la ciudad utilizando el método de Kano, en concreto en la ciudad de Valencia (España). Evaluaron una muestra de 153 ciudadanos de diferentes barrios de la ciudad. Su estudio definía los atributos que los ciudadanos utilizan para describir los barrios, clasificándolos de acuerdo con el Modelo de Kano, y luego definía las estrategias de acción. Sus resultados mostraron que la relación entre la mayoría de los atributos de percepción y las evaluaciones de los ciudadanos es asimétrica y no lineal, y por lo tanto, los modelos de análisis de la percepción no deben ser compensatorios o lineales. Sus hallazgos ponen de manifiesto la necesidad de aplicar este tipo de técnica, porque las técnicas tradicionales son capaces de identificar los atributos lineales pero no factores básicos.

- **Tecnología de reproducción de imágenes:**

Nagamachi³⁹⁹ aplicó la Ingeniería Kansei para construir un **sistema de interpretación de colores** para la empresa Sharp Co. Su objetivo era facilitar la comunicación entre diseñadores e ingenieros técnicos ya que entre ambos tipos de profesionales se originaban dificultades cuando tenían que interpretar colores. En su investigación evaluó la interpretación de los colores en base a escalas diferenciales semánticas.

Este sistema resultó ser un éxito ya que consiguió obtener un mapa de interpretación de colores mediante palabras kansei. Posteriormente se implementó este mapa en el sistema de diseño informático CAD (*Computer Assisted Design*). De este modo, los ingenieros podían de una manera fácil averiguar mediante este mapa las especificaciones de color requeridas por los diseñadores. Sólo tenían que introducir en el sistema KES la palabra kansei proveniente del diseñador y como resultado obtenían el color adecuado, generado automáticamente por el KES. Se denominó a este sistema "*Color Planning System*". A su vez, creó un Sistema Experto de Tecnología (ITES) que era capaz interpretar la imagen humana o sentimiento y traducirlos en representaciones de elementos de diseño reales. El ITES constaba de un controlador del sistema, una base de conocimientos, una memoria de trabajo, un módulo gráfico, y tres bases de datos.

³⁹⁸ Llinares, M. C., Page, A. F., Llinares, J., 2013, An approach to defining strategies for improving city perception. Case study of Valencia. Spain, *Cities*, vol. 35, December, pp. 78-88.

³⁹⁹ Nagamachi, M., 1991, An image technology expert system and its application to design consultation, *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 3, n° 3, pp. 267-279.

Una de estas bases de datos, la base de datos de la tecnología de imagen, mantenía un conocimiento ergonómico relativo a la imagen humana. Por su parte, Fukushima *et ál.*⁴⁰⁰ aplicaron la Ingeniería Kansei para la empresa Sanyo con el objetivo de mejorar la impresión de imágenes en color, de manera que se obtuviesen copias en color que parecieran de mayor calidad que las originales. Construyeron con éxito una **impresora de color inteligente** que permitía un cambio en el color original para hacer que el color de la piel de la cara de las imágenes fuera más bello y favorecedor, usando la Lógica Kansei Difusa. En su experimento un grupo de sujetos evaluaba varios colores de rostros de mujer en escalas semánticas diferenciales. Estas escalas consistían en palabras kansei como “bella”, “hermosa”, “color de cara atractivo”, “rostro saludable” y otros. Los colores evaluados se clasificaron posteriormente por separado en tono, intensidad y brillo. El equipo del proyecto evaluó los atributos de “caras hermosas y saludables” mediante escalas diferenciales semánticas, y descubrió que un conjunto limitado de tono, brillo y saturación de un área limitada era capaz de predecir las reacciones de la gente a un “ejemplar bello”.

Por su parte, Tharangie *et ál.*⁴⁰¹, utilizaron un sistema de evaluación Kansei para valorar la importancia del **efecto psicológico de los colores en el diseño de interfaz**. Participaron en su investigación un grupo de niños japoneses de entre 10 a 11 años. Dirigieron el experimento a asociaciones de la emoción del color de los niños en el contexto del entorno interactivo de aprendizaje. Demostraron que el color juega un papel importante en el mundo del niño y es muy influyente cuando los pequeños interactúan con los ordenadores. A su vez, mostraron la importancia de la dimensión afectiva en el diseño del color y la forma efectiva de usarlo.

- **Sistemas de realidad virtual:**

En este campo, Nagamachi *et ál.*⁴⁰² destacaron la utilidad de emplear **sistemas de realidad virtual** para mejorar y agilizar el método Kansei ya que permiten que los usuarios tengan un primer contacto con el producto e incluso que puedan introducir los cambios que estimen

⁴⁰⁰ Fukushima, K., Kawata, H., Fujiwara, Y., Genno, H., 1995. Human sensory perception oriented image processing in color copy system, *International Journal of Industrial Ergonomics*, nº 15, vol. 1, pp. 63-74. Citado por: Nagamachi, M., 2002, *op. cit.*

⁴⁰¹ Tharangie, K. G. D., Althaff Irfan, C. M., Yamada, K., Marasinghe, A., 2011, Appraisal and guideline to utilise colours in interactive learning environments based on Kansei engineering, *International Journal of Biometrics*, vol. 3, nº 4, October, pp. 285-299.

⁴⁰² Nagamachi, M., Matsubara, Y., Nomura, J., Sawada, K., Kurio, T., 1996, Virtual Kansei environment and an Approach to Business, *Human Factors in Organizational Design and Management*, V, pp. 3-6.

oportunos para adecuarlo a lo que realmente están buscando. De esta forma, estos sistemas permiten comprobar cómo será el producto antes de haberlo fabricado. Estos investigadores plantearon un sistema de realidad virtual, el GVKES (*Group Virtual Kansei Engineering System*) que eliminaba los inconvenientes de los sistemas anteriores ya que no era necesario ni el uso de guantes ni del HMD (*Head Mounted Display*). A su vez, este sistema permitía la visualización en grupo de la imagen de manera que se podía compartir la experiencia virtual.

Ishihara *et ál.*⁴⁰³ comentaron que utilizar la Ingeniería Kansei en el diseño de **jardines residenciales** era un problema difícil. Los componentes del paisaje tales como rocas, árboles y estanques son muy diversos y tienen un gran número de posibilidades. Aplicaron un modelo de mínimos cuadrados parciales (*PLS*) que se ocupaba de manera efectiva con un gran número de variables predictivas. El coeficiente de correlación múltiple del análisis *PLS* era mucho más alto que los análisis convencionales Kansei. Usaron los resultados del análisis para crear un sistema de realidad virtual de Ingeniería Kansei de bajo costo que permitiese la visualización de diseños de jardines que correspondiesen a las palabras Kansei seleccionadas. Para representar escenas complejas de jardines desarrollaron un cálculo 3D original y una biblioteca de renderizado basada en Java. El jardín se mostraba con la proyección de gráficos 3D en estéreo. Los renders eran escalables de baja a alta resolución y permitían la modificación del sombreado, lo cual era indispensable para considerar el efecto de los cambios del sol durante el día.

Rodríguez, Rey y Alcañiz⁴⁰⁴ a través de un estudio de ingeniería emocional identificaron la excitación y el nivel de presencia buscando aplicaciones de las necesidades de los usuarios en el sector del **mueble** y la **decoración de interiores**. Durante unas sesiones experimentales, utilizaron un sistema de realidad virtual (*VR*), una configuración tipo cueva (*CAVE*), de alta inmersión de realidad virtual. Treinta y seis voluntarios navegaron a través de viviendas virtuales. Estas viviendas se podían personalizar y se habían diseñado para la inducción emocional. Ésta se obtenía mediante la estimulación de los sentidos de la vista, el oído y el olfato. Para este propósito, la iluminación ambiental, la música y el olor se controlaba por los investigadores, que creaban un ambiente confortable para el sujeto.

⁴⁰³ Ishihara, S., Matsubara, T., Nagamachi, M., Matsubara, Y., 2011, Kansei analysis of the Japanese residential garden and development of a low-cost virtual reality Kansei engineering system for gardens, *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2011, n° artículo 295074, 12 p.

⁴⁰⁴ Rodríguez, A., Rey, B., Alcañiz, M., 2011, Immersive virtual environments for emotional engineering: Description and preliminary results, *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, vol. 9, n° 1, pp. 161-164.

Grabaron durante las sesiones varias variables fisiológicas como Electrocardiogramas (ECG), señales respiratorias y la respuesta galvánica de la piel (GSR). Los resultados posibilitaban que las empresas de muebles identificaran los sentidos que tienen más influencia en las emociones.

- **Ingeniería civil:**

En Japón, la Ingeniería Kansei ha sido utilizada también a la ingeniería civil⁴⁰⁵. El interés por esta tecnología en este campo tiene una componente cultural muy particular derivada de la búsqueda de elementos que aporten a las ciudades japonesas una identidad propia, del mismo modo que construcciones históricas como ayuntamientos o iglesias lo hacen en algunas ciudades occidentales⁴⁰⁶.

Las consideraciones particulares del empleo de la Ingeniería Kansei en este ámbito son que el proyecto civil tiene un periodo de permanencia mayor que los productos de consumo y el usuario objetivo no es un individuo, sino una comunidad de individuos. En este sentido, se encuentra la investigación llevada a cabo por Ichitsubo *et ál.*⁴⁰⁷ Estos investigadores realizaron una estimación de la construcción de la base de conocimientos para la creación de un KES, considerando únicamente la percepción asociada a la propia estructura del **punte**.

Tuvieron en cuenta que el diseño de los puentes presenta una importante influencia en la percepción del paisaje que constituye el entorno de los ríos en el interior de las ciudades, a pesar de que normalmente se construyen simplemente pensando en cumplir los modelos dinámicos de cálculo. Así pues, en el análisis de la percepción del propio puente, existen dos componentes: la estructura del mismo y los elementos de su entorno.

Llevaron a cabo una evaluación mediante semántica diferencial en la que los sujetos valoraban prototipos gráficos del producto presentados sobre fondo negro. Analizaron los datos mediante un análisis multivariante y las relaciones entre el diseño básico del arco del puente y los datos Kansei obtenidos.

⁴⁰⁵ Such, M. J., 2004, *op. cit.* Citado por: Galiana, M., 2010, *op. cit.*, p. 136.

⁴⁰⁶ Ichitsubo, M., Komatsu, K., Takemura, T., Nishino, T., Nagamachi, M., 1999, *Fundamental study on design characteristics of arched bridge, Kansei engineering II*, pp. 95-102. Citado por: Galiana, M., 2010, *op. cit.*, p. 136.

⁴⁰⁷ Ichitsubo, M., Komatsu, K., Nagamachi, M., 1998, *Kansei Designing Analysis on Basic Bridge Structure*, Human Factors in Organizational Design and Management-VI, ed. Vink, P., Koningsvel, E. A. P., Dhondt, S., pp. 417-420.

- **Calidad ambiental interior:**

En este campo Nishikawa y sus colaboradores⁴⁰⁸ emplearon la metodología kansei para evaluar el **confort térmico** y relacionarlo con las sensaciones, el estado anímico o emocional y las percepciones humanas. Compararon los resultados obtenidos mediante esta técnica con los que ofrecía el índice que predice las sensaciones de frío/calor en función de la temperatura y humedad, el PMV (del inglés: *Predicted Mean Vote*). Según la ISO 7730 existirá confort cuando $0,5 < PMV < 0,5$. Si se comparan los resultados de la metodología kansei, el PMV con mayor confort sería -0,8.

Establecieron que la discrepancia podía deberse a que el PMV extrae sus datos de la población europea y que ésta difiere de la japonesa. Consiguieron relacionar la temperatura y la humedad con cada uno de los 57 pares de adjetivos seleccionados empleando la teoría de cuantificación Tipo I. Sus resultados mostraron que con la metodología Kansei se consigue captar las percepciones y sensaciones individuales y cuantificar su relación con variables como la temperatura y la humedad, con el objetivo de alcanzar el máximo confort térmico.

Por otro lado, también Nishikawa y sus colaboradores⁴⁰⁹ utilizaron la Ingeniería Kansei como técnica para la evaluación del **ambiente térmico**. Llevaron a cabo un experimento para medir el efecto de la deshumidificación bajo diferentes temperaturas ambientales en una cámara climática. Emplearon la semántica diferencial, en base a cinco factores, para la evaluación subjetiva de la sensación térmica, a través de cambios en la humedad y la temperatura, a la hora de examinar impresiones de un diseño estático.

Mediante el método del análisis multivariante estudiaron las correlaciones entre los resultados de la evaluación subjetiva de la humedad y la temperatura. Graficaron las evaluaciones subjetivas de varias condiciones con los cinco factores de sensación térmica. Observaron que cuando la temperatura era inferior a 30°C, la deshumidificación influía mucho en la evaluación subjetiva. Sin embargo, cuando la temperatura estaba entre 26°C y 30°C, la deshumidificación cambiaba la evaluación subjetiva acerca del "Confort" y del "calor/frío" en una gran escala del 80% al 45%.

⁴⁰⁸ Nishikawa, K., Hirasawa, Y., Nagamachi, M., 1996, *A study of Kansei engineering as a method for evaluating the thermal environment*, Human factors in organizational design and management International symposium, 5th, pp. 13-18.

⁴⁰⁹ Nishikawa, K., Hirasawa, Y., Nagamachi, M., 1997, Evaluation of thermal environment based on Kansei engineering, *The Japanese journal of ergonomics*, vol. 33, nº 5, pp. 289-296.

Sus resultados mostraron la relación entre los parámetros ambientales y las palabras que utiliza la metodología de la semántica diferencial para evaluar el ambiente térmico. De este modo, su estudio sugiere que existen correlaciones entre los resultados de la evaluación subjetiva y algunos parámetros ambientales.

Nishikawa y Hirasawa⁴¹⁰ también evaluaron el efecto de un **ambiente térmico con un sistema de calefacción por suelo radiante** en la eficiencia del aprendizaje. Midieron la eficiencia en el aprendizaje utilizando una variedad de técnicas. Empezaron definiendo la eficiencia del aprendizaje como la actividad mental basada en la concentración, la atención y la memoria. Examinaron el efecto del ambiente térmico a través del rendimiento mental de los auto-informes realizados por los sujetos, a quienes les pidieron que realizaran tareas mentales bajo las condiciones de dos ambientes térmicos diferentes: un sistema de calefacción por suelo radiante y un sistema de aire acondicionado.

Sus resultados experimentales mostraron que la concentración se mantuvo constante en el ambiente térmico con un sistema de calefacción por suelo radiante, pero que tendían a disminuir con el tiempo en un ambiente térmico con un sistema de aire acondicionado. Además, tanto la memoria a corto plazo como a largo plazo de los sujetos tendían a aumentar con el tiempo en el ambiente térmico con un sistema de calefacción por suelo radiante en comparación con el sistema de aire acondicionado. Sus resultados sugieren que un ambiente térmico con un sistema de calefacción por suelo radiante se adapta mejor a las actividades mentales como el aprendizaje.

Tomono y Yamamoto⁴¹¹ estudiaron el efecto del Kansei multimedia, como películas con olores, en la **temperatura sensible** con el objetivo de encontrar una manera de conseguir que la gente se sintiera bien con el mínimo uso del aire acondicionado. Para este fin, propusieron una nueva definición de la temperatura sensible que tenía en cuenta el efecto de las imágenes visuales y el aroma. Evaluaron las contestaciones de los sujetos a un cuestionario y sus respuestas biológicas. Utilizaron una imagen visual en una pantalla grande colocada en un espacio de experimentación de alta definición donde la temperatura ambiente y la humedad podían ser controladas en un determinado grado.

⁴¹⁰ Nishikawa, K., Hirasawa, Y., 1999, A study of the effects of a thermal environment created by a floor heating system on learning efficiency, *The Japanese journal of ergonomics*, vol. 35, nº 3, pp. 177-184.

⁴¹¹ Tomono, A., Yamamoto, S., 2013, Numerical evaluation method of effect of psychological factors on sensible temperature, *IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines*, vol. 133, nº 6, pp. 190-198+2.

Usando esta definición, evaluaron matemáticamente la temperatura sensible de los sujetos, utilizando el Análisis de Componentes Principales, mediante el tratamiento de los adjetivos en el cuestionario como variables explicativas. A través de este experimento, encontraron que el contenido emocionante aumenta la temperatura sensible mientras un contenido relajante la disminuye. También descubrieron que las imágenes visuales con aroma de relajación son más eficaces en la reducción de la temperatura sensible que las imágenes visuales solas.

Erdoğmuş y Koç⁴¹² propusieron un algoritmo de la Ingeniería Kansei con el propósito de mostrar la forma de mejorar la calidad de las aulas mediante la captura de los sentimientos / emociones de los estudiantes, bajo la base de que el **ambiente físico** del aula juega un papel importante en la motivación y el rendimiento de los estudiantes. En primer lugar, determinaron cuáles eran los componentes del aula que se podían mejorar. Sus resultados revelaron que la mesa del profesor, la iluminación, la ventilación, y las cortinas son los componentes más importantes en términos de su contribución a la motivación de los estudiantes. En segundo lugar, establecieron que los objetivos de diseño (características) de los componentes importantes contribuyen a la motivación de los estudiantes.

Ayas, Eklund e Ishihara⁴¹³ estudiaron el diseño afectivo de las **salas de espera** con dos objetivos. El primero, explorar los valores afectivos para zonas de espera. El segundo, identificar las interacciones entre los atributos de diseño físico y los valores afectivos. Aplicaron la metodología de la ingeniería Kansei para extraer soluciones de diseño relacionadas con los sentimientos específicos. Su estudio se llevó a cabo en seis centros de salud de atención primaria en el Condado de Östergötland, Suecia. En total, entrevistaron a 88 participantes (60 pacientes y 28 funcionarios).

Concluyeron que las áreas de espera seleccionadas mostraban diferencias significativas en sus cualidades afectivas percibidas. El sentimiento más deseado para la creación de valores afectivos se encontraba en el atributo "calma". Los atributos de diseño fundamentales que contribuían a esta sensación eran la privacidad, los colores, las áreas de juego de niños y las plantas verdes.

⁴¹² Erdoğmuş, S., Koç, E., 2011, Using kansei engineering to improve the physical environment of the classroom, *New Educational Review*, vol. 23, n° 1, pp. 245-253.

⁴¹³ Ayas, E., Eklund, J., Ishihara, S., 2008, Affective design of waiting areas in primary healthcare, *TQM Journal*, vol. 20, n° 4, pp. 389-408.

Un buen diseño de la iluminación, la disposición de los asientos y un bajo nivel de sonido también son los atributos de diseño más importantes para dar una solución más completa.

Por otra parte, entre las aplicaciones de la Ingeniería Kansei a la valoración de **estímulos acústicos** se encuentran las de los investigadores Galiana y Llinares⁴¹⁴ que propusieron un método para el análisis y evaluación de **salas de audición musical** desde un punto de vista orientado al usuario. Mediante la semántica diferencial, en el marco de la Ingeniería Kansei, desarrollaron una sistemática para el análisis de las percepciones de salas de audición musical tanto desde su vertiente acústica como arquitectónica.

A partir de la identificación de los atributos percibidos por el usuario, según su propio esquema conceptual, establecieron la contribución de cada atributo a la valoración global percibida. De este modo, evitaron el inconveniente de que los parámetros queden determinados exclusivamente por expertos y orientaron su estudio al usuario. Como resultado de su trabajo propusieron una metodología para definir el “producto” sala de audición musical desde el enfoque acústico y arquitectónico y bajo la perspectiva de un colectivo experto y otro de usuarios. Los modelos obtenidos hicieron posible predecir cuál era la respuesta a nivel de percepción de ambos colectivos ante una determinada sala de audición musical.

Por otro lado, Ohtomi y Hosaka⁴¹⁵ desarrollaron una metodología de diseño para obtener **sonidos mecánicos** agradables y la aplicaron a determinados productos. Esta metodología incorporaba cuatro pasos. El primer paso era extraer la Voz del Cliente (VOC) considerando la diversidad kansei del cliente. El segundo paso era definir los parámetros de sonido del producto mediante la asignación de parámetros psicológicos y físicos. El tercero, consistía en definir el sonido para dichos parámetros considerando la tendencia del proceso de desarrollo de productos actual. El último paso era realizar el sonido mediante la aplicación de tecnologías de diseño mecánico. Además, consideraron el paisaje sonoro del ambiente en el hogar incluyendo factores tales como las condiciones de la habitación y las condiciones operativas del producto.

⁴¹⁴ Galiana, M., Llinares, M. C., Page, T., 2012, Subjective evaluation of music hall acoustics: Response of expert and non-expert users, *Building and Environment*, vol. 58, December, pp. 1-13.

⁴¹⁵ Ohtomi, K., Hosaka, R., 2012, *Home appliance sound design in consideration of home environment*, 41st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2012, INTER-NOISE 2012, vol. 8, pp. 6448-6461.



Fig. 56. Le Corbusier trabajando

“Todo aquello que hacemos y percibimos tiene a la vez un componente cognitivo y uno afectivo y no podemos escapar a este afecto, ya que se halla siempre presente en nuestras vidas...”

Donald Norman

II.9.5. LA INGENIERÍA KANSEI EN LA ILUMINACIÓN

Las aplicaciones de la Ingeniería Kansei son numerosas, sobre todo, en diferentes ámbitos del desarrollo de productos⁴¹⁶. Sin embargo, en el ámbito de la iluminación han sido muy poco utilizadas hasta ahora. En este sentido, es de destacar el trabajo realizado por Calvillo⁴¹⁷ en el que investiga la relación entre la iluminación urbana y la respuesta emocional del observador para proponer consideraciones respecto a su diseño.

A pesar de su poca utilización en el campo lumínico y en el arquitectónico es muy interesante disponer de información sobre las percepciones de los usuarios, expresada según su propio esquema conceptual. En este sentido, la metodología Kansei propone la elaboración de cuestionarios basados en los conceptos que manejan los usuarios y no exclusivamente en los de los expertos. Esta necesidad es un hecho contrastado en muchos ámbitos del diseño de productos, donde se ha demostrado que conceptos percibidos por unos colectivos pueden tener significados diferentes en otros. En este sentido, es destacable el comentado trabajo realizado por Galiana⁴¹⁸ sobre la aplicación de la Ingeniería Kansei al análisis de las percepciones sonoras.

La metodología utilizada para la valoración del confort y la calidad sonora de los espacios arquitectónicos es extrapolable, con algunos matices, a los estímulos lumínicos. Si al igual que en su caso, se tienen en cuenta las analogías que presentan los conjuntos de magnitudes físicas como elementos objetivos y las magnitudes subjetivas como percepciones, cabe asegurar que esta metodología puede resolver también aspectos relativos a la valoración del confort y calidad lumínica.

⁴¹⁶ Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*

⁴¹⁷ Calvillo, A. B., 2010, *Luz y Emociones: Estudio sobre La Influencia de la Iluminación Urbana en las Emociones; tomando como base el Diseño Emocional*, tesis doctoral, inédita, dir.: R. San Martín Páramo, Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Barcelona, Barcelona.

⁴¹⁸ Galiana, M., 2010, *op. cit.*

A la hora de establecer dicha metodología, el primer problema a considerar es la propia definición de las variables que cuantifican la respuesta subjetiva, cuya consistencia y adaptación al esquema perceptual del usuario debe estar asegurada.

En esta línea, en iluminación, se han desarrollado bastantes trabajos mediante el uso de las técnicas de semántica diferencial como el trabajo, ya comentado, de Flynn y sus colaboradores⁴¹⁹ que elaboraron una guía que se centraba en establecer los procedimientos metodológicos adecuados para el estudio de las impresiones subjetivas en iluminación.

Otro trabajo a destacar es la investigación realizada por Houser y Tiller⁴²⁰ en la que utilizaron comparaciones pareadas y escalas semánticas diferenciales (SD) para evaluar las respuestas subjetivas a sistemas de iluminación con fluorescentes lineales directos / indirectos. El objetivo de dichas técnicas es establecer relaciones funcionales entre los parámetros físicos y las reacciones subjetivas mediante respuestas escritas o verbales

A pesar de que, como se puede observar, las relaciones perceptivas subjetivas son un elemento estudiado en iluminación, los trabajos realizados hasta el momento se han basado en expresiones proporcionadas por expertos y no expresiones de los usuarios. Esto hace que ciertos matices en la percepción de la iluminación, que tienen los usuarios de un determinado espacio, se puedan llegar a pasar por alto y, en cambio, sí se haga mucho hincapié en aquellos parámetros que sólo comprenden completamente los expertos y que si se pregunta por ellos a los usuarios pueden llegar a dar resultados no completamente exactos con aquello que se pretendía analizar.

Sin embargo, la Ingeniería Kansei, aplicada en esta investigación, permite establecer una metodología de trabajo que proporciona una información muy importante cuando se requiere conocer la opinión subjetiva del usuario sobre la iluminación.

Esto es debido a que la iluminación supera los aspectos funcionales, llegando a generar en los usuarios una respuesta emocional. En consecuencia interviene en el grado de valoración de los espacios, de la iluminación y en el sentido de bienestar emocional de las personas.

⁴¹⁹ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*

⁴²⁰ Houser, K. W, Tiller, D. K., 2003, Measuring the subjective response to interior lighting: paired comparisons and semantic differential scaling, *Lighting Research and Technology*, vol. 35, nº 3, pp. 183-198.

Existen pocos ejemplos de aplicaciones de iluminación a la arquitectura con sentido emocional a parte del comentado de Calvillo⁴²¹ en el que investiga la relación entre la iluminación urbana y la respuesta emocional del observador para proponer consideraciones respecto a su diseño. A continuación, se señala otro ejemplo comentado por Calvillo⁴²²:

La Iluminación del Hotel Cram en Barcelona

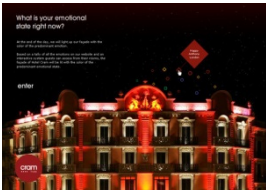


Fig. 57. Imagen de la portada del sitio web del hotel Cram de Barcelona.

Este proyecto interactivo fue inaugurado en el 2004 y realizado por la firma de arquitectos GCA para la promoción del Hotel Cram de Barcelona. En él se utilizaban los estados emocionales de los visitantes. Fue realizado para ofrecer una respuesta muy directa a la audiencia pública y los huéspedes del hotel.

El portal de internet del Hotel Cram permitía a los huéspedes expresar sus emociones a través de iconos personalizados, con los que podían describir la emoción que experimentaban en determinado momento del día. Al final del día, se recogía en una base de datos que estaba vinculada al sistema de la fachada iluminación computarizado, que iluminaba el exterior del hotel con los colores de la emoción predominante expresada por los usuarios a través de un sistema de iluminación de larga duración. De este modo, el edificio modernista del siglo XIX ubicado en el barrio de *L'Eixample* albergaba un sistema de iluminación de su fachada que respondía cada noche al estado emocional de sus huéspedes.

Aunque la participación estaba abierta al público en general (www.hotelcram.com), el sitio web también era accesible desde todas las habitaciones de hotel a través de un sistema audiovisual conectado a Internet.

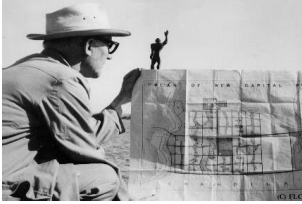
El objetivo de este proyecto era crear una experiencia excepcional con un fuerte componente emocional para el Hotel Cram, lo que daría al hotel una personalidad única que lo diferenciaría del resto de los hoteles de vanguardia en Barcelona. La idea es que la audiencia tuviera un contacto muy directo y emocional con el hotel desde el principio.

⁴²¹ Calvillo, A. B., 2010, *op. cit.*

⁴²² Calvillo, A. B., 2010, *op. cit.*



Fig. 58. Frank Lloyd Wright con los estudiantes del programa de becas de Taliesin



*Hay que decir siempre lo que se ve.
Pero sobre todo, y eso es más difícil,
hay que ver siempre lo que se ve.*

Paul Claudel – Le Corbusier

Fig. 59. Le Corbusier en Chandigarh con el mapa de la nueva capital y el modelo del Modulor

Capítulo 03

III. Objetivos e hipótesis de partida



Fig. 60. Eliasson, O., 2003, *Proyecto de clima: "The weather project"*

III.1. OBJETIVOS

Como se ha descrito en el capítulo anterior, desde la introducción de la luz eléctrica, se ha incrementado enormemente el tiempo que la gente pasa en el interior de los edificios durante el día. Las consecuencias de la transición de una iluminación exterior dinámica a un entorno lumínico interior estático son incalculables. Este trabajo profundiza en las consecuencias de este hecho.

La revisión bibliográfica efectuada en el estado de la cuestión pone de manifiesto que las técnicas de análisis de las preferencias de los usuarios empleadas en el campo de la iluminación adolecen de una importante limitación: el usuario participa de manera pasiva, constituyendo un elemento de medición de una serie de atributos y variables que siempre están establecidas por expertos.

Los trabajos analizados no profundizan en la reacción emocional del usuario ya que estudian directamente la relación entre los parámetros físicos del espacio y la sensación del confort del sujeto, es decir, los cuestionarios y técnicas empleadas para la valoración de aulas y estímulos lumínicos se realizan en base a la opinión de los expertos y no teniendo en cuenta el esquema mental del usuario en relación al producto evaluado.

A su vez se observa que las aplicaciones de la Ingeniería Kansei, técnica que permite trasladar las percepciones de los sujetos en criterios de diseño, son muy numerosas en el ámbito de productos de consumo. Sin embargo, en el ámbito de la valoración de espacios o entornos construidos y de la iluminación son muy escasas, siendo la iluminación un sector que parece estar al margen de los progresos en este campo.

Todo esto a pesar de que la metodología del análisis Kansei elimina los inconvenientes que presentan otras técnicas de análisis de preferencias ya que esta metodología introduce en las valoraciones los aspectos simbólicos de los productos o elementos analizados, y establece las relaciones entre el usuario/alumno y los parámetros de diseño mediante definiciones aportadas por los propios estudiantes.

Teniendo estas consideraciones en cuenta, el **objetivo principal** del presente trabajo es el diseño de un método que permite recoger la respuesta emocional del sujeto ante diferentes entornos lumínicos. En concreto, se centra en recoger dicha respuesta emocional en centros universitarios.

De este modo, se desarrolla un procedimiento de análisis de preferencias de los alumnos desde el punto de vista de la orientación al usuario, y se demuestran las posibilidades de su aplicación a un elemento clave en la arquitectura como es la iluminación.

Hay que tener en cuenta que la valoración global que un usuario/alumno realiza de la iluminación de una determinada aula depende en gran parte de parámetros de la propia iluminación pero también de aquellos que hacen referencia a su arquitectura y a su calidad ambiental interior. Éstos no sólo tienen una influencia fundamental en la percepción estética, sino que pueden alterar también la percepción del usuario/alumno sobre el concepto global tanto de la propia aula como de su iluminación.

En consecuencia, se ha considerado imprescindible no limitar el análisis de preferencias al estudio de la iluminación en el aula, sino incluir también un primer estudio sobre la percepción que los usuarios/alumnos tienen de la propia aula, incluyendo características tanto de la calidad ambiental como de su arquitectura interior, con el objetivo de comprobar la posición de la iluminación tanto natural como artificial en la valoración global del aula.

De este modo, esta investigación aporta luz a otros estudios realizados tanto en el ámbito de la calidad ambiental y de la arquitectura interior del aula como de su iluminación, y ofrece una información más completa de los atributos que determinan las preferencias de los usuarios/alumnos y de su influencia sobre la valoración global no sólo del aula, sino también de su iluminación.

Para elaborar este trabajo se parte del esquema de análisis utilizado en una primera fase de la Ingeniería Kansei, que consiste en la aplicación de la Semántica Diferencial, técnica que permite definir unos ejes semánticos que se extraen a partir del universo semántico de los propios alumnos. A continuación, se descubre la relación entre estos ejes y la valoración global, y se establece si existen diferencias de percepción entre los distintos colectivos de la muestra, incluyendo las posibles diferencias por sexo, edad, problemas visuales, etc.

Con objeto de comprobar la existencia de dichas diferencias de percepción, la muestra de sujetos a emplear está compuesta por el conjunto de alumnos presentes en las aulas en el momento de efectuar las experiencias sin restringir de modo alguno su participación.

Este mismo esquema se utiliza primero para analizar el aula y seguidamente para hacerlo con su iluminación. Por último, una vez diseñado el método que permite recoger la respuesta emocional del sujeto ante determinados estímulos lumínicos se aplica dicho método a un caso concreto.

De esta manera, se ponen de manifiesto las posibilidades de la metodología utilizada y sus posibles aplicaciones al campo de la investigación en iluminación.

El caso concreto que se estudia, y en el que se aplica el método obtenido, es el análisis de las diferencias de percepción del ambiente luminoso del aula por parte de los alumnos cuando se produce el cambio de lámparas fluorescentes a lámparas LED ya que este cambio tiene importantes implicaciones en la eficiencia energética de las aulas.

Como también se ha estudiado en el capítulo anterior, la mayoría de las investigaciones y medidas de calidad existentes en iluminación se derivan de la investigación con y en referencia a la utilización de la iluminación con lámparas fluorescentes. Sin embargo, hoy en día existe en el mercado un nuevo tipo de lámpara como es el LED.

Este tipo de lámpara, debido a su diferencia de consumo energético y a su mayor vida útil, viene condicionada por la premisa de estas propiedades hagan que acabe sustituyendo a la lámpara fluorescente. Dicha sustitución supone, en primera instancia, que se reemplace la lámpara original por una lámpara LED que proporcione unas características lumínicas similares a las existentes con la lámpara fluorescente.

Teniendo esta premisa en cuenta, se efectúa un estudio de campo en dos aulas prácticamente idénticas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia en las que se sustituyen lámparas fluorescentes por LED, y viceversa. En la experiencia se tiene en cuenta que las condiciones sean lo más parecidas a un caso real.

Los dos tipos de lámparas utilizadas tienen características similares ya que poseen la misma temperatura de color, índice de reproducción cromático y nivel de iluminación proporcionado. Con ambas lámparas se comparan los efectos de la iluminación en la percepción del ambiente de luminoso, utilizando para ello los resultados de las experiencias anteriores.

En definitiva, el trabajo se desarrolla abarcando los tres aspectos señalados: el aula, su iluminación y las diferencias percibidas entre distintos tipos de lámparas. Para cubrir los objetivos fundamentales se plantean dos tipos de objetivos, metodológicos y a nivel de resultados.

A continuación, se enumeran los **objetivos de tipo metodológico**:

- Definir un protocolo para el diseño de estudios de campo sobre la aplicación de la Ingeniería Kansei al ámbito de la iluminación.
- Establecer técnicas para la determinación de los universos semánticos para calificar tanto aulas como su iluminación.
- Determinar un protocolo de análisis estadístico y tratamiento de datos para la especificación de los ejes semánticos, así como para la identificación de posibles subsegmentos dentro de la muestra y el posible análisis de diferencias entre ellos.
- Definir un protocolo para la interpretación de los ejes semánticos y su influencia sobre la valoración global, bien del aula, bien de su iluminación. En cuanto al aula, establecer el lugar de la iluminación tanto natural como artificial en la apreciación del alumno sobre las distintas propiedades del aula (parámetros de calidad ambiental y arquitectura interior). En lo referente a su iluminación, determinar los parámetros de valoración del usuario sobre dicha iluminación.
- Definir un protocolo para la valoración de aulas y de su iluminación, mediante el establecimiento de un perfil semántico particular de cada uno para así poder realizar la comparación entre éste y otros.
- Comprobar la validez de la metodología propuesta a partir del análisis de una muestra de control de aulas y de su iluminación. Presentar el tipo de información que puede ofrecer esta metodología y sus posibles aplicaciones en diferentes ámbitos de la arquitectura y la iluminación.
- Utilizar el protocolo definido para el diseño de estudios de campo para la valoración de diferentes tipos de iluminación y comprobar las diferencias percibidas. A su vez, analizar los parámetros lumínicos y encontrar correlaciones entre los parámetros físicos y la respuesta a los cuestionarios.

Los **objetivos a nivel de resultados** se han diferenciado en función de cada una de las experiencias diseñadas:

- EXPERIENCIA 1. Identificar y ordenar los diferentes factores que inciden de manera significativa en la sensación de confort, bienestar y valoración global del aula. El objetivo de esta experiencia es averiguar qué peso tiene la iluminación respecto al resto de variables o parámetros que conforman el aula, es decir, paramentos, acabados, mobiliario, color, parámetros de calidad ambiental interior, equipamiento, etc. Esta experiencia se lleva a cabo mediante el estudio de la evaluación subjetiva del ambiente percibido del aula por parte de los alumnos.
- EXPERIENCIA 2. Análisis de la influencia de la iluminación en las emociones y valoraciones de los alumnos. Identificar y ordenar los diferentes factores que inciden de manera significativa en la valoración global de la iluminación. El objetivo de esta experiencia es averiguar qué parámetros utiliza el alumno o usuario cuando valora el ambiente lumínico de su aula y qué peso tiene cada uno de ellos en la valoración global de la iluminación. Esta experiencia se lleva a cabo mediante el estudio de la percepción subjetiva del ambiente luminoso del aula por parte de los estudiantes.
- EXPERIENCIA 3. Utilización del protocolo obtenido en la experiencia 2 para el análisis del ambiente luminoso. El objetivo de esta experiencia es averiguar y comprobar las diferencias de percepción en la valoración del alumno o usuario cuando valora el ambiente lumínico de su aula mediante lámparas fluorescentes y LED. Esta experiencia se efectúa mediante el estudio de la apreciación subjetiva de los alumnos sobre el ambiente luminoso de su aula con cada uno de éstos tipos de lámpara.

III.2. HIPÓTESIS DE PARTIDA

La investigación que se plantea se fundamenta en una serie de hipótesis que se contrastan experimentalmente:

1. La Ingeniería Kansei es una técnica apropiada para aplicarla a la valoración de los estímulos lumínicos. Permite establecer una metodología de trabajo que proporciona una información muy sólida a la hora de conocer la opinión subjetiva del usuario ante un tipo de iluminación u otra. Esto es debido a que la iluminación supera los aspectos funcionales, llegando a generar en los usuarios una respuesta emocional. En consecuencia, interviene en el grado de valoración de los espacios, de la iluminación y en el sentido de bienestar emocional de las personas.
2. Se puede utilizar la Ingeniería Kansei para conocer si la iluminación es un aspecto fundamental dentro de la valoración global del aula ya que se trata de una valoración emocional.
3. La Ingeniería Kansei permite establecer protocolos para el diseño de estudios de campo en los ámbitos del espacio docente y de su iluminación ya que los alumnos que trabajan en una determinada aula la valoran a partir de una serie de atributos que, en última instancia, vienen determinados por sus características objetivas. La percepción de cada uno de estos atributos, así como la valoración, es personal y subjetiva.
4. Existen pautas que permiten definir reglas en un conjunto determinado de alumnos y en un momento dado, a pesar de que la valoración es personal y subjetiva. Cuando un alumno valora un aula, o su iluminación, percibe una serie de atributos que conforman una estructura de conceptos que viene determinada por dichas reglas. Esta serie de atributos se denominan ejes semánticos. Los ejes semánticos hacen referencia a percepciones y, por tanto, son de naturaleza subjetiva y pueden corresponder a conceptos de naturaleza funcional o simbólica, generalmente a una mezcla de ambos. Los conceptos que maneja un alumno pueden ser totalmente diferentes de los que utiliza un experto.
5. Es posible predecir en cierto grado el nivel de aceptación de un producto, aula o iluminación a partir de las valoraciones de los atributos de los mismos, expresados en términos de ejes del espacio semántico de los alumnos.

6. La aplicación de modelos de regresión permite generar modelos predictivos capaces de estimar la valoración global del aula y de su iluminación por parte del alumno. Gracias a los cuales es posible cuantificar las tendencias y líneas generales de influencia de los diferentes atributos simbólicos o funcionales sobre la utilidad percibida.
7. Las valoraciones comparativas entre el espacio docente y la iluminación de distintas aulas permiten analizar las causas en las diferencias de percepción, estableciendo así oportunidades de mejora de un aula frente a otras.
8. Es posible establecer una guía para la medición de impresiones subjetivas en el ambiente luminoso de los espacios docentes y que esta guía proporcione información sobre el punto de vista del usuario y no sólo del experto.
9. Gracias a esta guía es posible medir las impresiones subjetivas del ambiente luminoso en ámbitos docentes y establecer y cuantificar las diferencias subjetivas entre el ambiente luminoso proporcionado por dos tipos de lámparas: fluorescente y LED.
10. La elaboración de valoraciones comparativas entre la iluminación proporcionada por dos tipos de lámparas permite analizar las causas en las diferencias de percepción. Este hecho proporciona oportunidades de mejora de la iluminación.



Fig. 61. Pabellón de Párvulos del Instituto Escuela de 1933-1935, proyectado por los arquitectos Carlos Arniches Moltó, Martín Domínguez Esteban y el ingeniero Eduardo Torroja



Fig. 62. Campanario de la Iglesia en Atlántida

El proceso es el comienzo, pero éste retrocede cada vez más, de modo que, más que un inicio, es la búsqueda de un inicio.

Donald Judd

Capítulo 04

**IV. Marco experimental:
Desarrollo y validación de experiencias**

IV.1. EXPERIENCIA 1: ANÁLISIS DEL AULA



Fig. 63. Una de las aulas objeto del estudio

IV.1.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la metodología seguida para la consecución de los objetivos descritos en el Capítulo III, identificando las fases que describen el desarrollo del trabajo:

- **Fase 1: Elaboración de cuestionarios.** Consulta de diferentes fuentes de información, selección de adjetivos, conformación de los cuestionarios, etc.
- **Fase 2: Selección de estímulos.**
- **Fase 3: Planificación del estudio de campo.** Selección de los sujetos. Definición de la muestra. Determinación del tamaño muestral.
- **Fase 4: Desarrollo del estudio de campo.** Pase de encuestas.
- **Fase 5: Tratamiento de datos.** Metodología de análisis Kansei. Configuración de las bases de datos, métodos de análisis, descripción y clasificación de los datos, extracción de ejes semánticos, modelos de regresión lineal. Obtención de la relación entre el Espacio Semántico y la valoración global del aula con el objeto de determinar la importancia de la iluminación sobre el resto de factores, es decir, la relación entre los atributos lumínicos y el resto de factores del aula tanto los de calidad del ambiente interior como los arquitectónicos.

En los apartados siguientes se detalla, para cada una de las fases, las actividades realizadas así como los objetivos a alcanzar en cada una de ellas.

IV.1.2. MATERIAL Y MÉTODOS

Con el fin de conseguir los objetivos propuestos, y relacionar cada uno de los elementos del aula, se ha seguido el siguiente esquema general:

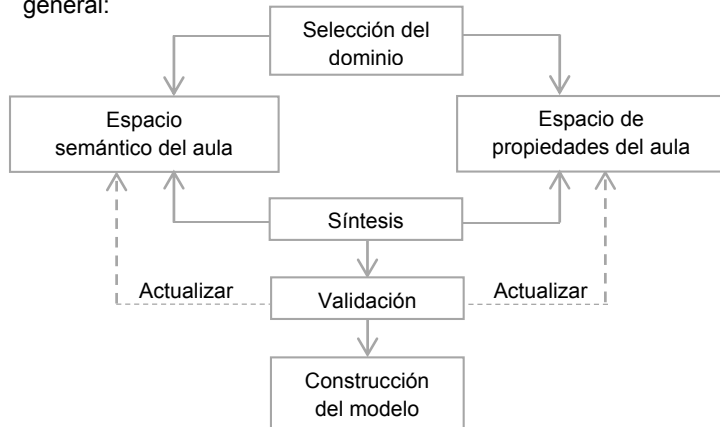


Fig. 64. Esquema general de la experiencia 1 ⁴²³

En la Tabla 36, que se muestra a continuación, se ha elaborado el plan de trabajo. En él se identifican las fases que lo componen y el resultado que se pretende alcanzar en cada una de ellas:

FASE	RESULTADO
1. Selección de adjetivos y elaboración de cuestionarios	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de las bases de palabras • Generación de cuestionarios
2. Selección de los estímulos	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de aulas
3. Planificación del estudio de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Definición técnicas estadísticas, tamaño muestral, proceso muestreo • Obtención de cuestionarios
4. Desarrollo del estudio de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Bases de opiniones (aulas)
5. Tratamiento de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de datos • Extracción de ejes de valoración (semánticos, propiedades del aula, tareas) • Obtención de la matriz de relaciones entre los ejes de valoración y la valoración global del aula • Validación de los modelos

Tabla 36. Fases y actividades del plan de trabajo ⁴²⁴

⁴²³ Schütte, S. T. W. *et ál.*, 2004, *op. cit.*

⁴²⁴ Adaptación de metodología propuesta por Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*

Seguidamente, se comentan brevemente los aspectos más relevantes de cada una de estas fases, que se describirán con detalle en los apartados siguientes. Se empieza con las fases 1 y 2 a través de la siguiente figura que muestra el proceso seguido:

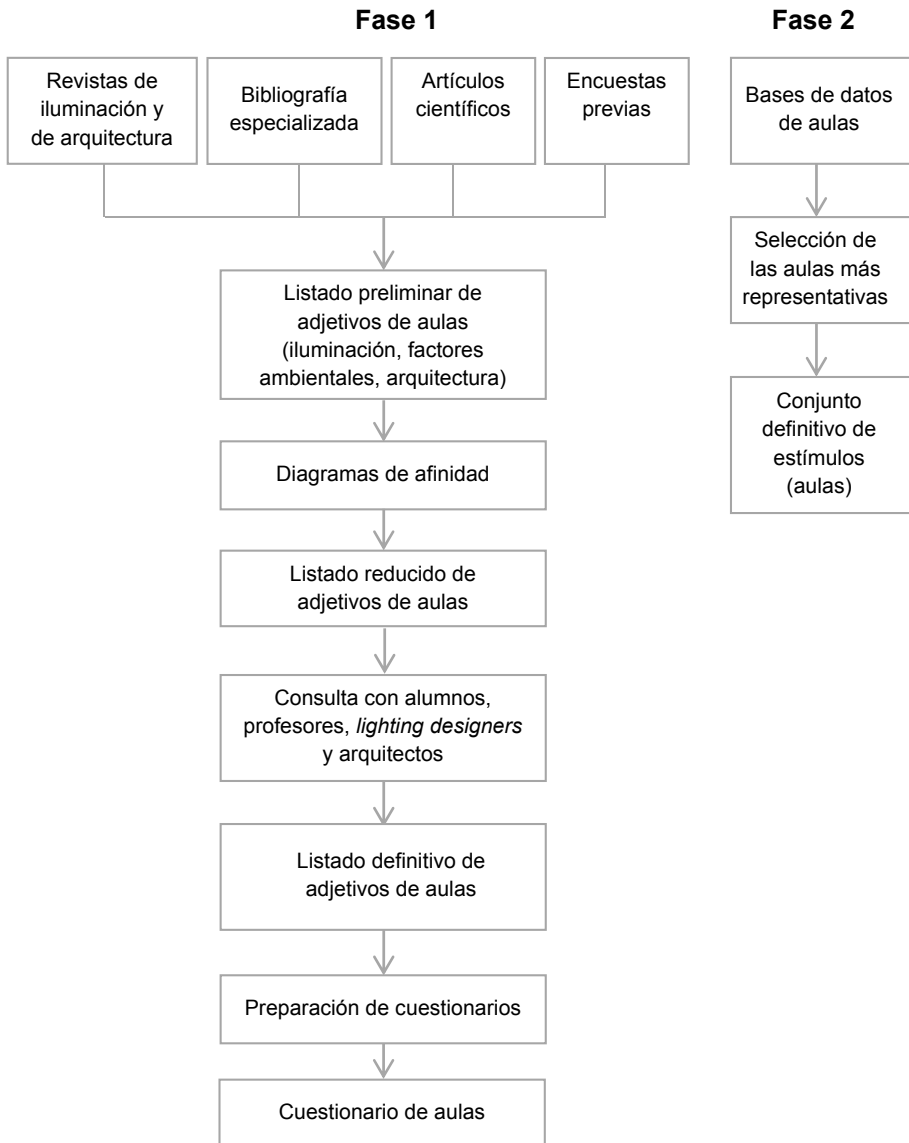


Fig. 65. Diagrama de flujo de las Fases 1 y 2

⁴²⁵

⁴²⁵ Adaptación de la metodología propuesta por Llinares, M. C., 2001, *op. cit.* al análisis del aula.

Las Fases 1 y 2 son las que han supuesto la preparación del material necesario para el desarrollo del estudio de campo.

- **Fase 1: Selección de adjetivos y elaboración de cuestionarios**

Esta primera fase está destinada a la preparación de los cuestionarios que se han facilitado a los alumnos en el aula. La información proporcionada por dichos cuestionarios se ha utilizado para definir el universo semántico. Se han planteado varios grupos de adjetivos con el fin de abarcar el conjunto de estímulos presente en un aula.

El primero está relacionado con las actividades o tareas que se realizan en el aula, el segundo hace referencia a las sensaciones del sujeto, el tercero a las impresiones emocionales o emociones que le sugiere el aula al alumno y, por último, a su valoración sobre las propiedades interiores del aula, es decir, los factores de Calidad Ambiental Interior - (CAI) o en inglés: "*Indoor Environmental Quality - (IEQ)*", de diseño y de la arquitectura del aula. Estos adjetivos son los que emplean los alumnos para describir sus sensaciones sobre el aula.

Para recopilar estos adjetivos se ha realizado un estudio de campo consistente en la búsqueda de adjetivos calificativos de aulas en publicaciones de este ámbito, se ha contado también con las opiniones de los profesores. Del estudio de campo se ha recopilado un listado preliminar de palabras que posteriormente se ha reducido aplicando el método del Diagrama de Afinidad.

Después se ha consultado a un conjunto de profesores, diseñadores de iluminación o *lighting designers* y arquitectos para comprobar que todas las palabras relevantes desde el punto de vista técnico estuvieran en el listado. A partir de estos listados de palabras se han elaborado los modelos de cuestionario para el estudio de campo.

- **Fase 2: Selección de los estímulos**

En esta fase se selecciona el conjunto de estímulos (aulas) empleados para establecer las relaciones entre los adjetivos que permitan definir el universo semántico. Para escoger las aulas adecuadamente se ha elaborado una base de datos de aulas de la Comunidad Valenciana.

Las fuentes principales: las aulas de la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad de Valencia y la Universidad de Alicante.

Entre todas ellas se han elegido las más representativas para formar parte de la muestra definitiva. Una vez elegidas, y preparado todo el material, se ha procedido a la planificación y desarrollo del estudio de campo.

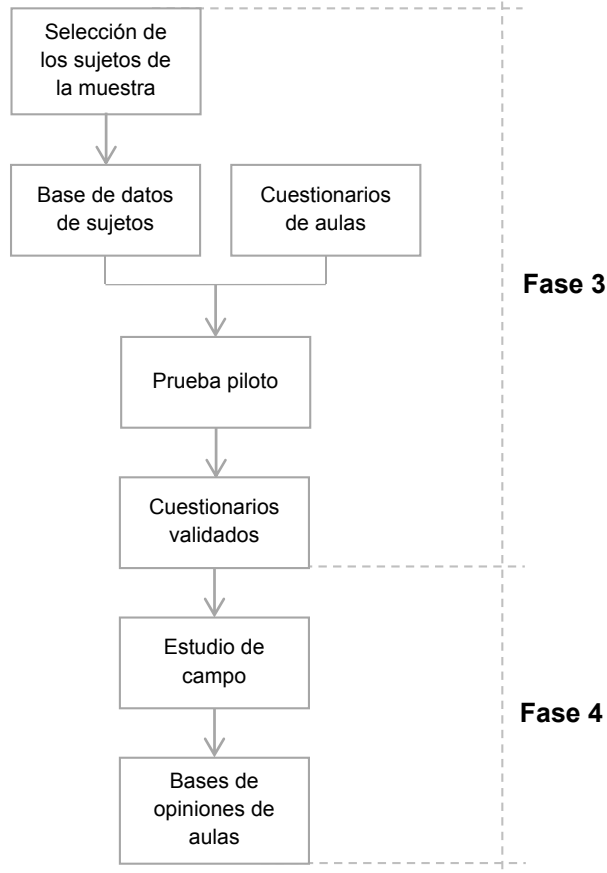


Fig. 66. Diagrama de flujo de las Fases 3 y 4 ⁴²⁶

Una vez descritas brevemente las fases 1 y 2, se continúa con las fases 3 y 4:

⁴²⁶ Adaptación de la metodología propuesta por Llinares, M. C., 2001, *op. cit.* al análisis del aula.

- **Fase 3: Planificación del estudio de campo**

En la Fase 3 se ha planificado el estudio de campo. Se ha establecido el tamaño de la muestra necesario para alcanzar los objetivos del estudio. Se ha definido el conjunto de la población de alumnos, sobre los que se ha efectuado la selección, y el procedimiento de muestreo que se ha empleado.

Esta planificación se ha realizado con el fin de asegurar una suficiente representatividad y realismo en las respuestas, con el fin de evitar la aparición de sesgos en los resultados. Se ha determinado también una primera propuesta del modelo de análisis estadístico aunque su desarrollo completo y definitivo se ha formalizado en la Fase 5.

Por último, una vez seleccionados los sujetos de la muestra, se ha efectuado una prueba piloto con varias personas con el objetivo de validar los cuestionarios confeccionados en la Fase 1 y de asegurar que el tiempo estimado para cada encuesta no superaba los límites de fatiga o desmotivación del entrevistado. Se han pasado aproximadamente una decena de encuestas y se ha procedido al tratamiento de datos previo. Como resultado de estas pruebas, se han obtenido los cuestionarios validados.

En el apartado IV.1.2.3 se detallan las líneas generales y los métodos seguidos para el desarrollo de esta fase.

- **Fase 4: Desarrollo del estudio de campo**

En la Fase 4 se ha llevado a cabo el estudio de campo. En él se ha procedido al pase de los cuestionarios a los alumnos en las aulas previamente seleccionadas. Como consecuencia, se han obtenido las bases de datos con sus opiniones sobre el ambiente de sus aulas.

En el apartado IV.1.2.4 se describe el desarrollo de esta fase.

Por último, se describe someramente la Fase 5. En la figura siguiente se muestra el esquema del proceso estadístico seguido:

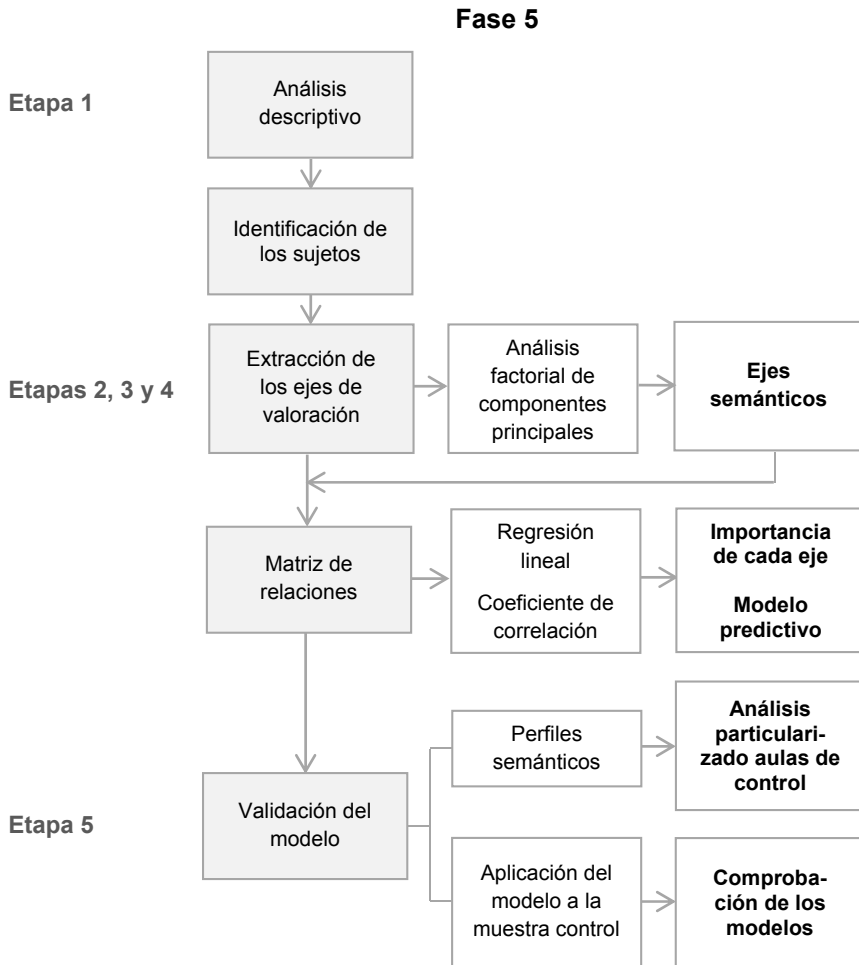


Fig. 67. Diagrama de flujo de la Fase 5 del plan de trabajo ⁴²⁷

▪ **Fase 5: Tratamiento de datos**

Por último, se ha procedido al tratamiento de los datos. Esta fase ha comenzado tras el pase de los cuestionarios y gracias a ellos se han obtenido las bases de opiniones de los alumnos con los que se ha realizado el tratamiento estadístico de los datos recopilados.

⁴²⁷ Adaptación de Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*

Seguidamente, se describen cada una de las etapas de este tratamiento de datos.

Etapas 1. Análisis descriptivo de los datos

Se ha elaborado un análisis descriptivo de la muestra para conocer las características de los sujetos participantes en el estudio de campo.

Etapas 2. Estudio del universo semántico del aula

En esta etapa se ha aplicado el análisis factorial al campo semántico o “listado definitivo de palabras de las aulas”. Su finalidad ha sido extraer los ejes semánticos independientes que califican el ambiente de las aulas por parte de los usuarios. Estos ejes se han extraído reduciendo el campo semántico de adjetivos obtenido en la fase anterior. Así, se ha conseguido un conjunto menor de variables incorrelacionadas (ejes semánticos) que explican una buena parte de la varianza del conjunto inicial. Estos ejes corresponden a los atributos independientes que mejor explican las diferencias percibidas entre el ambiente de las aulas.

Una vez clasificados los diferentes ejes semánticos, se han identificado aquellos que se asocian a una mejor valoración según su influencia en la valoración global del aula. Así, se ha establecido la relación entre cada atributo y un incremento en la valoración global para cada aula. Estas relaciones se han determinado mediante un análisis de regresión lineal. Los resultados han servido para conocer en qué medida valoran los alumnos la iluminación de su aula.

Etapas 3. Estudio de las propiedades del aula

Acto seguido, se ha aplicado el análisis factorial a los adjetivos que definen las propiedades del aula, es decir, aquellos elementos que se refieren al interior del aula como pueden ser su diseño, arquitectura interior y calidad del ambiente interior. La finalidad ha sido extraer los factores de propiedades que califican las características de las aulas por parte de los alumnos para luego relacionarlos con los ejes semánticos y la valoración global. De esta manera, se ha conseguido un conjunto reducido de variables no correlacionadas (factores) que explican una buena parte de la varianza del conjunto inicial.

Estos factores corresponden a los atributos independientes que mejor explican las diferencias percibidas entre las propiedades o características del ambiente interior de las aulas. Una vez clasificados los diferentes factores, se han relacionado con los ejes semánticos del aula, obtenidos en la etapa anterior. Esta correspondencia se ha elaborado gracias a un análisis de correlaciones. Los resultados han servido para conocer en qué medida las características de diseño y de calidad del ambiente interior están vinculadas con el universo semántico del aula. Por último, se han identificado los factores que se corresponden con una mejor valoración según su influencia en la valoración global de las aulas. De este modo, se ha podido establecer la conexión entre cada factor y un incremento en la valoración global para cada aula. Estas relaciones se han establecido mediante un análisis de regresión lineal.

Etapas 4. Estudio de las tareas del aula

Para el estudio de las tareas se ha aplicado el mismo procedimiento que se ha utilizado para el análisis de las propiedades del aula. La finalidad, en este caso, ha sido extraer los factores de las tareas que los alumnos realizan en el aula para luego compararlos con los ejes semánticos y la valoración global. En este caso, también se ha obtenido un conjunto reducido de variables no correlacionadas (factores) que explican una buena parte de la varianza del conjunto inicial de tareas. Gracias a un análisis de correlaciones, estos factores de tareas se han relacionado con los ejes semánticos del aula. Estos resultados han servido para conocer en qué medida las tareas están enlazadas con el universo semántico del aula. Acto seguido, se han identificado los factores de tareas que se relacionan con una mejor valoración, según la influencia en la valoración global. De este modo, mediante un análisis de regresión lineal, se ha podido relacionar cada factor de tareas con un incremento en la valoración global para cada aula.

Etapas 5. Validación de la metodología y del modelo desarrollado

Finalmente, mediante el análisis de una serie de cuestionarios, realizados de forma adicional, se ha procedido a la validación de la metodología y del modelo desarrollado. Esta validación se ha efectuado comparando los resultados reales con los predichos por el modelo.

IV.1.2.1. FASE 1: ELABORACIÓN DE CUESTIONARIOS

IV.1.2.1.1. Selección de adjetivos

La obtención de los ejes semánticos se basa en establecer las relaciones entre las respuestas de los usuarios, en este caso los alumnos, ante determinados estímulos. Estas respuestas se cuantifican a partir de los juicios emitidos para cada estímulo, en este caso la arquitectura, el diseño y el ambiente interior de las aulas, en un conjunto muy amplio de adjetivos que se utilizan para describir o valorar un producto, ambiente determinado o aula. Todo este proceso se analiza más adelante cuando se describe el proceso de tratamiento de datos.

En base a estas consideraciones, la primera fase para preparar el estudio Kansei ha sido la elaboración de unos listados iniciales de adjetivos calificativos entre los que se han incluido todos aquellos que hacen referencia al ambiente interior del aula. De esta manera, se han englobado atributos o propiedades que hacen referencia tanto a los elementos arquitectónicos, de diseño o arquitectura interior (acabados, decoración, mobiliario, revestimientos, etc.) como todos aquellos que hacen referencia a la Calidad Ambiental Interior - (CAI) o en inglés: "*Indoor Environmental Quality - (IEQ)*": iluminación, temperatura, humedad, ventilación, acústica, etc. Lo que se ha pretendido es conseguir un conjunto de palabras más amplio o universo semántico del producto, o del aula en este caso. A partir de este listado inicial, y después de un proceso de reducción, se ha obtenido el "listado definitivo" de adjetivos con el fin de conseguir un número de palabras más reducido y representativo que permita el tratamiento de datos del análisis.

A continuación, se describe el proceso de obtención de este "listado definitivo":

En primer lugar, se han obtenido los universos semánticos que definen las aulas desde los enfoques anteriormente mencionados: su iluminación, su ambiente, su diseño y su arquitectura interior. El primer paso para su obtención ha sido reunir tantas palabras (en español) y expresiones como fuera posible, sobre todo aquellos adjetivos utilizados por las personas para expresar atributos sobre la impresión del aula.

Para conseguir estos “listados iniciales” de palabras, con el fin de lograr la semántica más completa descripción posible, se ha llevado a cabo un proceso de recopilación de adjetivos a través de las siguientes fuentes:

1. **Documentación científica:** se han consultado numerosos artículos científicos relacionados con el campo de la iluminación, el diseño, la calidad del ambiente interior y la arquitectura de las aulas. Entre ellas, en el campo de la iluminación, destacan las contribuciones de los artículos de Houser *et ál.*⁴²⁸, Wohlfarth⁴²⁹, Kleiber *et ál.*⁴³⁰. En el del diseño y arquitectura interior de aulas las de Montico⁴³¹ y Matas⁴³².
2. **Bibliografía especializada:** libros y revistas relacionadas con la iluminación y la arquitectura: El Croquis, Tectónica, monografías de arquitectura, tecnología y construcción, Tribuna de la construcción, ON diseño, Detail y VIA-arquitectura.
3. **Páginas web:** esta búsqueda se ha realizado a través del buscador “Google” introduciendo palabras clave relacionadas con la iluminación, el diseño y la arquitectura de aulas:
<<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev15/4.htm>>
<http://historico.medicospacientes.com/noticias/2011/03/11_03_11_aulas>
<[http://ocwus.us.es/didactica-y-organización escolar/organizacion-del-centro-escolar/temas/7/pagina_09.htm](http://ocwus.us.es/didactica-y-organización%20escolar/organizacion-del-centro-escolar/temas/7/pagina_09.htm)>
<<http://www.prevenciondocente.com/iluminacentros.htm>>
4. **Trabajos relacionados:** dentro del marco de la Ingeniería Kansei se han consultado trabajos relacionados con la arquitectura, como las tesis doctorales de Llinares⁴³³ y Galiana⁴³⁴.

⁴²⁸ Houser, K. W., Tiller, D. K., Bernecker, C. A., Mistrick, R. G., 2002, The subjective response to linear fluorescent direct/indirect lighting systems, *Lighting Research and Technology*, vol. 34, nº 3, pp. 243-264.

⁴²⁹ Wohlfarth, H., 1986, *op. cit.*

⁴³⁰ Kleiber, D. *et ál.*, 1973, *op. cit.*

⁴³¹ Montico, S., 2009, Percepción de la condiciones ergonómicas del aula universitaria, *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, nº VX.

⁴³² Matas Terrón, A., 2003, Calidad percibida de las aulas universitarias un instrumento para su valoración, *Ágora digital*, nº 6.

⁴³³ Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*

⁴³⁴ Galiana, M., 2010, *op. cit.*

5. **Opiniones:** se han realizado sesiones de “*Focus Group*” en las que han participado dos expertos diseñadores de iluminación, dos alumnos, dos arquitectos y dos expertos Kansei. No ha habido un cuestionario diseñado, simplemente han reflejado en “*post-its*” sus impresiones sobre el espacio interior del aula.

Como el objetivo ha sido obtener una primera lista de palabras muy extensa, no se han planteado restricciones iniciales enriqueciendo la lista obtenida. De la búsqueda inicial de palabras se han extraído un total de 160 adjetivos diferentes para describir los factores ambientales, el diseño y la arquitectura interior del aula. Estos conjuntos de adjetivos son los que constituyen el universo semántico.

A partir de esta primera lista extensa de palabras se ha realizado una reducción con el objeto de facilitar el diseño de la encuesta y limitar la extensión para que pueda ser respondida por un usuario en un plazo tiempo razonable. Esta reducción se ha realizado en dos etapas:

En la primera se han confeccionado varios listados con todos los adjetivos recopilados, uno para las tareas que desarrolla el alumno en el aula, otro para recoger las sensaciones del sujeto, otro para recopilar las impresiones emocionales o emociones que le sugiere el aula y, el último, para establecer su grado de satisfacción con las propiedades o parámetros del aula, es decir, los factores arquitectónicos, de diseño y de calidad ambiental interior en el aula.

Al equipo que ha proporcionado los adjetivos (dos expertos diseñadores de iluminación o en inglés: “*lighting designers*”, dos alumnos, dos arquitectos y dos expertos Kansei) se les ha pedido, en primer lugar, que eliminaran aquellas palabras que en su opinión no guardaban relación con el tema planteado y, en segundo lugar, que agruparan todos aquellos adjetivos que según su criterio poseían un significado similar.

Una vez hecho esto, los sujetos han dado a cada grupo creado un nombre representativo de las palabras que contiene. Se han recogido los cuestionarios y se ha analizado qué grupo de palabras han creado los diferentes colectivos.

En la segunda se han reducido las palabras recogidas, es decir, se han eliminado los adjetivos con significados similares o que podrían ser considerados menos importantes para la evaluación.

La reducción se ha confeccionado a través de un Diagrama de Afinidad⁴³⁵ que es una técnica que facilita la recopilación de un gran número de ideas, opiniones, etc. sobre diversos temas y su organización sobre la base de la relación natural existente entre las mismas⁴³⁶. Gracias a este método se han agrupado las descripciones semánticas según su afinidad y se ha elegido una palabra relevante para representar a las otras del grupo.

A continuación, se describen cada uno de los pasos necesarios para efectuar un Diagrama de Afinidad:

- El primer paso consiste en definir el tema o problema a tratar. Acto seguido se procede a la recogida de datos que son transferidos posteriormente a notas o “*post-it*”. En este punto los datos se plasman en tarjetas o notas adhesivas teniendo en cuenta que en cada nota sólo puede quedar registrada una frase y que ésta ha de tener un solo significado.
- Estas notas se adosan a una pared, pizarra o cualquier otra superficie, de tal manera que todas ellas puedan verse fácilmente. A continuación se agrupan los “*post-it*” en grupos similares en función de la similitud o afinidad que tengan entre sí las ideas. Cuando dos ideas están relacionadas entre sí, se sitúan juntas y, de la misma forma, se repite el proceso hasta que todas las notas hayan sido agrupadas.
- El utilizar notas adhesivas permite que cambien de lugar en varias ocasiones, hasta que cada una de ellas se sitúa definitivamente en un grupo. Las notas que no encajan en un conjunto se quedan solas, formando ellas mismas un grupo. Una vez hecho esto, se asigna un título o encabezado a cada grupo, es decir, una idea que refleje la relación esencial que define una agrupación de ideas.
- El título ha de transmitir el significado de los “*post-it*” en muy pocas palabras. Este título se escribe en otra tarjeta, repitiéndose este proceso hasta que todos los grupos tengan un título o encabezamiento. Finalmente, se dibuja el Diagrama de Afinidad terminado.

⁴³⁵ Terninko, J., 1997, *Step by Step Quality Function Deployment: Customer-Driven Product Design*, ed. St. Lucie Press. Citado por: Galiana, M., 2009, *op. cit.*

⁴³⁶ Terninko, J., 1997, *op. cit.* Citado por: Galiana, M., 2009, *op. cit.*

- Después de que los grupos estén ordenados, se deben pegar los “*post-it*” en una hoja, situando los encabezamientos sobre sus respectivos grupos de ideas.

Como resultado de esta técnica se ha logrado la reducción preliminar del listado inicial de palabras, gracias a que simplemente se han eliminado adjetivos calificativos que tienen un significado similar.

Para minimizar la posible pérdida de información asociada a esta reducción, en caso de duda, han sido incluidos en el título atributos formados por adjetivos relacionados.

Este procedimiento se ha realizado para cada uno de los grupos del cuestionario. Cada uno de estos grupos tiene la labor de recabar información sobre cómo los alumnos califican sus aulas.

El primero de ellos, ha agrupado las actividades o tareas que el alumno realiza en el aula (ver Tabla 37. Actividades o tareas que el alumno realiza en el aula). Se ha incorporado para constatar el tiempo que el alumno dedica a cada una de estas actividades o tareas.

Leer textos en un papel	Reflexionar
Escribir a mano	Curiosear
Dibujar a mano	Meditar
Leer en la pantalla del ordenador	Charlar
Escribir con el ordenador	Mirar por la ventana
Dibujar con el ordenador	Deambular por la clase
Atender a las explicaciones en la pizarra	Consultar el teléfono
Atender a las explicaciones en el proyector	Corregir con el profesor
Repasar los apuntes	Preguntar al profesor
Dialogar con los compañeros	

Tabla 37. Actividades o tareas que el alumno realiza en el aula

El segundo grupo, ha aglutinado las expresiones relacionadas con la personalidad del sujeto (ver Tabla 38. Expresiones relacionadas con la personalidad del sujeto). Se han incluido estas expresiones para comprobar si la personalidad o el estado anímico del alumno influyen en su impresión sobre el aula.

Responsable, trabajadora, disciplinada	Me gusta la seguridad, prefiero seguir normas a improvisar o a buscar sensaciones nuevas
Honesta, leal, sincera	Exigente, perfeccionista
Competente, capacitado	Elegante, sofisticado
De mentalidad abierta, tolerante	Práctica, me gusta más lo funcional que la estética
Optimista y alegre	Reservada, introvertida
Imaginativa, creativa	Me preocupa la ecología
Me gusta conocer otras opiniones para tomar una decisión	Me gusta destacar, que se fijen en mi
Reflexiva, analítica	Moderada, comedida
Afectuosa, familiar, amable	Aseada, limpia
Seguidora de tendencias, vanguardista	

Tabla 38. Expresiones relacionadas con la personalidad del sujeto

El tercero, ha reunido los adjetivos relacionados con la impresión estética y emocional del aula (ver Tabla 39. Adjetivos relacionados con la impresión estética y emocional del aula). Este grupo es el más importante de todos ya que es el que se ha utilizado para establecer el universo semántico del alumno, es decir, al tipo de parámetros independientes que utiliza mentalmente para diferenciar unas aulas de otras.

Con buena iluminación natural	Con buena iluminación artificial
Bien comunicada	Íntima
De buen diseño	Antigua
Con buen mobiliario	Nueva
Silenciosa	Amplia
Con buena temperatura	Exterior
Confortable	Bien iluminada
Húmeda	Bien ubicada
Con buen equipamiento	Agobiante
Bien distribuida	Segura
Con buena ventilación	Alegre
Silenciosa. Permite concentrarse	Cálida
Bien ordenada	Agradable

Tabla 39. Adjetivos relacionados con la impresión estética y emocional del aula

Finalmente, el cuarto grupo ha englobado el grado de satisfacción del alumno sobre los elementos arquitectónicos y de calidad ambiental en el interior de su clase (ver Tabla 40. Propiedades o características del aula). Su finalidad es conocer cuál es la agrupación que realiza el alumno entre todos los elementos que pueden influir en el ambiente del aula.

Pavimento (suelo)	Condiciones térmicas
Ventanas	Condiciones acústicas
Puertas	Condiciones de humedad
Revestimientos	Condiciones de ventilación
Techo	Iluminación natural
Paredes	Iluminación artificial
Decoración	Nivel de ruido
Distribución instalaciones (ubicación tomas de luz, teléfono, rejillas de ventilación...)	Equipamiento (ordenadores, pizarra, ...)
Mobiliario	Dimensiones
Distribución mobiliario	Ubicación y accesos

Tabla 40. Propiedades o características del aula

Además de los adjetivos recogidos en los listados anteriores, se ha incluido una variable más de tipo subjetivo que ha reflejado la valoración global del aula. Se ha decidido añadir a esta variable la valoración del aula para impartir clases de teoría y clases de prácticas, con el objeto de diferenciar si el hecho de realizar distintos tipos de docencia influye en la valoración. En la tabla siguiente se muestran las afirmaciones que se han utilizado en el cuestionario:

En términos generales, me parece un aula adecuada
En términos generales, me parece un aula adecuada para impartir clases de teoría
En términos generales, me parece un aula adecuada para impartir clases de prácticas

Tabla 41. Valoración global del aula

Junto a la valoración global del aula se ha incluido un apartado en el que se ha evaluado el aula en función de las tareas que se realizan en ella que se refleja en la Tabla 42. Valoración del aula en función de las tareas que se realizan en ella.

Leer	Ver el proyector
Escribir	Repasar los apuntes
Dibujar	Dialogar
Formular cuestiones al profesor	Trabajar con el ordenador
Atender a la pizarra	Corregir
Atender	Reflexionar

Tabla 42. Valoración del aula en función de las tareas que se realizan en ella

Como se observa en las tablas anteriores, se ha conseguido reducir los listados iniciales de adjetivos a 19 en el caso actividades o tareas que el alumno realiza en el aula, a 19 en el de las sensaciones del sujeto, a 26 en el de las impresiones emocionales o emociones que le sugiere el aula y a 20 en el de la valoración de su diseño interior.

Con objeto de contrastar la relación de palabras obtenida, y para asegurarse de no dejar fuera ningún concepto importante, la lista ha sido revisada por personal experto (arquitectos, profesores y diseñadores de iluminación). Tras dicha revisión no se ha planteado ningún calificativo nuevo en las listas presentadas, aunque se ha puntualizado que algunos de los calificativos propuestos podían corresponder al mismo concepto.

En cualquier caso, se ha mantenido íntegra la lista, ya que precisamente uno de los objetivos del trabajo es obtener los ejes semánticos, agrupando calificativos similares utilizados por los usuarios para valorar un aula. Como se verá más adelante al comentar los resultados, esta decisión fue acertada ya que en algunos casos los usuarios plantean matices y agrupaciones interesantes entre conceptos que en una primera impresión pueden parecer muy similares.

Como última fase de la puesta a punto del cuestionario se ha realizado una prueba piloto consistente en el pase de la encuesta a 10 sujetos entre los que se incluían arquitectos, profesores, diseñadores de iluminación y no expertos o alumnos. El objeto de esta prueba ha sido verificar la fiabilidad del cuestionario, de manera que todas las preguntas estuvieran formuladas de manera adecuada y fueran inteligibles para los sujetos.

A la vista de los resultados obtenidos se ha decidido mantener el cuestionario íntegro sin modificaciones. Además, esta prueba ha servido para estimar el tiempo medio requerido para completar el cuestionario, resultando alrededor de 15 minutos.

IV.1.2.1.2. Cuestionarios

Una vez se ha elaborado la lista de adjetivos para calificar las aulas se ha procedido a la preparación del cuestionario para su uso en el estudio de campo. Dicho cuestionario (ver anexo A.5.1.2) se ha dividido en dos tipos de información, una objetiva y otra subjetiva.

Parte objetiva

La parte objetiva ha recabado la información del entrevistado. En concreto, información sobre las siguientes variables: sexo, edad, formación/titulación y permanencia en el aula durante ese día. Esta información figuraba en la primera parte del cuestionario y se ha recogido por dos motivos:

En primer lugar, para poder describir a los sujetos de la muestra, contrastar la posible existencia de conglomerados o grupos diferenciados de la misma y analizar las posibles variaciones en las variables del estudio en función de estos grupos.

Por otra, constituyen un conjunto de variables de control necesarias para posteriores estudios de inferencia en el que se utilizan técnicas de análisis multivariante, como es el caso del estudio realizado por Kish⁴³⁷.

Parte subjetiva

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, a la hora de comentar la selección de los adjetivos, la parte subjetiva se ha dividido en siete grupos de preguntas en el cuestionario. Cada uno de estos grupos tiene la labor de recabar información sobre cómo los alumnos califican sus aulas. Los grupos son los siguientes:

1. Actividades o tareas o que el alumno realiza en el aula (ver tabla 37).
2. Expresiones relacionadas con la personalidad del sujeto (ver tabla 38).
3. Adjetivos relacionados con la impresión estética y emocional del aula (ver tabla 39).
4. Propiedades o características del aula (ver tabla 40).

⁴³⁷ Kish, L., 1995, *Diseño estadístico para la Investigación*, ed. Siglo XXI-Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid. Citado por: Galiana, M., 2010, *op. cit.*, p.

Finalmente, se añaden dos grupos más en los que se pregunta la valoración global del alumno sobre el aula:

5. Valoración global del aula (ver tabla 41).
6. Valoración del aula en función de las tareas (ver tabla 42).

El primer grupo, en el que las cuestiones hacen referencia a las actividades o tareas que el alumno realiza en el aula, se ha utilizado una escala de valoración del 1 al 10 ya que se valoran las tareas que el estudiante desempeña en el aula según el tiempo que dedica a ellas (1: no dedica tiempo a dicha actividad, 10: dedica prácticamente todo su tiempo a realizar esa tarea). En la tabla siguiente se muestra la escala utilizada para marcar el tiempo que el alumno dedica a cada tarea.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No dedica tiempo a la actividad				Dedica la mitad de su tiempo a dicha actividad					Dedica todo su tiempo a dicha actividad

Tabla 43. Escala utilizada para el tiempo dedicado a cada tarea

Para evaluar el resto de grupos referentes a la valoración de cada aula en términos de un determinado adjetivo se ha utilizado una escala tipo Likert de 5 niveles, en la que la puntuación indicaba la proximidad del estímulo mostrado con respecto al adjetivo.

En la siguiente tabla se muestran los 5 niveles que se han empleado y que se corresponden con las siguientes valoraciones: totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, neutro, de acuerdo y totalmente de acuerdo. Véase en el Anexo A.5.1.2 un ejemplo del cuestionario.

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Tabla 44. Escala utilizada

IV.1.2.2. FASE 2: SELECCIÓN DE ESTÍMULOS

En esta fase el objetivo consiste en seleccionar las aulas que se van a analizar. Para ello primeramente se ha fijado el radio de actuación. Éste se ha acotado a aulas ubicadas en la Comunidad Valenciana, en concreto, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Alicante.

Una vez establecido el espacio geográfico donde se va a realizar la fase experimental, el siguiente paso ha sido confeccionar una lista representativa de los tipos de aulas de la Comunidad Valenciana.

Se ha conseguido reunir información de 100 aulas diferentes. De todas ellas, se escogieron 30 por sus distintas actividades y características lumínicas. Como se justificará más adelante, es un número suficiente para que los datos recopilados y tratados sean estadísticamente significativos.

El requisito exigido a la hora de seleccionarlas ha sido que el número de aulas y sus características hicieran que la muestra fuera lo suficientemente representativa y diferenciada.

De este modo, se ha intentado abarcar un amplio rango de tipologías: aulas con diferentes alturas, superficies, localización, distribución, calidad del ambiente interior, acabados, y tipo de docencia (aulas de teoría, de prácticas, de laboratorio, de proyectos,...).

Respecto al ambiente luminoso de las mismas, se ha tenido en cuenta la existencia de luz natural o artificial. Dentro de la existencia de luz natural, se ha distinguido el tipo de aberturas, las dimensiones de las ventanas y la presencia protecciones solares, iluminancia media interior y exterior, etc. En cuanto a la luz artificial, se ha diferenciado entre tipos de lámparas, luminarias, iluminancia media, etc.

Las aulas elegidas, así como sus características técnicas y lumínicas, se pueden consultar en el Anexo 6.

IV.1.2.3. FASE 3: PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Una vez definido el conjunto de adjetivos para describir los ejes de valoración relativos a las aulas (parámetros de calidad ambiental, arquitectura y diseño interior), y elegido el conjunto de estímulos (aulas) sobre los que desarrollar el análisis, el siguiente paso ha consistido en planificar el estudio de campo con los usuarios (alumnos).

Para llevar a cabo una buena planificación y obtener un modelo Kansei adecuado tras el procesamiento de los datos, se han establecido los criterios relacionados con el tamaño de la muestra y la selección de la misma.

IV.1.2.3.1. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es uno de los aspectos más importantes en la planificación de un estudio de campo. Establecerlo correctamente asegura niveles de potencia estadística aceptables para el tipo de contrastes de significación que se deseen realizar.

La base del método de análisis de las percepciones planteado ha consistido en técnicas de análisis multivariante y de análisis de correlaciones. Evitar la aparición de factores espurios en el análisis factorial ha sido el criterio fundamental para definir el tamaño muestral. Cosa que puede suceder cuando se maneja un número muy elevado de variables con una muestra reducida⁴³⁸.

En este caso, como fruto de relaciones espurias, podían aparecer factores con valores propios superiores a la unidad sin ningún significado real. Este error probable se evita incrementando el tamaño de la muestra o limitando el número de variables. Puesto que limitar el número de variables era imposible, ya que el número de variables venía dado por los adjetivos incluidos en el universo semántico, ha sido necesario considerar algún criterio que asegurara un número de registros mínimo por variable. En este sentido, se encuentran las recomendaciones de Nunnally⁴³⁹ que recomienda tener un mínimo de 10 sujetos por variable.

⁴³⁸ Lebart, L., Morienau, A., Fenelo, J. P., 1985, *Tratamiento Estadístico de Datos*, ed. Marcombo, Barcelona. Citado por: Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*, p. 132.

⁴³⁹ Nunnally, J. C., 1978, *Psychometric theory*, ed. McGraw-Hill, New York.

Kass y Tinsley⁴⁴⁰, a su vez, también aconsejan tener entre 5 y 10 participantes por variable, hasta alcanzar un total de 300 sujetos. Esta cifra es destacable ya que más allá de ella, los resultados del análisis factorial tienden a ser satisfactorios. Esta cifra de 300 sujetos también la corroboran Tabachnick y Fidell⁴⁴¹ alegando que es un tamaño de muestra suficientemente consistente para efectuar un análisis factorial y lograr resultados fiables.

En este caso, el número de participantes que han participado en la experiencia es de 918 individuos. Este número se acerca a los 1000 que Comrey y Lee⁴⁴² consideran excelente. A su vez, estos autores también coinciden en señalar que 300 sujetos es un buen tamaño de la muestra y 100 un tamaño muestral pobre. En este sentido, el criterio elegido ha sido el de disponer de al menos entre 6 y 8 registros por cada variable a incluir en cada uno de los análisis factoriales. Esto arroja un tamaño muestral que se expone en la siguiente tabla:

	Nº Variable	Nº registros	Tamaño muestral
Actividades o tareas que realiza en el aula	19	x 8 =	152
Factores sobre las sensaciones del sujeto	19	x 8 =	152
Factores sobre las impresiones emocionales o emociones que me sugiere el aula	26	x 8 =	208
Valoración del diseño del aula	20	x 8 =	160

Tabla 45. Identificación del tamaño muestral

Siguiendo estas indicaciones, el número mínimo de sujetos que se ha de emplear es el mayor de los cuatro registros: 208. Puesto que se han escogido 30 aulas, el número mínimo de individuos necesarios por aula es de 7 (208/30). Dado el número de cuestionarios respondidos que se han recopilado es de 918, muy superior al 208 mínimo, se ha considerado que dicho número podría ser menor por lo que se acepta que solamente en una de las aulas el número de participantes haya sido de 2 individuos. En general, el número de participantes por aula ha superado los 10 alumnos en casi todos los casos.

⁴⁴⁰ Kass, R. A., Tinsley, H. E. A., 1979, Factor analysis, *Journal of Leisure Research*, 11, pp. 120-138.

⁴⁴¹ Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., 2001, *Using multivariate statistics*, 4th edition, ed. Allyn & Bacon, Boston.

⁴⁴² Comrey, A. L., Lee, H. B., 1992, *A first course in factor analysis*, 2th edition, ed. NJ Erlbaum, Hillsdale.

IV.1.2.3.2. Selección de la muestra

El universo para la realización del estudio se ha centrado en los usuarios habituales de las aulas a evaluar. La justificación de este criterio se basa en que los alumnos participantes en el estudio debían conocer el aula en cuestión en grado suficiente para poder contestar a las preguntas del cuestionario.

De esta forma, se ha orientado el estudio hacia el usuario, principio básico de la metodología Kansei, y no se ha atendido exclusivamente al criterio del personal experto, evitándose así problemas derivados de esta práctica. Es éste el motivo fundamental del empleo de la Ingeniería Kansei en la presente tesis: obtener la valoración de los usuarios no expertos, los alumnos, pues como se evidencia en la literatura (ver Capítulo 2), numerosos estudios demuestran que los criterios en los que se basan los usuarios expertos a la hora de evaluar un producto (aulas), difiere del criterio de los usuarios no expertos.

La manera de proceder para la selección de la muestra ha sido establecer, en primera instancia, contacto con los profesores que impartían la docencia en las aulas elegidas y se les ha informado brevemente del propósito de la investigación. Se les ha detallado tanto de palabra como por escrito los pormenores del trabajo y se les ha incluido un modelo del cuestionario.

Una vez aceptada su participación, se ha concertado una cita en la misma aula para pasar el cuestionario a los alumnos. La técnica de muestreo que se ha utilizado es el muestreo aleatorio simple. Como se ha comentado anteriormente, en el ensayo han participado un total de 918 alumnos usuarios de las 30 aulas seleccionadas. Además se han recopilado datos sobre las características de las aulas (ver anexo 6).

No se ha efectuado ninguna estratificación por variables descriptivas como sexo, edad, etc., durante la planificación del muestreo ya que estos factores se han incluido en los cuestionarios como variables de control y su influencia se ha analizado a partir de dichas variables.

IV.1.2.4. FASE 4: DESARROLLO DEL ESTUDIO DE CAMPO

El estudio de campo se ha realizado en 30 aulas pertenecientes a la Universidad Politécnica de Valencia y a la Universidad de Alicante durante los meses de marzo a mayo de 2012 y de mayo a junio de 2013. En total durante un periodo de cuatro meses.

La técnica empleada para la recogida de datos ha sido el pase de una encuesta a los alumnos ya que ellos son los usuarios habituales del aula. De esta manera, el método de recolección de datos utilizado se ha desarrollado a partir de un cuestionario subjetivo elaborado específicamente para el estudio (ver Anexo 5.1.2) y de datos objetivos de las aulas. El cuestionario (ver apartado IV.1.2.1.2), se ha compuesto de un listado de tareas o actividades que los alumnos realizan en el aula y de adjetivos calificativos tanto de las impresiones emocionales como del grado de satisfacción de los elementos de diseño y parámetros de la calidad del ambiente interior. El estímulo viene representado por la propia aula que normalmente utilizan los estudiantes.

La realización de la parte experimental de este trabajo se ha llevado a cabo en campo y no en laboratorio por una serie de razones. En primer lugar, como se ha comentado en el Capítulo 2 (ver apartado II.8.4), las experiencias en aulas reales son adecuadas para medir las preferencias absolutas de los sujetos, mientras que los experimentos en laboratorio son preferibles para medir alguna variable lumínica en detalle⁴⁴³. En este caso, se buscaba medir las preferencias absolutas de los alumnos por lo que se han aprovechado el conjunto de ventajas de emplear estímulos reales en aulas reales, en lugar de experimentos en laboratorio.

En segundo lugar, la realización de la experiencia en el aula permite que el sujeto esté inmerso en el “producto” a evaluar, recibiendo estímulos, tal y como se producen normalmente tanto visuales como lumínicos o de confort sobre la calidad ambiental interior. Por último, las simulaciones en laboratorio son aproximaciones a la realidad que limitan el número de variables⁴⁴⁴ y, por tanto, carecen de aproximación a la valoración del aula en su conjunto.

⁴⁴³ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*

⁴⁴⁴ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*

Por todo ello, se ha considerado más adecuado llevar a cabo el estudio en el aula ya que el objetivo último de esta investigación es cuantificar el lugar que ocupa la iluminación entre el conjunto de variables posibles en el ambiente interior del aula.

IV.1.2.4.1. Protocolo

La mecánica que se ha seguido generalmente para el pase de la encuesta ha sido entregar el cuestionario a los alumnos al final de la clase con el fin de que no se interrumpiera el buen funcionamiento del curso.

Los estudiantes han contestado las encuestas durante aproximadamente 15 minutos. De esta forma, cada sujeto ha descrito su percepción del aula en cuestión a través de los adjetivos y tareas recogidas en el cuestionario.

Todas las pruebas se han realizado bajo condiciones estandarizadas y paralelas. Así, se ha asegurado que los estudiantes han estado sometidos durante un tiempo adecuado al estímulo. Se les ha asignado un identificador personal para comparar sus resultados.

Los sujetos han sido informados de que se trataba de un estudio sobre la valoración del aula. La participación ha sido totalmente voluntaria y, en general, sólo han faltado los cuestionarios de las personas que ese día han faltado a clase.

Como se ha comentado, en la mayoría de las aulas se han recogido entre 17 y 20 encuestas. Finalmente, se han recopilado en total 918 cuestionarios respondidos, alcanzando así un número mucho mayor que el mínimo establecido anteriormente (208 sujetos).

A continuación, en la Tabla 46. Aulas participantes en el estudio y número de encuestas por aula se muestran las aulas participantes en la experiencia, la Universidad y la escuela o facultad a la que pertenecen y el número de cuestionarios respondidos que se han recogido.

Nº	Escuela o Facultad	Aula	Nº de encuestas
1	UPV-ETSAV	C04	206
2	UPV-ETSAV	B04	45
3	UPV-ETSAV	404	30
4	UPV-ETSAV	523	18
5	UPV-ETSICCP	B1	50
6	UPV-ETSICCP	D1	20
7	UPV-ETSINF	Laboratorio D.S.I.C. 3	46
8	UPV-BBAA	A-1-3	21
9	UPV-BBAA	A-4-6	24
10	UPV-ETSIT	B2	30
11	UPV-ETSIT	Lab. física	5
12	UPV-ETSIT	B3	24
13	UPV-ETSIT	B4	7
14	UPV-ETSIT	B5	34
15	UPV-ETSIE	Salón actos II	35
16	UPV-ETSIE	I.6	20
17	UPV-ETSIE	E.G.A	28
18	UPV-ETSIE	Laboratorio 1	17
19	UPV-ETSIE	Aula de gestión	20
20	UPV-ETSIE	I.2	8
21	UPV-ETSIE	Sala de juntas	5
22	UPV-ETSIE	A.3	50
23	UPV-ETSIE	I.4	17
24	UPV-ETSII	421	59
25	UPV-ETSII	423	10
26	UPV-ETSIA	A. informática Dpto. ciencia animal	18
27	UPV-ETSIA	Laboratorio Fitotecnia Gen.	5
28	UPV-ETSIA	Aula 0.12	2
29	UPV-ETSIA	Aula N1	19
30	UA ETSA	12-M	45
Total:			918 alumnos

Tabla 46. Aulas participantes en el estudio y número de encuestas por aula

IV.1.2.5. FASE 5: TRATAMIENTO DE DATOS

Para el tratamiento de los datos, primeramente, se ha procedido a la configuración de las bases de datos. Acto seguido, se ha elaborado el esquema del método de análisis que constituye la propuesta de metodología y, finalmente, se ha llevado a cabo el tratamiento de los datos propiamente dicho.

IV.1.2.5.1. Configuración de las bases de datos

El orden de las preguntas de cada cuestionario ha sido modificado aleatoriamente para evitar sesgos asociados al orden de las preguntas. Los cuestionarios cumplimentados han sido leídos y los datos han sido registrados y almacenados en una base de datos en formato Excel, como paso previo al análisis.

Después de tener configurada la base de datos, se ha realizado un muestro de comprobación para controlar la calidad de los datos leídos. Se han seleccionado 15 cuestionarios al azar y se ha comprobado el número de errores en la lectura de datos, contrastando los registrados en cada cuestionario con los almacenados en la base de datos.

Una vez comprobada la calidad de las bases de datos, se han exportado del formato Excel al formato del programa *Statistical Package for the Social Sciences* o Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS® 16.0), pasando así al análisis estadístico.

IV.1.2.5.2. Esquema del método de análisis de datos

El proceso de análisis que se ha utilizado es el mismo para cada una de las variables: las impresiones emocionales, las propiedades o parámetros del aula y las tareas que se realizan en ella.

En la siguiente figura se muestra el esquema del tratamiento de datos que constituye una propuesta de metodología para el análisis Kansei de aulas.

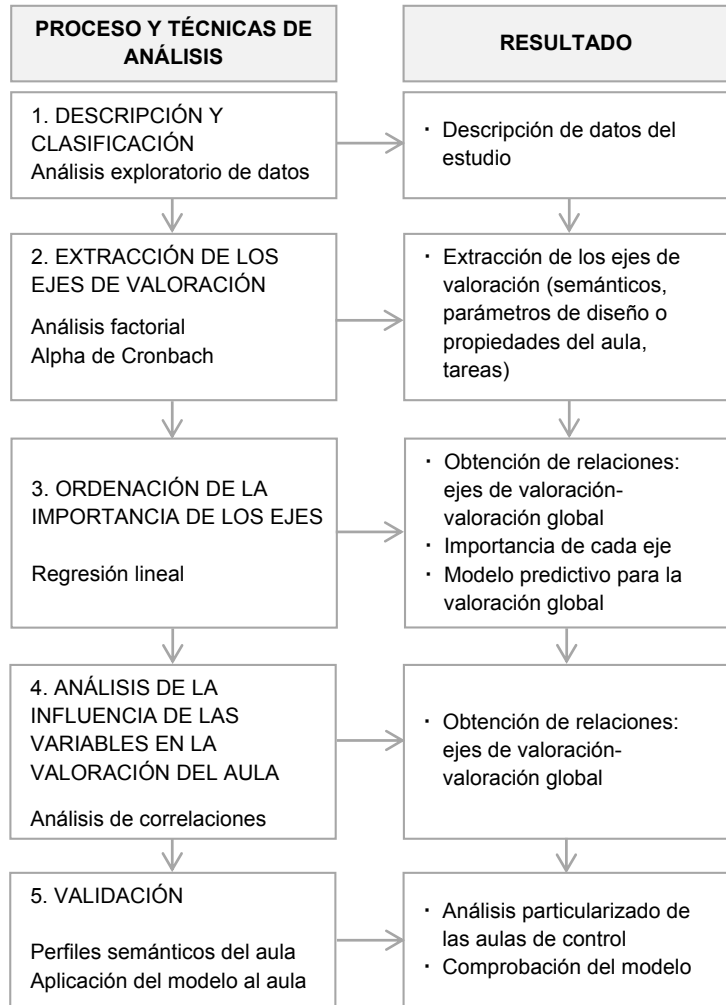


Fig. 68. Esquema del tratamiento de datos. Propuesta de metodología para el análisis de aulas

Seguidamente, se procede a explicar cada una de las partes del proceso junto con las técnicas de análisis que se aplican en cada una de ellas:

1. Descripción y clasificación:

Primeramente, se ha realizado una descripción de cada una de las variables que caracterizan a la muestra mediante técnicas estándar de análisis exploratorio de datos.

En concreto, se ha planteado la descripción de las características objetivas de los sujetos; las variables de personalidad; el tiempo que los sujetos dedican a las diferentes tareas que se realizan en aula y su valoración sobre ellas; su apreciación sobre las propiedades o parámetros interiores del aula, es decir, los factores de calidad ambiental, de diseño y de la arquitectura interior de la misma y finalmente, la valoración global del aula.

2. **Extracción de los ejes de valoración:**

La extracción de los ejes de valoración se ha efectuado una vez se ha comprobado que la muestra no presenta datos anómalos. Para la extracción se ha empleado la técnica del análisis factorial de componentes principales con objeto de reducir la información contenida en los ejes de valoración: semánticos, propiedades o parámetros de diseño y tareas, a un número mucho menor de ejes independientes.

Cada uno de los ejes de valoración que se han obtenido agrupa diferentes adjetivos relacionados entre sí, y corresponde a conceptos independientes que el usuario utiliza para distinguir entre aulas. Estos ejes se han ordenado en función de la varianza explicada, es decir, de la cantidad de información que contiene el factor para distinguir unas aulas de otras.

Posteriormente, mediante el coeficiente Alpha de Cronbach se ha comprobado la consistencia interna de cada eje, en relación a los atributos que lo componen.

3. **Ordenación de la importancia de los ejes:**

La varianza explicada permite cuantificar el nivel de discriminación de cada eje semántico. Sin embargo, este parámetro no indica la influencia del eje en la valoración global. La ordenación de la importancia de los ejes semánticos se ha establecido a partir de la influencia de cada eje sobre la valoración global.

Se ha usado un modelo de regresión lineal con la finalidad de obtener un modelo predictivo que permita estimar cuál será la valoración global de los alumnos ante una determinada aula, a partir de su valoración de los diferentes ejes semánticos.

4. **Análisis de la influencia de las variables en la valoración del aula:**

Se han analizado las relaciones entre atributos semánticos, propiedades o parámetros de diseño, y tareas a realizar en el aula. Se han aplicado modelos de regresión lineal y correlaciones entre estos atributos para determinar la valoración de un aula en función de los ejes extraídos.

5. **Validación:**

Mediante la validación se ha comprobado la fiabilidad del modelo de regresión obtenido: se han seleccionado un conjunto de aulas, no incluidas en la muestra inicial. Se han obtenido sus perfiles semánticos y se han contrastado las respuestas reales de los usuarios con las que predice el modelo establecido a partir del resto de la muestra. La fiabilidad del modelo se constata comparando la diferencia entre los resultados del modelo y los reales.

En el apartado siguiente se describe con detalle el análisis realizado en cada etapa y se comentan los puntos más relevantes de las técnicas estadísticas empleadas.

IV.1.2.5.3. Proceso del tratamiento de datos

Para realizar el tratamiento de los datos se han seguido los siguientes pasos:

1º. Descripción y clasificación de datos

Como se ha comentado anteriormente, este paso preliminar tiene como objetivo la descripción de las variables que caracterizan a la muestra y el análisis de la percepción de la muestra en su conjunto para cada uno de los adjetivos propuestos en el cuestionario. La técnica utilizada ha sido la siguiente:

- **Análisis exploratorio de datos.**

Se han aplicado técnicas descriptivas para el cálculo de valores centrales, dispersiones e histogramas de distribución de las variables. A partir de este análisis se han identificado aquellas variables cuya distribución en la muestra puede estar no equilibrada y puede dar lugar a sesgos en los resultados del estudio.

2º. Obtención y extracción de los ejes de valoración

En este apartado se describen los fundamentos de la técnica que se ha empleado para la extracción del conjunto de ejes de valoración.

▪ Análisis Factorial de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales⁴⁴⁵ (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción del número de variables. Se utiliza este análisis cuando se analiza un banco de datos con muchas variables ya que permite reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.

Esta técnica se emplea con el fin de hallar un número de variables, menor que el número de variables original, que expresen lo que tienen en común las variables originales. De este modo, se estudian las interrelaciones entre las variables que están determinadas por las correlaciones de covarianzas. Los nuevos componentes principales o factores son una combinación lineal de las variables originales, y además independientes entre sí. De modo que esta técnica sirve para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia.

En el Análisis de Componentes Principales, el primer factor o componente será aquel que explica una mayor parte de la varianza total, el segundo factor será aquel que explica la mayor parte de la varianza restante, es decir, de la que no explicaba el primero y así sucesivamente. Los datos de partida son los contenidos en una tabla de casos-variables $n \times p$. A partir de ella, se calcula la matriz de correlaciones $p \times p$ que constituye la base del proceso. Los componentes principales (C_i) son combinaciones lineales de las p variables $x_1 \dots x_p$ de la forma:

$$\begin{aligned} C_1 &= a_{11}x_1 + \dots + a_{1p}x_p \\ &\vdots \\ &\vdots \\ C_p &= a_{p1}x_1 + \dots + a_{pp}x_p \end{aligned}$$

⁴⁴⁵ Morales, P., 2013, *El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas y cuestionarios*, Universidad Pontificia Comillas, Madrid.

Donde los a_{ij} representan los pesos de cada variable en cada componente. Existirán tantos componentes $C_1 \dots C_p$ como número de variables. Cada componente explica una parte de la varianza total, considerada ésta como una manera de valorar la información total de la tabla de datos. Si se consigue encontrar pocos componentes (k), capaces de explicar una parte importante de la varianza total, podrán sustituir a las variables primitivas.

De esta forma, se dispondrá de unas variables ficticias que, siendo pocas, contienen a todas las originales. Este es el primer objetivo la prueba: la simplificación o reducción de la tabla $n \times p$ a una tabla $n \times k$; naturalmente, si en vez de seleccionar k componentes principales, se liaran los p posibles, no existiría pérdida de información, pero no se habría conseguido simplificar el problema. Los componentes se representan geoméricamente por ejes que son ortogonales, es decir, perpendiculares, lo que implica que los componentes son independientes y están incorrelacionados entre sí. Gráficamente el tamaño de los ángulos puede relacionarse directamente con el coeficiente de correlación. Cuando dos variables coinciden su coeficiente de correlación es 1, el ángulo que forman es 0 y su coseno 1 (-1 para variables opuestas). Si forman un ángulo de 90° su coseno es 0 y no están correlacionadas, luego son variables ortogonales⁴⁴⁶.

Este análisis construye una transformación lineal que elige un nuevo sistema de coordenadas para el conjunto de datos original en el cual la varianza de mayor tamaño del conjunto de datos es capturada en el primer eje (Primer Componente Principal). La segunda varianza más grande es el segundo eje. Ésta explica la mayor parte de la varianza restante, es decir, de la que no explicaba el primero y así sucesivamente. De esta manera, los componentes se crean de forma ordenada, según su importancia, en la explicación de la varianza de las variables originales consideradas y con un número de componentes inferior al número de variables originales se consigue explicar la mayor parte de la varianza de las mismas.

⁴⁴⁶ Luque, T., 2000, Técnicas de análisis de datos de investigación de mercados, ed. Pirámide, Madrid. Citado por: Llinares, M. C., 2003, *op. cit.*, p. 147.

Hay que tener en cuenta que antes de utilizar el análisis de componentes principales se debe analizar si se puede aplicar a las variables estudiadas, o lo que es lo mismo, se debe comprobar si las variables originales no están correlacionadas entre sí ya que en este caso carece de sentido calcular unos componentes principales. Si se hiciera, se obtendrían las mismas variables pero ordenadas de mayor a menor varianza.

Existen varios contrastes que pueden realizarse para evaluar si el modelo factorial (o la extracción de los factores) en su conjunto es significativo. Uno de ellos es el **test de esfericidad de Barlett** que comprueba que la matriz de correlaciones se ajusta a la matriz identidad (I), es decir, ausencia de correlación significativa entre las variables.

Cuando ya se ha elegido el número de componentes se obtiene la varianza explicada de cada variable y la contribución de éstas a cada componente, vista como la correlación entre ambos, dado que los componentes son independientes entre sí. Para la interpretación de los componentes se recurre a la rotación.

El objetivo es facilitar la interpretación de los ejes y existen básicamente dos estrategias: efectuar una rotación de los ejes para que los factores tengan pesos altos en sólo algunas de las variables iniciales o bien girarlos, de manera que cada variable original aparezca con contribuciones elevadas en pocos factores.

En la presente investigación, primero se han extraído los diferentes ejes de valoración y luego se ha recurrido a la segunda estrategia, a partir de la rotación denominada Varimax.

- **Método de rotación Varimax**

Es el método más habitual de rotación ortogonal que minimiza el número de variables con cargas altas en un factor ya que criterio de rotación Varimax se centra en simplificar al máximo los vectores columna de la matriz de factores. La simplificación máxima se alcanza cuando existen unos y ceros en una columna.

La rotación de los componentes o factores es una herramienta importante para poder interpretarlos. Significa un cambio de los ejes de referencia sobre el origen hasta que se alcanza otra posición. El efecto de la rotación es redistribuir la varianza para obtener un patrón de factores con mayor significado. Este método maximiza la suma de varianzas de las cargas requeridas de la matriz de factores y permite obtener unas cargas más extremas (cercanas al - 1 o al +1) y otras cargas cercanas al 0.

El interés de esta rotación es que posibilita interpretar los factores más fácilmente, al indicar una asociación positiva o negativa clara entre la variable y el factor (o una ausencia de asociación si el valor está cercano a 0). Mostrándose, pues, la forma más clara de separar los factores⁴⁴⁷. Lo que suele suceder con este tipo de rotación es que los ítems o variables tienen una carga o peso mucho mayor en un factor y mucho menor en todos los demás. Así, la definición de la estructura es más simple y se interpreta con más facilidad; lo que se busca es una estructura simple⁴⁴⁸.

Posteriormente, se han realizado los siguientes análisis:

1. **Descripción e interpretación de cada eje.** Se ha realizado a partir de la consideración de las variables originales que presentan puntuaciones más altas en cada factor.
2. **Aplicación del coeficiente Alpha de Cronbach.** Esta prueba se ha empleado como complemento al análisis factorial con objeto de medir la correlación existente entre los ítems o atributos que componen cada factor y evaluar así su consistencia interna.

A continuación, se describen someramente los fundamentos del coeficiente Alpha de Cronbach:

⁴⁴⁷ Suñé Torrents, A., 2004, *El impacto de las barreras de aprendizaje en el rendimiento de las organizaciones*, tesis doctoral inédita, dir.: Mundet Hiern, J., Departament d'Organització d'Empreses, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

⁴⁴⁸ Morales, P., 2013, *El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas y cuestionarios*, [publicación en línea], Universidad Pontificia Comillas, Madrid, disponible en: <<http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/AnalisisFactorial.pdf>>, [consultado 9 febrero 2014].

▪ El coeficiente Alpha de Cronbach

La denominación del Alfa de Cronbach fue realizada por Cronbach⁴⁴⁹ en 1951, aunque sus orígenes se encuentran en los trabajos de Hoyt⁴⁵⁰ y de Guttman⁴⁵¹. Es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida ya que es el promedio de las correlaciones entre los ítems que forman parte de un instrumento o factor. Por tanto, se emplea para evaluar la magnitud en que los ítems de un instrumento están correlacionados. A su vez también se puede definir este coeficiente como la medida en la cual algún concepto o factor medido está presente en cada ítem. Generalmente, un grupo de ítems que forman parte de un factor común muestran un elevado valor de Alpha Cronbach⁴⁵².

La forma más sencilla de calcular este coeficiente es multiplicando el promedio de todas las correlaciones observadas en los ítems o atributos que componen una escala, y luego dividir el producto entre el resultado de la suma de 1 más el producto de la multiplicación del promedio de todas las correlaciones observadas por el resultado de la resta de 1 al número de ítems. Esto es:

$$a = \frac{n \cdot p}{1 + p \cdot (n - 1)}$$

Dónde n es el número de ítems y p es el promedio de todas las correlaciones⁴⁵³.

A la hora de interpretar este coeficiente, un valor de 0,25 indica baja confiabilidad; si el resultado es 0,50, la fiabilidad es media o regular. En cambio, si supera el 0,75 es aceptable y si es mayor a 0,90, es elevada.

⁴⁴⁹ Cronbach, L. J., 1951, Coefficient alpha and the internal structure of test, *Psychometrika*, vol. 16, nº 3, pp. 297-334.

⁴⁵⁰ Hoyt, C., 1941, Test reliability estimated by analysis of variance, *Psychometrika*, vol. 6, nº 3, pp. 153-160.

⁴⁵¹ Guttman, L., 1945, A basis for analyzing test-retest reliability, *Psychometrika*, vol. 10, nº 4, pp. 255-282.

⁴⁵² Oviedo, H. C, Campo-Arias, A., 2005, Aproximación al uso del coeficiente Alpha de Cronbach, *Revista Colombiana de Psiquiatría*, vol. 34, nº 4. Citado por Galiana, M., 2010, *op. cit.*

⁴⁵³ Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., 1998, *Metodología de la investigación*, 4ª ed., ed. Mc Graw-Hill, México, p. 439.

Este valor es el máximo esperado⁴⁵⁴ ya que por encima de él se considera que hay redundancia o duplicación de ítems. Por tanto, los ítems redundantes deben ser eliminados⁴⁵⁵. Así pues, valores de este coeficiente entre 0,7 y 0,9 indican una buena consistencia interna entre los ítems que componen cada factor o eje.

De este modo, se puede averiguar cuáles de los ejes determinados mediante el análisis factorial son consistentes y cuáles no. Valores de Alpha Cronbach inferiores a 0,7 indicarán que los atributos que componen dicho eje no establecen una buena consistencia interna y que efectivamente debe ser revisado. Sin embargo, según los autores George y Mallery⁴⁵⁶, este valor umbral puede establecerse en 0,5. De modo que los factores cuyo coeficiente Alpha de Cronbach sea inferior a 0,5 mostrarán un nivel de fiabilidad no aceptable. Éste es el criterio que se ha seguido en el presente trabajo.

Por último, es necesario tener en cuenta que el valor de este coeficiente es afectado directamente por el número de ítems que componen una escala o factor. A medida que se incrementa el número de ítems, aumenta la varianza, de tal modo que se obtiene un valor sobreestimado de la consistencia de la escala. Este coeficiente es más fidedigno cuando se calcula con escalas o factores compuestos por veinte ítems o menos. La determinación del Alpha de Cronbach está indicada en escalas unidimensionales que consten entre tres y veinte ítems⁴⁵⁷.

3º. Ordenación de la importancia de los ejes de valoración

El proceso anterior implica una primera organización de los ejes a partir de sus valores propios. Esta ordenación se realiza de manera que valores propios más altos significan que los estudiantes encuentran mayores diferencias entre los factores, mientras que valores propios menores indican que los usuarios consideran el conjunto de estímulos más uniforme respecto a los ejes correspondientes.

⁴⁵⁴ Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., 1998, *op. cit.*, p. 439

⁴⁵⁵ Oviedo, H. C, Campo-Arias, A., 2005, *op. cit.*

⁴⁵⁶ George, D., Mallery, P., 1995, *SPSS/PC+Step by step: a simple guide and reference*, Wadsworth Publishing Company, New York.

⁴⁵⁷ Oviedo, H. C, Campo-Arias, A., 2005, *op. cit.*

De este modo, la ordenación de los ejes de valoración a partir de los valores propios no cuantifica la influencia de cada eje en la valoración global del aula por parte de los alumnos ya que esta agrupación representa tan sólo las diferencias percibidas entre los diferentes estímulos del aula por los alumnos. El paso siguiente, por tanto, es la ordenación de la importancia de los ejes semánticos. Este aspecto es de enorme trascendencia a la hora de valorar la influencia de cada uno de los factores de calidad del ambiente interior de aulas; especificar el lugar que ocupa la iluminación tanto natural como artificial; así como constituir preferencias en su diseño y en su arquitectura interior.

En esta experiencia, la ordenación de los ejes se ha establecido a partir de la obtención de los modelos de regresión entre los ejes de valoración y las variables de valoración global. Con el fin de obtener modelos predictivos que permitan estimar cual será la valoración global de los alumnos frente a un aula dada, a partir de su valoración de los diferentes ejes semánticos, se efectúa un análisis de regresión lineal cuyos fundamentos se definen a continuación:

- **Modelo de regresión lineal**

En estadística la regresión lineal o ajuste lineal es un método que modela la relación entre una variable dependiente Y_i y las variables explicativas o independientes $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$, y un término aleatorio ε . Este modelo puede ser expresado como:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Donde los coeficientes $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_p$ son los parámetros a estimar, denominan coeficientes de regresión y miden la influencia que las variables independientes tienen sobre la dependiente.

Los coeficientes asociados a cada una de las variables independientes nos indican la contribución de cada una de dichas variables al modelo. Cada uno de estos coeficientes de regresión lleva asociada una prueba t , cuya hipótesis nula reside en la independencia de la variable asociada a dicho coeficiente y la variable dependiente. El término ε indica el error cometido en la estimación de la variable dependiente⁴⁵⁸.

⁴⁵⁸ Santesmases, M., 2001, *DYANE versión 2. Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados*, ed. Pirámide, Madrid.

La regresión lineal permite trabajar con una variable a nivel de intervalo o razón, así también se puede comprender la relación de dos o más variables, y posibilita relacionar mediante ecuaciones una variable en relación a otras variables. En este último caso, se llama Regresión múltiple.

La regresión lineal múltiple consiste en obtener esa función lineal de las variables independientes que permite explicar o predecir el valor de la dependiente. De este modo, se puede decir que el objetivo de la regresión radica en evidenciar la forma en que las variables independientes se relacionan con la variable dependiente y hacer pronósticos sobre los valores de esta última en base a los valores de las primeras.

El análisis de la varianza en un modelo de regresión permite comprobar hasta qué punto es adecuado dicho modelo para estimar los valores de la variable dependiente, asumiéndose como hipótesis nula que el coeficiente de correlación múltiple es cero, o lo que es lo mismo, que la variable pendiente y las variables independientes no están correlacionadas. Lo que se comprueba directamente en el análisis de varianza es si entre dos o más varianzas existen diferencias estadísticamente significativas, pero lo que realmente se desea comprobar es si hay diferencias entre una serie de medias. Específicamente, el coeficiente de correlación múltiple (R) nos indica la bondad del ajuste, es decir, la fuerza de la asociación en la regresión múltiple.

4°. Análisis de la influencia de las variables en la valoración del aula

En este paso de la metodología, se realiza una correlación entre los diferentes atributos con el objeto de analizar la incidencia de unas variables sobre otras y sobre la valoración global del aula. A continuación, se describen los fundamentos del coeficiente de correlación utilizado:

- **Coefficiente de correlación lineal de Pearson**
Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra.

Es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas: si se tienen dos variables (A y B) existe correlación si al aumentar los valores de A lo hacen también los de B y viceversa. La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad.

A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. De manera menos formal, se puede definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables, siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

Es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación ya que es una expresión numérica que indica el grado de relación existente entre dos variables y en qué medida se relacionan. De esta forma, es un número que varía entre los límites +1 y -1.

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: en la medida que aumenta una de ellas aumenta también la otra.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, se interpreta como la no existencia de una relación lineal entre las dos variables estudiadas.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. Indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

5°. Validación del modelo

En este último paso de la metodología se ha procedido a la validación del modelo. Para realizar esta validación se han comparado los resultados que predice el modelo de valoración global con los reales que se han obtenido en una muestra de control.

En un principio, se ha elegido la muestra de control mediante aulas que no figuraban en la primera parte del estudio. Esta muestra la han compuesto 6 aulas adicionales (4 para la realización de los perfiles semánticos y 2 para la comparación entre perfiles) sobre las que se ha preguntado a un número suficiente de alumnos para completar la muestra.

En total se han utilizado 146 cuestionarios más. Se han obtenido de cada cuestionario las puntuaciones de los adjetivos del estudio.

A partir de las matrices de transformación de componentes, obtenidas en el análisis previo, se han normalizado estas puntuaciones y se han transformado en puntuaciones de los ejes semánticos. De este modo, se ha determinado el valor medio y se ha elaborado el perfil semántico promedio del estímulo del aula en cuestión. Después, a cada estímulo analizado se le ha asignado una valoración global correspondiente a la media de las asignadas por los sujetos de la prueba de control.

Una vez se han elaborado los perfiles, se ha efectuado un análisis individual de cada aula, describiendo las puntuaciones en cada uno de los ejes y su relación con la valoración global. Este análisis de los perfiles ilustra las posibilidades de la metodología desarrollada, no sólo para predecir las posibles respuestas de los alumnos sino para analizar las causas en las diferencias de percepción de sus aulas. Asimismo, se ha realizado un análisis comparativo entre aulas para estudiar las diferencias de percepción entre los distintos ejes.

Posteriormente, la muestra de control también se ha utilizado para validar el modelo. Las puntuaciones a los cuestionarios se han normalizado y transformado en puntuaciones de los ejes semánticos a partir de las matrices de transformación de componentes obtenidas en el análisis previo.

Finalmente, para validar el modelo se han comparado las valoraciones globales obtenidas en la prueba de control y las predichas por el modelo.

IV.1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Introducción

Una vez planteada y aplicada la metodología de trabajo descrita en el apartado anterior, se alcanzan una serie de resultados. Estos resultados se consiguen siguiendo dicho proceso visto anterior y esquemáticamente en la figura 68.

A continuación, se describen las etapas en las que se ha planteado la investigación.

Etapas del método de análisis de datos:

Etapas 1. Análisis descriptivo de la muestra

Etapas 2. Obtención y extracción de los ejes semánticos del aula

Análisis de los atributos semánticos del aula y extracción de los ejes semánticos.

Etapas 3. Ordenación de la importancia de los ejes semánticos

Obtención del modelo de relación de los ejes semánticos con la valoración global del aula: clasificación y ordenación de la importancia de los ejes respecto a la valoración global a partir de la relación entre cada factor y la valoración global del aula siguiendo el modelo de regresión lineal y establecimiento de la relación entre los atributos lumínicos y el resto.

Etapas 4. Análisis de la influencia de las propiedades del aula

- a) Análisis de las propiedades, atributos, elementos de diseño o características (arquitectura y calidad ambiental interior) del aula, y extracción de los factores de las propiedades del aula.
- b) Análisis de la influencia de las propiedades del aula en la valoración del usuario.
 - b.1) Relación de los ejes semánticos con los factores de propiedades del aula.

- b.2) Relación de los factores de propiedades con la valoración global del aula: clasificación y ordenación de la importancia de los factores respecto a la valoración global del aula siguiendo el modelo de regresión lineal.

Etapa 5. Análisis de la influencia de las tareas

- a) Análisis de las tareas que se realizan en el aula y extracción de factores de tareas.
- b) Análisis de la influencia de las tareas en la valoración del usuario.
 - b. 1) Relación de los ejes semánticos con los factores de tareas del aula.
 - b. 2) Relación de los factores de tareas con la valoración global del aula: clasificación y ordenación de la importancia de los factores respecto a la valoración global a partir de la relación entre cada factor y la valoración global del aula mediante el modelo de regresión lineal.

Etapa 6. Validación del modelo obtenido

Validación de la metodología y del modelo desarrollado mediante el análisis de una serie de cuestionarios cumplimentados de forma adicional a la muestra.

La validación se realiza a través de la formalización de los perfiles semánticos, la comparativa entre perfiles y por último, gracias a los resultados obtenidos se obtiene la validación del modelo.

Seguidamente, se describen las etapas descritas, el procedimiento de trabajo seguido para tratar los datos y, a su vez, se comentan y detallan los resultados obtenidos en el estudio de campo.

IV.1.3.1. ETAPA 1: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

En esta primera etapa se realiza el análisis descriptivo tanto de las variables objetivas del cuestionario como del conjunto de variables subjetivas representadas por los adjetivos.

IV.1.3.1.1. Análisis descriptivo de la parte objetiva

Este análisis implica la descripción del conjunto de variables objetivas del sujeto que conforman el estudio como son el sexo, la edad, el tipo de estudios, las horas de permanencia en el aula, las impresiones de los sujetos, las tareas, las actividades, etc. Mediante este análisis se quiere comprobar si la muestra es homogénea para cada una de las variables objetivas, o si por el contrario, predomina un determinado segmento y, por tanto, es necesario realizar un análisis independiente por segmentos o grupos.

Se utiliza la técnica del análisis de frecuencias (histogramas) y se analizan las medias y desviaciones típicas de las variables. Como se ha comentado en el capítulo anterior, en el estudio de campo han participado 918 sujetos seleccionados mediante muestreo aleatorio simple entre los alumnos de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Alicante, siendo las características más relevantes de esta muestra las siguientes:

Variable 'sexo'

A partir de los resultados de este análisis descriptivo se observa una distribución homogénea de la variable 'sexo': el 53,39% de los sujetos son hombres, mientras que el 46,61% son mujeres (ver figura 69).

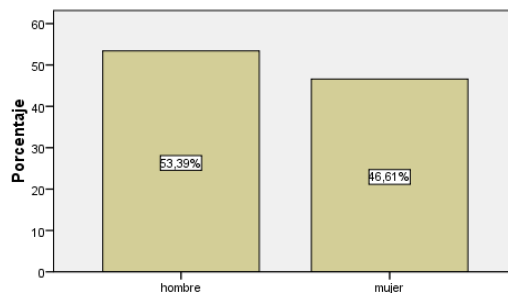


Fig. 69. Distribución de porcentajes de la variable "sexo"

Variable 'edad'

La media de la edad de los alumnos es 22,45 años y la desviación típica 4,828. El 18,5% de los sujetos de la muestra es menor de 20 años; el 68,9% tiene entre 20 y 25 años; el 7,7% entre 26 y 30 años; el 2,6% entre 31 y 40 años y el 2,1% es mayor de 40 años. Como se puede apreciar en la figura siguiente, aproximadamente un tercio de la muestra se concentra en el intervalo de edad comprendido entre 19 y 24 años, alcanzando un porcentaje del 76,8%.

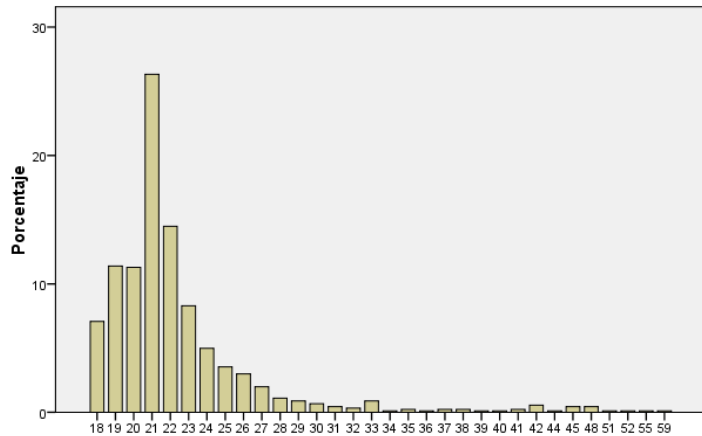


Fig. 70. Distribución de porcentajes de la variable 'edad'

Variable 'nivel de estudios'

El 83,3% de los sujetos de la muestra es estudiante de grado y el 16,7% de los sujetos es alumno de máster tal y como se observa en la figura siguiente donde se muestra la distribución de frecuencias de la variable 'nivel de estudios'.

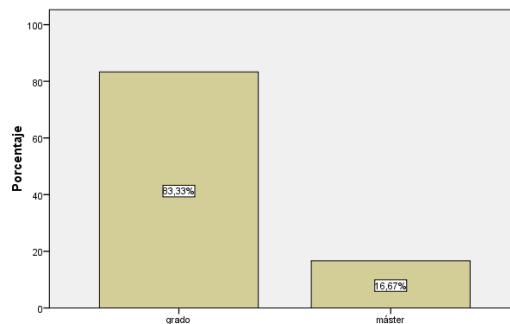


Fig. 71. Distribución de porcentajes de la variable 'nivel de estudios'

Variable 'tipo de estudios'

El 37,47% de los sujetos de la muestra estudia en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura; el 21,79% estudia en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación; el 4,79% en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural; el 4,90% en la Facultad de Bellas Artes, el 7,63% en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; el 7,52%, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales; el 5,01% en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y el 10,89% en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.

Estos porcentajes se pueden observar en la figura siguiente donde se realiza la distribución de frecuencias según la variable 'tipo de estudios'.

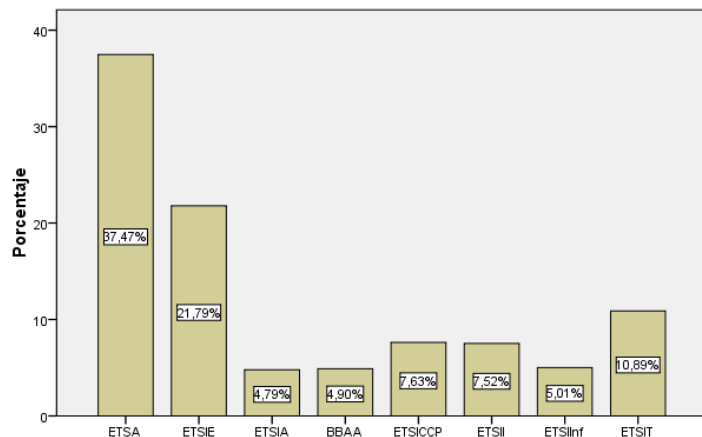


Fig. 72. Distribución de porcentajes de la variable 'tipo de estudios'

Variable 'horas de permanencia en el aula'

La media de horas de permanencia en el aula por parte de los estudiantes es de 2,8 horas con una desviación típica de 1,078.

IV.1.3.1.2. Análisis descriptivo de la parte subjetiva

En este apartado se analizan los valores obtenidos de las variables subjetivas del cuestionario:

Variable 'personalidad de los sujetos encuestados'

Se realiza un análisis descriptivo de la personalidad de los sujetos encuestados. En la tabla siguiente se muestra la media y la desviación típica de las respuestas obtenidas.

Personalidad	Media	Desv. típ.
P2_Honesta, leal y sincera	1,33	0,710
P4_De mentalidad abierta, tolerante	1,23	0,826
P3_Competente, capacitado	1,05	0,699
P9_Afectuosa, familiar y amable	1,03	0,888
P1_Responsable, trabajadora, disciplinada	1,02	0,805
P7_Me gusta conocer otras opiniones	1,02	0,882
P8_Reflexiva, analítica	0,96	0,825
P5_Optimista y alegre	0,96	1,003
P12_Exigente, perfeccionista	0,89	0,922
P6_Imaginativa y creativa	0,74	0,908
P14_Práctica, me gusta más lo funcional que la estética	0,53	0,953
P16_Me preocupa la ecología	0,46	1,020
P13_Elegante, sofisticado	0,33	0,929
P18_Moderada, comedida	0,19	0,886
P11_Me gusta la seguridad, seguir normas	0,06	1,034
P10_Vanguardista, seguidora de tendencias	0,05	0,991
P15_Reservada, introvertida	-0,23	1,169
P17_Me gusta destacar	-0,34	1,097

Tabla 47. Media y desviación típica de las variables de personalidad de los sujetos (en orden descendente en función de la media)

La tabla anterior de estadísticos descriptivos indica cómo valoran los alumnos su personalidad. En ella se muestran el total de adjetivos precedidos por las siglas P de Personalidad. En la columna 'MEDIA' aparece la valoración media de todos los estudiantes, obtenida para un atributo determinado, mientras que la columna 'DESVIACIÓN TÍPICA' proporciona información acerca de la variabilidad en las respuestas de los usuarios.

Los adjetivos aparecen ordenados en la tabla de forma descendente según el valor de su media. Así, en la parte superior aparecen los atributos cuya media es más elevada y que, por lo tanto, son mejor valorados. Se puede observar que los alumnos se consideran positivamente como: honestos, leales y sinceros; de mentalidad abierta, tolerantes; competentes, capacitados; afectuosos, familiares y amables; responsables, trabajadores y disciplinados, etc.

Conforme se desciende en la tabla, aparecen los adjetivos cuya media está próxima a 0 y, por tanto, obtienen una valoración media neutra, es decir, los alumnos no se consideran personas moderadas, comedidas; que les guste la seguridad o que sigan las normas y tampoco vanguardistas o seguidoras de tendencias. Finalmente, en la parte baja de la tabla aparecen los atributos cuya media obtiene una puntuación más reducida. Así, los estudiantes en general, no se consideran reservados o introvertidos y tampoco les gusta demasiado destacar.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, cabe destacar que los adjetivos con un mayor valor en esta columna son aquellos que presentan una alta variabilidad en las respuestas y que, por lo tanto, tienen una menor fiabilidad. El caso más acusado se da para el atributo 'Reservada, introvertida', con una desviación típica de 1,169. En la figura 73 se muestran gráficamente las medias obtenidas.

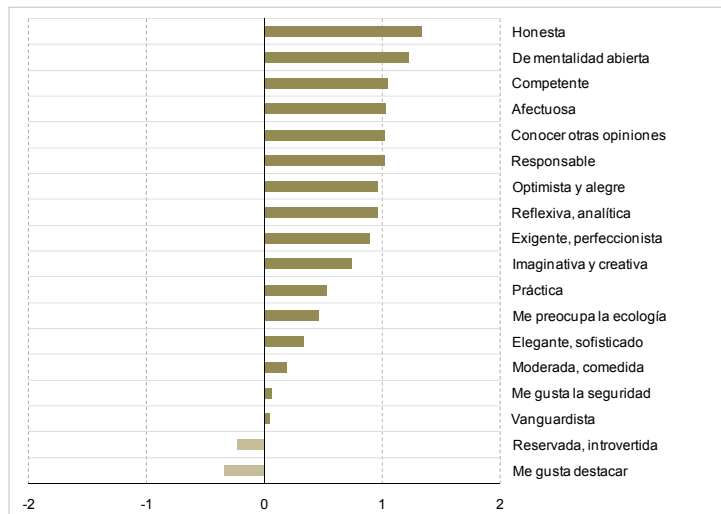


Fig. 73. Medias de las variables de personalidad de los sujetos

Variable 'tiempo que el alumno dedica a diferentes actividades o tareas'

Una vez elaborado el análisis descriptivo de los sujetos, se realiza otro análisis descriptivo del tiempo que dedican los alumnos a las tareas o actividades en el aula.

Se analiza la media y la desviación típica de sus respuestas al cuestionario sobre la valoración de la percepción del tiempo que cada alumno dedica a las distintas tareas en el aula.

Actividades o tareas	Media	Desv. típ.
T8_Atender las explicaciones con el proyector	7,05	2,477
T7_Atender las explicaciones en pizarra	6,64	2,495
T10_Dialogar con los compañeros	6,45	2,398
T4_Leer en ordenador	6,34	2,899
T11_Reflexionar	5,48	2,492
T2_Escribir a mano	5,40	2,736
T14_Charlar	5,25	2,608
T19_Preguntar al profesor	5,13	2,255
T5_Escribir en ordenador	4,96	3,222
T9_Repasar apuntes	4,54	3,018
T18_Corregir con el profesor	4,54	2,417
T1_Leer textos en papel	4,45	2,373
T12_Curiosear	4,39	2,634
T13_Meditar	3,96	2,639
T17_Consultar el teléfono	3,95	2,725
T6_Dibujar con el ordenador	3,75	3,196
T3_Dibujar a mano	3,69	2,643
T15_Mirar por la ventana	2,05	1,944
T16_Deambular por la clase	1,96	1,807

Tabla 48. Medias y desviaciones típicas del tiempo que los sujetos de la muestra dedican a las diferentes tareas efectuadas en el aula (ordenadas de forma descendente según la media)

Esta tabla de estadísticos descriptivos indica cómo se valora el conjunto de tiempo que se dedica a las tareas sobre los que se pregunta. Se exponen el total de tareas, precedidas por las siglas T (Tareas) y ordenadas en la tabla de forma descendente según el valor de su media. Así, en la parte superior aparecen las actividades cuya media es más elevada y que, por lo tanto, el alumno dedica más tiempo a ellas.

En la figura 74 se observa que el conjunto de alumnos encuestados dedica la mayor parte de su tiempo en el aula a tareas que implican al conjunto de todos los presentes en el aula, como atender las explicaciones del profesor tanto las que tienen como apoyo el proyector o la pizarra. Conforme se desciende en la tabla, aparecen las tareas cuya media está próxima a 5 y, por tanto, han obtenido una puntuación media, es decir, los alumnos dedican menos tiempo a tareas más individuales como reflexionar, escribir a mano, preguntar al profesor, escribir en el ordenador y repasar apuntes o aquellas que implican a un grupo reducido de alumnos como charlar.

Finalmente, en la parte inferior de la figura 74 aparecen las actividades cuya media obtiene una puntuación más reducida. Así, los estudiantes consideran que dedican menos tiempo a curiosear, meditar, consultar el teléfono, dibujar con el ordenador o a mano, mirar por la ventana y deambular por la clase.

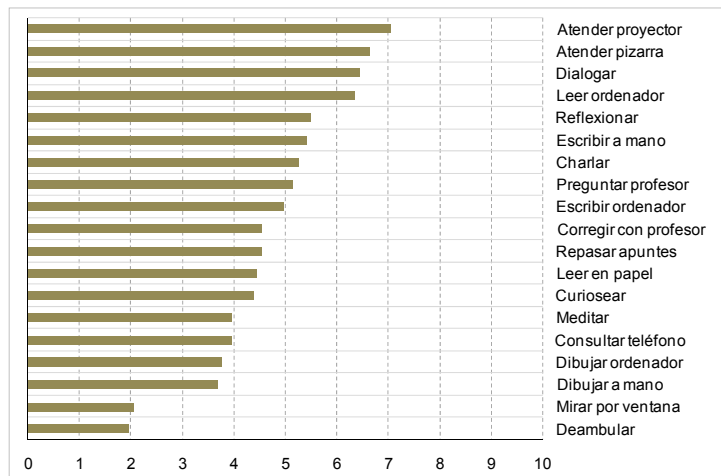


Fig. 74. Medias del tiempo que el alumno dedica a diferentes tareas

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, en la tabla 48 cabe destacar que las tareas con un mayor valor en esta columna son aquellos que presentan una alta variabilidad en las respuestas y que, por lo tanto, tienen una menor fiabilidad. De todos los análisis descriptivos que se efectúan, éste es el que mayor desviación típica obtiene.

El caso más acusado se da para la actividad 'Escribir en ordenador', con una desviación típica de 3,22. Probablemente, este hecho se explica porque la muestra está compuesta por aulas dedicadas a clase de teoría, de prácticas, de laboratorio, con ordenadores, etc.

Variable 'valoración del aula en función de las tareas'

Acto seguido, se sigue con el análisis descriptivo de la valoración del aula en función de las tareas que los estudiantes realizan en ellas. Se exponen en la tabla 49 los resultados obtenidos por la media y la desviación típica.

Esta tabla de estadísticos descriptivos indica cómo se valora el aula en función de las tareas que se efectúan en ella. Se presentan en ella el total de adjetivos de ambos bloques, precedidos por las siglas VT (Valoración en función de las Tareas).

Tareas	Media	Desv. típ.
VT4_Formular cuestiones al profesor	0,61	0,908
VT6_Atender	0,48	0,973
VT9_Dialogar	0,46	0,990
VT7_Ver el proyector	0,34	1,133
VT5_Atender a la pizarra	0,29	1,119
VT11_Corregir	0,23	0,947
VT2_Escribir	0,20	1,058
VT8_Repasar los apuntes	0,04	0,952
VT10_Trabajar con el ordenador	0,02	1,252
VT1_Leer	-0,03	1,094
VT12_Reflexionar	-0,08	1,030
VT3_Dibujar	-0,26	1,165

Tabla 49. Medias y desviaciones típicas de la valoración del aula en función de las tareas

En la parte superior de la tabla anterior aparecen las tareas cuya media es más elevada y que, por lo tanto, están mejor valoradas. Se puede observar que las aulas evaluadas por los usuarios se consideran, en término medio, preparadas para formular cuestiones al profesor y para atender tanto al profesor como a la pizarra o al proyector, incluso dialogar.

Conforme se desciende en la tabla, figuran los adjetivos cuya media está próxima a 0 por lo que consiguen una valoración media neutra. En este caso, según los datos, los alumnos valoran sus aulas en término medio como apropiadas para repasar los apuntes o trabajar con el ordenador.

Finalmente, en la parte baja de la tabla aparecen los atributos cuya media alcanza una puntuación más reducida. Así, los alumnos no piensan que sus aulas sean adecuadas para realizar trabajos individuales como leer, reflexionar o dibujar.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, cabe destacar que las tareas con un mayor valor en esta columna son aquellos que han presentado una alta variabilidad en las respuestas por lo que tienen una menor fiabilidad.

El caso más relevante se da para el atributo 'Trabajar con el ordenador', con una desviación típica de 1,252. Probablemente se deba a que no todas las aulas de la muestra eran aulas que se dedicaban a trabajo con ordenador, de ahí su mayor variabilidad.

En la figura siguiente se observa como la valoración de las aulas es, en general, neutra tendiendo a positiva. Los alumnos las consideran sus clases adecuadas para formular cuestiones al profesor, atender, dialogar o ver el proyector. Sin embargo, no las consideran adecuadas para leer, reflexionar o dibujar.

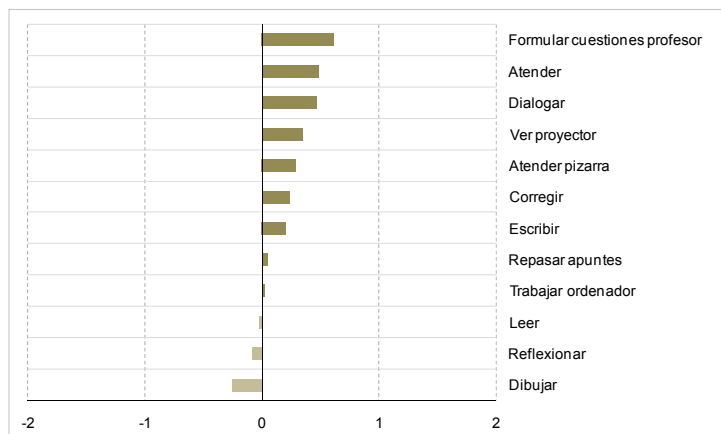


Fig. 75. Medias de la valoración del aula en función de las tareas

Variable 'valoración de los atributos semánticos del aula'

Como paso previo al análisis de diferencias en la percepción entre distintos grupos de variables objetivas, se ha considerado interesante realizar un análisis de la percepción de los alumnos sobre las variables que recogen las impresiones estéticas (o visuales) del aula.

Las medias y las desviaciones típicas recogidas se presentan en la tabla siguiente. Los adjetivos aparecen precedidos por las siglas AS (atributos semánticos):

Atributos semánticos del aula	Media	Desv. tip.
AS14_Con buena iluminación artificial	0,45	1,030
AS23_Segura	0,17	0,824
AS20_Bien iluminada	0,16	1,075
AS21_Bien ubicada	0,09	1,145
AS13_Bien ordenada	0,08	1,023
AS9_Buen equipamiento	0,07	1,028
AS18_Amplia	0,04	1,269
AS10_Bien distribuida	0,04	1,070
AS5_Silenciosa	-0,01	1,143
AS17_Nueva	-0,06	1,231
AS26_Agradable	-0,06	0,955
AS2_Bien comunicada	-0,08	1,226
AS7_Confortable	-0,08	1,036
AS6_Buena temperatura	-0,13	1,166
AS16_Antigua	-0,16	1,264
AS25_Cálida	-0,17	0,942
AS4_Con buen mobiliario	-0,19	1,112
AS22_Agobiante	-0,23	1,173
AS19_Exterior	-0,23	1,338
AS12_Permite concentrarse	-0,24	1,038
AS15_Íntima	-0,28	1,094
AS24_Alegre	-0,39	0,996
AS3_De buen diseño	-0,44	1,103
AS11_Buena ventilación	-0,44	1,115
AS1_Con buena iluminación natural	-0,49	1,282
AS8_Húmeda	-0,54	0,918

Tabla 50. Medias y desviaciones típicas de las variables que recogen las impresiones estéticas (o visuales) del aula.

Se puede observar en la tabla 50 que los alumnos consideran que sus aulas tienen una buena iluminación artificial, son seguras y están bien iluminadas. En cuanto a los adjetivos con valoración media neutra, las aulas no destacan por su buen equipamiento, amplitud o por estar bien distribuidas. En la parte baja de la tabla aparecen los atributos cuya media obtiene una puntuación negativa y que son los más numerosos.

Así, las aulas son apreciadas como poco silenciosas, poco nuevas, poco agradables, no muy bien comunicadas, poco confortables, etc. Finalmente, los estudiantes no consideran que sus aulas sean alegres, de buen diseño, tengan una buena ventilación o una buena iluminación natural y también piensan que sus aulas son húmedas.

Destaca la posición opuesta que obtiene la luz artificial respecto a la luz natural. Los alumnos valoran muy bien la luz artificial y que sus aulas están bien iluminadas y, sin embargo, valoran negativamente su iluminación natural.

Respecto a la desviación típica, el caso más acusado se da para el atributo 'exterior', con una desviación típica de 1,338. Probablemente, la variabilidad de este atributo en la encuesta se deba a que en la muestra figuran aulas tanto interiores como exteriores.

En la figura siguiente se observa como las medias de las impresiones del aula negativas superan a las positivas. La mejor valorada es la iluminación artificial.

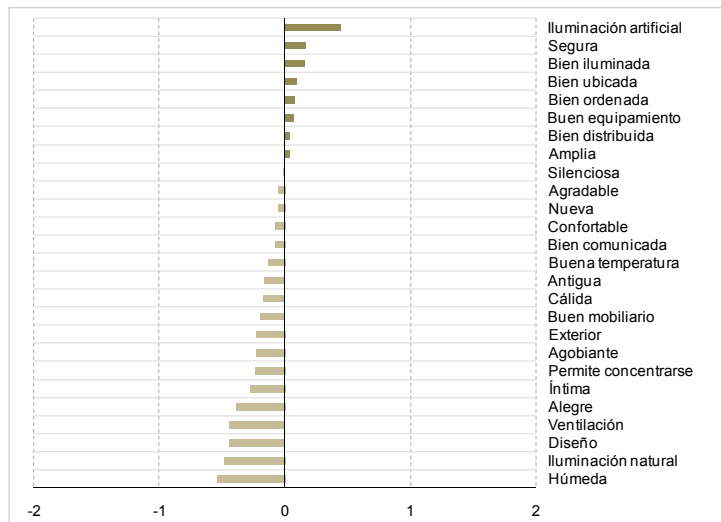


Fig. 76. Medias de las impresiones estéticas (o visuales) del aula

Variable ‘valoración de las propiedades del aula’

El siguiente paso es el análisis de diferencias en la percepción entre los elementos que se refieren a la arquitectura, diseño y Calidad Ambiental Interior - (CAI) o en inglés: “*Indoor Environmental Quality - (IEQ)*” del aula. En la tabla siguiente de estadísticos descriptivos se presentan las medias y desviaciones típicas de las respuestas obtenidas.

Elementos arquitectónicos y de calidad ambiental en el interior aula	Media	Desv. típ.
AD1_Pavimento	0,45	0,915
AD16_Iluminación artificial	0,37	1,007
AD5_Techo	0,11	1,056
AD3_Puertas	0,09	1,026
AD6_Paredes	0,07	0,956
AD18_Equipamiento	0,05	1,114
AD8_Dimensiones	0,04	1,191
AD20_Ubicación accesos	0,02	1,081
AD13_Condiciones humedad	0,02	0,902
AD4_Revestimientos	0,00	0,949
AD12_Condiciones acústicas	-0,05	1,022
AD17_Nivel de ruido	-0,12	0,958
AD10_Distribución mobiliario	-0,13	1,124
AD9_Mobiliario	-0,16	1,059
AD19_Distribución instalaciones	-0,26	1,101
AD2_Ventanas	-0,31	1,298
AD11_Condiciones térmicas	-0,33	1,126
AD14_Condiciones ventilación	-0,45	1,047
AD15_Iluminación natural	-0,51	1,255
AD7_Decoración	-0,66	1,045

Tabla 51. Medias y desviaciones típicas de los elementos de diseño que conforman el aula

En la tabla 51 se muestran los elementos precedidos por las siglas AD (Atributos de Diseño). Se puede observar en ella como las aulas evaluadas obtienen una valoración media en el caso de su pavimento e iluminación artificial. Conforme se desciende en la tabla, aparecen los atributos que consiguen una valoración media neutra, es decir, las aulas no destacan por su equipamiento, dimensiones, ubicación o accesos, condiciones de humedad o revestimientos.

Finalmente, en la parte baja de la tabla aparecen los atributos cuya media alcanza una puntuación más reducida. Entre ellos se encuentran casi todos los elementos que hacen referencia a la calidad ambiental interior. Así, los alumnos no valoran positivamente las condiciones acústicas, el nivel de ruido, las condiciones térmicas, de ventilación, la iluminación natural y la decoración.

Destaca la posición opuesta que vuelve a tener la iluminación artificial y la natural. Según estos datos, parece que el conjunto de aulas valoradas no presentan buena iluminación natural, sin embargo, sí que disponen de una iluminación artificial adecuada.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, el caso más acusado, que presenta una alta variabilidad en las respuestas y que tiene una menor fiabilidad, se da para el atributo 'ventanas', con una desviación típica de 1,298. Probablemente se debe a que la muestra la componen aulas en las que no existen ventanas en contacto con el exterior y aulas en las que sí.

En la figura siguiente se muestra como los elementos de diseño, arquitectónicos y de calidad ambiental que conforman el aula, obtienen valoraciones neutras. Destacando entre las positivas, las conseguidas por el pavimento o la iluminación artificial y entre las negativas, la iluminación natural o la decoración.

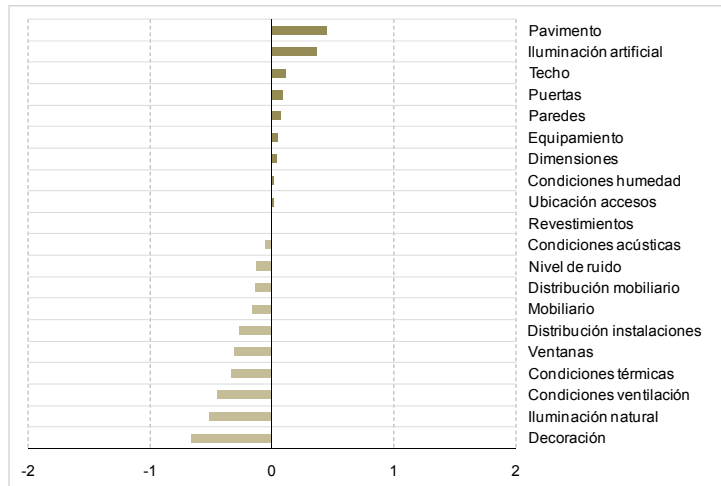


Fig. 77. Medias de los elementos de diseño que conforman el aula

Variable 'valoración global de las aulas'

Finalmente, como paso previo al análisis de diferencias en la percepción entre distintos grupos de variables objetivas, se realiza un análisis descriptivo de la valoración global de las aulas. En la tabla siguiente de estadísticos descriptivos se muestra la valoración global de las aulas precedidas por las siglas VG.

Valoración global del aula	Media	Desv. típ.
VG1_me parece un aula adecuada	0,13	1,012
VG2_me parece un aula adecuada para impartir clases de teoría	0,01	1,135
VG3_me parece un aula adecuada para impartir clases prácticas	-0,23	1,273

Tabla 52. Medias y desviaciones típicas de la valoración global de las aulas

Se observa en la tabla 52 que las aulas en general obtienen una valoración media neutra cercana a 0 pero positiva. Así mismo, las aulas parecen más adecuadas para impartir clases de teoría que clases de prácticas.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, el caso más acusado se da para la adecuación de las clases de prácticas, con una desviación típica de 1,273. Probablemente, esto se deba, como en los casos anteriores, a los distintos tipos de aula de la muestra.

En la figura 78 se señala como la valoración global de las aulas que forman parte de la muestra es prácticamente neutra. Las aulas obtienen una puntuación ligeramente positiva como adecuadas para impartir clase.

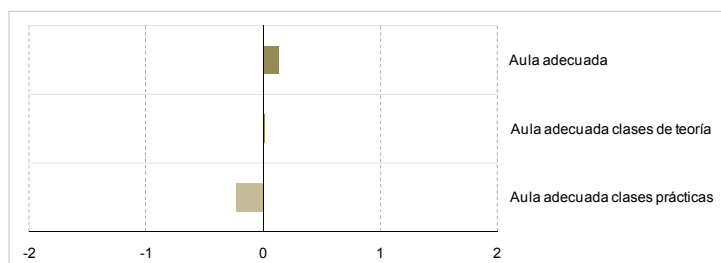


Fig. 78. Medias de la valoración global de las aulas

IV.1.3.2. ETAPA 2: OBTENCIÓN Y EXTRACCIÓN DE LOS EJES SEMÁNTICOS DEL AULA

Como se comenta en el apartado IV.1.2, en el estudio de campo cada alumno ha valorado un total de 26 adjetivos de las aulas presentadas, además de efectuar una valoración global de las mismas y de sus elementos. Este conjunto de adjetivos puede agruparse en un número más reducido de atributos o características que corresponden al “universo semántico” de los usuarios, es decir, al tipo de parámetros independientes que utilizan mentalmente para diferenciar unas aulas de otras.

Esta fase implica la reducción del conjunto de variables originales descriptivas de la sensación del alumno en el aula. Estos parámetros se denominan ejes semánticos y presentan la característica de ser independientes unos de otros, es decir, corresponden a cualidades no relacionadas entre sí. Para determinar el universo semántico se ha empleado la técnica del Análisis Factorial.

Como paso previo a este análisis, se ha realizado un test de esfericidad de Barlett cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente:

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,892
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	9481,077
	gl	325
	Sig.	0,000

Tabla 53. KMO y prueba de Bartlett

En esta tabla se advierte que el nivel de significación es inferior a 0,05. Esto demuestra que las variables originales están correlacionadas. Como consecuencia de hecho, se puede aplicar el análisis factorial. El criterio de extracción que se ha seguido es el estándar de extraer sólo factores con un valor propio superior a la unidad.

En el Anexo 5 (apartado A.5.1.3 - Etapa 2) se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación de este análisis factorial. En él puede observarse que se han extraído un total de 7 ejes semánticos independientes (A.5.1.3 - Etapa 2 - 2), que explican el 64,054% de la varianza del conjunto de variables iniciales (A.5.1.3 - Etapa 2 - 1).

Este porcentaje es bastante elevado si se tiene en cuenta que las variables originales están expresadas en una escala ordinal de 5 puntos y que corresponden a respuestas sobre un cuestionario. Para la interpretación de los ejes semánticos se recurre a la rotación cuyo objetivo es que los ejes tengan pesos altos en sólo algunas de las variables iniciales.

En la Tabla 54 se muestran los valores propios y el porcentaje de varianza explicada por cada eje, una vez que han sido rotados. Se ha utilizado la técnica del Análisis Factorial procediendo a una rotación Varimax de los ejes originales.

EJES	AUTOVALORES	% VARIANZA	% ACUMULADO
EJE 1	4,195	16,135	16,135
EJE 2	2,645	10,172	26,307
EJE 3	2,641	10,159	36,465
EJE 4	2,153	8,282	44,747
EJE 5	2,147	8,259	53,006
EJE 6	1,613	6,205	59,211
EJE 7	1,259	4,843	64,054

Tabla 54. Total de la varianza explicada por los ejes

Estos porcentajes permiten ordenar los ejes semánticos por su importancia a la hora de diferenciar unas aulas de otras. De esta forma, los ejes con mayores autovalores corresponden a conceptos o características que mejor diferencian a unas aulas de otras. Seleccionados los componentes, ejes semánticos o factores se interpreta el significado de cada uno de ellos a partir de los valores y signos de la matriz de componentes de las puntuaciones, una vez rotada.

En la Tabla 55 se añade una breve descripción de cada uno de estos ejes, cuyo significado se discute con detalle a continuación.

EJES SEMÁNTICOS
1. FUNCIONALIDAD/DISTRIBUCIÓN
2. CALIDEZ
3. CONCENTRACIÓN / CONFORT
4. DISEÑO ACTUAL
5. ILUMINACIÓN NATURAL
6. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL
7. HÚMEDA

Tabla 55. Denominación de los ejes semánticos

El análisis factorial muestra que los alumnos diferencian las aulas en primer lugar, según su distribución. Le siguen los ejes relacionados con la calidez, el confort, el diseño actual y la iluminación natural, la iluminación artificial y la humedad.

A medida que disminuye el autovalor de cada eje quiere decir que la varianza explicada es menor por lo que las aulas se diferencian menos entre sí en función de dicho eje.

Esta ordenación corresponde a las características que mejor distinguen unas aulas de otras, pero no necesariamente a las que las convierten en preferidas para dar clase o a las que se asocian a con una mejor iluminación. Esta importancia se obtendrá a partir de la relación con la valoración global, análisis que se realizará en apartados posteriores.

Hay que recalcar que los ejes semánticos obtenidos corresponden al esquema mental de atributos o características que manejan los propios usuarios o alumnos y que pueden ser diferentes de los que plantean expertos o arquitectos. Esta diferenciación es muy importante en el desarrollo de productos, servicios o arquitectura orientada al usuario.

A continuación, se analiza de forma detallada el significado de cada eje del universo semántico general extraído gracias a este análisis.

Eje semántico 1

Este es el eje principal y consigue explicar el 16,14% de la varianza de las variables originales. Debido a que ocupa el primer lugar en el análisis factorial se trata del primer atributo que los usuarios reconocen o identifican al diferenciar unas aulas de otras.

Como puede verse en la Tabla 56, este eje está asociado, con correlación positiva, a los adjetivos de bien distribuida, bien ordenada, amplia, con buen mobiliario, buen equipamiento, bien comunicada, bien ubicada, de buen diseño, buena ventilación, y es opuesto (correlación negativa) al adjetivo agobiante. En definitiva este eje puede resumirse como un eje que refleja la funcionalidad del aula, es decir, que el aula esté bien **distribuida y ordenada**.

Eje semántico	Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach	
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa				
1	Funcionalidad/Distribución	Bien distribuida	0,761	Agobiante	-0,531	16,14%	0,859
		Bien ordenada	0,688				
		Amplia	0,677				
		Con buen mobiliario	0,642				
		Buen equipamiento	0,607				
		Bien comunicada	0,573				
		Bien ubicada	0,501				
		De buen diseño	0,476				
		Buena ventilación	0,463				

Tabla 56. Variables que componen el eje semántico 1

Eje semántico 2

El segundo eje semántico extraído del análisis factorial agrupa el 10,17% de la varianza de las variables originales. Todas las variables asociadas a este eje tienen una componente positiva y relativamente grande, siendo las que contribuyen de manera más significativa las que hacen referencia a la percepción del aula como cálida, alegre y agradable. Puede resumirse como factor que recoge el carácter **cálido** de un aula.

Eje semántico	Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach	
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa				
2	Calidez	Cálida	0,809			10,17%	0,814
		Alegre	0,740				
		Agradable	0,664				

Tabla 57. Variables que componen el eje semántico 2

Eje semántico 3

Este eje explica el 10,16% de la variabilidad de la muestra. Se asocia con correlaciones positivas a las variables que hacen referencia a la percepción del aula como silenciosa, que permite concentrarse, con buena temperatura, confortable e íntima. En definitiva, y teniendo en cuenta los adjetivos con componentes más elevados, este factor puede resumirse como un eje que recoge la capacidad del alumno para **concentrarse** en el aula y el **confort** que esta ofrece para ello.

Eje semántico	Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach	
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa				
3	Concentración	Silenciosa	0,745			10,16%	0,754
		Permite concentrarse	0,699				
		Buena temperatura	0,697				
		Confortable	0,583				
		Íntima	0,456				

Tabla 58. Variables que componen el eje semántico 3

Eje semántico 4

El cuarto eje del universo semántico explica el 8,28% de la varianza de las variables originales. Este eje opone el concepto de aula nueva frente al de antigua. En menor medida, el concepto de aula nueva se relaciona con otros calificativos como el de aula de buen diseño y con buen mobiliario. Este eje puede resumirse como un eje que recoge el **diseño actual y nuevo** del aula.

Eje semántico	Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach	
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa				
4	Diseño actual	Nueva	0,846	Antigua	-0,868	8,28%	0,745
		De buen diseño	0,368				
		Con buen mobiliario	0,405				

Tabla 59. Variables que componen el eje semántico 4

Eje semántico 5

El quinto eje explica el 8,26% de la varianza de la muestra. Agrupa las variables que califican la existencia de buena iluminación natural, que el aula sea exterior, bien iluminada y con buena ventilación. En menor medida se asocia a que tenga buen diseño y que sea alegre. No aparecen relaciones significativas de carácter negativo. En definitiva, este eje parece recoger los conceptos relacionados con la **buena iluminación natural**, el carácter **exterior** y la **buena ventilación** del aula.

Eje semántico		Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
5	Ilum. natural	Con buena iluminación natural	0,738			8,26%	0,770
		Exterior	0,712				
		Bien iluminada	0,461				
		Buena ventilación	0,420				
		De buen diseño	0,372				
		Alegre	0,327				

Tabla 60. Variables que componen el eje semántico 5

Eje semántico 6

Este eje explica un 6,21% de la variabilidad de la muestra original. Aglutina los conceptos de aula con buena iluminación artificial y bien iluminada. Se asocia este eje con las percepciones relacionadas con la **buena luz artificial** y la **buena iluminación** del aula.

Eje semántico		Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
6	I. artificial	Con buena iluminación artificial	0,760			6,21%	0,687
		Bien iluminada	0,582				

Tabla 61. Variables que componen el eje semántico 6

Eje semántico 7

El séptimo eje explica el 4,84% de la varianza de las variables iniciales. Recoge con correlaciones elevadas los aspectos relacionados con humedad del aula y su carácter agobiante. No existen variables asociadas a este factor con correlaciones negativas. De forma resumida se trata de un eje que recoge las variables relacionadas con la **humedad y el carácter agobiante** del aula.

Eje semántico	Universo semántico				Contribución %	Alpha de Cronbach
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
7	Humedad	Húmeda	0,778		4,84%	0,257
		Agobiante	0,436			

Tabla 62. Variables que componen el eje semántico 7

Como se ha explicado anteriormente, la ordenación de los ejes semánticos corresponde a su capacidad para diferenciar unas aulas de otras, dentro del universo de los atributos semánticos relacionados con la arquitectura y la calidad ambiental interior y para el segmento de población seleccionado, en este caso, estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Alicante. Es evidente a su vez, que el universo semántico puede cambiar de una ciudad o universidad a otra y en función del segmento de usuarios seleccionados. Es importante tener en cuenta que los ejes semánticos con una mayor varianza explicada corresponden a conceptos en los que, desde el punto de vista de los alumnos, más diferencias existen entre unas aulas y otras.

Coefficiente Alpha de Cronbach

Como prueba complementaria al análisis factorial, se emplea el coeficiente Alpha de Cronbach⁴⁵⁹. Este coeficiente se utiliza para medir la consistencia interna de la escala empleada, lo que se fundamenta en cuantificar la correlación que existe entre los ítems que la componen.

⁴⁵⁹ Cronbach, L. J., 1951, Coefficient alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika*, vol. 16, nº 3, pp. 297-334. Citado por: Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*

Según George y Mallery⁴⁶⁰, un coeficiente Alpha de Cronbach por debajo de 0,5 muestra un nivel de fiabilidad no aceptable. A continuación, se expresan los valores de este coeficiente para cada uno de los ejes obtenidos, así como el valor del Alpha de Cronbach modificado si se modifica el coeficiente original al eliminar algún adjetivo del eje:

Ejes semánticos	Nombre	Alpha de Cronbach	Alpha Cronb. modificado
E 1	Funcionalidad / Distribución	0,859	
E 2	Calidez	0,805	0,814
E 3	Concentración / Confort	0,754	
E 4	Diseño actual	0,745	
E 5	Iluminación natural	0,770	
E 6	Iluminación artificial	0,687	
E 7	Humedad	0,165	0,257

Tabla 63. Coeficiente Alpha de Cronbach

Si se analizan los valores del Alpha de Cronbach, y siguiendo el criterio establecido de valores mayores de 0,5 son los que muestran un nivel de fiabilidad aceptable, se observa que casi todos los factores tienen una buena consistencia interna.

El eje semántico 7 'Humedad' es el único que no la tiene. Este eje cuando se elimina 'íntima' mejora de 0,165 a 0,257 de fiabilidad. A pesar de este cambio la fiabilidad que proporciona no es aceptable. Este hecho puede justificarse por el bajo número de ítems que agrupa este eje, tan sólo 2, así como por el escaso porcentaje de varianza que explica (4,84%). Por esta razón, este eje no se va a incluir en los análisis posteriores.

En cuanto al resto de ejes, el eje semántico 2 'Calidez' al eliminar 'segura' pasa a tener un coeficiente Alpha de Cronbach de 0,805 a 0,814, siendo este un valor mejor. Esto es lógico puesto que la calidez de un ambiente está más relacionada con que sea cálido, alegre o agradable, más que seguro.

⁴⁶⁰ George, D., Mallery, P., 1995, SPSS/PC+Step by step: a simple guide and reference, Wadsworth Publishing Company, New York. Citado por: Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*

IV.1.3.3. ETAPA 3: ORDENACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS EJES SEMÁNTICOS

En este apartado se procede a la obtención del modelo de relación de los ejes semánticos con la valoración global del aula. Una vez identificados los ejes semánticos que corresponden a los principales adjetivos o cualidades empleados por los alumnos a la hora de valorar las diferentes aulas, el siguiente paso es determinar la importancia de cada uno de estos ejes independientes.

Este análisis se basa fundamentalmente en el modelo de regresión lineal. El objeto de este análisis es efectuar una ordenación de los atributos significativos en un sólo eje con el fin de obtener una lista ordenada de los mismos. Para conseguirlo se relaciona cada uno de los ejes con la variable 'valoración global de las aulas'. De este modo, se determinan los ejes o conceptos que tienen una influencia mayor en el juicio global de una determinada aula y que, por tanto, influyen más a la hora de valorarla positivamente. Además, el modelo de regresión lineal ofrece un modelo cuantitativo simple que permite efectuar posteriormente estimaciones de la adecuación de un aula a partir de juicios sobre los ejes semánticos.

El análisis de regresión se realiza tomando como variable dependiente la valoración global de las aulas y como variables independientes los 6 ejes semánticos iniciales aplicando el método de pasos sucesivos. Este método construye la ecuación de regresión, seleccionando las variables paso a paso.

Modelo	B	Error típ.	β	t	Sig.
(Constante)	0,125	0,022		5,648	0,000
E1_ Funcionalidad / Distribución	0,546	0,022	0,538	24,601	0,000
E2_ Calidez	0,351	0,022	0,346	15,795	0,000
E3_ Concentración / Confort	0,267	0,022	0,263	12,034	0,000
E4_ Diseño actual	0,104	0,022	0,102	4,656	0,000
E5_ Iluminación natural	0,217	0,022	0,213	9,754	0,000
E6_ Iluminación artificial	0,229	0,022	0,225	10,296	0,000
R = 0,765					

Tabla 64. Modelo de regresión lineal para la variable 'valoración global del aula'

En la tabla anterior se recogen los resultados de la regresión en orden de importancia. De esta manera, se muestra un modelo en el que entran 6 atributos de los 7 descritos anteriormente (con un nivel de significación inferior a 0,05), que por orden de entrada son los siguientes:

- 1° Eje 1. Aula funcional, con una buena distribución y ordenada.
- 2° Eje 2. Aula cálida, alegre y agradable.
- 3° Eje 3. Aula confortable, que permite concentrarse.
- 4° Eje 6. Aula con buena luz artificial y bien iluminada.
- 5° Eje 5. Aula con buena iluminación natural y exterior.
- 6° Eje 4. Aula con un diseño actual.

De esta forma, el atributo que en mayor medida se tiene en cuenta a la hora de valorar positivamente una determinada aula es que ésta se perciba como funcional, con una buena distribución, ordenada, amplia y con un buen mobiliario. En segundo lugar, que se aprecie cálida, alegre y agradable. En tercer lugar, que se trate de un aula confortable, que permita concentrarse, que sea silenciosa y con buena temperatura.

La iluminación ocupa el cuarto lugar, haciendo referencia a que el aula tenga una buena iluminación artificial y esté bien iluminada. En quinto lugar, que tenga una buena iluminación natural, sea exterior y tenga una buena ventilación. Finalmente, el último atributo es que tenga un diseño actual.

Por otra parte, la regresión lineal, además de dar a conocer las relaciones entre los factores y la valoración global, permite predecir las posibles respuestas ante estímulos determinados. De esta forma, con los coeficientes que proporciona el modelo para cada uno de estos factores, se obtiene el siguiente ajuste:

Valoración Global Aula = $0,125 + 0,546 \text{ eje } 1 + 0,351 \text{ eje } 2 + 0,267 \text{ eje } 3 + 0,229 \text{ eje } 6 + 0,217 \text{ eje } 5 + 0,104 \text{ eje } 4$

La habilidad de predicción del modelo se muestra por el coeficiente de correlación R que en este caso es 0,765. Este valor muestra la consistencia del modelo establecido y del procedimiento de análisis realizado. En cualquier caso, se comprobará la fiabilidad del modelo posteriormente, cuando se contrasten sus predicciones con la muestra correspondiente a una selección de aulas.

IV.1.3.4. ETAPA 4: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL AULA

IV.1.3.4.1. Obtención y extracción de los factores de propiedades del aula

Para llevar a cabo este análisis se procede de igual manera que en el apartado anterior pero considerando esta vez las propiedades o características del aula. Estas propiedades hacen referencia al conjunto de atributos arquitectónicos, de diseño y de calidad ambiental en el interior de la misma.

Antes de realizar el análisis factorial se comprueba que las variables están correlacionadas mediante el test de esfericidad de Bartlett, cuyos resultados se observan en la tabla 65. Según los datos obtenidos, el nivel de significación es menor de 0,05 por lo que las variables efectivamente están correlacionadas. De esta manera, tiene sentido realizar el análisis factorial.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,891
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	6946,662
	gl	190
	Sig.	0,000

Tabla 65. KMO y prueba de Bartlett para los atributos arquitectónicos y de calidad ambiental interior

En el Anexo 5 (apartado A.5.1.3 - Etapa 4) se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación del análisis factorial. Se extraen 4 factores (apartado A.5.1.3 - Etapa 4 - 2) que, una vez rotados, explican el 56,68% de la varianza del conjunto de variables iniciales (apartado A.5.1.3 - Etapa 4 - 1).

FACTORES	AUTOVALORES	% VARIANZA	% ACUMULADO
FACTOR 1a	3,305	16,523	16,523
FACTOR 2a	3,025	15,125	31,648
FACTOR 3a	2,733	13,667	45,315
FACTOR 4a	2,272	11,360	56,676

Tabla 66. Total de la varianza explicada por los factores

De la misma manera que antes, una vez seleccionados los componentes o factores se interpreta el significado de cada uno de ellos a partir de los valores y signos de la matriz de componentes de las puntuaciones una vez rotada.

En la Tabla 67 se nombra a cada uno de ellos y se añade una breve descripción de cada uno de estos factores, cuyo significado se discute con detalle a continuación.

FACTORES	
FACTOR 1a.	ACABADOS
FACTOR 2a.	ESPACIO DE TRABAJO
FACTOR 3a.	CONDICIONES INTERIORES
FACTOR 4a.	RELACIÓN CON EL EXTERIOR

Tabla 67. Nombres de los factores

El análisis factorial muestra que los alumnos diferencian el conjunto de atributos arquitectónicos y de calidad ambiental en el interior del aula, en primer lugar, según sus acabados. Le siguen los factores relacionados con el espacio de trabajo del alumno, las condiciones interiores del aula y por último, con la relación con el exterior. A medida que disminuye el autovalor de cada factor quiere decir que la varianza explicada es menor y, por tanto, que las aulas se diferencian menos entre sí en función de dicho eje.

Hay que recalcar que, al igual que lo que pasara en el caso anterior, los factores obtenidos corresponden al esquema mental de atributos o características que manejan los propios usuarios o alumnos y que pueden ser diferentes de los que plantean expertos o arquitectos.

A continuación, se analiza de forma detallada el significado de cada factor de propiedades extraído.

Factor 1a

Este es el factor principal y consigue explicar el 16,52% de la varianza de las variables originales. Puesto que ocupa el primer lugar en el análisis factorial se trata del primer atributo que los usuarios reconocen o identifican al diferenciar unas aulas de otras. Todas las variables asociadas a este factor tienen una componente positiva y relativamente grande.

Como puede verse en la Tabla 68, este factor está asociado, con correlación positiva, a los atributos de revestimientos, paredes, techo, decoración, puertas y pavimento. En definitiva este factor puede resumirse como aquel que agrupa los atributos relacionados con los **acabados**.

Factor		Factores de las propiedades del aula				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
1a	Acabados	Revestimientos	0,797			16,523%	0,821
		Paredes	0,785				
		Techo	0,739				
		Decoración	0,622				
		Puertas	0,570				
		Pavimento	0,552				

Tabla 68. Variables que componen el Factor 1a

Factor 2a

El segundo factor extraído del análisis factorial agrupa el 15,13 % de la varianza de las variables originales. Todas las variables asociadas a este factor tienen una componente positiva y relativamente grande, siendo las que contribuyen de manera más significativa las que hacen referencia a los atributos que hacen referencia a la distribución del mobiliario, a las dimensiones del aula, al mobiliario y a la ubicación y accesos. Puede resumirse como un factor que recoge el **espacio de trabajo del alumno** en un aula.

Factor		Factores de las propiedades del aula				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
2a	Espacio de trabajo	Distribución mobiliario	0,832			15,125%	0,810
		Dimensiones	0,823				
		Mobiliario	0,764				
		Ubicación y accesos	0,619				

Tabla 69. Variables que componen el Factor 2a

Factor 3a

Este factor consigue explicar el 13,67% de la varianza. Al igual que los factores anteriores, todas las variables que agrupa tienen relaciones positivas.

Se asocia con las variables que hacen referencia a las condiciones acústicas, el nivel de ruido, la iluminación artificial, las condiciones de humedad, el equipamiento y la distribución de las instalaciones. Todos estos atributos hacen referencia a las **condiciones interiores** del aula.

Factor	Factores de las propiedades del aula				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
3a	Condiciones interiores	Condiciones acústicas	0,758		13,667%	0,750
		Nivel de ruido	0,697			
		Iluminación artificial	0,561			
		Condiciones humedad	0,500			
		Equipamiento	0,472			
		Distribución instalaciones	0,447			

Tabla 70. Variables que componen el Factor 3a

Factor 4a

El cuarto factor explica el 11,36% de la varianza. Agrupa con coeficientes positivos las variables relacionadas con la iluminación natural, las ventanas, las condiciones de ventilación y las condiciones térmicas. En definitiva, este factor agrupa los atributos que hacen referencia a la relación del aula con el exterior.

Es importante subrayar que tanto en este factor como en el anterior figuran variables relacionadas con la calidad ambiental interior del aula: condiciones acústicas, nivel de ruido, condiciones de humedad, condiciones de ventilación y condiciones térmicas.

Destaca como en el universo semántico del alumno estas variables están diferenciadas entre aquellas que se refieren al ambiente interior del aula y aquellas que se refieren a la relación del aula con el exterior. A su vez, al igual que en el caso anterior, el concepto de la iluminación artificial y la iluminación natural siguen separados. La iluminación artificial se relaciona con los factores interiores y la iluminación natural con la relación del aula con el exterior.

Factor		Factores de las propiedades del aula				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
4a	Relación con el exterior	Iluminación natural	0,797			11,360%	0,742
		Ventanas	0,699				
		Condiciones ventilación	0,662				
		Condiciones térmicas	0,483				

Tabla 71. Variables que componen el Factor 4a

Como en el caso anterior, se emplea el coeficiente Alpha de Cronbach⁴⁶¹ para medir la consistencia interna de la escala empleada, lo que se fundamenta en cuantificar la correlación que existe entre los ítems que la componen. Los resultados de este coeficiente para las propiedades del aula se muestran en la tabla siguiente:

Factores	Nombre	Alpha de Cronbach	Alpha Cronb. modificado
Factor 1a	Acabados	0,821	
Factor 2a	Espacio de trabajo	0,810	0,820
Factor 3a	Condiciones interiores	0,750	
Factor 4a	Relación con el exterior	0,742	

Tabla 72. Coeficiente Alpha de Cronbach

Analizando los valores del Alpha de Cronbach, y siguiendo el criterio establecido de valores mayores de 0,5 son los que muestran un nivel de fiabilidad aceptable⁴⁶², se observa que casi todos los factores tienen una buena consistencia interna.

El factor 2a 'Espacio de trabajo' al eliminar 'ubicación y accesos' pasa a tener un coeficiente Alpha de Cronbach de 0,810 a 0,820, siendo este un valor superior. Esto es lógico puesto que el espacio de trabajo que utiliza un alumno para trabajar en el aula está más relacionado con la distribución del mobiliario, las dimensiones del aula o el propio mobiliario en sí.

⁴⁶¹ Cronbach, L. J., 1951, *op. cit.* Citado por: Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*

⁴⁶² George, D., Mallery, P., 1995, *op. cit.*

IV.1.3.4.2. Análisis de la influencia de las propiedades del aula en la valoración del aula

En este apartado se estudia la relación de los factores de propiedades con los ejes semánticos y su incidencia con la valoración global del aula.

a. Relación de los ejes semánticos con los factores de propiedades del aula

Para establecer la relación entre las propiedades del aula y el universo semántico se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Pearson, cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente:

		E1_ Funcio- nalidad	E2_ Calidez	E3_ Confort	E4_ Diseño actual	E5_ I. natural	E6_ I. artificial
F1a_Ac a- bados	Corr. Pearson	0,034	0,192**	0,057	0,405**	0,166**	0,089**
	Sig. (bilat)	0,313	0,000	0,094	0,000	0,000	0,009
F2a_Es p. Trabajo	Corr. Pearson	0,700**	0,166**	0,005	-0,126**	-0,090**	0,126**
	Sig. (bilat)	0,000	0,000	0,883	0,000	0,008	0,000
F3a_Cond Interiores	Corr. Pearson	0,084*	0,154**	0,436**	0,098**	-0,103**	0,311**
	Sig. (bilat)	0,014	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000
F4a_Rel. Exterior	Corr. Pearson	-0,003	0,175**	0,151**	0,133**	0,586**	-0,025
	Sig. (bilat)	0,932	0,000	0,000	0,000	0,000	0,463
	N	862	862	862	862	862	862
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).							
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).							

Tabla 73. Correlación los ejes semánticos y las propiedades del aula

A continuación, se analizan los valores del coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre los ejes semánticos y los factores de los atributos arquitectónicos y de calidad ambiental en el interior del aula. En primer lugar, se observa que el eje semántico de la distribución está altamente relacionado con el espacio de trabajo que el alumno tiene para trabajar y, con menor relación, con las condiciones interiores del aula.

Por otro lado, el eje que recoge la calidez del aula se relaciona a su vez con todos los factores de los atributos del aula. Por orden, con los acabados, las condiciones exteriores (eje que incluye la iluminación natural), el espacio de trabajo y las condiciones interiores (factor que incluía la iluminación artificial).

En la figura siguiente se muestran estas relaciones:

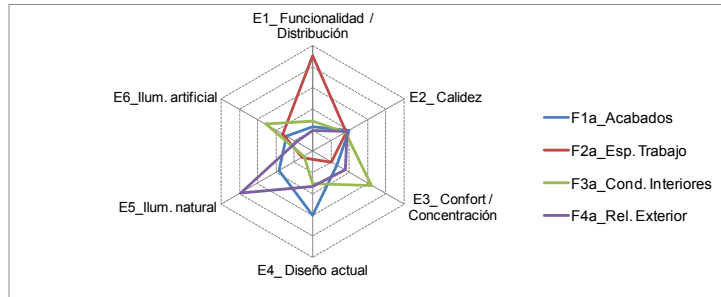


Fig. 79. Correlación entre los ejes semánticos y los factores de propiedades del aula

En cuanto al eje que recoge el confort y la capacidad del alumno para concentrarse en el aula se relaciona con las condiciones interiores y con la relación con el exterior. Esto es significativo porque estos dos factores reúnen todos los atributos de la calidad ambiental interior en el aula. De esta manera, según estos datos, el confort y la capacidad para concentrarse de los alumnos están relacionados significativamente con las condiciones ambientales interiores del aula.

Esto se corresponde con las afirmaciones de Clements-Croome⁴⁶³ en las que afirma que las escuelas son una categoría de edificios en los que un alto nivel de calidad ambiental interior (IEQ) puede mejorar considerablemente la atención de los ocupantes, la concentración, el aprendizaje, la audición y las presentaciones.

Por otro lado, el eje que agrupa el diseño actual se relaciona principalmente con el factor de acabados del aula. En menor medida con la relación con el exterior y, por último, con las condiciones interiores. A su vez, este eje tiene una correlación negativa con el espacio de trabajo que tiene el alumno en el aula. Con respecto a los ejes que incluyen la iluminación, es interesante ver como efectivamente, el eje que aglutina la iluminación natural se relaciona significativamente con el factor que reúne los atributos de relación con el exterior, factor que incluye la iluminación natural.

⁴⁶³ Clements-Croome, D., 2001, *Influence of social organization and environmental factors and well-being in the office workplace*, Proceedings of CLIMA 2000, world congress, Naples, September. Citado por: Corgnati, S. P., Ansaldi, R., Filippi, M., 2009, Thermal Comfort in Italian Classrooms under Free Running Conditions during Mid Seasons: Assessment through Objective and Subjective Approaches, *Building and Environment*, 44, pp. 785-92.

A su vez, la iluminación natural también está un poco vinculada con los acabados. Sin embargo, no está relacionada con el espacio de trabajo del alumno y las condiciones interiores del aula. El eje que reúne la iluminación artificial también se relaciona con el factor de las condiciones interiores que aglutina a su vez la iluminación artificial. Esta relación da una idea de la coherencia y validez de los resultados obtenidos.

b. Relación de los factores de propiedades con la valoración global del aula

Como se ha visto anteriormente, se han identificado los factores que corresponden a los principales atributos de diseño o cualidades del aula utilizados por los alumnos a la hora de valorar las diferentes aulas. El paso siguiente consiste en determinar la importancia de cada uno de estos factores independientes. Esta ordenación se realiza relacionando cada uno de los ejes con la variable 'valoración global de las aulas'. Así, se determinan los factores o conceptos que tienen una influencia mayor en el juicio global de una determinada aula y que influyen más a la hora de valorarla positivamente.

Para ordenarlos se recurre al mismo análisis que se ha utilizado para la ordenación de los ejes del universo semántico del aula. Del mismo modo, se basa fundamentalmente en el modelo de regresión lineal. La finalidad de este análisis es efectuar una ordenación de los atributos significativos, de manera que se pueda obtener una lista ordenada de atributos. El análisis de regresión se elabora tomando como variable dependiente la valoración global y como variables independientes 4 factores iniciales aplicando el método de pasos sucesivos. Este método construye la ecuación de regresión, seleccionando las variables paso a paso. Sus resultados se muestran en la tabla 74.

Modelo	B	Error típ.	β	t	Sig.
(Constante)	0,122	0,025		4,853	0,000
F2a_ESPACIO TRABAJO	0,487	0,025	0,480	19,382	0,000
F3a_CONDICIONES INTERIORES	0,352	0,025	0,346	14,003	0,000
F4a_RELACIÓN CON EL EXTERIOR	0,288	0,025	0,283	11,441	0,000
F1a_ACABADOS	0,173	0,025	0,170	6,858	0,000
R = 0,676					

Tabla 74. Modelo de regresión lineal para la variable valoración global del aula

Como se observa en la tabla anterior, se agrupan los resultados de la regresión en orden de importancia. De este modo, se expone un modelo en el que entran 4 atributos de los 4 descritos anteriormente (con un nivel de significación inferior a 0,05), que por orden de entrada son los siguientes:

- 1° Factor 2a. Espacio de trabajo.
- 2° Factor 3a. Condiciones interiores.
- 3° Factor 4a. Relación con el exterior.
- 4° Factor 1a. Acabados.

Según este orden, el atributo que en mayor medida se tiene en cuenta a la hora de valorar positivamente una determinada aula es el alumno perciba que tiene un buen espacio para trabajar, es decir, que tenga una buena distribución del mobiliario, dimensiones adecuadas, correcto mobiliario y buena ubicación y accesos.

En segundo lugar, que las condiciones ambientales interiores sean adecuadas en lo que se refiere a condiciones acústicas, nivel de ruido, iluminación artificial, condiciones de humedad, equipamiento y distribución de las instalaciones.

En tercer lugar, que se trate de un aula que tenga una conveniente relación con el exterior en lo que se refiere a iluminación natural, ventanas, condiciones ventilación y condiciones térmicas. Por último y cuarto lugar, que el aula tenga unos buenos acabados haciendo referencia a los revestimientos, paredes, techo, decoración, puertas y pavimento.

Por otra parte, la regresión lineal permite predecir las posibles respuestas ante estímulos determinados, además de dar a conocer las relaciones entre los factores y la valoración global. De esta forma, con los coeficientes que proporciona el modelo para cada uno de estos factores, se obtiene el siguiente ajuste:

$$\text{Valoración Global Aula} = 0,122 + 0,487 \text{ factor 2a} + 0,352 \text{ factor 3a} + 0,288 \text{ factor 4a} + 0,173 \text{ factor 1a}$$

El coeficiente de correlación R es 0,676 y muestra la habilidad de predicción del modelo. Este valor muestra la consistencia del modelo establecido y del procedimiento de análisis realizado.

IV.1.3.5. ETAPA 5: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS TAREAS

IV.1.3.5.1. Obtención y extracción de los factores de tareas

Para llevar a cabo este análisis se procede de igual manera que en los apartados anteriores pero considerando esta vez el conjunto de tareas que se realizan en el aula.

Antes de realizar el análisis factorial se comprueba que las variables están correlacionadas mediante el test de esfericidad de Barlett. Según los datos obtenidos, las variables efectivamente están correlacionadas por lo que tiene sentido realizar el análisis factorial ya que el nivel de significación es menor de 0,05, según se muestra en la tabla siguiente:

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,840
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	4162,586
	gl	66
	Sig.	0,000

Tabla 75. KMO y prueba de Bartlett para las tareas

En el Anexo 5 (apartado A.5.1.3 - Etapa 5) se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación del análisis factorial. Se extraen 3 factores de tareas (apartado A.5.1.3 - Etapa 5 - 2) que, una vez rotados, explican el 61,27% de la varianza del conjunto de variables originales (apartado A.5.1.3 - Etapa 5 - 1). En la tabla 76 se muestran estos resultados.

FACTORES	AUTOVALORES	% VARIANZA	% ACUMULADO
FACTOR 1t	2,774	23,113	23,113
FACTOR 2t	2,607	21,723	44,835
FACTOR 3t	1,972	16,432	61,268

Tabla 76. Total de la varianza explicada por los factores

Al igual que antes, una vez seleccionados los componentes o factores se interpreta el significado de cada uno de ellos a partir de los valores y signos de la matriz de componentes de las puntuaciones una vez rotada.

En la Tabla 77 se nombra a cada uno de ellos y se añade una breve descripción de cada uno de estos factores, cuyo significado se discute con detalle a continuación.

FACTORES
FACTOR 1t. LEER, ESCRIBIR
FACTOR 2t. ATENCIÓN
FACTOR 3t. DIALOGAR

Tabla 77. Nombres de los factores

El análisis factorial muestra que los alumnos diferencian las tareas que realizan en el aula en primer lugar, como leer o escribir. Le siguen los factores relacionados con la atención del alumno, y por último, con las tareas relacionadas con dialogar o el trabajo colectivo.

A medida que disminuye el autovalor de cada factor quiere decir que la varianza explicada es menor y, por tanto, que las tareas se diferencian menos entre sí en función de dicho factor.

Del mismo modo que en los casos anteriores, hay que subrayar que los factores obtenidos corresponden al esquema mental de tareas que manejan los propios usuarios o alumnos y que pueden ser diferentes de los que plantean expertos, arquitectos o profesores.

Seguidamente, se analiza de forma detallada el significado de cada factor de tareas extraído en este análisis.

Factor 1t

Este es el factor principal y consigue explicar el 23,11% de la varianza de las variables originales. Puesto que ocupa el primer lugar en el análisis factorial se trata del primer atributo que los estudiantes reconocen o identifican al diferenciar unas tareas de otras. Todas las variables asociadas a este factor tienen una componente positiva y relativamente grande.

Como puede verse en la Tabla 78, este factor está asociado, con correlación positiva, a las tareas de leer, escribir, repasar los apuntes o dibujar. En definitiva este factor recoge las tareas de **leer** o **escribir**.

Factor		Factores de tareas				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
1t	Leer / escribir	VT1_Leer	0,848			23,11%	0,790
		VT2_Escribir	0,844				
		VT8_Repasar los apuntes	0,683				
		VT3_Dibujar	0,558				

Tabla 78. Variables que componen el Factor 1t

Factor 2t

El segundo factor extraído del análisis factorial agrupa el 21,72 % de la varianza de las variables originales. Al igual que en caso anterior, todas las variables asociadas a este factor tienen una componente positiva y relativamente grande.

Contribuyen de manera significativa las que hacen referencia a las tareas de atender, atender a la pizarra, ver el proyector y formular cuestiones al profesor. Puede resumirse como un factor que recoge la **atención** que el alumno presta en el aula.

Factor		Factores de tareas				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
2t	Atención	VT6_Atender	0,847			21,72%	0,810
		VT5_Atender a la pizarra	0,829				
		VT7_Ver el proyector	0,764				
		VT4_Formular cuestiones al profesor	0,594				

Tabla 79. Variables que componen el Factor 2t

Factor 3t

Este factor consigue explicar el 13,67% de la varianza. Al igual que los factores anteriores, todas las variables que agrupa tienen relaciones positivas. Se asocia con las variables que hacen referencia a las tareas de dialogar, trabajar con el ordenador, corregir o reflexionar. Todos estos atributos hacen referencia al **diálogo** o al trabajo colectivo de los estudiantes en el aula.

Factor	Factores de tareas				Contribución %	Alpha de Cronbach
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
3t	Dialogar	VT9_Dialogar	0,709		16,43%	0,636
		VT10_Trabajar con el ordenador	0,699			
		VT11_Corregir	0,652			
		VT12_Reflexionar	0,567			

Tabla 80. Variables que componen el Factor 3t

Como en los casos anteriores, se emplea el coeficiente Alpha de Cronbach⁴⁶⁴ para cuantificar la correlación que existe entre los ítems que la componen. Los resultados se presentan en la tabla siguiente:

Factores	Nombre	Alpha de Cronbach	Alpha Cronb. modificado
FACTOR 1t	LEER / ESCRIBIR	0,790	
FACTOR 2t	ATENCIÓN	0,810	
FACTOR 3t	DIALOGAR	0,636	

Tabla 81. Coeficiente Alpha de Cronbach para los factores de tareas

Después de analizar los valores del Alpha de Cronbach, y siguiendo el criterio establecido de valores mayores de 0,5 son los que muestran un nivel de fiabilidad aceptable⁴⁶⁵, se observa que casi todos los factores tienen una buena consistencia interna.

⁴⁶⁴ Cronbach, L. J., 1951, *op. cit.* Citado por: Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*

⁴⁶⁵ George, D., Mallery, P., 1995, *op. cit.*

IV.1.3.5.2. Análisis de la influencia de las tareas en la valoración del aula

a. Relación de los ejes semánticos con los factores de tareas

Al igual que en los casos anteriores, para establecer esta relación se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Pearson. En la tabla siguiente se analizan los valores del coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre los ejes semánticos y los factores de las tareas.

		E1_ Funcio- nalidad	E2_ Calidez	E3_ Confort	E4_ Diseño actual	E5_ I. natural	E6_ I. artificial
F1t_Leer	Corr. Pearson	0,179**	0,172**	0,162**	-0,086*	0,243**	0,185**
	Sig. (bilat)	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000
F2t_Ate n-ción	Corr. Pearson	0,326**	0,166**	0,175**	0,019	0,005	0,214**
	Sig. (bilat)	0,000	0,000	0,000	0,577	0,875	0,000
F3t_Dialogar	Corr. Pearson	0,175**	0,194**	0,141**	0,090**	0,008	0,104**
	Sig. (bilat)	0,000	0,000	0,000	0,008	0,803	0,002
	N	868	868	868	868	868	868
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).							
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).							

Tabla 82. Correlaciones entre los ejes semánticos y las tareas

Se advierte que los factores de tareas tienen en general una relación más débil con los ejes semánticos que los factores de propiedades del aula ya que las propiedades y los ejes del universo semántico hacen referencia a elementos similares del ambiente interior del aula, cosa que no sucede con las tareas.

Analizando ya en particular cada uno de los factores de tareas, en primer lugar, se observa que el factor que recoge el trabajo individual del alumno como leer, escribir, repasar los apuntes o dibujar está altamente relacionado con el eje semántico de la iluminación natural. Esto resulta lógico porque son tareas exigentes desde el punto de vista de la iluminación que necesitan unas buenas necesidades lumínicas. Del mismo modo, también está relacionado en segundo lugar con el eje de la iluminación artificial del aula.

Por otro lado, el factor de tareas de leer o escribir, como también resulta lógico, se relaciona de manera similar con los ejes semánticos de funcionalidad, calidez y confort del aula. De forma que el alumno para leer o escribir en el aula considera que necesita una buena iluminación tanto natural como artificial y unas buenas condiciones de funcionalidad, calidez y confort en la misma. Sin embargo, la correlación es negativa respecto al diseño actual del aula, o lo que es lo mismo, que el diseño sea actual se relaciona negativamente a este trabajo individual. Esto puede ser un sesgo de la muestra producido porque las aulas con un diseño más actual tengan condiciones que impidan este tipo de tareas.

En segundo lugar, el factor que recoge las tareas relacionadas con la atención como atender, atender a la pizarra, ver el proyector o formular cuestiones al profesor está vinculado con el eje de la funcionalidad del aula. A su vez, también está relacionado con la calidez y el confort. Por otro lado, estas tareas sí que están vinculadas con la iluminación artificial y no lo están con la luz natural. Lo cual resulta bastante coherente ya que generalmente, cuando se realizan estas tareas no se necesita demasiada luz natural e incluso algunas se efectúan a oscuras, como la de ver el proyector. Otro factor con el que no están relacionadas es con que el diseño del aula sea actual, lo cual también resulta lógico.

Finalmente, el factor de las tareas que agrupa el diálogo o el trabajo en grupo se relaciona principalmente con los ejes semánticos que hacen referencia a la calidez del aula y a su funcionalidad. En menor medida con aquellos que se vinculan a la iluminación artificial y el diseño actual. Sin embargo, no existe relación alguna de este tipo de tareas con la iluminación natural.

Las relaciones comentadas se muestran gráficamente en la tabla siguiente:

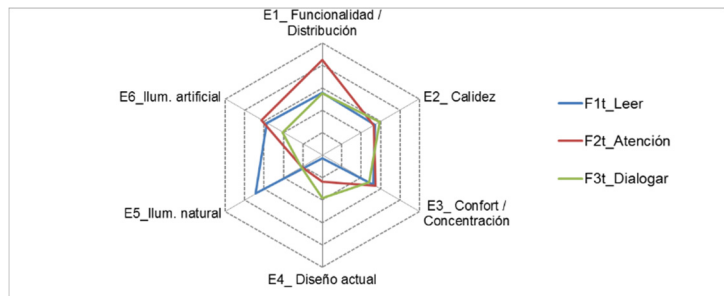


Fig. 80. Correlación entre los ejes semánticos y los factores de tareas

b. Relación de los factores de tareas con la valoración global del aula

Como se ha visto anteriormente, se han identificado las tareas que los alumnos realizan en el aula. El siguiente paso consiste en determinar la importancia de cada uno de estos factores independientes relacionando cada uno de ellos con la variable 'valoración global de las aulas'.

Así, se establecen los factores o tareas que tienen una influencia mayor en la valoración global de una determinada aula y que, por tanto, influyen más a la hora de calificarla positivamente.

Con el fin de ordenarlos, se recurre al mismo análisis que se ha utilizado en los casos anteriores. Este análisis se basa fundamentalmente en el modelo de regresión lineal, cuya finalidad es efectuar una ordenación de los atributos significativos para obtener una lista ordenada.

El análisis de regresión se realiza tomando como variable dependiente la valoración global de las aulas y como variables independientes los 3 factores originales aplicando el método de pasos sucesivos. Este método construye la ecuación de regresión, seleccionando las variables paso a paso. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Modelo	B	Error tip.	β	t	Sig.
(Constante)	0,134	0,027		5,052	0,000
F2t_ATENCIÓN	0,438	0,027	0,432	16,497	0,000
F1t_LEER/ ESCRIBIR	0,353	0,027	0,348	13,302	0,000
F3t_DIALOGAR	0,284	0,027	0,280	10,686	0,000
R = 0,621					

Tabla 83. Modelo de regresión lineal para la variable valoración global del aula

Según se advierte en la tabla anterior, se agrupan los resultados de la regresión en orden de importancia. En ella se muestra un modelo en el que entran 3 atributos de los 3 descritos anteriormente (con un nivel de significación inferior a 0,05), que por orden de entrada son los siguientes:

- 1° Factor 2t. Atención.
- 2° Factor 1t. Leer, escribir.
- 3° Factor 3t. Dialogar.

Según este orden, la tarea que en mayor medida se tiene en cuenta a la hora de evaluar positivamente una determinada aula es que el alumno perciba que tiene en ella un buen espacio para atender, atender a la pizarra, ver el proyector y formular cuestiones al profesor. En segundo lugar, que pueda realizar correctamente las tareas que requieren un trabajo más individual como leer, escribir, repasar los apuntes y dibujar. En tercer lugar, que se trate de un aula que permita el diálogo o el trabajo colectivo en lo que se refiere a las tareas de dialogar, trabajar con el ordenador, corregir y reflexionar.

Por otra parte, la regresión lineal permite predecir las posibles respuestas ante determinados estímulos, además de mostrar las relaciones entre la valoración global y los factores de tareas. De esta manera, con los coeficientes que proporciona el modelo para cada uno de estos factores, se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Valoración Global Aula} = 0,134 + 0,438 \text{ factor } 2t + 0,353 \text{ factor } 1t + 0,284 \text{ factor } 3t$$

El coeficiente de correlación R es 0,621 y muestra la habilidad de predicción del modelo. Este valor muestra la consistencia del modelo establecido y del procedimiento de análisis realizado.

IV.1.3.6. ETAPA 6: VALIDACIÓN DEL MODELO OBTENIDO

La validación del modelo se realiza una vez se han identificado los ejes semánticos que representan los conceptos utilizados por los alumnos para diferenciar unas aulas de otras, y se ha establecido el modelo cuantitativo que relaciona la valoración de cada eje con la preferencia por una aula particular.

En este apartado, se comprueba la validez de la metodología propuesta y se demuestran sus posibilidades de aplicación a través del análisis particularizado de varias aulas. Para ello, se han seleccionado 6 aulas representativas (ver anexo 6, Experiencia 1 - Aulas utilizadas para la validación): 4 para la obtención de los perfiles semánticos y 2 para la validación.

Se ha intentado abarcar aulas que a priori parecen tener características muy distintas. De esta forma, se han incluido aulas de teoría, de prácticas, de informática, laboratorios, etc. Las aulas escogidas de la Universidad Politécnica de Valencia para la realización de los perfiles semánticos han sido:

- Aula 1: ETSIE aula I. 8
- Aula 2: ETSIA aula N6
- Aula 3: ETSICCP aula B.6
- Aula 4: ETSII aula 422

A continuación, se muestran las imágenes de cada una de ellas. La información completa se encuentra en el anexo 6.



Fig. 81. Aula 1: ETSIE aula I. 8



Fig. 82. Aula 2: ETSIA aula N6



Fig. 83. Aula 3: ETSICCP aula B6



Fig. 84. Aula 4: ETSII aula 422

El primer paso para la validación ha sido pasar en las aulas seleccionadas un conjunto adicional de cuestionarios. Posteriormente, se han confeccionado los correspondientes perfiles semánticos en base a los 6 ejes semánticos extraídos en el modelo. Dichos perfiles se han obtenido a partir de los resultados de las encuestas correspondientes a dichas aulas, transformadas mediante las ecuaciones de definición de los ejes. Acto seguido, se han efectuado comparaciones entre ellos y, por último, se han comprobado las predicciones del modelo de ordenación de los atributos con los resultados obtenidos en este estudio adicional.

Puesto que los ejes son variables normalizadas, las valoraciones positivas representan valoraciones por encima de la media; de la misma forma, puntuaciones negativas indican valoraciones por debajo de la media del conjunto de valoraciones del estudio previo.

Finalmente, se ha procedido a la validación del modelo. Como este modelo se ha obtenido para estimar la valoración global de las aulas, para validarlo se ha comprobado la aptitud del ajuste lineal en cada caso, es decir, se ha contrastado la diferencia entre los resultados propuestos por el modelo y las respuestas reales de los alumnos.

IV.1.3.6.1. Perfiles semánticos

En este apartado se analizan de forma detallada los perfiles semánticos de las aulas, lo que ilustra las posibilidades de la metodología desarrollada para analizar las causas en las diferencias de percepción entre ellas. Según Alcántara *et ál.*⁴⁶⁶, un perfil semántico es una herramienta gráfica que permite interpretar y analizar los resultados de la semántica diferencial sobre un producto concreto (perfil semántico individual) o comparar dos productos (perfil semántico comparado).

Mediante un perfil semántico se muestran las medias de las puntuaciones normalizadas de cada uno de los factores semánticos que configuran el producto en cuestión. En este caso, aulas. El perfil semántico tiene una relevancia potencial para el desarrollo y mejora de nuevos productos, además de ser una herramienta visual. Según Alcántara *et ál.*⁴⁶⁷, el perfil semántico individual permite mostrar cómo son percibidos los atributos más importantes de un producto, de modo que éstos puedan ser modificados y mejorados para aumentar la satisfacción del usuario.

Por otro lado, los perfiles semánticos comparados permiten controlar el proceso de innovación y cambios de diseño a partir de las expectativas y preferencias de los usuarios mediante la comparación de dos productos. Esto ofrece nuevas posibilidades para el desarrollo de productos orientados al usuario, desde una perspectiva emocional.

⁴⁶⁶ Alcántara, E., Artacho, M. A., González, J. C., García, A. C., 2005, Application of product semantics to footwear design. Part II-comparison of two clog designs using individual and compared semantic profiles, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 35, nº 8, pp. 727-735. Citado por: Galiana, M., 2010, *op. cit.*, p. 276.

⁴⁶⁷ Alcántara, E., Artacho, M. A., González, J. C., García, A. C., 2005, *op. cit.* Citado por: Galiana, M., 2010, *op. cit.*, p. 277.

A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada una de las aulas analizadas. A partir de los perfiles semánticos que se muestran en las figuras siguientes, se puede interpretar la valoración que los alumnos han hecho de los distintos aspectos de su aula.

Se ha utilizado en todos los casos el mismo tipo de figura cuya interpretación es clara: a partir del eje de ordenadas, las valoraciones positivas aparecen representadas con barras horizontales de color marrón oscuro. Cuando más grande es el valor obtenido, mayor es la puntuación de ese factor. Del mismo modo, las barras de color marrón claro representan los ejes valorados negativamente.

1. UPV - ETSIE aula I. 8

En la siguiente figura se muestra el perfil semántico obtenido por el aula I.8 de la ETSIE. En ella se puede ver como en el eje de ordenadas aparecen los valores medios normalizados de las puntuaciones emitidas por los alumnos y en el de abscisas, los ejes semánticos de valoración que se han obtenido previamente. De este modo, se puede advertir fácilmente qué cualidades de las aulas tienen una influencia positiva y son las más valoradas y cuáles, por el contrario, tienen valoraciones negativas.

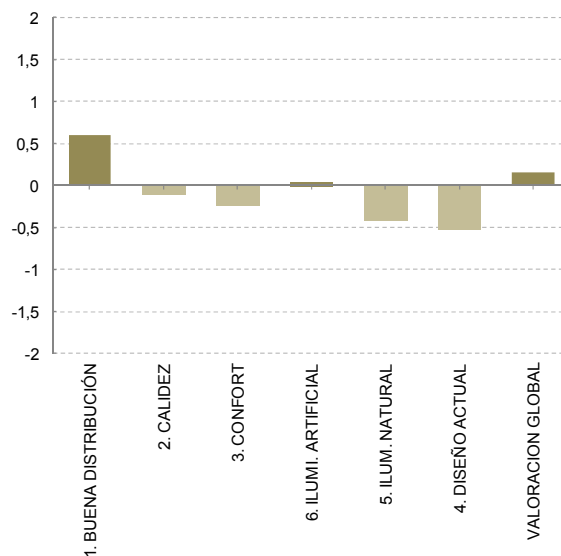


Fig. 85. Perfil semántico del aula I.8 de la ETSIE

Se han ordenado los ejes siguiendo el resultado del modelo de regresión lineal, empezando desde la izquierda por los ejes que más influyen en la valoración global y siguiendo en orden descendente. Los ejes que se refieren a la iluminación figuran en el cuarto y quinto lugar empezando por la izquierda y se separan en iluminación artificial y natural. Al final de cada gráfico, se incluye una barra que hace referencia al valor obtenido del aula en su valoración global.

En la figura 85 se advierte que esta aula tiene unas puntuaciones bastante neutras. Destaca su valoración positiva en el eje nº 1 (Aula con buena distribución) y más ligeramente su valoración del eje nº 6 (Aula con iluminación artificial). En el resto de ejes presenta valoraciones negativas como en el nº 2 (Aula con calidez), en el nº 3 (Aula confortable), en el nº4 (Aula con diseño actual) y en el nº 5 (Aula con buena iluminación natural). Aunque la valoración de determinados ejes resulte negativa, las puntuaciones muy superiores a la media de los ejes nº 1 y 6 hacen que la valoración global del aula sea positiva y cercana a la media. Hay que recordar que este eje nº1 ocupaba las primeras posiciones en importancia en cuanto a la valoración global del aula.

2. UPV - ETSIA aula N6

En la figura siguiente se muestra el perfil semántico obtenido por el aula N6 de la ETSIA.

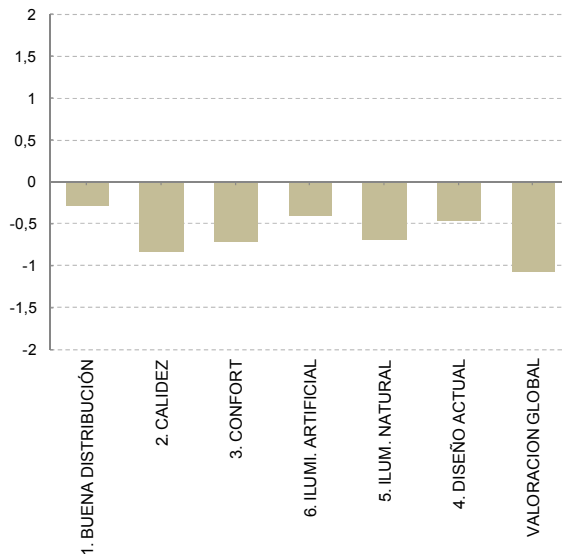


Fig. 86. Perfil semántico del aula N6 de la ETSIA

En ella se distingue que el aula N6 aparece con una puntuación negativa en todos los ejes: en el nº 1 (Aula con buena distribución), el nº 2 (Aula con calidez), en el nº 3 (Aula confortable), en el nº4 (Aula con diseño actual), en el nº 5 (Aula con buena iluminación natural) y en nº 6 (Aula con iluminación artificial). Estas puntuaciones negativas en todos los ejes semánticos determinan que la valoración global del aula sea también negativa para el colectivo entrevistado, con una valoración global inferior a la media del conjunto de aulas.

3. UPV - ETSICCP aula B6

En la figura siguiente se representa el perfil semántico obtenido por el aula B6 de la ETSICCP. En ella se muestra como un aula con una buena distribución y una buena iluminación natural. Sin embargo, es percibida como un aula poco cálida, poco confortable, con un diseño no actual y con una iluminación artificial no adecuada.

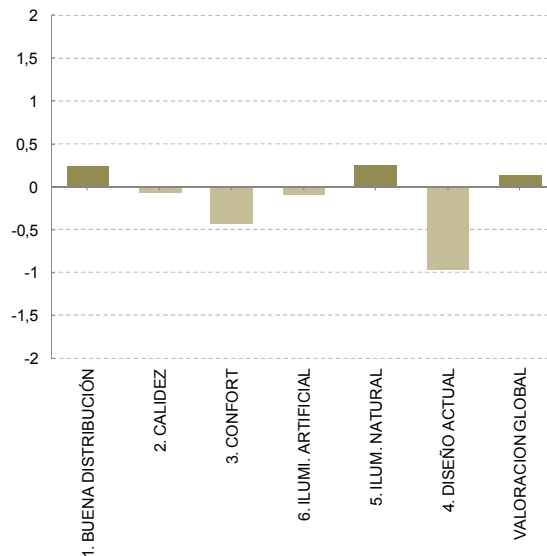


Fig. 87. Perfil semántico del aula B6 de la ETSICCP

La valoración global es ligeramente positiva, con una puntuación por cercana de la media del conjunto de aulas, debido a las puntuaciones positivas en los ejes nº 1 (buena distribución) y nº 5 (iluminación natural) que contrarrestan las valoraciones negativas en el resto de los ejes.

4. UPV - ETSII aula 422

En la siguiente figura se muestra el perfil semántico obtenido por el aula 422 de la ETSII. En ella se advierte que esta aula destaca por sus valoraciones negativas en la mayoría de sus ejes como el nº 1 (Aula con buena distribución), el nº 2 (Aula con calidez), el nº 4 (Aula de diseño actual).

Las valoraciones de la iluminación también son negativas sobre todo en el nº 5 (Aula con iluminación natural). Tan sólo obtiene una puntuación ligeramente positiva en el nº 3 (Confort).

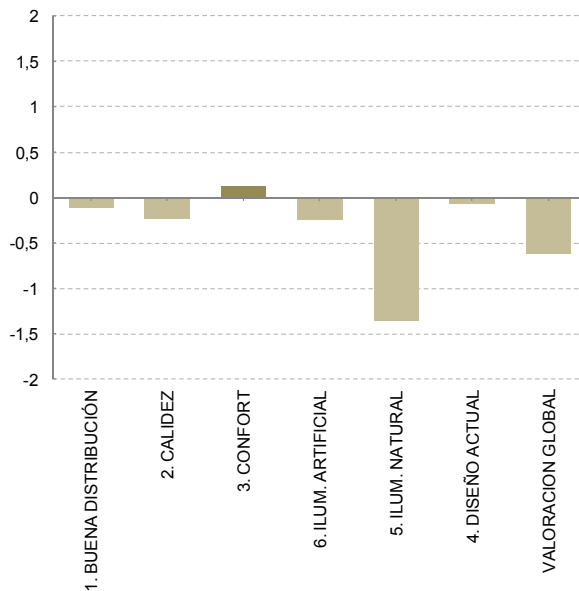


Fig. 88. Perfil semántico del aula 422 de la ETSII

Según estos datos, esta aula es percibida negativamente en los atributos relevantes en la valoración del aula en su conjunto, ya que se aprecia con mala distribución, no cálida, de diseño no actual, con una mala iluminación artificial y muy mala iluminación natural. De este modo, la valoración global es negativa.

IV.1.3.6.2. Comparativa de Perfiles semánticos

Una de las posibles aplicaciones de los perfiles semánticos es determinar las diferencias entre unos productos y otros. En el caso del análisis de aulas, la ventaja de los perfiles semánticos es que permiten contrastar de forma muy visual las características de diferentes aulas.

En este apartado, se comparan los perfiles semánticos de dos aulas reservadas para la fase de comparativa de los perfiles semánticos. Ambas se sitúan en la Universidad Politécnica de Valencia. Concretamente son: el aula 422 de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA), un aula que se dedica a prácticas de proyectos y el aula A-4-5 de la Facultad de Bellas Artes (BB AA), aula dedicada fundamentalmente a teoría.

Las siguientes figuras muestran las imágenes de ambas aulas. La descripción completa se encuentra en el anexo 6, Experiencia 1 - Aulas utilizadas para la validación. En las figuras siguientes se muestra una imagen de cada una de ellas.



Fig. 89. Aula 1: ETSA aula 422



Fig. 90. Aula 2: BB AA aula A-4-5

La figura siguiente muestra un ejemplo de aplicación de los perfiles semánticos comparados correspondiente a las dos aulas. En este caso, los ejes también se han ordenado según el modelo de regresión lineal, empezando desde la arriba por los ejes que más influyen en la valoración global y siguiendo en orden descendente.

En las dos últimas barras se muestra la valoración global de cada aula. Como en las figuras anteriores, se marcan en color más oscuro los valores positivos y en color más claro los valores negativos.

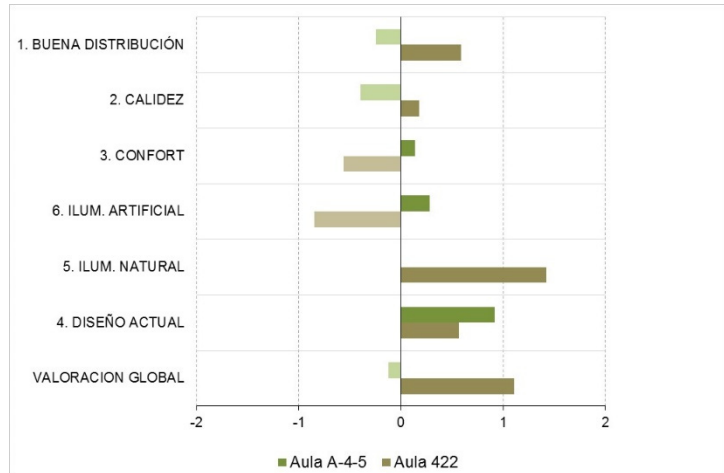


Fig. 91. Perfil semántico comparado del aula 422 de la ETSAV y del aula A-4-5 de BB AA

En la figura anterior, se observan en ambas aulas claras diferencias de percepción en casi todos los ejes evaluados. Si se comienza por los ejes de mayor peso en la valoración global según los modelos de regresión, se aprecian las siguientes diferencias:

- Eje 1. (Funcionalidad/distribución): Este eje tiene un peso de 0,546 sobre la valoración global. Por tanto, es el que más influye en la valoración global. Este eje recibe buenas puntuaciones en el aula de la ETSAV mientras que es puntuado negativamente en la de BB AA.
- Eje 2. (Calidez): Este eje tiene un peso de 0,351 sobre la valoración global y obtiene buenas puntuaciones en el aula de la ETSAV mientras que es puntuado negativamente en la de BB AA.
- Eje 3. (Confortable): Este eje tiene un peso de 0,267 sobre la valoración global. Al contrario que en los casos anteriores, este eje alcanza malas puntuaciones en el aula de la ETSAV mientras que es valorada en la de BB AA.

- Eje 6. (Iluminación artificial): Este eje tiene un peso de 0,229 sobre la valoración global. Cabe destacar el hecho de que la iluminación artificial se percibe como negativamente en el aula de la ETSAV mientras que es puntuado positivamente en la de BB AA.
- Eje 5. (Iluminación natural): Este eje tiene un peso de 0,217 sobre la valoración global. Es uno de los mejor valorados en el aula de la ETSAV mientras que es valorado neutramente en la de BB AA.
- Eje 4. (Diseño actual): Este eje tiene un peso de 0,104 sobre la valoración global, es decir, su peso es el más bajo. Si se presta atención a este aspecto, se observa en la figura anterior que ambas aulas son percibidas como de diseño actual, puesto que así lo reflejan las puntuaciones positivas en este eje. Hay que advertir que este dato es lógico ya que en ambos casos son aulas nuevas de reciente construcción.

En general, se pone de manifiesto que el aula de la ETSAV obtiene mejores calificaciones en los dos primeros ejes, aquellos que tienen más influencia en la valoración global.

Así, la valoración global media del aula de la ETSAV es de 1'11, una valoración muy superior a la media, frente a una valoración de -0'12 para el caso de BB AA. En cuanto a otros factores lumínicos, hay que destacar la valoración muy positiva de la iluminación natural en el aula de la ETSAV y, por el contrario, muy negativa de la artificial.

Posiblemente este hecho se deba a la gran cristalera que figura en uno de sus lados que posibilita una gran entrada de luz natural, la cual los alumnos aprecian positivamente y, al contrario, sucede con las lámparas de halogenuros metálicos. Sin embargo, los factores lumínicos son apreciados bastante neutramente en el aula de BB AA. Se observa cómo, gracias a este proceso, se determina la causa de la diferencia de valoración entre ambas aulas a través de una serie de atributos concretos.

Después de analizar los perfiles semánticos, seguidamente se efectúa la validación del modelo obtenido.

IV.1.3.6.3. Validación del modelo

En esta fase se procede a comprobar la fiabilidad del modelo de regresión obtenido en los apartados anteriores, o lo que es lo mismo, su capacidad de pronosticar las posibles respuestas de los alumnos o usuarios.

Para comprobar dicha fiabilidad lo que se efectúa es una comparación entre las respuestas reales de los alumnos con las que predice el modelo establecido (ver apartado IV.1.3.3). Las repuestas reales de los estudiantes se obtienen a partir de la muestra de encuestas correspondientes a las 4 aulas sobre las que se realiza el estudio adicional.

Estas muestras son independientes y no se utilizan en la definición del modelo de regresión de la valoración global, por lo que permiten comparar los datos y ratificar dicho modelo.

Como se explica en el apartado anterior, de cada cuestionario se extraen las puntuaciones de los adjetivos. Estas puntuaciones se transforman en valoraciones de los ejes semánticos a partir de las matrices de transformación de componentes obtenidas en el análisis previo. Con estas valoraciones de los ejes se calculan los valores predictivos a partir del modelo de regresión lineal obtenido anteriormente.

Este modelo relaciona la valoración de cada eje semántico con la valoración global correspondiente:

$$\text{Valoración Global Aula} = 0,125 + 0,546 \text{ eje } 1 + 0,351 \text{ eje } 2 + 0,267 \text{ eje } 3 + 0,229 \text{ eje } 6 + 0,217 \text{ eje } 5 + 0,104 \text{ eje } 4$$

Se contrastan estas valoraciones predictivas del modelo con las respuestas reales de los sujetos sobre la valoración global.

La diferencia entre este valor predicho y el real es la desviación. Se muestran en la tabla siguiente los resultados que se obtienen al sustituir la puntuación media correspondiente a cada uno de los ejes para cada aula.

AULA	Valoración real	Predicción valoración	Desviación
Aula 1: ETSIE I. 8	0,15	0,23	0,08
Aula 2: ETSIA N6	-1,06	-0,79	0,27
Aula 3: ETSICCP B6	0,14	0,05	-0,09
Aula 4: ETSII 422	-0,60	-0,32	0,28

Tabla 84. Resultados de la validación de los modelos de regresión

La tabla anterior muestra los resultados de la validación. En ella figuran los valores reales y los predictivos del modelo así como la desviación entre ambos, para las aulas empleadas para la validación. El valor real corresponde al valor medio de las puntuaciones reales sobre la valoración global por parte de los estudiantes.

Si se analizan los datos de la desviación, el modelo obtenido es fiable ya que dicho valor es pequeño en todos los casos, o lo que es lo mismo, a la vista de estos resultados parece que dicho modelo es adecuado para predecir la valoración global de un aula a partir de las puntuaciones en los distintos ejes admitidos en el modelo lineal. De esta manera, se consigue un modelo que es capaz de predecir las valoraciones de un aula por parte del colectivo de alumnos.

Como se ha visto, este largo proceso tiene como resultado y conclusión la elaboración de un modelo que constituye una referencia en base a la cual modificar y perfeccionar determinados aspectos de las aulas con objeto de incrementar su valoración global. Esta información es crucial para los arquitectos a la hora de acometer rehabilitaciones o mejoras de las mismas, así como a en el momento de emprender un nuevo proyecto.

Esto tiene una importancia notable ya que, por ejemplo, permite conocer cuál va ser la influencia en dicha valoración global de una mejora en la iluminación tanto natural como artificial que era el objetivo pretendido.

IV.1.4. CONCLUSIONES

En cuanto a las conclusiones referentes a la metodología y a los resultados obtenidos tras el tratamiento de los datos del estudio del aula cabe destacar las siguientes:

IV.1.4.1. RELATIVAS A LA METODOLOGÍA

1. Puesto que la valoración global de la iluminación del aula depende en gran parte de su espacio interior, acabados, forma, arquitectura, etc., así como los distintos parámetros de calidad del ambiente interior (IEQ): temperatura, humedad, iluminación, acústica, etc., el estudio se realiza abarcando tanto los aspectos relacionados con el aula como los relacionados con la iluminación.
2. Se detalla un protocolo para el diseño de estudios de campo sobre aplicaciones de la Ingeniería Kansei en el ámbito docente. Este protocolo se desarrolla para determinar el universo semántico que utiliza el alumno para calificar el ambiente interior del aula.
3. Se define un protocolo de análisis estadístico y tratamiento de datos para la determinación de los ejes semánticos, así como para la identificación de posibles subsegmentos dentro de la muestra.
4. Se emplea un modelo de regresión con el objeto de generar un modelo predictivo capaz de estimar la valoración global del aula por parte del alumno.
5. El desarrollo de valoraciones comparativas entre aulas permite analizar las causas en las diferencias de percepción, estableciendo así oportunidades de mejora de un aula frente a otras.
6. El protocolo anterior se aplica al análisis de una muestra de control. De esta manera, se comprueba directamente la validez de la metodología propuesta, demostrando que es posible cuantificar las tendencias y líneas generales de influencia de los diferentes atributos sobre la percepción del aula.

7. Los resultados del protocolo obtenido se establecen como una guía para la medición de impresiones subjetivas en el espacio docente. Esta guía constituye una aplicación novedosa en el ámbito del análisis de preferencias de los alumnos o usuarios en el ámbito del espacio docente.

IV.1.4.2. RELATIVAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS

8. El análisis basado en la semántica diferencial identifica varios ejes semánticos que corresponden a los conceptos o atributos que mejor diferencian unas aulas de otras. El más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el eje de la funcionalidad/distribución. Le siguen los ejes relacionados con la calidez, el confort, el diseño actual, la iluminación natural y la iluminación artificial.
9. Una vez se identifican los ejes semánticos, el modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. El modelo obtenido ordena los ejes de la siguiente manera: el atributo que se tiene en cuenta en mayor medida a la hora de valorar positivamente una determinada aula es que ésta se perciba con una buena distribución y ordenada; en segundo lugar, que se perciba cálida, alegre y agradable; en tercer lugar, que se trate de un aula que permita concentrarse, que sea silenciosa, con buena temperatura y confortable; en cuarto lugar, que el aula tenga una buena iluminación artificial y esté bien iluminada; en quinto lugar, que tenga una buena iluminación natural, que sea exterior y tenga una buena ventilación. Finalmente, el último eje es el que se refiere a que el aula tenga un diseño actual.
10. Se describen los factores que corresponden a las propiedades o características del aula gracias al análisis basado en la semántica diferencial. El más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el factor de acabados. Le siguen los factores relacionados con el espacio de trabajo del alumno, las condiciones interiores del aula y por último, con la relación con el exterior.

11. Una vez identificados los factores de propiedades, el modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. El factor que en mayor medida influye en dicha valoración es que se perciba que tiene un buen espacio de trabajo para el alumno. Seguidamente, que las condiciones interiores sean adecuadas así como su relación con el exterior. Por último, figuran los acabados del aula.
12. Se identifican los factores que corresponden a las tareas que el alumno realiza en el aula utilizando también el análisis basado en la semántica diferencial. El factor más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el factor que engloba las tareas leer o escribir. Le siguen las tareas relacionadas con la atención y por último, las tareas de dialogar o de trabajo colectivo del alumno.
13. Una vez obtenidos los factores de tareas, el modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. El factor que en mayor medida influye en dicha valoración es que el aula facilite la atención del alumno. En segundo lugar, que pueda realizar correctamente las tareas que requieren un trabajo más individual como leer o escribir. Finalmente, que se trate de un aula que permita el diálogo y la relación del alumno.
14. Se elaboran los perfiles semánticos individuales correspondientes a cuatro aulas y el perfil comparado de dos aulas. El perfil permite detectar las diferencias de percepción entre ellas. Al realizar la comparación se observa que los alumnos valoran las aulas de forma distinta por su diferente distribución, calidez, confort, iluminación artificial, iluminación natural y diseño actual.
15. Finalmente, se efectúa la validación del modelo. Éste proporciona un coeficiente de correlación muy elevado. ($R=0,621$ para la valoración global) lo cual permite concluir que el modelo propuesto en base a métodos de regresión lineal es bueno tanto para predecir la valoración global de un aula como para pronosticar su valoración en base a las puntuaciones de los distintos ejes semánticos.

16. Con respecto a las limitaciones de esta experiencia ha de tener en cuenta que:
 - Los factores emocionales que se han extraído, como causantes de la evaluación de las aulas corresponden al contexto de aulas analizadas y para una determinada muestra de estudiantes. Si el objeto de análisis fuera el mismo, pero la muestra a estudiar se encontrara en un país diferente, es bastante probable que los resultados fueran distintos y que no se pudiesen emplear los mismos ejes semánticos. Del mismo modo, si se realizara un nuevo análisis sobre la evaluación del interior de otro tipo de espacio, sería necesario realizar de nuevo el estudio completo para deducir cuáles son los factores semánticos que se encuentran tras esta evaluación.
 - Con el fin de recoger toda la casuística posible y asegurarse que se encuentran todas las combinaciones posibles de elementos de diseño interior se ha elegido una muestra muy amplia de estímulos (30 aulas). Sin embargo, el hecho de que esta muestra sea tan variada y de que cada aula represente un tipo diferente, no hace posible confirmar con total rotundidad cuáles son los parámetros de diseño que generan estas determinadas emociones. Se conoce que un aula determinada se percibe como cálida, pero no se sabe con seguridad si es porque el tipo de mobiliario, por los acabados de las superficies o por un determinada cantidad de luz natural o artificial. Para esto, sería necesario en una fase posterior emplear el mismo estímulo o tipo de aula e ir modificando cada uno de los parámetros que contiene.

IV.2. EXPERIENCIA 2: ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN DEL AULA



Fig. 92. Iluminación artificial en el aula

IV.2.1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente apartado, se presenta la metodología seguida, los resultados y las conclusiones obtenidas para la consecución de los objetivos descritos en el Capítulo III sobre la experiencia 2. A continuación, se identifican las partes que describen el desarrollo del trabajo en este caso:

- **Fase 1: Elaboración de cuestionarios.** Consulta de diferentes fuentes de información, selección de adjetivos, elaboración de los cuestionarios, etc.
- **Fase 2: Selección de estímulos.** Tipo de iluminación a evaluar en cada aula.
- **Fase 3: Planificación del estudio de campo.** Selección de los sujetos. Definición de la muestra. Determinación del tamaño muestral.
- **Fase 4: Desarrollo del estudio de campo.** Pase de encuestas.
- **Fase 5: Técnicas de tratamiento de datos.** Metodología de análisis Kansei. Configuración de las bases de datos, métodos de análisis, descripción y clasificación de datos, extracción de ejes semánticos, modelos de regresión lineal. Obtención de la relación entre los ejes semánticos y la valoración global del ambiente luminoso.

En los apartados siguientes se detalla, para cada una de las fases, las actividades realizadas así como los objetivos a alcanzar en cada una de ellas.

IV.2.2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para conseguir los objetivos propuestos se ha elaborado el plan de trabajo que se muestra en la tabla siguiente. En ella se identifican las fases que lo componen así como el resultado que se pretende alcanzar:

FASE	RESULTADO
1. Selección de adjetivos y elaboración de cuestionarios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de las bases de palabras ▪ Generación de cuestionarios
2. Selección de los estímulos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección del tipo de iluminación de aulas apropiado
3. Planificación del estudio de campo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definición técnicas estadísticas, tamaño muestral, proceso muestreo ▪ Obtención de cuestionarios
4. Desarrollo del estudio de campo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bases de opiniones (iluminación)
5. Tratamiento de datos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descripción de datos ▪ Extracción de ejes semánticos ▪ Ordenación de la importancia de los ejes semánticos según su relación con la valoración global ▪ Validación del modelo

Tabla 85. Fases y actividades del plan de trabajo ⁴⁶⁸

La tabla anterior muestra el proceso seguido en la elaboración de la experiencia. Como puede observarse, las fases 1, 2 y 3 suponen la preparación del material necesario para el desarrollo del estudio de campo.

La figura siguiente muestra el proceso seguido en las fases 1, 2 y 3. Acto seguido, se comentan brevemente los aspectos más relevantes de cada una de las fases, que se describirán con detalle en los apartados siguientes.

⁴⁶⁸ Adaptación de la metodología propuesta por Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*

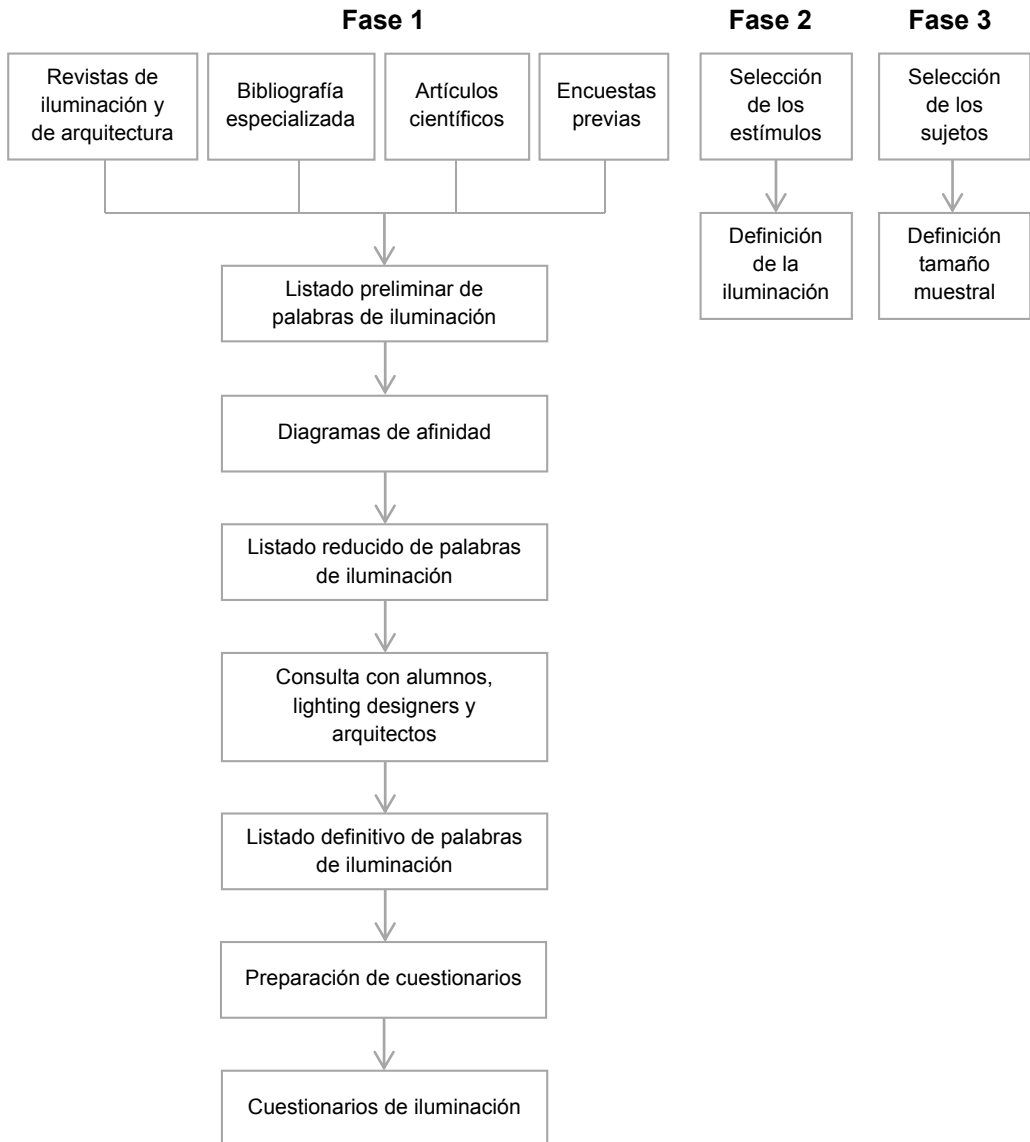


Fig. 93. Esquema de las fases del plan de trabajo ⁴⁶⁹

⁴⁶⁹ Adaptación al análisis de la iluminación en el aula de la metodología propuesta Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*

- **Fase 1: Selección de adjetivos y elaboración de cuestionarios**

Esta fase se destina a la preparación de los cuestionarios que se reparten a los estudiantes. Dichos cuestionarios se utilizan para recopilar la información proporcionada por los alumnos con el objeto de, posteriormente, establecer diferencias entre su valoración de la iluminación de las aulas.

Se plantea un grupo de adjetivos para abarcar el conjunto de estímulos lumínicos presente en un determinado aula. Estos adjetivos se utilizan para descubrir las sensaciones del alumno con respecto al entorno lumínico. Para recopilar estos adjetivos se consulta la bibliografía especializada en el tema, eligiendo los más representativos. A su vez, se cuenta también con las opiniones de los profesores. De esta manera, se ha recopilado un listado preliminar de palabras que posteriormente se ha reducido aplicando el método del Diagrama de Afinidad.

Posteriormente, se ha consultado a un conjunto de profesores, diseñadores de iluminación o *lighting designers* y arquitectos para comprobar que todas las palabras relevantes desde el punto de vista técnico estuvieran en el listado. A partir de estos listados de palabras se han elaborado los modelos de cuestionario para el estudio de campo.

- **Fase 2: Selección de los estímulos**

En la Fase 2 se ha seleccionado el conjunto de estímulos empleados para establecer las relaciones entre los adjetivos que permitan definir el universo semántico. En este caso, se han utilizado distintas tipologías de aulas, cada una de ellas con una iluminación diferente con el objeto de asegurar una suficiente representatividad y que se puedan observar adecuadamente las diferencias entre las percepciones.

En primer lugar, se ha elaborado una base de datos de aulas de la Comunidad Valenciana, siendo las fuentes principales las aulas de la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad de Valencia y la Universidad de Alicante. Entre todas ellas se ha realizado una selección de las aulas con la iluminación más representativa para formar parte de la muestra definitiva. Una vez preparado todo el material se ha procedido a la planificación y desarrollo del estudio de campo.

- **Fase 3: Planificación del estudio de campo**

En esta tercera fase para alcanzar los objetivos del estudio, asegurar una suficiente representatividad y realismo en las respuestas y evitar la aparición de sesgos en los resultados, se ha definido el conjunto de alumnos sobre los que se ha efectuado la selección y el procedimiento de muestreo. Se ha determinado también una primera propuesta del modelo de análisis estadístico aunque su desarrollo completo y definitivo se ha realizado en la Fase 5.

Por último, una vez seleccionados los sujetos de la muestra se ha efectuado una prueba piloto con varios estudiantes con el objetivo de validar los cuestionarios confeccionados en la Fase 1 y de asegurar que el tiempo estimado para cada encuesta no superaba los límites de fatiga o desmotivación del entrevistado. Se han realizado aproximadamente una decena de encuestas y se ha procedido al tratamiento de datos previo. Como resultado de estas pruebas, se han obtenido los cuestionarios validados.

En el apartado IV.2.2.3 se detallan las líneas generales y los métodos seguidos para el desarrollo de esta fase.

- **Fase 4: Desarrollo del estudio de campo**

En la Fase 4 se ha procedido al pase de los cuestionarios a los alumnos en las aulas previamente seleccionadas. Como consecuencia, se han obtenido las bases de datos con sus opiniones sobre el ambiente luminoso de sus aulas.

En el apartado IV.2.2.4 se describe el desarrollo de esta fase.

- **Fase 5: Tratamiento de datos.**

Esta fase ha comenzado tras el pase de los cuestionarios con lo que se han obtenido las bases de opiniones de los alumnos. Acto seguido, se ha realizado el tratamiento estadístico de los datos recopilados. Dichos datos se han analizado siguiendo el esquema de procesado estadístico que muestra la figura siguiente:

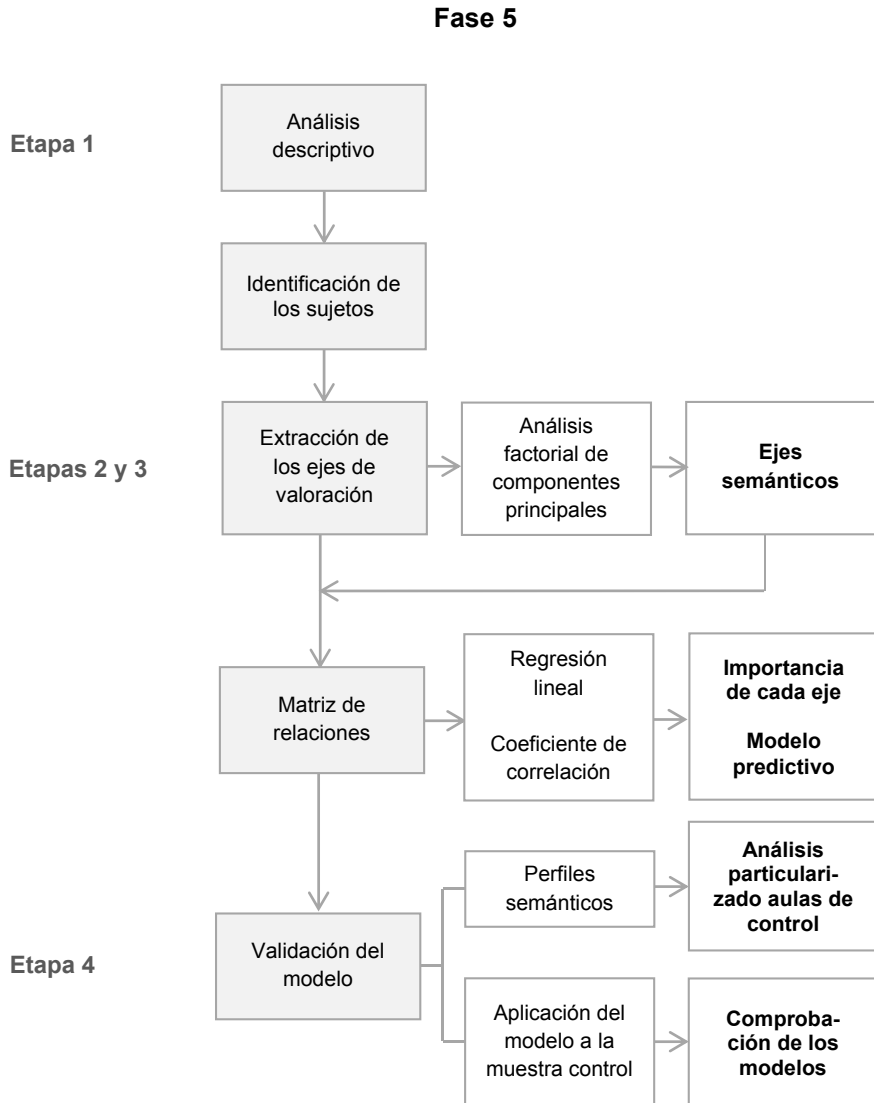


Fig. 94. Diagrama de flujo de la Fase 5 del plan de trabajo⁴⁷⁰

⁴⁷⁰ Adaptación de Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*

Etapas 1. Análisis descriptivo de los datos

Se ha realizado un análisis descriptivo de la muestra para conocer las características de los sujetos participantes en el estudio de campo.

Etapas 2. Estudio del universo semántico del ambiente luminoso del aula

En esta etapa se ha aplicado el análisis factorial al universo semántico o “listado definitivo de palabras de iluminación”. Su finalidad ha sido extraer los ejes semánticos independientes que califican el ambiente luminoso de las aulas por parte de los estudiantes. Estos ejes se han extraído reduciendo el campo semántico de adjetivos obtenido en la fase anterior. De esta manera, se ha obtenido un conjunto reducido de variables incorrelacionadas (ejes de valoración) que explican una buena parte de la varianza del conjunto inicial. Estos ejes corresponden a los atributos independientes que mejor explican las diferencias percibidas entre el ambiente luminoso de las aulas. Posteriormente, se han identificado aquellos que se asocian a una mejor valoración según su influencia en la valoración global de la iluminación de las aulas. Así, se ha podido establecer la relación entre cada atributo y un incremento en la valoración global de la iluminación para cada aula. Estas relaciones se han establecido mediante un análisis de regresión lineal. Estos resultados han servido para conocer en qué medida los alumnos valoran la iluminación de su aula.

Etapas 3. Estudio de las tareas del aula

Se ha aplicado el mismo procedimiento utilizado en la etapa anterior para el análisis del ambiente luminoso del aula. En este caso, la finalidad ha sido extraer los factores de las tareas que los alumnos realizan en el aula para luego compararlos con los ejes semánticos y la valoración global de la iluminación.

Etapas 4. Validación de la metodología y del modelo desarrollado

Finalmente, mediante el análisis de una serie de cuestionarios adicionales se ha procedido a la validación de la metodología y del modelo desarrollado. Esta validación se ha realizado comparando los resultados reales con los predichos por el modelo.

IV.2.2.1. FASE 1: ELABORACIÓN DE CUESTIONARIOS

IV.2.2.1.1. Selección de adjetivos

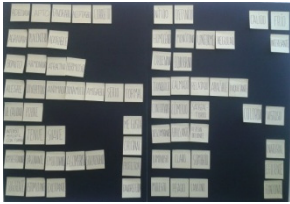


Fig. 95. Algunos de los Post-it utilizados

En este caso, el estímulo ha sido el ambiente luminoso del aula. Las respuestas de los alumnos se han cuantificado para cada estímulo a partir de los juicios emitidos dentro de un conjunto muy amplio de adjetivos que se han utilizado para describir o valorar dicho ambiente luminoso.

En esta fase de la preparación del estudio se ha elaborado una lista de adjetivos calificativos sobre la iluminación. Más tarde, esta lista ha servido de base para elaborar los correspondientes cuestionarios que se han utilizado en el estudio de campo. Ha sido necesario obtener un listado reducido y representativo de palabras que se ha obtenido como resultado de un proceso de reducción de este conjunto inicial de atributos más amplio con el fin de permitir el análisis del tratamiento de datos.

A continuación, se describe el proceso de obtención de este “listado definitivo”:

El objetivo ha sido conseguir una primera lista de palabras muy extensa por lo que no se han planteado restricciones iniciales para enriquecer la lista. De la búsqueda inicial de palabras se han extraído un total de 178 adjetivos diferentes (ver anexo A.5.2.1) para describir la respuesta emocional de los alumnos ante los estímulos luminosos. Este conjunto de adjetivos es el que constituye el universo semántico. Este listado inicial de palabras se ha obtenido reuniendo tantas palabras (en español) y expresiones como ha sido posible, sobre todo aquellos adjetivos utilizados por las personas para expresar atributos sobre la impresión o percepción de la luz en un espacio. Para conseguirlo se ha llevado a cabo un proceso de recopilación de adjetivos a través de las siguientes fuentes:

1. **Documentación científica:** se han consultado numerosos artículos científicos relacionados con el campo de la iluminación. A destacar sobre todo la aportación de Flynn *et ál.*⁴⁷¹ ya que se incluyen todos sus adjetivos y los artículos de Houser *et ál.*⁴⁷², Wohlfarth⁴⁷³, Kleiber *et ál.*⁴⁷⁴

⁴⁷¹ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*

⁴⁷² Houser, K. W. *et ál.*, 2002, *op. cit.*

⁴⁷³ Wohlfarth, H., 1986, *op. cit.*

⁴⁷⁴ Kleiber, D. *et ál.*, 1973, *op. cit.*

2. **Bibliografía especializada:** libros y revistas relacionadas con la iluminación y la arquitectura: *El Croquis*, *Tectónica monografías de arquitectura, tecnología y construcción* números 24 y 26, *Tribuna de la construcción*.
3. **Páginas web:** esta búsqueda se ha realizado a través del buscador "Google" introduciendo palabras clave relacionadas con la iluminación:
<http://www.lighting.philips.es/lightcommunity/trends/innovation_stories/kiyoung_ko.wpd>
4. **Opiniones:** se han efectuado sesiones de *focus group* en las que han participado 4 profesores y 4 alumnos. No había un cuestionario diseñado, simplemente fueron reflejando en *post-its* sus impresiones sobre la iluminación de los espacios.

El siguiente paso ha consistido en reducir las palabras recogidas, es decir, la eliminación de los adjetivos con significados similares o que podrían ser considerados menos importantes para la evaluación. Todo ello con el objetivo de facilitar el diseño de la encuesta y limitar la extensión para que pudiera ser respondida por un usuario en un plazo tiempo razonable.

El procedimiento de reducción se ha llevado a cabo a través de un Diagrama de Afinidad cuyo funcionamiento se ha descrito en el apartado IV.1.2.1.1. Como resultado de la aplicación de esta técnica se ha conseguido reducir el listado inicial de palabras y se ha dejado el cuestionario con 40 adjetivos que describen el ambiente luminoso del aula.

Con objeto de contrastar la relación de adjetivos obtenida, y cerciorarse de que no se ha omitido ningún concepto importante, la lista ha sido revisada por personal experto (arquitectos, profesores y *lighting designers*).

Tras dicha revisión no se ha planteado ningún calificativo nuevo en las listas presentadas pero sí se ha puntualizado que algunos de los calificativos propuestos podrían corresponder al mismo concepto.

En la tabla siguiente se recoge este listado definitivo de adjetivos que describen el ambiente luminoso del aula.

ADECUADO (apto, favorable, aceptable, correcto)	HOMOGÉNEO (monótono, regular)
CÁLIDO	ORDENADO
CLARO (nada sombrío)	IMPRESIONANTE (fascinante, emocionante)
DE CALIDAD (rico)	FAVORECEDOR
DESLUMBRANTE (resplandeciente)	ALEGRE (divertido)
PROTECTOR	SUGERENTE
AGRADABLE (placentero, adorable, sin molestias)	FUNCIONAL
NATURAL	TRANQUILO (relajado, apacible)
NÍTIDO (definido)	BONITO (atractivo, hermoso, armonioso)
EFICIENTE	CONFORTABLE
TENUE (sutil, ligero)	INTENSO (potente, con fuerza)
ORIGINAL	COLORIDO
INTERESANTE (atrayerente)	BRILLANTE
LUMINOSO	SUAVE
ASOMBROSO	UNIFORME
SORPRENDENTE	EQUILIBRADO
ESTIMULANTE (excitante)	ANIMADO
CALMADO	DINÁMICO
CÓMODO	AMIGABLE
SATISFACTORIO	ME GUSTA

Tabla 86. Listado de adjetivos del ambiente luminoso

A pesar de las puntualizaciones de los expertos, teniendo en cuenta que uno de los objetivos del trabajo es obtener los ejes semánticos agrupando calificativos similares utilizados por los alumnos para valorar el ambiente luminoso del aula, se ha mantenido la lista completa sin omitir ningún adjetivo.

Esta decisión ha sido acertada ya que en algunos casos los usuarios plantean matices interesantes entre los conceptos lumínicos que en una primera impresión podrían parecer muy similares e incluso objeto de discusión para el personal experto, como se verá más adelante cuando se comenten los resultados.

Como última fase de la puesta a punto del cuestionario se ha realizado una prueba piloto consistente en el pase de la encuesta a 10 sujetos entre los que se han incluido arquitectos, profesores y *lighting designers* y no expertos/alumnos. El objeto de esta prueba ha sido verificar la fiabilidad del cuestionario, de forma que todas las preguntas estuvieran formuladas de manera adecuada y fueran inteligibles para los alumnos. A la vista de los resultados obtenidos se ha decidido mantener el cuestionario íntegro sin modificaciones. A su vez, esta prueba ha servido para estimar el tiempo medio requerido para completar el cuestionario, en total, unos 15 minutos.

IV.2.2.1.2. Cuestionarios

Una vez se ha elaborado la lista de adjetivos para calificar el ambiente luminoso de las aulas se ha procedido a la preparación de los cuestionarios para su uso en el estudio de campo. Se ha utilizado una escala tipo Likert de 5 niveles (ver tabla 44). Dichos cuestionarios se han dividido en dos tipos de información, una objetiva y otra subjetiva (ver justificación en el apartado IV.1.2.1.2).

Parte objetiva

La parte objetiva ha recabado la información del entrevistado, en concreto información sobre las siguientes variables: sexo, edad, formación/titulación, existencia de problemas visuales y qué tipo de problemas. Esta información se ha recogido en la primera parte del cuestionario.

Parte subjetiva

En la segunda parte del cuestionario se ha recopilado la parte subjetiva que corresponde al listado de adjetivos descrito en el apartado anterior. El orden de los adjetivos del cuestionario ha sido aleatorizado (justificación en el apartado IV.1.2.1.2).

Además de los adjetivos recogidos en dicho listado, se ha introducido dos preguntas sobre la valoración global de la iluminación aula, una al principio y otra final de cada bloque con el propósito de comprobar si la valoración del resto de atributos hacía variar la percepción del sujeto respecto a la calidad global del aula (ver tabla 86).

Junto con dicho listado se han incluido en el cuestionario preguntas subjetivas a los alumnos sobre cómo están iluminados los elementos del aula (ver tabla 87) y sobre la adecuación de su clase a las distintas tareas que realiza en ella (ver tabla 88). Esta parte se ha agregado para ver si la opinión subjetiva de los estudiantes sobre la iluminación varía en función de la impresión del sujeto de cómo están iluminados los objetos del espacio y de las tareas que realiza en él.

El techo está bien iluminado	Los objetos están bien iluminados
Las paredes están bien iluminadas	Los rostros están bien iluminados
El suelo está bien iluminado	Las personas están bien iluminadas
Mi zona de trabajo está bien iluminada	Los colores se ven bien
La pizarra está bien iluminada	Tengo sensación de confort visual

Tabla 87. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre cómo están iluminados los elementos u objetos del aula

Leer	Ver el proyector
Escribir	Repasar los apuntes
Dibujar	Dialogar
Preguntar al profesor	Trabajar con el ordenador
Atender a la pizarra	Corregir
Atender	Reflexionar

Tabla 88. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre la adecuación del aula a las distintas tareas que el alumno realiza en ellas.

Finalmente, como evaluación de todas las respuestas, se han añadido preguntas de valoración global para comprobar si la valoración del resto de atributos hace variar la percepción del sujeto respecto a la calidad global del aula. De esta manera, se ha preguntado sobre si el aula estaba bien iluminada, sobre si la iluminación natural o la artificial eran adecuadas y por último, si la iluminación parecía adecuada tanto para clases de teoría como para clases de prácticas.

En el Anexo 5 - apartado A.5.2.2 se recoge una muestra del cuestionario utilizado en el estudio de campo.

IV.2.2.2. FASE 2: SELECCIÓN DE ESTÍMULOS

En esta fase se han seleccionado las aulas que se van a analizar. El radio de actuación se ha fijado en aulas ubicadas en la Comunidad Valenciana, en concreto, en la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Alicante.

Una vez fijado el espacio geográfico, se ha confeccionado una lista representativa de los tipos de aulas y la iluminación presente en dichas universidades.

Gracias a esta lista se ha conseguido reunir información de 100 aulas diferentes. De todas ellas, por sus distintas actividades y características lumínicas se han seleccionado 29 que se considera un número adecuado para conseguir datos estadísticamente significativos.

El requisito exigido a la hora de escoger las aulas ha sido, en primer lugar, que el ambiente luminoso fuera lo suficientemente representativo y diferenciado para formar parte de la muestra.

Al igual que en la experiencia anterior, primeramente se ha tenido en cuenta la existencia o no de luz natural y el tipo de luz artificial. En cuanto a la luz natural, se ha considerado el tipo de aberturas, las dimensiones de las ventanas y la presencia protecciones solares.

Con respecto a la luz artificial, se ha diferenciado entre tipos de lámparas, luminarias, iluminancia media, etc. Por último, se ha intentado englobar un amplio rango de tipologías de aula como diferentes alturas, superficies, acabados y tipo de docencia (aulas de teoría, de prácticas, de laboratorio, de proyectos,...).

Las aulas seleccionadas, así como la Facultad o Escuela a la que pertenecen, se muestran en la tabla 90. Sus características técnicas y lumínicas y los datos tomados en el momento del pase de los cuestionarios se pueden consultar en el Anexo 6.

IV.2.2.3. FASE 3: PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Después de definir el conjunto de adjetivos para describir el universo semántico relativo al ambiente luminoso del aula, y de elegir el conjunto de estímulos o aulas, el siguiente paso ha consistido en la planificación del estudio de campo con los usuarios/alumnos. Con el fin de obtener un modelo Kansei apropiado después del procesamiento de datos, se han establecido los criterios de una buena planificación. Estos criterios están relacionados con el tamaño de la muestra y la selección de la misma.

IV.2.2.3.1. Tamaño de la muestra

La justificación de la importancia y del tamaño adecuado de la muestra se ha efectuado en el apartado IV.1.2.3.1. Al igual que en la experiencia anterior, el criterio elegido ha sido el de disponer de al menos entre 6 y 8 registros por cada variable a incluir en cada uno de los análisis factoriales. Esto arroja un tamaño muestral que se expone en la siguiente tabla:

	Nº Variable	Nº registros	Tamaño muestral
Factores sobre las sensaciones del sujeto sobre el ambiente luminoso	37	x 8 =	296
Adecuación de la iluminación para iluminar los elementos del aula	10	x 8 =	80
Adecuación de la iluminación a las actividades o tareas que realiza en el aula	12	x 8 =	96

Tabla 89. Identificación del tamaño muestral

Siguiendo estas indicaciones, el número mínimo de sujetos que se ha de emplear es el mayor de los cuatro registros. En este caso, 296 alumnos. Puesto que se han escogido 29 aulas, el número mínimo de individuos necesarios por aula es de 10 (296/29).

En esta experiencia el número total de cuestionarios respondidos ha sido 829. Este número se aproxima a los 1000 que Comrey y Lee⁴⁷⁵ consideran excelente.

⁴⁷⁵ Comrey, A. L., Lee, H. B., 1992, *op. cit.*

Estos autores también señalan que 300 sujetos es un buen tamaño de la muestra y 100 un tamaño muestral pobre. Por lo que el número de alumnos de la muestra se considera aceptable. Dado que el número de sujetos participantes en esta experiencia es de 829, muy superior al valor mínimo de 296 individuos, se ha considerado que el número mínimo de alumnos por aula podría ser menor. De este modo, se acepta que solamente en dos de las aulas el número de participantes ha sido de 6 y 4 individuos.

En el resto de aulas se supera el valor de 10 alumnos por aula ya que en la mayoría de ellas se han recogido entre 20 y 25 encuestas como se puede observar en la tabla siguiente. En ella se muestra la relación de aulas seleccionadas, la Escuela o Facultad a la que pertenecen junto con el número de encuestas recogido en cada una de ellas.

Nº	Escuela o Facultad	Aula	Nº de encuestas
1	UPV-ETSAV	C04	88
2	UPV-ETSAV	B04	43
3	UPV-ETSAV	513	21
4	UPV-ETSAV	521	19
5	UPV-ETSAV	524	16
6	UPV-ETSICCP	B1	38
7	UPV-ETSICCP	D1	53
8	UPV-BBAA	A-0-1	38
9	UPV-BBAA	A-1-3	35
10	UPV-BBAA	A-4-6	12
11	UPV-BBAA	E-1-3	27
12	UPV-ETSID	Bruno Munari	6
13	UPV-ETSID	Japón	46
14	UPV-ETSID	Alemania	13
15	UPV-ETSIE	Salón actos II	22
16	UPV-ETSIE	I.6	20
17	UPV-ETSIE	Tecnología	21
18	UPV-ETSIE	Laboratorio 1	12
19	UPV-ETSIE	Gestión	13
20	UPV-ETSII	421	51
21	UPV-ETSII	423	10
22	UPV-ETSIA	Laboratorio Gabinet	12
23	UPV-ETSIA	Laboratorio Fitotecnia Gen.	4
24	UPV-ETSIA	Aula 0.7	42
25	UPV-ETSIA	Aula 1.02	46
26	UPV-ETSIA	Aula 2.12	23
27	UPV-ETSIA	Aula 1.03	38
28	UA ETSA	12-M	25
29	UA ETSA	17-D	35
Total:			829 alumnos

Tabla 90. Aulas participantes en el estudio y número de encuestas por aula

IV.2.2.3.2. Selección de la muestra



Fig. 96. Alumnos rellenando los cuestionarios

Esta experiencia, al igual que la anterior, se ha orientado hacia el usuario, principio básico de la metodología Kansei. Por ello, la muestra se ha escogido entre los usuarios habituales de las aulas a evaluar, es decir, los estudiantes.

La justificación de este criterio así como la manera de proceder para la selección de la misma se ha descrito en el apartado IV.1.2.3.2.

Una vez aceptada la participación por parte de los profesores se ha concertado una cita en su aula para a pasar el cuestionario a los alumnos. La técnica de muestreo que se ha utilizado es el muestreo aleatorio simple. Como se ha comentado, en el ensayo han participado un total de 829 alumnos repartidos entre las 29 aulas seleccionadas (ver tabla 90).

Durante la planificación del estudio no se ha realizado ninguna estratificación por variables descriptivas como el sexo, la edad, etc. ya que estos datos se han incluido como variables de control en los cuestionarios y su influencia se ha analizado a partir de dichas variables.

IV.2.2.4. FASE 4: DESARROLLO DEL ESTUDIO DE CAMPO

El estudio de campo se ha realizado durante los meses de febrero a mayo de 2013, es decir, un periodo de tres meses. Los métodos de recolección de datos han incluido medidas datos objetivos de las aulas como temperatura del aire, humedad relativa y nivel de iluminación horizontal tanto exterior como interior (ver anexo 6), y cuestionarios subjetivos desarrollados específicamente para el estudio.

La técnica utilizada para la recogida de datos ha sido el pase de los cuestionarios a los alumnos. Como se ha comentado, las encuestas han incluido un listado de tareas o actividades que los alumnos realizan en el aula y de adjetivos calificativos sobre las impresiones emocionales que provoca el ambiente luminoso del aula. El estímulo, por tanto, viene representado por la propia iluminación del aula que normalmente utilizan los estudiantes.

La parte experimental se ha llevado a cabo en campo y no en laboratorio. La justificación de esta elección se ha descrito en el apartado IV.1.2.4.

De este modo, la realización de la experiencia en el propio aula ha permitido que el alumno estuviese inmerso en el “producto” a evaluar y recibiendo los estímulos, tal y como se producen normalmente. Algo que se ha considerado fundamental para una correcta valoración del ambiente luminoso en su totalidad.

Se ha desechado la idea de una simulación en laboratorio ya que este tipo de experiencias limitan el número de variables⁴⁷⁶ y no permiten conseguir la valoración la iluminación en su conjunto como es el objetivo de esta investigación.

IV.2.2.4.1. Protocolo

Con el fin de que no se interrumpiera el correcto ritmo de las clases, la mecánica que se ha seguido para el pase de la encuesta ha sido la de proporcionar el cuestionario a los alumnos al final de la clase. Los estudiantes han contestado las encuestas durante aproximadamente 15 minutos.

De esta forma, se ha asegurado que cada sujeto haya estado sometido durante un tiempo adecuado al estímulo para que pudiera describir su percepción del ambiente luminoso del aula en cuestión a través de los adjetivos recogidos en el cuestionario.

Todas las pruebas se han realizado bajo condiciones estandarizadas y paralelas. Los sujetos han sido informados de que se trataba de un estudio de la valoración del ambiente luminoso del aula.

Su participación ha sido totalmente voluntaria y, en general, sólo han faltado los cuestionarios de las personas que ese día no han acudido a clase. A cada uno de los participantes se le ha asignado un identificador personal para comparar sus resultados.

⁴⁷⁶ Flynn, J. E. *et ál.*, 1979, *op. cit.*

IV.2.2.5. FASE 5: TRATAMIENTO DE DATOS

IV.2.2.5.1. Configuración de las bases de datos

Como paso previo al análisis, los cuestionarios cumplimentados han sido leídos y los datos han sido registrados y almacenados en una base de datos en formato Excel.

Después de tener configurada la base de datos, se ha realizado un muestro de comprobación para controlar la calidad de los datos leídos. Se han seleccionado 15 cuestionarios al azar y se ha comprobado el número de errores en la lectura de datos, contrastando los registrados en cada cuestionario con los almacenados en la base de datos.

Una vez comprobada la calidad de la base de datos, se han exportado del formato Excel al formato SPSS® 16.0, pasando así al análisis estadístico.

IV.2.2.5.2. Esquema del método de análisis de datos

El esquema del método de análisis de datos es similar al que se ha seguido para la experiencia 1. De modo que se siguen los mismos pasos de descripción, extracción de los ejes de valoración, análisis de la incidencia entre variables y validación del modelo.

La siguiente figura muestra el esquema que se ha seguido para el proceso de análisis de datos. En este caso, constituye la metodología propuesta para el análisis Kansei del ambiente luminoso en aulas.

A su vez, el proceso de análisis que se ha utilizado es el mismo para cada una de las variables utilizadas en esta experiencia: las impresiones emocionales del ambiente luminoso y las tareas que se realizan en ella.

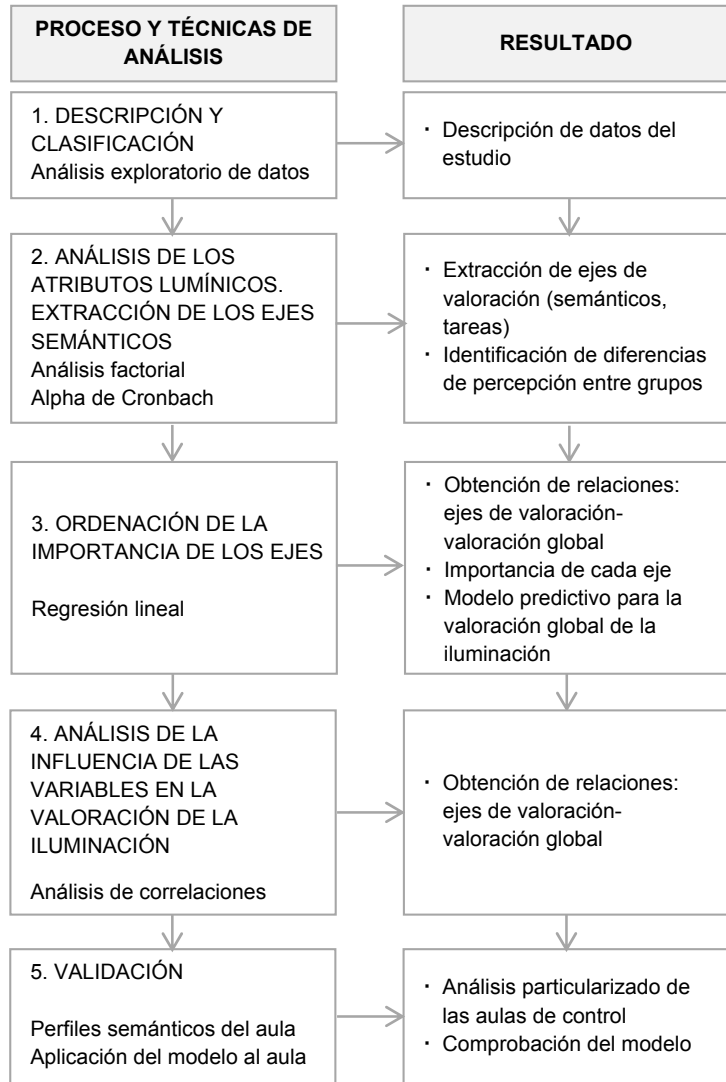


Fig. 97. Esquema del tratamiento de datos. Propuesta de metodología para para el análisis del ambiente luminoso de las aulas

La explicación de cada una de las partes de este esquema junto con las técnicas de análisis que se aplican en cada una de ellas se ha realizado en el apartado IV.1.2.5.2.

IV.2.2.5.3. Proceso del tratamiento de datos

El tratamiento de los datos se ha realizado siguiendo los siguientes pasos:

1º. Descripción y clasificación de datos

Este primer paso tiene como objetivo la descripción de cada una de las variables que caracterizan a la muestra y el análisis de la percepción de los alumnos para cada uno de los adjetivos presentados en el cuestionario. La técnica utilizada ha sido el análisis exploratorio de datos, cuyas bases se describen en el apartado IV.1.2.5.3.

2º. Obtención y extracción de los ejes de valoración

La técnica utilizada para la extracción de los ejes de valoración ha sido el **análisis factorial de componentes principales**. En el apartado IV.1.2.5.3 se describen sus fundamentos. Antes de utilizar el análisis de componentes principales se ha comprobado si las variables originales no estaban correlacionadas entre sí ya que en este caso carece de sentido calcular unos componentes principales.

Una vez hecha esta comprobación, y resultar que las variables no estaban correlacionadas entre sí, se han extraído los diferentes ejes de valoración. Seguidamente se ha recurrido a la rotación denominada Varimax. Los fundamentos del **método de rotación Varimax** se han detallado anteriormente en el apartado IV.1.2.5.3.

Posteriormente, se han efectuado los siguientes análisis:

1. **Descripción e interpretación de cada eje.** La interpretación se ha elaborado a partir de las variables originales que presentan puntuaciones mayores en cada eje.
2. **Aplicación del coeficiente Alpha de Cronbach.** Como complemento al análisis factorial se ha realizado esta prueba para medir la correlación existente entre los ítems o atributos que componen cada eje. De este modo, se ha estimado su consistencia interna. Los fundamentos del coeficiente Alpha de Cronbach se han descrito en el apartado IV.1.2.5.3.

Este proceso implica una primera ordenación de los ejes a partir de sus valores propios, de manera que valores propios más altos significan que los alumnos perciben mayores diferencias entre los ejes. Esta agrupación representa tan sólo las diferencias observadas entre los diferentes estímulos del ambiente luminoso por los alumnos y no cuantifica la influencia de cada eje en la valoración global del ambiente luminoso por parte de los alumnos.

Además de la ordenación de los ejes semánticos, se ha procedido a la identificación de diferencias significativas entre subsegmentos de la muestra cuando el nivel de significación es < 0.05 . Se han comprobado las diferencias por sexo, edad, problemas visuales y Escuela a la que pertenecen los alumnos. La técnica utilizada ha sido:

- **Análisis de varianza o ANOVA:** se utiliza para establecer si existen diferencias significativas en las medias entre dos o más muestras. Permite evaluar el efecto de dos o más variables independientes sobre una variable dependiente.

3°. Ordenación de la importancia de los ejes semánticos

El paso siguiente consiste en efectuar la ordenación de la importancia de los ejes semánticos en función de la valoración global del ambiente luminoso del aula. Esta ordenación tiene una gran importancia a la hora de evaluar la influencia de cada uno de estos ejes en la valoración de la iluminación de las aulas.

Al igual que en la anterior, en esta experiencia la ordenación de los ejes se ha establecido a partir de la obtención de un modelo de regresión lineal entre los ejes de valoración y las variables de valoración global. Los fundamentos de dicho **modelo de regresión lineal** se han definido en el apartado IV.1.2.5.3.

Para conseguir este modelo se han cruzado las valoraciones globales con las puntuaciones de cada eje, de manera que se han identificado los ejes semánticos que realmente influyen en dicha valoración y se ha cuantificado su grado de influencia.

Este modelo predictivo permite estimar cual será la valoración global del ambiente luminoso de un aula determinada por parte de los estudiantes a partir de su valoración de los diferentes ejes semánticos.

4°. Análisis de la influencia de las variables en la valoración de la iluminación

El siguiente paso del proceso de tratamiento de datos es efectuar una correlación entre los diferentes atributos con fin de analizar la incidencia de unas variables sobre otras y sobre la valoración global. Esta correlación se ha elaborado a partir del **cálculo de los coeficientes de correlación** (ver apartado IV.1.2.5.3.) mediante dos coeficientes de correlación, el de Pearson y el de Spearman.

- **Análisis de correlación:** permite determinar si existe una correlación lineal entre variables, expresada mediante los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman.

El coeficiente de correlación lineal de Pearson se ha descrito en el apartado IV.1.2.5.3. El coeficiente de correlación de Spearman ("r", o rho de Spearman) es exactamente el mismo que el coeficiente de correlación de Pearson calculado sobre el rango de observaciones. La interpretación del coeficiente de Spearman es igual que la del coeficiente de correlación de Pearson. Oscila entre -1 y +1, indicando asociaciones negativas o positivas respectivamente.

5°. Validación del modelo

Para realizar la validación del modelo de valoración global se han comparado los resultados que predice dicho modelo con los que se han obtenido para una muestra de control. Las aulas de control las han formado aulas que no figuraban en la muestra de la primera parte de la experiencia.

En concreto, se han utilizado 6 aulas más (4 empleadas para la realización de los perfiles semánticos y 2 para utilizadas para la comparación de los perfiles). En ellas se han recogido 142 cuestionarios adicionales. Gracias a ellos se han obtenido nuevas puntuaciones a los adjetivos del estudio.

Seguidamente, se han normalizado estas puntuaciones a partir de las matrices de transformación de componentes obtenidas en el análisis anterior y se han transformado en puntuaciones de los ejes semánticos. Se ha determinado el valor medio y se ha elaborado el perfil semántico promedio del estímulo del ambiente luminoso del aula en cuestión.

A su vez, a cada estímulo analizado se le ha asignado una valoración global correspondiente a la media de las asignadas por los sujetos de la prueba de control.

Una vez se han elaborado los perfiles se ha efectuado un análisis individual de la iluminación de cada aula, describiendo las puntuaciones en cada uno de los ejes y su relación con la valoración global.

Este análisis de los perfiles ilustra las posibilidades de la metodología desarrollada no sólo para predecir las posibles respuestas de los alumnos, sino para analizar las causas en las diferencias de percepción en la iluminación de sus aulas. Además se ha realizado un análisis comparativo entre el ambiente luminoso de dos aulas para estudiar las diferencias de percepción entre los distintos ejes.

Posteriormente, la muestra de control también se ha utilizado para validar el modelo. Se han comparado las valoraciones globales obtenidas en la prueba de control y las predichas por el modelo. La no existencia de diferencias significativas ha permitido la validación.

IV.2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Introducción

Una vez planteada y aplicada la metodología de trabajo descrita en el apartado anterior, se alcanzan una serie de resultados. Estos resultados se consiguen siguiendo el esquema visto anteriormente en la figura 97:

Esquema del método de análisis de datos:

Etapa 1. Análisis descriptivo de los datos

Etapa 2. Estudio del universo semántico del ambiente luminoso del aula

- a) Extracción de los ejes semánticos.
- b) Identificación de diferencias significativas entre subsegmentos de la muestra.

Etapa 3. Ordenación de la importancia de los ejes semánticos

- a) Obtención del modelo de relación entre los ejes semánticos y la valoración global de la iluminación: clasificación y ordenación de la importancia de los ejes respecto a la valoración global de la iluminación del aula mediante el modelo de regresión lineal.
- b) Relación de los ejes semánticos con las distintas variables de valoración global de la iluminación.

Etapa 4. Análisis de la influencia de las variables en la valoración de la iluminación

- a) Relación de los ejes semánticos con la percepción de la iluminación de los elementos del aula.
- b) Análisis de la influencia de las medidas objetivas de la iluminación en la valoración global de la iluminación.

Etapa 5. Análisis de la influencia de las tareas en la valoración de la iluminación

- a) Obtención y extracción de los factores de tareas
- b) Relación de los ejes semánticos con los factores de tareas

Etapa 6. Validación del modelo obtenido

- a) Perfiles semánticos
- b) Comparativa de perfiles semánticos
- c) Validación del modelo

A continuación, de forma resumida, se describe el procedimiento de trabajo seguido a la hora del tratamiento de los datos, antes de comentar y detallar los resultados.

IV.2.3.1. ETAPA 1: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

En esta primera etapa se realiza el análisis descriptivo tanto sobre las variables objetivas del cuestionario, como sobre el conjunto de variables subjetivas representadas por los adjetivos.

IV.2.3.1.1. Análisis descriptivo de la parte objetiva

Este análisis implica la descripción del conjunto de variables objetivas del sujeto que conforman el estudio como son el sexo, la edad, si el alumno tiene o no problemas visuales, el tipo de problema visual que tiene, si usa gafas o lentillas o si es daltónico.

Mediante este análisis se quiere comprobar si la muestra es homogénea para cada una de las variables objetivas o si por el contrario, predomina un determinado segmento y, por tanto, es necesario realizar un análisis independiente por segmentos o grupos. Para ello, se utiliza la técnica del análisis de frecuencias (histogramas) y se analizan las medias y desviaciones típicas de las variables. Como se ha comentado en el apartado anterior, en el estudio de campo han participado 828 sujetos seleccionados mediante muestreo aleatorio simple entre los alumnos de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Alicante, siendo las características más relevantes de esta muestra las siguientes:

Variable 'sexo'

A partir de los resultados de este análisis descriptivo se observa una distribución homogénea de la variable 'sexo': el 48,5% de los sujetos son hombres, mientras que el 51,5% son mujeres.

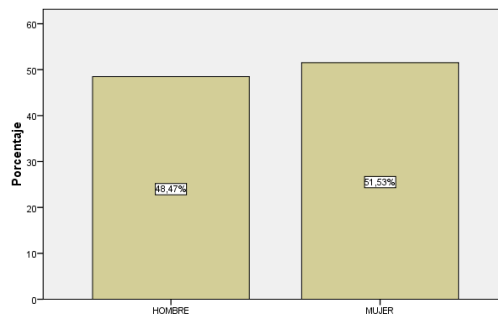


Fig. 98. Distribución de frecuencias variable "sexo"

Variable ‘edad’

La media de la edad de los alumnos es 22,3 años y la desviación típica 4,715. El 23,6% de los sujetos de la muestra es menor de 20 años, el 63,1% tiene entre 20 y 25 años, el 9,0% entre 26 y 30 años, el 2,1% entre 31 y 40 años y el 1,8% es mayor de 40 años.

Como se puede apreciar, aproximadamente un tercio de la muestra se concentra en el intervalo de edad comprendido entre 19 y 24 años, alcanzando un porcentaje de 73,4%

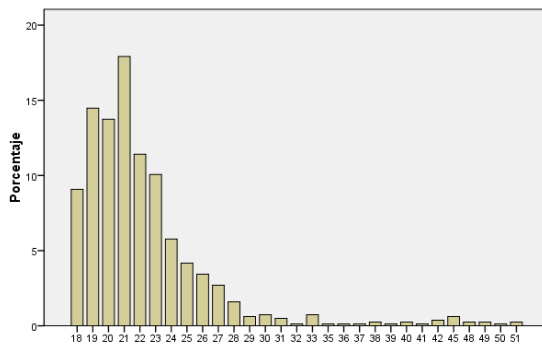


Fig. 99. Distribución de frecuencias variable ‘edad’

Variable ‘problemas visuales’

El 34,1% de los sujetos de la muestra no menciona tener problemas visuales y el 65,9% de los sujetos sí que los tiene.

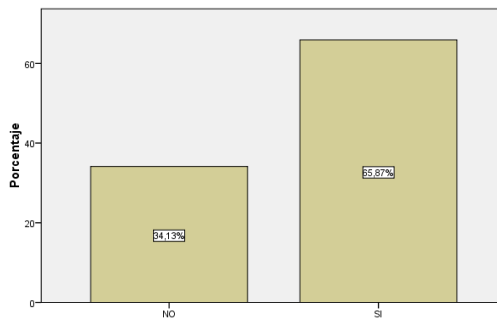


Fig. 100. Distribución de frecuencias variable ‘problemas visuales’

Variable 'tipo de problema visual'

El 27,2% de los sujetos de la muestra tiene miopía, el 2,1% de los sujetos tiene hipermetropía, el 5,2% tiene astigmatismo, el 0,4% tiene miopía e hipermetropía, el 15,6 tiene miopía y astigmatismo, el 4,5% tiene hipermetropía y astigmatismo, el 0,5% tiene miopía, hipermetropía y astigmatismo, 0,6% tiene miopía, astigmatismo y otros, el 0,1% tiene miopía, hipermetropía, astigmatismo y otros, el 1,6% está operado, el 3,3% tiene vista cansada, el 0,2% tiene miopía, astigmatismo y vista cansada, el 0,1% tiene miopía, astigmatismo y vista cansada, el 1,6% tiene otros problemas no incluidos en los problemas anteriores.

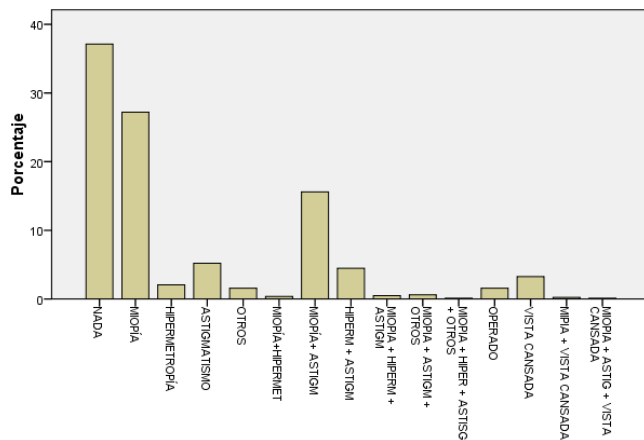


Fig. 101. Distribución de frecuencias variable 'tipo de problema visual'

Variable 'daltonismo'

El 99,2% de los sujetos de la muestra no es daltónico y el 0,8% de los alumnos sí que lo es.

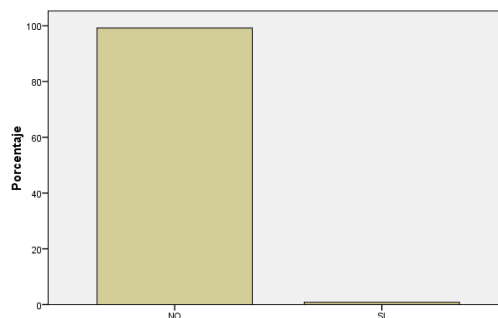


Fig. 102. Distribución de frecuencias variable 'daltonismo'

Variable 'uso de gafas'

El 56,1% de los sujetos de la muestra no usa gafas y el 43,9% de los sujetos sí que las usa.

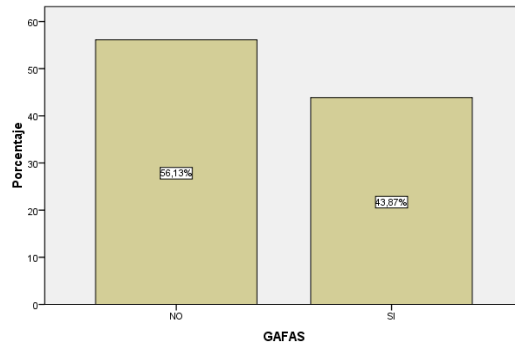


Fig. 103. Distribución de frecuencias variable 'uso de gafas'

Variable 'uso de lentillas'

El 76,6% de los sujetos de la muestra no usa lentillas y el 23,4% de los alumnos sí que las usa.

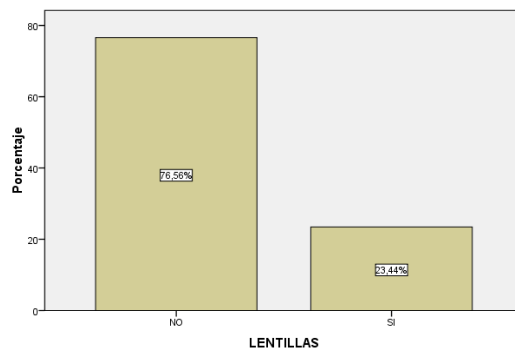


Fig. 104. Distribución de frecuencias variable 'uso de lentillas'

Variable 'tipo de estudios'

En cuanto a la variable tipo de estudios: el 24,8% de los sujetos de la muestra estudia en la Escuela Técnica Superior de Arquitectos de Valencia; el 10,3% estudia en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación; el 19,3%, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural; el 13,1%, en la Facultad de Bellas Artes; el 10,7%, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; el 7,60%, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño; el 7,10%, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y el 7,00%, en la Escuela Técnica Superior de Arquitectos de Alicante.

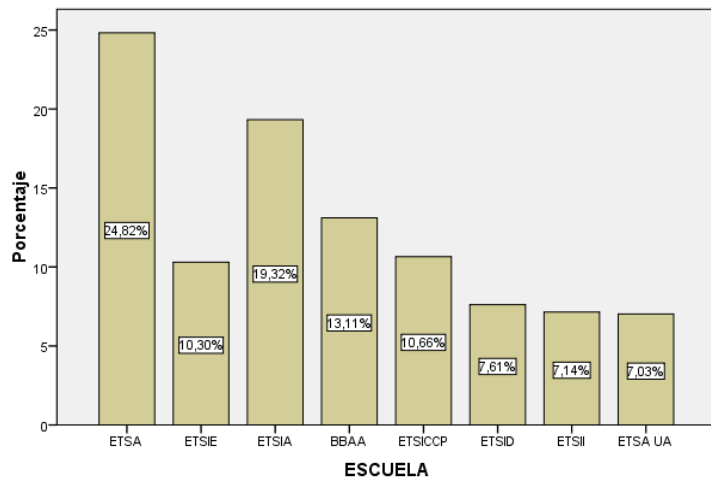


Fig. 105. Distribución de frecuencias variable 'tipo de estudios'

IV.2.3.1.2. Análisis descriptivo de la parte subjetiva

El análisis descriptivo que se describe seguidamente incluye la valoración de las variables de iluminación de los objetos, iluminación del aula en función de las actividades o tareas, la influencia de la iluminación en las emociones y la valoración global de la iluminación del aula.

Variable 'Iluminación de los objetos en el aula'

A continuación, se realiza un análisis descriptivo de la opinión de los alumnos acerca de cómo están iluminados los objetos o elementos del aula. En la tabla siguiente se analizan los valores de la media y la desviación típica de sus respuestas subjetivas.

Iluminación de los objetos	Media	Desv. típ.
Las personas están bien iluminadas	0,76	0,795
Los colores se ven bien	0,71	0,890
Los rostros están bien iluminados	0,70	0,803
Mi zona de trabajo está bien iluminada	0,67	0,915
El techo está bien iluminado	0,66	0,901
Los objetos están bien iluminados	0,54	0,827
El suelo está bien iluminado	0,45	0,968
Las paredes están bien iluminadas	0,44	0,967
La pizarra está bien iluminada	0,13	1,140
Tengo sensación de confort en los ojos	0,12	1,014

Tabla 91. Media y desviación típica de las variables sobre cómo están iluminados los objetos o elementos del aula (en orden descendente en función de la media)

La tabla anterior indica cómo valoran la iluminación de los objetos o elementos del aula. En la columna 'MEDIA' aparece la valoración media obtenida para un elemento determinado, mientras que la columna 'DESVIACIÓN TÍPICA' proporciona información acerca de la variabilidad en las respuestas de los estudiantes/usuarios. Los adjetivos aparecen ordenados en la tabla de forma descendente según el valor de su media.

Así, en la parte superior aparecen los atributos cuya media es más elevada, lo que significa que son mejor valorados. Conforme se desciende en la tabla, aparecen los adjetivos cuya media está próxima a 0 y, por tanto, obtienen una valoración media neutra.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, cabe destacar que los adjetivos con un mayor valor en esta columna son aquellos que presentan una alta variabilidad en las respuestas por lo que tienen una menor fiabilidad.

El caso más acusado se da para el atributo 'la pizarra está bien iluminada', con una desviación típica de 1,140. Seguramente, este dato se deba a la variabilidad de aulas y a que en algunas la pizarra puede estar bien iluminada y en otras no.

En la figura siguiente se muestra la información gráfica de los valores de las medias obtenidas por la iluminación de cada uno de estos elementos. Destaca la iluminación de las personas, colores y rostros.

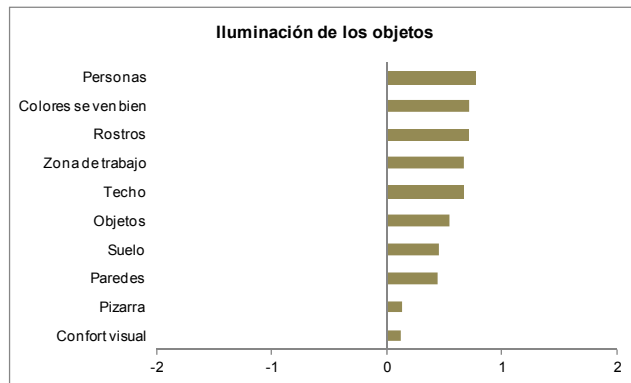


Fig. 106. Media las variables sobre cómo están iluminados los objetos o elementos del aula

Se puede observar en ella que los valores de las medias, en general, no son muy elevados. Los alumnos consideran que los elementos del aula están bien iluminados pero no con grandes puntuaciones.

De este modo, perciben que las personas y los rostros están bien iluminados y los colores, también que están bien iluminados su zona de trabajo, el techo, los objetos, el suelo y las paredes de su aula.

Finalmente, los estudiantes aprecian que sus pizarras se ven bien en término medio, así como también su sensación de confort en los ojos. Esta última apreciación se incluye por su relación con la existencia de deslumbramiento en el aula.

Variable 'Iluminación del aula en función de las actividades o tareas'

En la tabla siguiente se analizan los valores la media y la desviación típica de las respuestas subjetivas de los alumnos a la adecuación de la iluminación en función del tipo de tareas o actividades que realizan en el aula.

Actividades o tareas	Media	Desv. típ.
Dialogar	0,87	0,866
Preguntar al profesor	0,83	0,828
Escribir	0,57	0,932
Trabajar con el ordenador	0,54	0,923
Corregir	0,51	0,845
Atender	0,49	0,933
Repasar los apuntes	0,45	0,851
Leer	0,43	0,981
Reflexionar	0,32	1,041
Dibujar	0,29	1,024
Atender a la pizarra	0,28	1,044
Ver el proyector	-0,11	1,184

Tabla 92. Medias y desviaciones típicas sobre la iluminación del aula en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella (ordenadas de forma descendente según la media)

Se observa en ella que el conjunto de encuestados considera que el aula está mejor iluminada para tareas como dialogar, preguntar al profesor, escribir, trabajar con el ordenador, corregir, atender, repasar los apuntes y leer.

Los alumnos piensan que sus aulas están iluminadas en un término medio para las tareas como reflexionar, dibujar y atender a la pizarra. Finalmente, en la parte baja de la tabla aparecen las actividades peor iluminadas. Así, los estudiantes valoran que sus aulas no están bien iluminadas para ver el proyector.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, el caso más acusado se da para la actividad 'Ver el proyector', con una desviación típica de 1,184. Probablemente, este hecho se explica porque puede haber aulas en las que sí se asegure el aula se pueda oscurecer convenientemente y otras aulas en las que esto no sucede.

En la figura siguiente se muestra la media de las respuestas subjetivas de los alumnos a la adecuación de la iluminación en función del tipo de tareas. Destacan las valoraciones de las tareas de dialogar, preguntar al profesor y escribir.

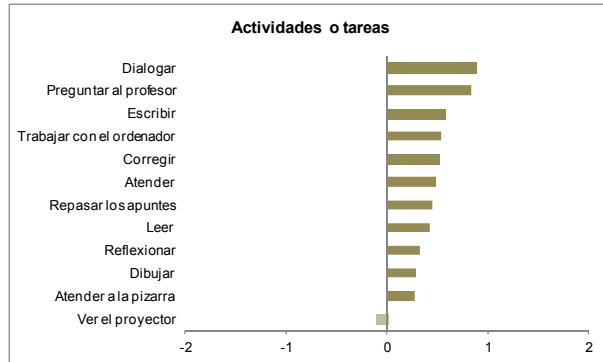


Fig. 107. Medias de la iluminación del aula en función de las actividades o tareas

Variable 'influencia de la iluminación en las emociones'

En la tabla siguiente se analizan los valores de la influencia del ambiente luminoso en las emociones relacionadas con el rendimiento académico del alumno, a través de la media y la desviación típica.

Influencia iluminación en las emociones	Media	Desv. típ.
Capacidad de atención	0,36	1,033
Nivel de concentración	0,31	1,026
Rendimiento como alumno	0,25	0,987
Nivel de cansancio	0,22	1,099
Sensación de bienestar	0,21	0,979
Estado de ánimo	0,02	1,070
Nivel de estrés	-0,07	1,072
Estado de salud	-0,35	1,024

Tabla 93. Medias y desviaciones típicas de las variables que recogen las impresiones emocionales de los sujetos con respecto al ambiente luminoso

La mayoría de las puntuaciones están próximas a 0 y, por consiguiente, obtienen una valoración media neutra, como es el caso de la influencia de la iluminación del aula en la capacidad de atención, el nivel de concentración, el rendimiento como alumno, el nivel de cansancio, la sensación de bienestar o el estado de ánimo.

Por el contrario, los estudiantes otorgan una valoración negativa a la influencia de la iluminación en su nivel de estrés o estado de salud. Respecto a la desviación típica, el caso más acusado se da para el atributo 'nivel de cansancio', con una desviación típica de 1,099. Probablemente, este atributo en la encuesta haya dado lugar a error o confusión en las respuestas de los usuarios; de ahí, su mayor variabilidad.

En la siguiente figura se muestra la media de las respuestas subjetivas de los alumnos a las impresiones emocionales de los sujetos con respecto al ambiente luminoso.

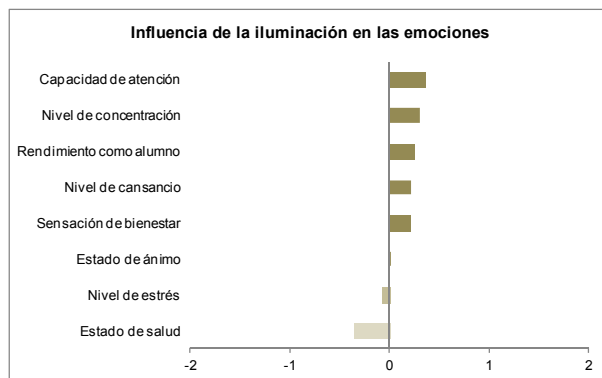


Fig. 108. Medias de las variables que recogen las impresiones emocionales de los sujetos con respecto al ambiente luminoso

Se observa en la figura anterior que los alumnos consideran que la iluminación del aula influye en sus emociones, en general, de manera muy neutra con todos los valores cercanos a 0.

Variable 'valoración global de la iluminación del aula'

En esta parte del estudio se realiza un análisis descriptivo de la valoración global de la iluminación de las aulas. En la tabla 94 se indican los valores de medias y desviaciones típicas obtenidas para cada una de estas variables.

Se manifiesta en dicha tabla que la adecuación de la iluminación obtiene resultados similares tanto para las clases de teoría como clases de prácticas. Destaca la diferencia entre la iluminación artificial y la natural. La iluminación artificial está valorada de forma neutra pero positivamente y con la natural sucede lo contrario.

Este dato en sí mismo ya es llamativo porque representa que los estudiantes de las aulas analizadas valoran negativamente su iluminación natural y no así la artificial. Esto se puede deber a que, en la mayoría de las aulas analizadas, la iluminación artificial cumple la normativa vigente y, sin embargo, no todas poseen una iluminación natural adecuada. En alguno de los casos incluso dicha iluminación natural es inexistente. Lo cual muestra un resultado lógico.

Valoración global de la iluminación del aula	Media	Desv. típ.
El aula está bien iluminada	0,42	0,971
La iluminación artificial del aula es adecuada	0,39	0,950
La iluminación del aula es adecuada para impartir clases de prácticas	0,29	1,029
La iluminación del aula es adecuada para impartir clases de teoría	0,28	1,035
La iluminación natural del aula es adecuada	-0,39	1,239

Tabla 94. Valoración global de la iluminación

Respecto a la desviación típica, el caso más acusado es el de la adecuación de la iluminación natural, con una desviación típica de 1,239. Probablemente esto se deba a la variabilidad de la muestra en la que figuran aulas que tienen una buena y adecuada iluminación natural y aulas que carecen de ella o es inadecuada.

En la figura 109 se muestra la valoración de las variables de valoración global de la iluminación de las aulas. Se observa en dicha figura que la iluminación en general obtiene una valoración media neutra cercana a 0 pero positiva en todas las variables, excepto en el caso de la iluminación natural.

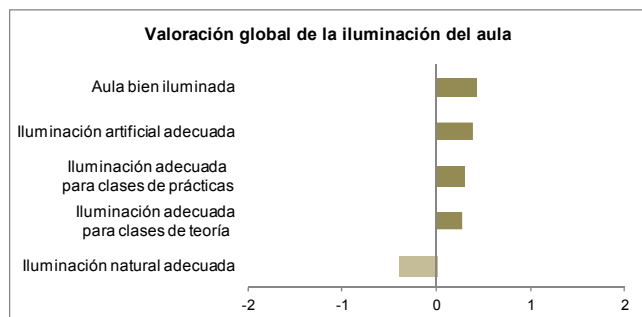


Fig. 109. Medias de la valoración global de la iluminación del aula

IV.2.3.2. ETAPA 2: ESTUDIO DEL UNIVERSO SEMÁNTICO DEL AMBIENTE LUMINOSO DEL AULA

IV.2.3.2.1. Obtención y extracción de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula

Como se ha comentado en el apartado IV.2.2.1., en el estudio de campo cada alumno valora un total de 40 adjetivos sobre el ambiente luminoso de las aulas presentadas, además de efectuar una valoración global de la iluminación de las mismas y de sus elementos. Este conjunto de adjetivos puede agruparse en un número más reducido de atributos o características que corresponden al “universo semántico” de los usuarios, es decir, al tipo de parámetros independientes que utilizan mentalmente para diferenciar un ambiente luminoso de otro.

Esta fase implica la reducción del conjunto de variables originales descriptivas de la sensación del alumno en el aula. Estos parámetros se denominan ejes semánticos y presentan la característica de ser independientes unos de otros, es decir, corresponden a cualidades no relacionadas entre sí. Antes de determinar los ejes del universo semántico mediante el análisis factorial se realiza un test de esfericidad de Barlett. Los resultados de este test se muestran en la tabla 95:

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin		0,946
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	15546,273
	gl	666
	Sig.	0,000

Tabla 95. KMO y prueba de esfericidad de Bartlett

Según esta tabla, el test de Esfericidad de Barlett muestra que sí existe relación entre las variables. Como consecuencia de este hecho se puede aplicar el análisis factorial. Del mismo modo que en la experiencia anterior, como criterio de extracción se sigue el estándar de extraer sólo ejes con un valor propio superior a la unidad. En el Anexo 5 (apartado A.5.2.3 - Etapa 2) se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación de este análisis factorial. En él puede observarse que se han extraído un total de 6 ejes semánticos independientes (ver A.5.2.3 - Etapa 2 - 2), que explican el 61,169% de la varianza del conjunto de variables originales (ver A.5.2.3 - Etapa 2 - 1).

Este porcentaje es bastante elevado si se tiene en cuenta que las variables originales están expresadas en una escala ordinal de 5 puntos y que corresponden a respuestas sobre un cuestionario. Se recurre a la rotación para la interpretación de los ejes semánticos. El fin de esta rotación es que los ejes tengan pesos altos en sólo algunas de las variables iniciales.

En la tabla 96 se muestran los valores propios y el porcentaje de varianza explicada para cada eje, una vez que se han rotado. Para el análisis se utiliza la técnica del Análisis Factorial procediendo a una rotación Varimax de los ejes originales.

EJES	AUTOVALORES	% VARIANZA	% ACUMULADO
EJE 1	5,609	15,161	15,161
EJE 2	4,496	12,152	27,313
EJE 3	3,808	10,292	37,605
EJE 4	3,151	8,517	46,122
EJE 5	2,801	7,571	53,694
EJE 6	2,766	7,476	61,169

Tabla 96. Total de la varianza explicada por los factores

Estos porcentajes permiten ordenar los ejes semánticos por su importancia a la hora de diferenciar el ambiente luminoso de unas aulas respecto del de otras. De esta manera, los ejes con mayores autovalores corresponden a conceptos o características que mejor diferencian el ambiente luminoso de las aulas.

Una vez se seleccionan los componentes, ejes semánticos o factores se interpreta el significado de cada uno de ellos a partir de los valores y signos de la matriz de componentes de las puntuaciones, una vez rotada. En la tabla 97 se añade una breve descripción de cada uno de estos ejes, cuyo significado se discute con detalle a continuación.

EJES SEMÁNTICOS
EJE 1. SORPRESA/ INTERÉS
EJE 2. CLARIDAD/ EFICIENCIA
EJE 3. COLORIDO/ANIMADO
EJE 4. UNIFORMIDAD
EJE 5. BRILLO/INTENSIDAD
EJE 6. CALIDEZ

Tabla 97. Denominación de los factores eje de valoración

El análisis factorial indica que los alumnos diferencian el ambiente luminoso de sus aulas, en primer lugar, según el interés o la sorpresa que les cause. Le siguen los ejes relacionados con la claridad o eficiencia, colorido, uniformidad, brillo y calidez. La varianza explicada es menor a medida que disminuye el autovalor de cada eje, lo cual significa que la iluminación de las distintas aulas se diferencian menos entre sí en función de dicho eje.

Finalmente, hay que recalcar que los ejes obtenidos corresponden al esquema mental de atributos o características que manejan los propios usuarios o alumnos y que pueden ser diferentes de los que plantean expertos o arquitectos. Esta diferenciación es muy importante en el desarrollo de lámparas, iluminación, o arquitectura orientada al usuario.

A continuación, se analiza de forma detallada el significado de cada eje del universo semántico general extraído en este estudio.

Eje semántico 1

Este es el eje principal y consigue explicar el 15,16% de la varianza de las variables originales. Al ocupar el primer lugar en el análisis factorial se trata del primer atributo que los alumnos reconocen o identifican al diferenciar la iluminación de las diferentes aulas.

Como puede observarse en la tabla 98, este eje agrupa con coeficientes positivos las variables relacionadas con la sensación del ambiente luminoso del aula como interesante, estimulante, original, sorprendente, asombroso, impresionante y sugerente. En definitiva, congrega las cualidades relacionadas con el **interés** y la **sorpresa** que causa el ambiente luminoso.

Eje semántico	Universo semántico				Contribución %	Alpha de Cronbach
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
1 SORPRESA	Sorprendente	0,853			15,16%	0,906
	Asombroso	0,826				
	Impresionante	0,727				
	Original	0,718				
	Interesante	0,717				
	Estimulante	0,709				
	Sugerente	0,589				

Tabla 98. Variables que componen el eje de valoración 1

Eje semántico 2

Este eje consigue explicar el 12,15 % de la varianza de las variables originales. Al igual que en el caso anterior, todas las variables asociadas a este factor tienen una componente positiva y relativamente grande. Las que contribuyen de manera más significativa las que hacen referencia a la percepción del ambiente luminoso del aula como claro, nítido, eficiente, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable.

Sorprende la presencia de atributos como funcional, de calidad o cómodo relacionados con los atributos claramente lumínicos como claro, nítido o luminoso. Puede resumirse como factor que recoge la **claridad** del ambiente luminoso del aula.

Eje semántico		Universo semántico				Contribución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
2	CLARIDAD	Eficiente	0,698			12,15%	0,867
		Nítido	0,683				
		Claro	0,649				
		De calidad	0,645				
		Luminoso	0,613				
		Funcional	0,568				
		Cómodo	0,555				
		Confortable	0,501				

Tabla 99. Variables que componen el eje semántico 2

Eje semántico 3

El tercer factor explica el 10,29% de la variabilidad de la muestra. Se asocia con correlaciones positivas a las variables que hacen referencia a la percepción del ambiente luminoso del aula como animado, dinámico, amigable, colorido, bonito, alegre y favorecedor. En definitiva, este factor puede resumirse como un eje que recoge que el ambiente luminoso sea **animado o colorido**.

Eje semántico		Universo semántico				Contribución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
3	COLORIDO	Animado	0,667			10,29%	0,881
		Dinámico	0,636				
		Amigable	0,633				
		Alegre	0,609				
		Colorido	0,532				
		Bonito	0,477				
		Favorecedor	0,454				

Tabla 100. Variables que componen el eje semántico 3

Eje semántico 4

El cuarto eje explica el 8,52% de la varianza. Al igual que en los casos anteriores, todas las variables que aglutina tienen relaciones positivas: uniforme, equilibrado, homogéneo y ordenado. Todas estas son variables relacionadas con la **uniformidad** del ambiente luminoso.

Eje semántico		Universo semántico				Contribución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
4	UNIFORMIDAD	Uniforme	0,778			8,52%	0,799
		Homogéneo	0,741				
		Equilibrado	0,671				
		Ordenado	0,671				

Tabla 101. Variables que componen el eje semántico 4

Eje semántico 5

El quinto eje explica el 7,57% de la varianza de la muestra. Asocia con correlaciones positivas a los atributos brillante, deslumbrante, intenso. Todas estas variables están relacionadas con el **brillo, el deslumbramiento o la intensidad** de la luz.

Eje semántico		Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
5	BRILLO	Brillante	0,739	Calmado	-0,441	7,57%	0,658
		Deslumbrante	0,634	Tranquilo	-0,437		
		Intenso	0,600	Suave	-0,422		

Tabla 102. Variables que componen el eje semántico 5

Eje semántico 6

Este eje explica un 7,48% de la variabilidad de la muestra original. Agrupa los conceptos cálido, protector, agradable y natural. Se asocia este factor con el eje de los conceptos relacionados con la **calidez** del ambiente luminoso del aula.

Eje semántico		Universo semántico				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
		Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
6	CALIDEZ	Cálido	0,712			7,48%	0,700
		Protector	0,599				
		Agradable	0,531				
		Natural	0,517				
		Tenue	0,487				

Tabla 103. Variables que componen el eje semántico 6

Como prueba complementaria al análisis factorial, se emplea el coeficiente Alpha de Cronbach⁴⁷⁷. Según George y Mallery⁴⁷⁸, un valor del coeficiente Alpha de Cronbach por debajo de 0,5 muestra un nivel de fiabilidad no aceptable. En la tabla siguiente se muestran los valores de este coeficiente para cada uno de los ejes semánticos obtenidos. Si se analizan los coeficientes siguiendo este criterio, se advierte que casi todos los ejes tienen una buena consistencia interna.

⁴⁷⁷ Cronbach, L. J., 1951, *op. cit.*

⁴⁷⁸ George, D., Mallery, P., 1995, *op. cit.*

Ejes semánticos	Nombre	Alpha de Cronbach	Alpha Cronb. modificado
EJE 1	SORPRESA / INTERÉS	0,906	
EJE 2	CLARIDAD / EFICIENCIA	0,867	
EJE 3	COLORIDO / ANIMADO	0,881	
EJE 4	UNIFORMIDAD	0,799	
EJE 5	BRILLO / INTENSIDAD	0,658	
EJE 6	CALIDEZ	0,700	

Tabla 104. Valores del coeficiente Alpha de Cronbach

La ordenación de los ejes semánticos obtenida corresponde a su capacidad para diferenciar el ambiente luminoso de unas aulas respecto a otras y para el segmento de población seleccionado, en este caso, estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Alicante. Es evidente a su vez, que el universo semántico puede cambiar de una ciudad o de una universidad a otra, también en función del segmento de usuarios seleccionados.

Es fundamental conocer que los ejes semánticos con una mayor varianza explicada corresponden a conceptos en los que, desde el punto de vista de los alumnos, más diferencias existen entre el ambiente luminoso de unas aulas y otras. Sin embargo, ello no implica que sean los que más influyen en la valoración global.

Esta variable no ha sido incluida en el análisis anterior y es la que permite ordenar los ejes semánticos de acuerdo con los criterios más importantes desde el punto de vista del estudio de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula y sobre todo, de su influencia en dicha valoración global. Este análisis se realiza en el apartado IV.2.3.3.1.

IV.2.3.2.2. Identificación de diferencias significativas entre subsegmentos de la muestra

A continuación, se plantea contrastar la existencia de diferencias significativas entre subsegmentos de la muestra, como puede ser el sexo, la edad, por problemas en la vista, etc. En primer lugar, se realiza un ANOVA para cada una de las variables (ver anexo A.5.2.3, Etapa 2 - apartado 3) para ver en qué adjetivos existen diferencias significativas ($\text{sig} < 0,05$).

Variable 'sexo'

No se advierten diferencias significativas ya que en ningún caso el nivel de significación es < 0.05 (ver anexo A.5.2.3, apartado 3.1). De esta manera, se concluye que no hay diferencias significativas por sexo.

Variable 'edad'

No se observan diferencias significativas ya que en ningún caso el nivel de significación es < 0.05 (ver anexo A.5.2.3, apartado 3.2). Así, se deduce que no existen diferencias significativas por edad.

Variable 'problemas visuales'

No se distinguen diferencias significativas ya que en ningún caso el nivel de significación es < 0.05 (ver anexo A.5.2.3, apartado 3.3), por lo tanto, se determina que no hay diferencias significativas por problemas de vista.

Variable 'Escuela'

Se advierten diferencias significativas según la Escuela en la que estudia el alumno ya que en todos los casos nivel de significación es < 0.05 menos en el eje calidez (ver anexo A.5.2.3, apartado 3.4). En la figura siguiente se muestran las medias que obtienen los ejes semánticos del ambiente luminoso, extraídos en el apartado anterior, en función de la Escuela a la que pertenece el alumno.

En ella se puede ver que el eje que recoge la sensación de sorpresa e interés del ambiente lumínico está valorado positivamente sobre todo en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA), seguido por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIA), la Facultad de Bellas Artes (BB AA) y, por último, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE), y está valorado negativamente principalmente en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID), seguido por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) de la Universidad de Alicante, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP).

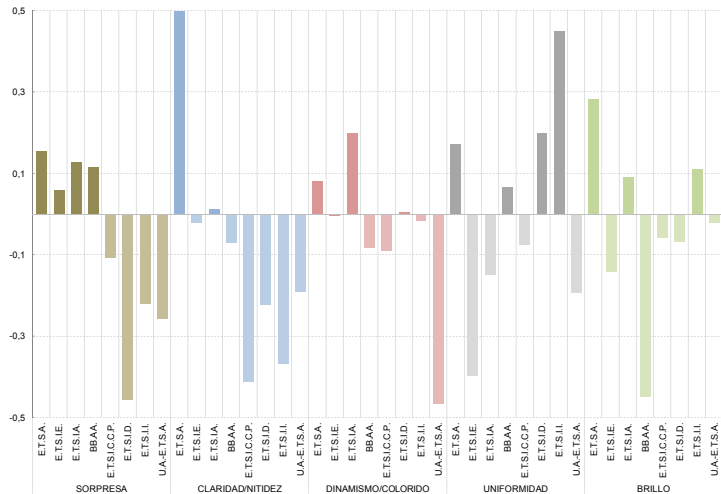


Fig. 110. Medias de la valoración de los ejes semánticos para cada Escuela

En segundo lugar, el eje que recoge la sensación de claridad e interés del ambiente lumínico se valora positivamente con mayor valor en la ETSIA, y con menor valoración en la ETSIE. Este eje se puntúa negativamente en el resto de Escuelas como la ETSIA, la facultad de BB AA, sobre todo en la ETSICCP y también en la ETSID, la ETSII y la ETSIA de la Universidad de Alicante.

En tercer lugar, el eje que aglutina que el ambiente luminoso se perciba colorido y animado se valora positivamente sobre todo en la ETSIA, y con menor puntuación en la ETSIA. A su vez, se evalúa negativamente en el resto de Escuelas como la ETSIE, la facultad de BB AA, la ETSICCP, la ETSID, la ETSII y sobre todo en la ETSIA de la Universidad de Alicante.

En cuarto lugar, el eje uniforme es valorado positivamente en la ETSII, seguido por la ETSID, la ETSIA y la facultad de BB AA. Se califica negativamente en el resto de Escuelas sobretodo en la ETSIE, en la ETSIA de la Universidad de Alicante, en la ETSIA y en la ETSICCP.

En quinto lugar, el eje que recoge la sensación de que el ambiente luminoso se perciba como brillante, deslumbrante e intenso se valora positivamente principalmente en la ETSIA, y con menor valor en la ETSIA de la Universidad de Alicante y en la ETSIA. Por otro lado, este eje se percibe negativamente en el resto de Escuelas.

IV.2.3.3. ETAPA 3: ORDENACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS EJES SEMÁNTICOS

IV.2.3.3.1. Obtención del modelo de relación de los ejes semánticos con la valoración global

Una vez obtenidos los ejes semánticos, el paso siguiente consiste en efectuar la ordenación de la importancia de estos ejes en función de la valoración global de la iluminación del aula. Esta ordenación tiene una gran importancia a la hora de evaluar la influencia de cada uno de estos ejes en la valoración de la iluminación de las aulas.

Al igual que en la anterior, en esta experiencia el análisis se basa fundamentalmente en el modelo de regresión lineal. Este análisis ofrece un modelo cuantitativo simple que permite efectuar posteriormente estimaciones de la adecuación de la iluminación de un aula a partir de juicios sobre los ejes semánticos.

En el apartado IV.2.3.3.1, se usaba el porcentaje de varianza explicada para realizar la ordenación de los ejes. En este análisis, sin embargo, se relaciona cada uno de los ejes independientes con la variable 'valoración global de la iluminación del aula'. De modo que se toma como variable dependiente la valoración global de la iluminación del aula y como variables independientes, los 6 ejes semánticos iniciales, aplicando el método de pasos sucesivos.

Así, se determinan los ejes o conceptos que tienen una influencia mayor en la percepción global de la iluminación y que, por tanto, influyen más a la hora de valorarla positivamente. En la tabla siguiente se recogen los resultados del modelo de regresión por orden de importancia:

Modelo	B	Error tip.	β	t	Sig.
(Constante)	0,438	0,024		18,085	0,000
Claridad / Eficiencia	0,573	0,024	0,595	23,658	0,000
Uniformidad	0,276	0,024	0,286	11,395	0,000
Colorido/Animado	0,195	0,024	0,203	8,065	0,000
Calidez	0,156	0,024	0,162	6,449	0,000
Sorpresa / Interés	0,122	0,024	0,127	5,047	0,000
Brillo / Intensidad	0,017	0,024	0,018	0,714	0,475
R = 0,720					

Tabla 105. Modelo de regresión lineal para la variable 'aula bien iluminada'

En la tabla anterior, se muestra un modelo en el que entran 5 atributos de los 6 descritos anteriormente (con un nivel de significación inferior a 0,05), que por orden de entrada son los siguientes:

- 1° Eje 2. Ambiente luminoso claro, eficiente y nítido.
- 2° Eje 4. Ambiente luminoso uniforme.
- 3° Eje 3. Ambiente luminoso colorido y animado.
- 4° Eje 6. Ambiente luminoso cálido.
- 5° Eje 1. Ambiente luminoso sorprendente e interesante.

Según dicho modelo, el atributo que se tiene en cuenta en mayor medida a la hora de valorar positivamente el ambiente luminoso de una determinada aula es que éste se perciba como eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso y funcional; en segundo lugar, que se aprecie uniforme, homogéneo, equilibrado y ordenado; en tercer lugar, animado, dinámico, amigable, alegre, colorido y bonito; en cuarto lugar, cálido, protector, agradable, natural y tenue y, por último, que se perciba sorprendente, asombroso, impresionante, original, interesante y estimulante.

Del modelo desaparece el eje que recoge el brillo o deslumbramiento ya que su nivel de significación es superior a 0,05. Este hecho significa que las variables recogidas en este eje no tienen influencia en la valoración global del ambiente luminoso. Esto se puede deber, en parte, a que en la mayoría de casos de la muestra, la iluminación respeta la normativa en cuanto a la limitación del deslumbramiento por lo que es posible que el alumno no llegue a captar o a percibir la importancia de este parámetro.

Por otro lado, la regresión lineal, además de dar a conocer las relaciones entre los ejes y la valoración global, permite predecir las posibles respuestas ante estímulos determinados. De esta forma, con los coeficientes que proporciona el modelo para cada uno de estos factores se obtiene el siguiente ajuste:

Valoración global de la iluminación del aula = $0,438 + 0,573 \text{ eje } 2 + 0,276 \text{ eje } 4 + 0,195 \text{ eje } 3 + 0,156 \text{ eje } 5 + 0,122 \text{ eje } 1$

La habilidad de predicción del modelo se muestra por el coeficiente de correlación R que en este caso es 0,720. Este valor muestra la consistencia del modelo y del procedimiento de análisis realizado. Más adelante, se comprueba su fiabilidad, cuando se contrastan sus predicciones con la muestra correspondiente a una selección de aulas.

IV.2.3.3.2. Relación de los ejes semánticos con las distintas variables de valoración global del ambiente luminoso

Para establecer la relación entre los ejes semánticos y las distintas variables de valoración global de la iluminación se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Spearman.

En la tabla siguiente, se muestran los coeficientes de correlación para esta relación. Se marcan en negrita y sombreados aquellos valores significativos y en rojo, los de correlación negativa. Como se ha comentado anteriormente, el único eje que no se relaciona e incluso tiene una correlación negativa es el eje que recoge el brillo y el deslumbramiento.

		Bien iluminada	lum. natural adecuada	lum. artificial adecuada	lum. adecuada teoría	lum. adecuada práctica	Me gusta	Satisfactorio	Adecuado
E1_ Sorpresa / Interés	Correlation Coef.	0,135**	0,182**	0,133**	0,087*	0,103**	0,216**	0,253**	0,055
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,016	0,004	0,000	0,000	0,129
E2_ Claridad / Eficiencia	Correlation Coef.	0,583**	0,358**	0,508**	0,462**	0,440**	0,531**	0,548**	0,616**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E3_ Colorido / Animado	Correlation Coef.	0,210**	0,219**	0,188**	0,173**	0,116**	0,359**	0,279**	0,145**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
E4_ Unifor- midad	Correlation Coef.	0,273**	0,101**	0,313**	0,217**	0,263**	0,229**	0,224**	0,207**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E5_ Brillo	Correlation Coef.	0,058	-0,003	-0,013	0,026	-0,024	-0,108**	-0,082*	0,035
	Sig. (2-tailed)	0,108	0,941	0,715	0,464	0,508	0,003	0,024	0,327
E6_ Calidez	Correlation Coef.	0,156**	0,236**	0,151**	0,160**	0,165**	0,185**	0,191**	0,190**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	769	770	770	767	768	771	770	767
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).									
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).									

Tabla 106. Correlaciones entre los ejes semánticos y las distintas variables de valoración global

A continuación, se analizan estas correlaciones para cada uno de los ejes del universo semántico:

En primer lugar en la tabla anterior, se observa que el eje que recoge la sensación de sorpresa e interés del ambiente luminoso está relacionado con todas las variables de valoración global, excepto con la variable 'adecuado'.

En segundo lugar, el eje que recoge la sensación de claridad e interés del ambiente lumínico está altamente relacionado con todas las variables de valoración global. De hecho, este eje es el que más se relaciona de todos con estas variables. El resultado es lógico ya recoge las percepciones del ambiente como eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable y todas estas percepciones son características de la iluminación muy importantes para impartir docencia convenientemente.

En tercer lugar, el eje que recoge que el ambiente luminoso sea colorido y animado también está relacionado con todas las variables de valoración global. De todas ellas, la que más se relaciona con este eje es la variable 'me gusta'.

En cuarto lugar, el eje que recoge la apreciación del ambiente luminoso como uniforme también se corresponde con todas las variables de valoración global. De todas ellas, la que más se relaciona con este eje es la variable 'iluminación artificial adecuada'. Esto quizás se deba a que el concepto de la uniformidad es más afín a la iluminación artificial que a la natural ya que es la artificial la que permite mayores niveles de uniformidad de una manera más controlada y sencilla. Estos resultados concuerdan con los de Slater y Boyce⁴⁷⁹, los cuales constataron como las valoraciones subjetivas de la uniformidad, adecuación y comodidad de la iluminación disminuían cuando también lo hacía la uniformidad.

En quinto lugar, el eje que recoge la sensación de ambiente luminoso brillante, deslumbrante e intenso sólo se relaciona de manera negativa con las variables 'me gusta' y 'satisfactorio'. Este valor, aunque no muy elevado, se traduce en que un ambiente luminoso que se percibe como brillante o deslumbrante no gusta a los alumnos ni lo consideran satisfactorio.

⁴⁷⁹ Slater, A. I., Boyce P. R., 1990, Illuminance Uniformity on Desks: Where Is the Limit?, *Lighting Research and Technology*, vol. 22, nº 4, pp.165-174.

En sexto lugar, el eje que recoge que el ambiente luminoso se perciba como cálido también se relaciona con todas las variables de valoración global. En especial con la variable 'iluminación natural adecuada'. Esto se puede deber a que los alumnos consideran que la calidez del ambiente está relacionada con una iluminación natural adecuada.

A continuación, se grafían en la figura 111 las correlaciones entre los ejes semánticos y las variables de valoración global 'bien iluminada', 'iluminación natural adecuada' e 'iluminación artificial adecuada'.

En general, los ejes que más se relacionan con todas las variables de valoración global de la iluminación son los que se refieren a la claridad, la uniformidad, el colorido y la calidez.

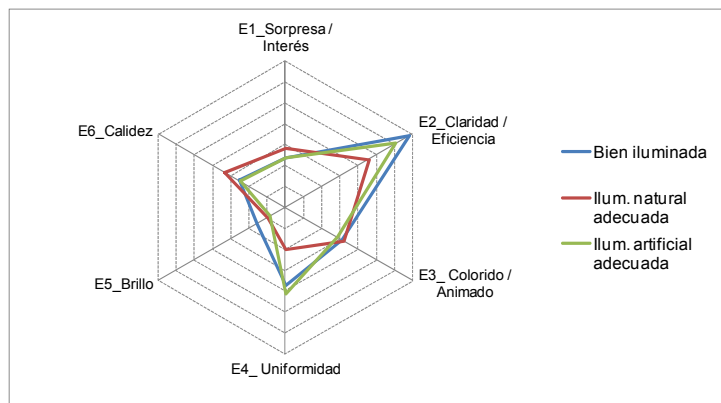


Fig. 111. Correlación entre los ejes semánticos y las variables de valoración global de la iluminación del aula

Se observa en la figura anterior cómo el hecho de que un aula se perciba como clara o eficiente está relacionado con que esta misma aula se perciba como bien iluminada o que se aprecie que tenga una iluminación artificial y natural adecuada.

Del mismo modo sucede con la uniformidad, el hecho de que un aula se perciba como uniforme está relacionado con que el aula se evalúe como bien iluminada y que tenga una iluminación artificial adecuada, así como una buena iluminación natural.

Por último, un aula que se percibe como más cálida está se relaciona con que esta misma aula se perciba como bien iluminada.

IV.2.3.4. ETAPA 4: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EN LA VALORACIÓN DE LA ILUMINACIÓN

IV.2.3.4.1. Relación de los ejes semánticos con la percepción de la iluminación de los elementos del aula

Para la obtención de la relación entre los ejes semánticos y las variables de percepción de la iluminación de los elementos presentes en el aula, se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Spearman. En la tabla siguiente se analizan sus valores:

		Techo bien iluminado	Paredes bien iluminadas	Suelo bien iluminado	Zona de trabajo bien iluminada	Pizarra bien iluminada	Objetos bien iluminados	Rostros iluminados	Personas bien iluminados	Los colores se ven bien	Sensación de confort visual
E1_ Sorpresa / Interés	Correlation Coefficient	0,040	0,083*	0,110**	0,056	0,142**	0,106**	0,085*	0,060	0,024	0,117**
	Sig. (2-tailed)	0,266	0,022	0,002	0,120	0,000	0,003	0,018	0,096	0,500	0,001
E2_ Claridad / Eficiencia	Correlation Coefficient	0,351**	0,317**	0,290**	0,453**	0,364**	0,450**	0,398**	0,401**	0,434**	0,470**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E3_ Colorido / Animado	Correlation Coefficient	0,065	0,104**	0,113**	0,122**	0,128**	0,123**	0,110**	0,110**	0,113**	0,143**
	Sig. (2-tailed)	0,071	0,004	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,000
E4_ Uniformidad	Correlation Coefficient	0,152**	0,227**	0,205**	0,211**	0,203**	0,243**	0,190**	0,215**	0,257**	0,144**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E5_ Brillo	Correlation Coefficient	0,163**	0,175**	0,088*	0,166**	0,041	0,071*	0,123**	0,139**	0,079*	-0,064
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,014	0,000	0,254	0,049	0,001	0,000	0,030	0,075
E6_ Calidez	Correlation Coefficient	0,132**	0,169**	0,139**	0,027	0,030	0,065	0,006	0,027	0,065	0,214**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,453	0,410	0,074	0,872	0,460	0,072	0,000
	N	769	769	768	770	770	767	768	766	766	767
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).											
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).											

Tabla 107. Correlaciones entre los ejes semánticos y las distintas variables de valoración global

En la tabla 107 se advierte que la mayoría de los ejes semánticos se correlacionan con las variables de percepción de la iluminación de los elementos del aula. Los ejes de claridad y uniformidad se relacionan con todos los elementos.

Este resultado es razonable ya que vincula la apreciación de un ambiente luminoso como claro y uniforme con una percepción, por parte de los usuarios, de que los elementos del aula están bien iluminados. A continuación, se analizan las correlaciones para cada uno de los ejes semánticos:

En primer lugar, en la tabla anterior se muestra que el eje que recoge la sensación de sorpresa, asombro e interés del ambiente luminoso está relacionado con que las paredes, el suelo, la pizarra, los objetos y los rostros se perciban bien iluminados. En segundo lugar, el eje que engloba la sensación de claridad está altamente vinculado con todas las variables de percepción de la iluminación. De hecho, este eje es el que más se correlaciona de todos. Este resultado es razonable ya que recoge las percepciones del ambiente luminoso como eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable y todas estas variables se relacionan con una iluminación de calidad. De esta manera, resulta natural que un ambiente luminoso considerado claro se corresponda con que se perciban como bien iluminados todos los elementos del aula, incluida la sensación de confort visual.

En tercer lugar, el eje colorido y animado también está vinculado con casi todas las variables de percepción de la iluminación de los elementos. En cuarto lugar, el eje que refleja la uniformidad también se corresponde con todas las variables de iluminación de los elementos aunque con valores ligeramente menores que el eje de claridad. Así, cuando el ambiente luminoso de un aula se considera uniforme se relaciona con una percepción de que los elementos del aula están correctamente iluminados.

En quinto lugar, el eje que recoge la sensación de brillante, deslumbrante e intenso se corresponde con que los alumnos valoren como bien iluminados la mayoría de los elementos de su aula, excepto la pizarra. A su vez, tampoco hay correspondencia con una buena sensación de confort visual. En sexto lugar, el eje que recoge la calidez es el que se corresponde únicamente con que los alumnos aprecien como bien iluminadas las superficies del aula como el techo, las paredes y el suelo. A su vez, también está relacionado con una buena sensación de confort visual.

En la figura siguiente se muestra la correlación entre los ejes semánticos del ambiente luminoso y la correcta iluminación del techo, paredes y suelo. Se advierte en ella como los ejes más relacionados con la buena iluminación de los elementos del aula son el de claridad/eficiencia y el de uniformidad.

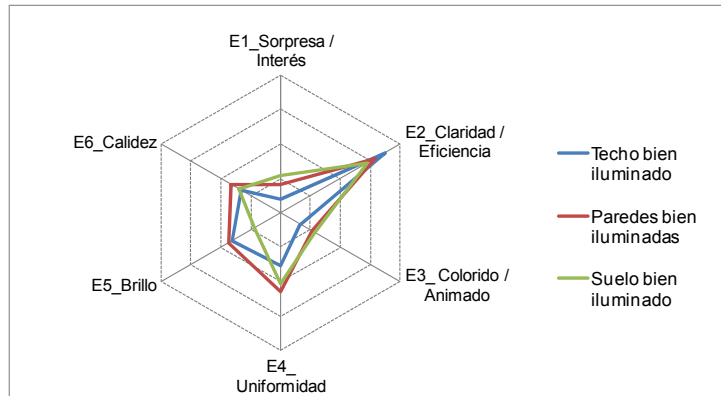


Fig. 112. Correlación entre los ejes semánticos y las variables de valoración global de la iluminación del aula

IV.2.3.4.2. Análisis de la influencia de las medidas objetivas en la valoración global de la iluminación

En el momento de realizar el pase de los cuestionarios se han tomado medidas objetivas de los niveles de iluminación exterior, de la iluminación natural media y de la iluminación artificial media. Seguidamente, se muestra la correlación entre estas mediciones y la valoración global de la iluminación, gracias a la utilización del coeficiente de correlación lineal de Pearson cuyos valores figuran en la tabla siguiente:

		Bien iluminada	Iluminación natural adecuada	Iluminación artificial adecuada
Iluminación natural exterior	Correlación de Pearson	-0,230**	-0,267**	-0,078*
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,042
Iluminación natural interior	Correlación de Pearson	0,147**	0,275**	0,002
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,956
Iluminación artificial interior	Correlación de Pearson	0,144**	-0,014	0,117**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,725	0,003
	N	661	662	661

Tabla 108. Correlaciones entre las variables de valoración global y las medidas objetivas de la iluminación

En la tabla anterior, se distingue cómo mayores valores de iluminación exterior se corresponden con que el aula se perciba como peor iluminada tanto a nivel global de la iluminación como en lo referente a la iluminación natural o artificial.

Este resultado puede deberse a que normalmente las aulas de la muestra no aprovechan adecuadamente la iluminación natural y, en la mayoría de ellas, no existen elementos adecuados de oscurecimiento que permitan que se pueda ver correctamente el proyector. Cuanto mayor es el nivel de iluminación exterior más salen a relucir estos defectos y peor es la valoración por parte del alumno.

En cuanto a la iluminación natural, un mayor nivel en las aulas se relaciona con una mayor sensación de que el aula está bien iluminada y que la iluminación natural es más adecuada. Lo mismo sucede con el nivel de iluminación artificial, a mayor nivel de iluminación artificial, mayor es la apreciación de los alumnos como que el aula está bien iluminada y que la iluminación artificial es más adecuada.

En la figura siguiente se muestran estas correlaciones. En ella se advierte como mayores valores de iluminación natural en el interior corresponden con una mejor valoración de la iluminación natural. Sin embargo, mayores valores de la iluminación natural exterior tienen una correlación negativa con respecto a la valoración de la iluminación tanto natural como artificial.

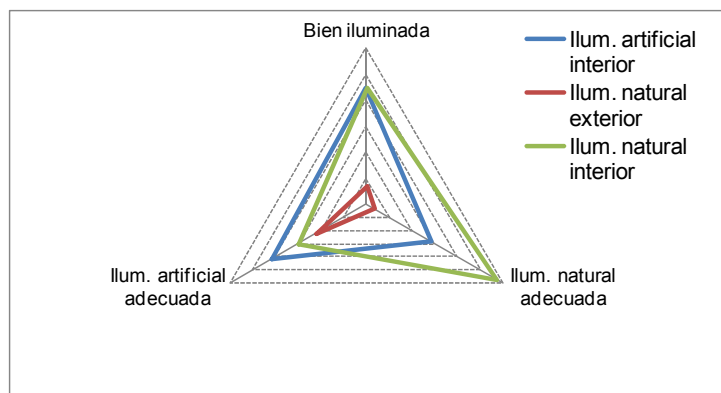


Fig. 113. Correlación entre las medidas objetivas y la valoración global de la iluminación

IV.2.3.5. ETAPA 5: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS TAREAS

IV.2.3.5.1. Obtención y extracción de los factores de tareas

Para llevar a cabo este análisis se procede de igual manera que en el apartado IV.2.3.2.1 pero considerando en este caso el conjunto de tareas que se realizan en el aula.

Primeramente, se comprueba que las variables están correlacionadas mediante el test de esfericidad de Barlett. En la tabla siguiente se muestran los valores de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin y del test de esfericidad de Barlett.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin		0,880
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	4525,236
	gl	66
	Sig.	0,000

Tabla 109. KMO y prueba de Bartlett para las tareas

En la tabla anterior se observa como el nivel de significación es menor de 0,05. Este valor significa que las variables efectivamente están correlacionadas por lo que tiene sentido efectuar el análisis factorial.

Seguidamente, se aplica el análisis factorial a las repuestas al cuestionario. En el Anexo 5 (apartado A.5.2.3 - Etapa 5) se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación de este análisis. En él puede observarse que se han extraído un total de 3 factores de tareas independientes (ver A.5.2.3 - Etapa 5 - 2), que explican el 64,87% de la varianza del conjunto de variables originales (ver A.5.2.3 - Etapa 5 - 1). En la siguiente tabla se muestra un resumen de estos resultados.

FACTORES	AUTOVALORES	% VARIANZA	% ACUMULADO
FACTOR 1t	3,411	28,423	28,423
FACTOR 2t	2,194	18,287	46,710
FACTOR 3t	2,179	18,157	64,867

Tabla 110. Total de la varianza explicada por los factores

Una vez seleccionados los componentes o factores, se interpreta el significado de cada uno de ellos a partir de los valores y signos de la matriz de componentes de las puntuaciones una vez rotada. En la tabla siguiente se nombra a cada uno de ellos y se añade una breve descripción de cada uno de ellos, cuyo significado se discute con detalle a continuación.

FACTORES
FACTOR 1t. ESCRIBIR / LEER
FACTOR 2t. REFLEXIONAR / DIALOGAR
FACTOR 3t. ATENDER

Tabla 111. Denominación de los factores

El análisis factorial muestra que los alumnos diferencian las tareas que realizan en el aula. En primer lugar, aparecen aquellas que se corresponden con la escritura y la lectura. Le siguen las tareas relacionadas con la reflexión o el diálogo, y por último, aquellas vinculadas con la atención del alumno.

A medida que disminuye el autovalor de cada factor significa que la varianza explicada es menor. Esto se traduce en las tareas se diferencian menos entre sí en función de dicho factor. Hay que recordar que los factores obtenidos corresponden al esquema mental de atributos o características que manejan los alumnos y que pueden ser distintos de los que plantean expertos o profesores.

Seguidamente, se analiza de forma detallada el significado de cada uno de estos factores de tareas.

Factor 1t

Este es el factor principal y consigue explicar el 28,42% de la varianza de las variables originales. Puesto que ocupa el primer lugar en el análisis factorial se trata del primer atributo que los estudiantes reconocen o identifican al diferenciar unas tareas de otras. Todas las variables asociadas a este factor tienen una componente positiva y relativamente grande.

Como se advierte en la Tabla 112, este factor está asociado, con correlación positiva, a las tareas de escribir, leer, repasar los apuntes, dibujar o corregir. En definitiva, puede resumirse como un factor que agrupa las tareas de **escribir o leer** que realiza el alumno en el aula.

Factor	Factores de tareas				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
1t	Escribir / Leer	Escribir	0,894		28,42%	0,884
		Leer	0,873			
		Repasar los apuntes	0,758			
		Dibujar	0,757			
		Corregir	0,583			

Tabla 112. Variables que componen el Factor 1t

Factor 2t

El segundo factor extraído del análisis factorial agrupa el 18,29% de la varianza de las variables originales. Al igual que en caso anterior, todas las variables asociadas a este factor tienen una componente positiva y relativamente grande.

En la tabla siguiente, se observa como este factor se asocia con las variables que hacen referencia a las tareas de reflexionar, dialogar, trabajar con el ordenador, corregir o ver el proyector. Todos estos atributos hacen referencia a las tareas de **reflexionar** o **dialogar** que efectúan los estudiantes en el aula.

Factor	Factores de tareas				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
2t	Reflexionar	Reflexionar	0,743		18,29%	0,697
		Dialogar	0,723			
		Trabajar con el ordenador	0,658			
		Corregir	0,461			

Tabla 113. Variables que componen el Factor 2t

Factor 3t

Este factor consigue explicar el 18,16% de la varianza. Al igual que los factores anteriores, todas las variables que agrupa tienen relaciones positivas.

Como se muestra en la tabla siguiente, este factor lo forman las tareas que hacen referencia a atender a la pizarra, atender, preguntar al profesor y ver el proyector. Puede resumirse como un factor que aglutina la **atención** que el alumno presta en el aula.

Factor	Factores de tareas				Contri- bución %	Alpha de Cronbach
	Variables con correlación positiva		Variables con correlación negativa			
3t	Atender	Atender a la pizarra	0,866		18,16%	0,726
		Atender	0,785			
		Preguntar al profesor	0,594			
		Ver el proyector	0,438			

Tabla 114. Variables que componen el Factor 3t

Coefficiente Alpha de Cronbach

Como en los casos anteriores, se emplea el coeficiente Alpha de Cronbach⁴⁸⁰ para cuantificar la correlación que existe entre los ítems que la componen. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Factores	Nombre	Alpha de Cronbach	Alpha Cronb. modificado
FACTOR 1t	ESCRIBIR / LEER	0,790	
FACTOR 2t	REFLEXIONAR/ DIALOGAR	0,810	
FACTOR 3t	ATENDER	0,636	

Tabla 115. Valores del coeficiente Alpha de Cronbach

Después de analizar los valores de la tabla anterior, y siguiendo el criterio establecido de valores mayores de 0,5 son los que muestran un nivel de fiabilidad aceptable⁴⁸¹, se observa que todos los factores poseen una buena consistencia interna.

⁴⁸⁰ Cronbach, L. J., 1951, *op. cit.*

⁴⁸¹ George, D., Mallery, P., 1995, *op. cit.*

IV.2.3.5.2. Relación de los ejes semánticos con los factores de tareas

A continuación, se establece la relación entre los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula y los factores de las tareas. Para determinarla se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Spearman que se muestra en la tabla siguiente:

		Factor 1t_ Escribir / leer	Factor 2t_ Refle- xionar / dialogar	Factor 3t_ Atender
E1_ Sorpresa / Interés	Correlation Coefficient	0,034	-0,006	0,108**
	Sig. (2-tailed)	0,357	0,865	0,003
E2_ Claridad / Eficiencia	Correlation Coefficient	0,490**	0,094*	0,316**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,010	0,000
E3_ Colorido / Animado	Correlation Coefficient	0,106**	0,036	0,106**
	Sig. (2-tailed)	0,003	0,320	0,004
E4_ Unifor- midad	Correlation Coefficient	0,165**	0,167**	0,181**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000
E5_Brillo	Correlation Coefficient	0,198**	-0,207**	0,027
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,453
E6_ Calidez	Correlation Coefficient	0,025	0,259**	0,081*
	Sig. (2-tailed)	0,500	0,000	0,026
N		755	755	755
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).				

Tabla 116. Correlaciones entre los ejes semánticos y las tareas

Analizando cada uno de los ejes del universo semántico, en primer lugar de la tabla anterior, se observa que el eje que recoge la sensación de sorpresa e interés del ambiente lumínico está relacionado con el factor de atención.

En segundo lugar, el eje que recoge la sensación de claridad e interés está relacionado con todos los factores de tareas. De hecho, este eje es el que más se vincula de todos con dichos factores.

El resultado es lógico ya recoge las percepciones del ambiente luminoso como eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable, lo cual concuerda con que resulte muy adecuada para realizar las distintas tareas que se efectúan en un aula.

En tercer lugar, el eje que recoge que el ambiente luminoso sea colorido y animado se corresponde con las tareas de lectura y escritura, así como las de atención. Sin embargo, no está relacionado con las tareas que implican reflexión o diálogo.

En cuarto lugar, el eje que engloba la uniformidad de la iluminación también se corresponde con todos los factores de tareas. El resultado es coherente ya que se desprende de estos resultados que un ambiente luminoso que se percibe como uniforme, homogéneo, equilibrado y ordenado se considera a su vez que es adecuado para efectuar tareas en él.

En quinto lugar en la tabla anterior, el eje que recoge la percepción del ambiente luminoso como brillante, deslumbrante e intenso se relaciona positivamente con el primer factor que aglutina las tareas como leer o escribir y negativamente, con el segundo factor que recoge las tareas de reflexionar, dialogar, trabajar con el ordenador o corregir. Este valor se traduce en que los alumnos perciben que un ambiente brillante o deslumbrante no es adecuado para tareas como reflexionar, dialogar o trabajar con el ordenador.

Este resultado es coherente con los obtenidos por Fotios y Ramasoot⁴⁸² los cuales realizaron un experimento para investigar la relación entre la iluminación, la aceptabilidad visual y las propiedades luminosas de pantallas de visualización. Su investigación revela que en las aulas los reflejos molestos sobre las pantallas de ordenador son la principal queja sobre el entorno visual.

En sexto lugar, el eje que reúne la percepción del ambiente luminoso como cálido, protector y agradable se correlaciona con el factor de reflexionar y en menor medida, con el de atención. De este resultado se desprende que existe una correlación entre la consideración de un ambiente luminoso como cálido por parte de los alumnos y que se perciba como más adecuado para reflexionar, dialogar o trabajar con el ordenador.

En la figura siguiente se muestran gráficamente estas correlaciones. Destaca en ella como el factor de claridad y eficiencia se relaciona con las tareas escribir o leer y en menor medida, atender.

A su vez, también se observa en ella como el hecho de que un ambiente luminoso se considere cálido se corresponde con que se perciba adecuado para tareas como reflexionar o dialogar.

⁴⁸² Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, *op. cit.*

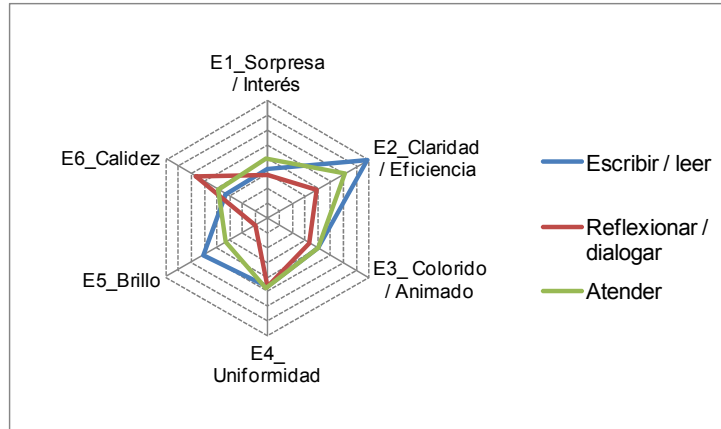


Fig. 114. Correlaciones entre los ejes semánticos y las tareas

IV.2.3.6. ETAPA 6: VALIDACIÓN DEL MODELO OBTENIDO

Una vez se han identificado los ejes semánticos que representan los conceptos utilizados por los alumnos para diferenciar el ambiente luminoso de unas aulas respecto del de otras y se ha determinado el modelo cuantitativo que relaciona la valoración de cada eje con la preferencia por la iluminación de un aula particular, se procede a la validación del modelo obtenido, en este apartado, se comprueba la validez de la metodología propuesta y se demuestran sus posibilidades de aplicación a través del análisis particularizado del ambiente luminoso de varias aulas.

Se han seleccionado 6 aulas representativas: 4 para la obtención de los perfiles semánticos y 2 para la validación (ver anexo 6, experiencia 2). Se ha intentado elegir aulas que a priori parecen tener características de iluminación diferentes. Sobre todo, en cuanto al uso de iluminación natural o artificial, tamaño y tipo de aberturas, etc. Las aulas seleccionadas de la Universidad Politécnica de Valencia han sido:

- Aula 1: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID) aula Francia - París.
- Aula 2: Facultad de Bellas Artes (BB AA) aula A-4-5.
- Aula 3: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación (ETSIE) aula I.8.
- Aula 4: Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) aula A04.

A continuación se muestran las imágenes de cada una de las elegidas para la elaboración de los perfiles semánticos.



Fig. 115. Aula 1: ETSID
Aula Francia - París



Fig. 116. Aula 2: BB AA
Aula A-4-5



Fig. 117. Aula 3: ETSIE
Aula I.8



Fig. 118. Aula 4: ETSA
Aula A04

Primeramente, se han pasado los mismos cuestionarios que se habían repartido en las aulas de control en las nuevas aulas elegidas para la realización de los perfiles semánticos y la validación del modelo.

A continuación, se han confeccionado los correspondientes perfiles semánticos en base a los 5 ejes semánticos del ambiente luminoso del aula, extraídos en el modelo de regresión lineal. Dichos perfiles se han obtenido a partir de los resultados de las encuestas repartidas en las nuevas aulas, transformadas mediante las ecuaciones de definición de los ejes.

Acto seguido, se han efectuado comparaciones entre los valores obtenidos. Puesto que los ejes son variables normalizadas, las valoraciones positivas representan valoraciones por encima de la media; de la misma forma, puntuaciones negativas indican valoraciones por debajo de la media del conjunto de valoraciones del estudio previo.

Posteriormente, con el objeto de identificar qué elementos de la iluminación de las aulas provocan valoraciones positivas o negativas, se han comparado los perfiles semánticos para cada uno de los ejes.

Finalmente, se ha procedido a la validación del modelo. Este modelo se ha obtenido para estimar la valoración global de la iluminación de las aulas, por lo que para validarlo, se ha comprobado la aptitud del ajuste lineal en cada caso.

De manera que se han comprobado las predicciones del modelo de ordenación de los atributos con los resultados reales obtenidos en este estudio adicional.

IV.2.3.6.1. Perfiles semánticos

En este apartado se analizan de forma detallada los perfiles semánticos de la iluminación de las aulas. A partir de dichos perfiles semánticos, que se muestran a continuación, se puede interpretar la valoración que los alumnos han hecho de los distintos aspectos de la iluminación de su aula.

Su interpretación es sencilla: a partir del eje de ordenadas, las valoraciones positivas aparecen representadas con barras de color marrón oscuro. Las barras de color marrón claro representan las puntuaciones negativas. Los ejes se muestran en el orden establecido por el modelo creado.

A la derecha de estos valores, se incluye también una barra que hace referencia a la valoración global de la iluminación del aula. De este modo, se puede advertir fácilmente qué cualidades de la iluminación de las aulas tienen una influencia positiva y cuáles, por el contrario, tienen valoraciones negativas.

Esto ilustra las posibilidades de la metodología desarrollada para analizar las causas en las diferencias de percepción ya que, como se ha comentado, el perfil semántico es una herramienta visual muy útil y tiene una relevancia potencial para el desarrollo y mejora de nuevos productos o nuevas técnicas y formas de iluminación.

1. UPV - ETSID aula Francia - París

Se muestra en la figura 119 el perfil semántico obtenido por el aula Francia - París de la ETSID. En ella, y en las figuras siguientes, en el eje de ordenadas aparecen los valores medios normalizados de las puntuaciones emitidas por los alumnos y en el de abscisas, los ejes semánticos del ambiente luminoso obtenidos previamente.

En la figura 119 destaca como la iluminación de esta aula tiene unas puntuaciones bastante neutras. Resalta la valoración positiva en el eje nº 1 (Ambiente luminoso sorprendente e interesante) y más ligeramente su valoración del eje nº 5 (Ambiente luminoso cálido). En el resto de ejes la iluminación de este aula presenta valoraciones negativas como, sobre todo en el eje nº 2 (Ambiente luminoso claro, eficiente y nítido), también en el eje nº 3 (Ambiente luminoso colorido y animado) y en el eje nº4 (Ambiente luminoso uniforme).

Se observa que aunque la valoración de determinados ejes resulte negativa, las puntuaciones positivas a la media de los ejes nº 1 y 5, aunque sean los últimos en influencia en el modelo, hacen que la valoración global del aula sea ligeramente positiva, si bien muy cercana a ser neutra, con un valor de 0,08.

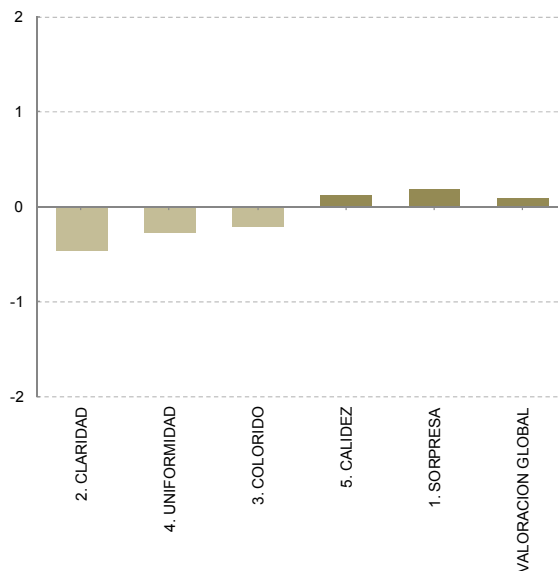


Fig. 119. Perfil semántico del aula Francia - París de la ETSID

2. UPV - Facultad de Bellas Artes aula A-4-5

En la figura 120 se muestra, con el mismo tipo de gráfico que la figura anterior, el perfil semántico del aula A-4-5 de la Facultad de Bellas Artes.

En ella se observa cómo las puntuaciones otorgadas a esta aula son negativas en casi todos los ejes: en el eje nº 1 (Ambiente luminoso sorprendente e interesante), en el eje nº 2 (Ambiente luminoso claro, eficiente y nítido), en el eje nº 3 (Ambiente luminoso colorido y animado) y en el eje nº4 (Ambiente luminoso uniforme). En el único eje en el que obtiene puntuaciones positivas es el eje nº 5 (Ambiente luminoso cálido).

Las puntuaciones negativas en casi todos los ejes semánticos determinan que la valoración global del aula sea negativa para el colectivo entrevistado, con una valoración global de -0,42, valor inferior a la media del conjunto de aulas.

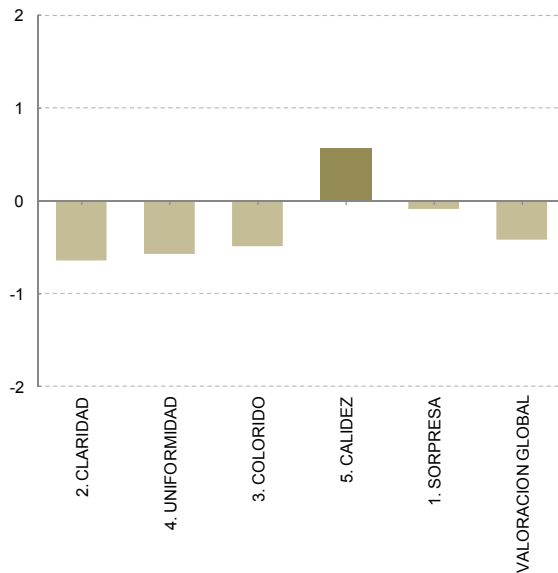


Fig. 120. Perfil semántico del aula A-4-5 de BB AA

3. UPV - ETSIE aula I.8

En la figura siguiente se presenta el perfil semántico del aula I.8 de la ETSIE. Se ilustra en ella cómo esta aula obtiene valoraciones positivas de los ejes nº 2 (claro, eficiente y nítido), nº 3 (colorido y animado) y nº 5 (cálido) y, a su vez, valoraciones negativas en eje nº 1 (sorprendente e interesante) y en el eje nº4 (uniforme).

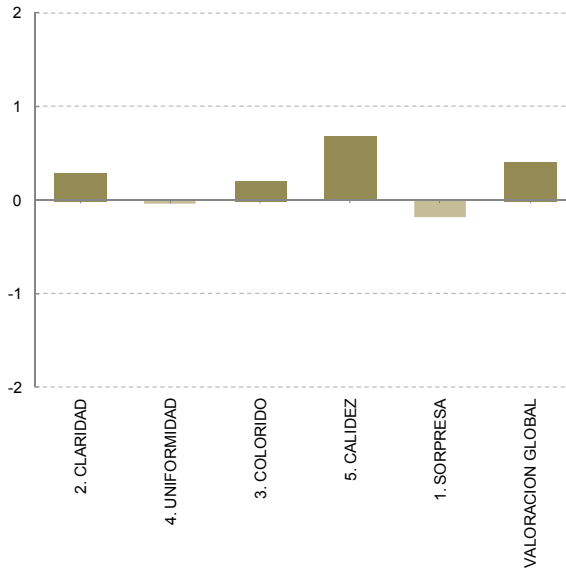


Fig. 121. Perfil semántico del aula I.8 de la ETSIE

De esta forma, el ambiente luminoso de esta aula se percibe principalmente como cálido. A su vez, también como claro o colorido. Sin embargo, no se percibe como sorprendente o uniforme.

Las valoraciones positivas en los ejes 2 y 3, que figuran en las primeras posiciones del modelo, hacen que la valoración global es ligeramente positiva, con una puntuación muy cercana a la media del conjunto de la iluminación de las aulas.

4. UPV - ETSA aula A04

En la figura siguiente, se muestra el perfil semántico del aula A04 de la ETSA. Gracias a dicho perfil, se observa que la iluminación de esta aula se percibe como clara, uniforme, colorida y sorprendente. Sin embargo, no se percibe como cálida.

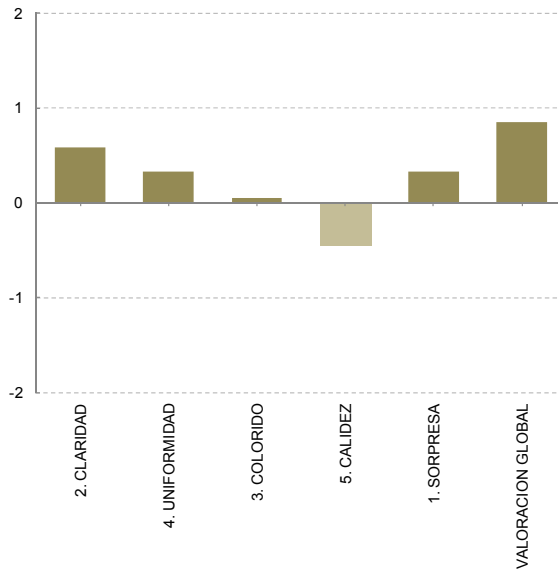


Fig. 122. Perfil semántico del aula A04 de la ETSA

Se muestra en la figura anterior como este aula obtiene valoraciones positivas de los ejes nº 1 (sorprendente e interesante), nº 2 (claro, eficiente y nítido), nº 3 (colorido y animado) y nº4 (uniforme) y, a su vez, valoraciones negativas en eje nº 5 (cálido).

Aunque la valoración del eje 5 resulte negativa, las puntuaciones positivas de los ejes nº 1, 2, 3 y 4 hacen que la valoración global del aula sea positiva, con un valor de 0,85 superior a la media. Hay que recordar que los ejes 2, 4 y 3 ocupan las primeras posiciones en importancia en cuanto a la valoración global de la iluminación del aula.

IV.2.3.6.2. Comparativa de perfiles semánticos

Una de las aplicaciones de los perfiles semánticos es determinar las diferencias entre unos productos y otros a la hora de fijar sus características en la fase de desarrollo. En el caso del análisis de la iluminación de las aulas, la ventaja de los perfiles semánticos es que permiten contrastar de una forma muy visual las características de diferentes tipos de iluminación en las aulas.

En este apartado se comparan los perfiles semánticos de las dos aulas reservadas para la fase de validación, ambas situadas en la Universidad Politécnica de Valencia: el aula 421 de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSAV), un aula que se dedica a prácticas de proyectos y el aula 424 de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII), un aula de informática con ordenadores. La descripción completa de ambas aulas figura en el Anexo 6. Experiencia 2.



Fig. 123. Aula 1: ETSA aula 421



Fig. 124. Aula 2: ETSII aula 424

Se han utilizado estas dos aulas porque poseen características muy diferentes con el fin de poder mostrar de manera gráfica las diferencias obtenidas en el modelo. De esta manera, el aula 421 es un aula de proyectos que se ha elegido por tener unas amplias ventanales que proporcionan una gran cantidad de luz natural y por el contrario, el aula 424 de la ETSII es un aula de teoría con ventanales tapados por estores opacos y se utiliza principalmente con luz artificial a base de fluorescentes situados en luminarias en retícula.

La figura 125 muestra un ejemplo de aplicación de los perfiles semánticos comparados correspondiente a estas dos aulas. En este caso, los ejes se han ordenado según el modelo de regresión lineal, empezando desde la arriba por los ejes que más influyen en la valoración global y siguiendo en orden descendente.

La valoración global de la iluminación de ambas figura en las dos barras inferiores. Las puntuaciones del aula 421 de la ETSA se muestran en verde y las del aula 424 de la ETSII, en marrón. Los valores positivos se grafían en color oscuro y los negativos en color claro.

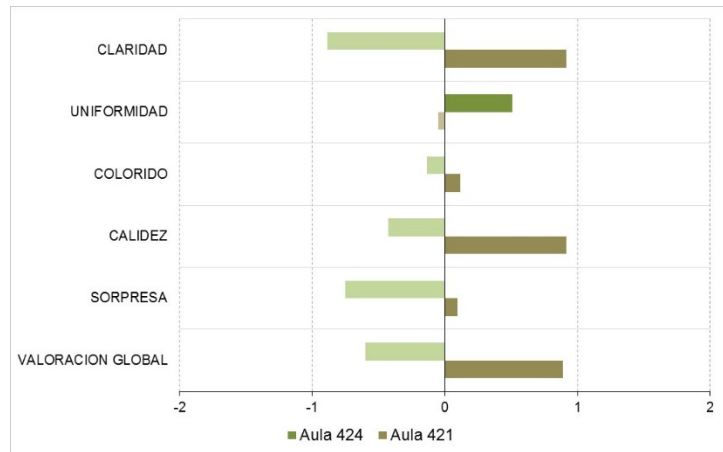


Fig. 125. Perfil semántico comparado del aula 421 de la ETSA (verde) y del aula 424 de ETSII (marrón)

En el perfil semántico de la figura anterior, se observan claras diferencias de percepción en casi todos los ejes evaluados de ambas aulas que se pueden ver en las distintas puntuaciones conseguidas por cada una de ellas.

A continuación, se analiza cada uno de los ejes comenzando por los ejes de mayor peso en la valoración global según el modelo de regresión y siguiendo en orden descendente:

- Eje 2 (Claridad, eficiencia y nitidez): Este eje tiene un peso de 0,573 sobre la valoración global por lo que es el que más influye en dicha valoración. En la figura anterior se puede advertir como recibe buenas puntuaciones en el aula de la ETSAV mientras que es puntuado negativamente en la de la ETSII.
- Eje 4 (Uniformidad): Este eje obtiene un peso de 0,276 sobre la valoración global. Obtiene una puntuación neutra ligeramente negativa en el aula de la ETSAV mientras que es puntuado positivamente en la de la ETSII.
- Eje 3. (Colorido y animado): Este eje presenta un peso de 0,195 sobre la valoración global. En ambas aulas, la

iluminación en este eje alcanza valoraciones neutras pero en sentido opuesto. En el aula de la ETSAV es calificado positivamente mientras que en la de la ETSII es puntuado negativamente.

- Eje 5. (Calidez): Este eje tiene un peso de 0,156 sobre la valoración global. Recibe buenas puntuaciones en el aula de la ETSAV mientras que es valorado negativamente en la de la ETSII.
- Eje 1. (Sorpresa e interés): Este eje tiene un peso de 0,122 sobre la valoración global. De esta manera, es el que menor influencia tiene en dicha valoración. Es evaluado neutramente con tendencia positiva en el aula de la ETSAV y negativamente en la de la ETSII.

En general, comparando los perfiles semánticos de ambas aulas se pone de manifiesto que el aula de la ETSAV obtiene mejores calificaciones en los todos los ejes, menos en el de la uniformidad. Este resultado es lógico ya que en lo que se refiere a su iluminación natural es un aula con un gran ventanal en uno de sus lados longitudinales que recae al exterior y está orientado al sur y, en cuanto a su iluminación artificial, tiene luminarias colocadas a 4 m. de altura con lámparas de halogenuros metálicos. Ambos hechos, no propician uniformidad en la iluminación sino todo lo contrario. El factor de la uniformidad es el único valorado positivamente en el aula de la ETSII como es razonable también ya que es un aula de informática que no se ilumina naturalmente sino a través de la artificial cuya uniformidad se garantiza a través de la iluminación artificial con las luminarias de rejilla.

Si se analizan los ejes de cada aula se observa como una gran puntuación en el primer y quinto eje hace que el aula de la ETSAV sea valorada positivamente en su valoración global. En cuanto al aula de la ETSII las valoraciones negativas en casi todos sus ejes hacen que su valoración global sea negativa. De este modo, la valoración global media del aula de la ETSAV es de 1'12, una valoración muy superior a la media, frente a una valoración de -0'60 para el caso de ETSII.

Después de analizar los perfiles semánticos, a continuación se efectúa la validación del modelo obtenido.

IV.2.3.6.3. Validación del modelo

En este apartado se comprueba la fiabilidad del modelo de regresión obtenido (ver apartado IV.2.3.3.1), o lo que es lo mismo, la capacidad de pronosticar las posibles respuestas de los alumnos o usuarios ante la iluminación de un aula. La fiabilidad se prueba a través de una comparación entre las respuestas reales de los alumnos con las que predice el modelo establecido.

Las respuestas reales de los estudiantes se consiguen a partir de la muestra de encuestas correspondientes a las 4 aulas sobre las que se realiza el estudio adicional. En las figuras siguientes se muestran las imágenes de las aulas utilizadas. Los datos completos sobre ellas se plasman en el Anexo 6 - experiencia 2. Como estas muestras son independientes y no se utilizan en la definición del modelo de regresión de la valoración global posibilitan comparar los datos y ratificar dicho modelo.

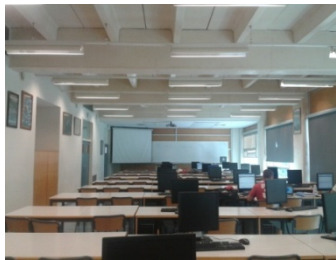


Fig. 126. Aula 1: ETSID
Aula Francia - París



Fig. 127. Aula 2: BB AA
Aula A-4-5



Fig. 128. Aula 3: ETSIE
Aula I.8



Fig. 129. Aula 4: ETSA
Aula A04

Las puntuaciones extraídas de los cuestionarios pasados en estas aulas se transforman en valoraciones de los ejes semánticos a partir de las matrices de transformación de componentes obtenidas en el análisis anterior.

Con estas valoraciones de los ejes se calculan los valores predictivos a partir del modelo de regresión lineal obtenido anteriormente (ver apartado IV.2.3.3.1), sustituyendo la puntuación media correspondiente a cada uno de los ejes para la iluminación de cada aula.

Finalmente, se contrastan estas valoraciones predictivas del modelo con las respuestas reales de los sujetos sobre la valoración global. La diferencia entre este valor predicho por el modelo y el real es la desviación.

En la tabla siguiente figuran los valores reales y los predictivos del modelo, así como la desviación entre ambos para las aulas empleadas en la validación. El valor real corresponde al valor medio de las puntuaciones reales proporcionadas por los estudiantes sobre la valoración global.

AULA	Valoración real	Predicción valoración	Desviación
Aula 1: ETSID aula Francia	0,08	0,10	0,02
Aula 2: BB AA aula A-4-5	-0,42	-0,26	0,16
Aula 3: ETSIE aula I.8	0,40	0,67	0,27
Aula 4: ETSA aula A04	0,89	1,12	0,23

Tabla 117. Resultados de la validación de los modelos de regresión

Si se analizan los datos de la desviación, el modelo obtenido es fiable ya que dicho valor es pequeño en todos los casos o lo que es lo mismo, a la vista de estos resultados parece que dicho modelo es adecuado para predecir la valoración global de la iluminación de un aula a partir de las puntuaciones en los distintos factores admitidos en el modelo lineal. De esta manera, se consigue un modelo que es capaz de predecir las valoraciones de la iluminación de un aula por parte del colectivo de alumnos.

Finalmente, este largo proceso tiene como resultado y conclusión la elaboración de un modelo que constituye una referencia en base a la cual modificar y perfeccionar determinados aspectos de la iluminación de las aulas con objeto de incrementar su valoración global. Esto tiene una importancia notable ya que permite conocer cuál va ser la influencia de una mejora en algún factor de la iluminación en dicha valoración global de la iluminación.

IV.2.4. CONCLUSIONES

En este apartado se describen las conclusiones obtenidas en esta experiencia 2. Se distingue entre aquellas conclusiones referentes a la metodología y aquellas que corresponden a los resultados conseguidos.

IV.2.4.1. RELATIVAS A LA METODOLOGÍA

En cuanto a este tipo de conclusiones, hay que destacar que en este trabajo se establece una metodología para el análisis de la percepción de la iluminación en el aula y su valoración a partir de la identificación de los atributos percibidos por el usuario, en este caso alumno, según su propia estructura conceptual, es decir, desde un punto de vista Kansei. A su vez, también se constituye la contribución de cada atributo a la valoración global percibida de la iluminación.

A continuación, se desglosan las conclusiones relativas a la metodología:

1. Debido a que la valoración global de la iluminación de un aula depende de gran número de atributos, el estudio se realiza abarcando al máximo todos ellos, incluyendo la percepción del propio usuario. Este hecho establece una aplicación novedosa en el ámbito del análisis de preferencias de los alumnos o usuarios sobre la iluminación en el ámbito docente.
2. Se especifica un protocolo para el diseño de estudios de campo sobre aplicaciones de la Ingeniería Kansei en el ámbito de la iluminación.
3. Se elabora un protocolo para la determinación del universo semántico utilizado a la hora de definir el ambiente luminoso de las aulas.
4. Se desarrolla un protocolo de análisis estadístico y tratamiento de datos para la determinación de los ejes semánticos, así como para la identificación de posibles subsegmentos dentro de la muestra.
5. Se utiliza un modelo de regresión con el objeto de generar un modelo predictivo capaz de estimar la valoración global de la iluminación del aula por parte del alumno.

6. Se determina un protocolo para la valoración de la iluminación de las aulas, a través del análisis de perfiles semánticos que describen las puntuaciones del ambiente luminoso para cada uno de los ejes semánticos y su relación con la valoración global de la iluminación.
7. El protocolo anterior se aplica a una muestra de aulas de control. Se comprueba directamente la validez de la metodología propuesta comparando los resultados de esta muestra de control con los predichos por el modelo establecido.
8. Se elaboran valoraciones comparativas entre la iluminación de distintas aulas lo que permite analizar las causas en las diferencias de percepción, constituyendo así oportunidades de mejora de la iluminación.
9. Los resultados del protocolo obtenido se establecen como una guía para la medición de impresiones subjetivas en el ambiente luminoso en ámbitos docentes. Esta guía constituye una aplicación novedosa en el ámbito de la investigación en iluminación ya que proporciona información sobre el punto de vista del usuario y no sólo del experto.

IV.2.4.2. RELATIVAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En cuanto a las conclusiones referentes a los resultados obtenidos tras el tratamiento de los datos cabe destacar las siguientes:

10. El análisis basado en semántica diferencial identifica varios ejes semánticos que corresponden a los conceptos o atributos que mejor diferencian el ambiente luminoso de unas aulas respecto del de otras. El más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el eje del interés o la sorpresa que les cause. Le siguen los ejes relacionados con la claridad o eficiencia, el colorido, la uniformidad, el brillo y la calidez. Estos ejes muestran un camino para optimizar los esfuerzos si se desea mejorar la iluminación de las aulas.
11. Los ejes semánticos identificados que explican las diferencias entre la iluminación de unas aulas u otras no coinciden exactamente con los que más influencia tienen en la valoración global de la iluminación.

12. El modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. Según dicho modelo, el atributo que en mayor medida se tiene en cuenta a la hora de valorar positivamente el ambiente luminoso de una determinada aula es que éste se perciba como eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso y funcional; en segundo lugar, que se considere uniforme, homogéneo, equilibrado y ordenado; en tercer lugar, animado, dinámico, amigable, alegre, colorido y bonito; en cuarto lugar, cálido, protector, agradable, natural y tenue y, por último, que se perciba sorprendente, asombroso, impresionante, original, interesante y estimulante.
13. De hecho, el análisis de correlaciones canónicas indica que los ejes que más se relacionan con todas las variables de valoración global de la iluminación son los que se refieren a la claridad, la uniformidad, el colorido y la calidez.
14. El análisis de correlaciones canónicas también revela que los alumnos no consideran que un ambiente luminoso que se percibe como brillante o deslumbrante sea adecuado para las tareas de reflexionar, dialogar o trabajar con el ordenador. Este resultado es coherente con los obtenidos por Fotios y Ramasoot⁴⁸³ los cuales revelan que en las aulas los reflejos molestos sobre las pantallas de ordenador son la principal queja sobre el entorno visual.
15. Del mismo modo, dicho análisis muestra que un mayor nivel de iluminación natural en las aulas se relaciona con una mayor sensación de que el aula está bien iluminada y que la iluminación natural es más adecuada. Lo mismo sucede con el nivel de iluminación artificial, a mayor nivel de iluminación artificial, mayor es la apreciación de los alumnos como que el aula está bien iluminada y que la iluminación artificial es más adecuada.
16. Se generan los perfiles semánticos de la iluminación de 4 aulas concretas y los perfiles comparados de otras 2, lo que permite identificar las causas de las diferencias en las valoraciones globales de la iluminación.

⁴⁸³ Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, *op. cit.*

17. La validación efectuada permite concluir que el modelo propuesto en base al método de regresión lineal es bueno tanto para predecir la valoración global de la iluminación de un aula como su valoración en base a las puntuaciones de los distintos ejes semánticos del ambiente luminoso. El modelo desarrollado proporciona un coeficiente de correlación muy elevado para la predicción de la valoración global de la iluminación ($R=0.72$), lo que muestra su consistencia.
18. El modelo obtenido puede ser útil para predecir las valoraciones de la iluminación de un aula. Esto constituye una referencia en base a la cual modificar y perfeccionar determinados aspectos de la iluminación de aulas con objeto de mejorar su valoración global. Esto tiene especial relevancia en estos tiempos en los que la eficiencia energética de la iluminación constituye un ahorro importante en el cómputo final del gasto energético de un edificio, más si cabe si el edificio es de tipo docente. En este tipo de edificios hay que tener en cuenta que la iluminación es fundamental para el diseño del ambiente docente ya que contribuye a modelar la naturaleza estética y psicológica del ambiente de aprendizaje, tal y como afirman investigadores como Dunn⁴⁸⁴, Phillips⁴⁸⁵ y Jago⁴⁸⁶.
19. En definitiva, se confirman las hipótesis de partida utilizadas en el planteamiento del estudio. De este modo, los alumnos o usuarios utilizan una serie de conceptos y atributos para diferenciar la iluminación de unas aulas y otras. Muchos de estos atributos son de carácter totalmente simbólico, mientras que otros tienen un carácter más objetivo. Aunque los juicios sobre estos atributos son subjetivos, es posible establecer tendencias para predecir la relación entre dichas percepciones y las preferencias de los alumnos sobre la iluminación de sus aulas.
20. Con respecto a las limitaciones de este estudio se ha de tener en cuenta que:
 - En este experimento los factores emocionales extraídos como causantes de la evaluación del ambiente luminoso corresponden al contexto a una determinada muestra de población y a la iluminación de las aulas analizadas.

⁴⁸⁴ Dunn, R. *et ál.*, 1985, *op. cit.*

⁴⁸⁵ Phillips, R. W., 1997, *op. cit.*

⁴⁸⁶ Jago, E., Tanner, K., 1999, *op. cit.*

Si la muestra a estudiar fuera de otro país, edad o nivel educativo, es muy probable que los resultados no serían iguales y que no se pudiesen emplear los mismos ejes semánticos. Del mismo modo, si el análisis se realiza sobre la evaluación del ambiente luminoso interior de otro tipo de espacio, sería necesario efectuar de nuevo la experiencia completa para deducir cuáles son los factores semánticos que se encuentran tras esa evaluación.

- La elección de una muestra tan amplia de estímulos (29 aulas distintas) permite recoger todos los estímulos luminosos posibles y asegurarse de que se dan todas las combinaciones probables. Sin embargo, el hecho de que esta muestra sea tan variada y de que cada aula represente un tipo de ambiente luminoso diferente, no posibilita confirmar con total rotundidad cuáles son los parámetros que generan las emociones determinadas. Se sabe que un aula se percibe como bien iluminada, pero no se conoce si es por la presencia o ausencia de luz natural, de luz artificial o por una determinada combinación de ambas. Para esto, sería necesaria una fase posterior del estudio en la que emplear la misma aula e ir modificando cada uno de los variables posibles con el fin de diferenciar las emociones que provoca la luz natural, la luz artificial o su combinación y qué parámetro en concreto dentro de cada una de ellas.

En la tercera experiencia desarrollada a continuación, el estímulo analizado sigue siendo el ambiente luminoso del aula y la muestra de la población también son estudiantes universitarios. Por esta razón los 6 ejes semánticos establecidos en este segundo experimento, son empleados para recoger de la respuesta emocional del observador.

IV.3. EXPERIENCIA 3: PRUEBA PILOTO

IV.3.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se presenta la metodología seguida para la consecución de los objetivos descritos en el Capítulo III y se identifican las fases que describen el desarrollo del trabajo:

- **Fase 1: Recopilación de datos preliminares y elaboración de cuestionarios.**

1. Estudio preliminar sobre la percepción de la iluminación con fluorescentes y LED.
2. Elaboración de cuestionarios: consulta de diferentes fuentes de información, conformación de los cuestionarios tomando como base los ejes del universo semántico del ambiente luminoso en las aulas obtenido en la experiencia 2, etc.

- **Fase 2: Selección de estímulos.**

Elección del tipo de iluminación a evaluar.

- **Fase 3: Planificación del estudio de campo.**

Selección de los sujetos. Definición de la muestra. Determinación del tamaño muestral.

- **Fase 4: Desarrollo del estudio de campo.**

Pase de encuestas.

- **Fase 5: Técnicas de tratamiento de datos.**

Configuración de las bases de datos, métodos de análisis, descripción y clasificación de datos, extracción de ejes semánticos, modelos de regresión lineal, relación entre atributos lumínicos con fluorescentes y con LED.

IV.3.2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para conseguir los objetivos propuestos se ha elaborado el plan de trabajo que se muestra en la tabla siguiente. En ella se identifican las fases que componen dicho plan de trabajo así como el resultado que se pretende alcanzar en cada una de ellas:

FASE	RESULTADO
1. Recopilación de datos preliminares y elaboración de cuestionarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio preliminar. Comparación respuestas previas de fluorescente y LED • Preparación de los cuestionarios. Utilización del cuestionario obtenido en la experiencia 2
2. Selección de los estímulos	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del tipo de iluminación
3. Planificación del estudio de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Definición técnicas estadísticas • Utilización de cuestionarios validados • Selección de la muestra • Definición del tamaño muestral, proceso de muestreo
4. Desarrollo del estudio de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Bases de opiniones
5. Tratamiento de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de datos • Comparación de resultados

Tabla 118. Fases y actividades del plan de trabajo de la experiencia 3

Como se puede observar en la tabla anterior, las Fases 1, 2 y 3 suponen la preparación del material necesario para el desarrollo del estudio de campo que se efectúa en las Fases 4 y 5.

A continuación, se comentan los aspectos más relevantes de cada una de estas fases de la experiencia 3:

- **Fase 1: Preparación de los cuestionarios**

1. Estudio preliminar

Previo al ensayo de la iluminación proporcionada por fluorescente y LED, se recopila la percepción preliminar de ambos tipos de lámparas por parte de los alumnos. En ella se les pregunta su opinión previa sobre los dos tipos de iluminación a ensayar. La intención de este primer estudio es conseguir la respuesta emocional de los estudiantes antes de someterse al estímulo real con el objetivo de conocer su percepción de base.

2. Preparación de cuestionarios

Seguidamente, se procede a preparar los dos cuestionarios que se utilizan en la primera fase propiamente dicha del estudio: uno que se utiliza para preguntar la impresión a los alumnos sobre la iluminación con lámparas fluorescentes y LED cuando ya han sido sometidos al estímulo, y otro que contiene preguntas de valoración final sobre ambos tipos de lámparas.

Estos cuestionarios se utilizan para recopilar la información facilitada por los alumnos para, posteriormente, establecer diferencias entre su valoración entre los dos tipos de lámparas.

- **Fase 2: Selección de los estímulos**

En la Fase 2 se selecciona el conjunto de estímulos (tipo de iluminación) a emplear. En este caso, se utilizan lámparas fluorescentes y lámparas LED.

- **Fase 3: Planificación del estudio de campo**

En esta fase 3, una vez preparado todo el material, se procede a la planificación y desarrollo del estudio de campo.

En primer lugar, se realiza un análisis descriptivo de la muestra para definir el número y, posteriormente, analizar las características de los sujetos participantes. Se concreta el tamaño muestral necesario para alcanzar los objetivos del estudio.

Se determina el procedimiento de muestreo a emplear con el fin de asegurar una suficiente representatividad y evitar la aparición de sesgos en los resultados.

Asimismo, se establece una primera propuesta del proceso de análisis estadístico cuyo desarrollo completo y definitivo se describirá más adelante.

Por último, en esta fase se validan los cuestionarios confeccionados a través de una prueba piloto con varios sujetos.

- **Fase 4: Desarrollo del estudio de campo**

En esta fase se desarrolla el estudio de campo propiamente dicho procediendo al pase de los cuestionarios en las aulas previamente seleccionadas. Ambas aulas son prácticamente idénticas en dimensiones, acabados, elementos, etc. Lo único que se modifica en ellas es el orden de presentación del estímulo lumínico.

- **Fase 5: Técnicas de tratamiento de datos**

Finalmente, se efectúa el tratamiento estadístico de los datos recopilados tras el pase de los cuestionarios. Su finalidad es establecer diferencias y comparaciones entre la valoración de la iluminación con lámparas fluorescentes y con lámparas LED.

Este análisis permite mostrar las posibilidades de la metodología desarrollada en el estudio, analizar las diferencias entre los dos tipos de lámparas y establecer su influencia sobre la valoración global de la iluminación del aula.

En los apartados siguientes se detallan, para cada una de las fases, las actividades que se han realizado así como los objetivos alcanzados en cada una de ellas.

IV.3.2.1. FASE 1: ELABORACIÓN DE CUESTIONARIOS

Esta primera fase se ha compuesto de dos etapas: una primera que se denomina preliminar y una segunda en la que se ha producido la preparación de cuestionarios de la experiencia.

IV.3.2.1.1. Etapa preliminar

En esta etapa previa al análisis de ambos tipos de iluminación, se ha preguntado (ver anexo A.5.3.1 - Cuestionario preliminar) a los alumnos su opinión preliminar sobre los dos tipos de lámparas a ensayar. La intención de esta etapa ha sido la de conseguir su respuesta emocional antes de someterse al estímulo. De esta manera, en una fase posterior al estudio, poder comparar sus impresiones antes y después de la experimentación.

Los datos preliminares obtenidos han justificado la necesidad de una investigación posterior. También han permitido establecer cuáles son las ideas previas que tienen los estudiantes sobre ambos tipos de lámparas y cuáles son sus respuestas antes y después de haber sido sometidos al estímulo real.

IV.3.2.1.2. Etapa de preparación de cuestionarios

En esta etapa se han utilizado dos cuestionarios (ver anexo A.5.3.1): uno que se ha empleado para preguntar a los alumnos su impresión sobre la iluminación con lámparas fluorescentes y luego con lámparas LED, y otro cuestionario que ha contenido preguntas de valoración final sobre ambos tipos de lámparas.

De este modo, el primer cuestionario se ha pasado dos veces: una para recopilar la información de las lámparas fluorescentes y otra para hacer lo mismo con los LED. Se ha proporcionado a los alumnos después de haber sido éstos sometidos a cada uno de los dos estímulos lumínicos. Para ambos tipos de lámpara, el mismo cuestionario para de esta forma poder establecer las diferencias de percepción del ambiente lumínico proporcionado por ambos tipos de lámparas. Para elaborar dicho cuestionario se han utilizado como adjetivos los ejes del universo semántico del ambiente luminoso de las aulas proporcionados en la experiencia 2, utilizando la Ingeniería Kansei. A su vez, también se han incluido en él cuestiones sobre cómo están iluminados los elementos y objetos del aula, así como la adecuación de la iluminación a las tareas que se realizan en ella.

El segundo cuestionario lo han conformado cuestiones de valoración final sobre ambos tipos de lámparas. Este cuestionario se ha pasado a los alumnos después de haber finalizado la experiencia y de que los estudiantes hubiesen trabajado bajo ambos tipos de lámparas.

Todos los cuestionarios se han elaborado para establecer las diferencias de apreciación entre los dos ambientes luminosos y recopilar la información facilitada por los alumnos con el objeto de posteriormente establecer diferencias entre su valoración entre la iluminación con lámparas fluorescentes y LED. Estos cuestionarios se han dividido en dos tipos de información, una objetiva y otra subjetiva.

Parte objetiva

La parte objetiva ha recabado la información del entrevistado, en concreto información sobre las siguientes variables: sexo, edad, cronotipo o preferencia de los sujetos de la hora del día para realizar ciertas actividades de tipo físico o mental, existencia de problemas visuales y qué tipo de problemas. A su vez, también se ha controlado el ambiente interior en el aula y en el exterior, incluyendo medidas de temperatura, presión, humedad y nivel de iluminación tanto de luz natural como de luz artificial.

La información de tipo objetivo se ha incluido en los cuestionarios por dos motivos: en primer lugar, para poder describir a los sujetos de la muestra, contrastar la posible existencia de conglomerados o grupos diferenciados la misma y analizar posibles variaciones en las variables del estudio función de estos grupos. Por otra, porque constituyen un conjunto de variables de control necesarias para posteriores estudios de inferencia en el que se utilizan técnicas de análisis multivariante.

Parte subjetiva

En la segunda parte de los cuestionarios se ha recopilado la parte subjetiva. El orden de los adjetivos de ambos cuestionarios se ha modificado aleatoriamente con objeto de eliminar la posible influencia en la respuesta derivada del aprendizaje sujeto a lo largo del experimento así como para controlar los posibles efectos de asociación debidos al orden de las preguntas.

Seguidamente, se detalla la composición de ambos cuestionarios:

En el primer cuestionario se han incluido preguntas sobre el ambiente luminoso del aula según los ejes del universo semántico de la experiencia 2 (ver tabla 119). Además, se han añadido dos variables más de tipo subjetivo que reflejan la valoración global de la iluminación en el aula, una al principio y otra final con el propósito de comprobar si la valoración del resto de atributos modificaba la percepción del sujeto respecto a la calidad global de la iluminación del aula.

ADECUADO (apto, favorable, aceptable, correcto, satisfactorio)	ANIMADO/COLORIDO (dinámico, amigable, alegre, divertido, favorecedor, bonito, atractivo, hermoso, armonioso)
SORPRENDENTE (asombroso, impresionante, fascinante, emocionante, atrayente, original, interesante, estimulante, excitante, sugerente)	UNIFORMIDAD (homogéneo, monótono, regular, ordenado, equilibrado, tranquilo, relajado, apacible)
CLARIDAD/NITIDEZ (definido, nada sombrío, luminoso, eficiente, funcional, cómodo, confortable, de calidad, rico)	CALIDEZ (protector, agradable, natural, tenue, suave, calmado, placentero, adorable, sin molestias, sutil, ligero)
INTENSIDAD (deslumbrante, resplandeciente, brillante, potente, con fuerza)	ME GUSTA

Tabla 119. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre el ambiente luminoso de su aula según los ejes semánticos

A su vez, también se han añadido cuatro preguntas de valoración global, incluyendo preguntas sobre la percepción del aula como bien iluminada, si la iluminación parecía adecuada tanto para clases de teoría como para clases de prácticas y si la cantidad de luz percibida era adecuada. Dichas preguntas a parecen reflejadas en la tabla siguiente:

En términos generales, me parece que el aula con lámparas FLUORESCENTES/LED está BIEN ILUMINADA
En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA
En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS
El ambiente luminoso del aula o la CANTIDAD DE LUZ que percibo de iluminación en el aula es la adecuada

Tabla 120. Cuestiones sobre la valoración global de la iluminación

Junto a las preguntas anteriores, se han incluido en el cuestionario cuestiones subjetivas a los alumnos sobre cómo están iluminados los elementos del aula (ver tabla 121) y sobre la adecuación de su clase a las distintas tareas que realiza en ella (ver tabla 122).

Estas preguntas se han introducido para ver si la opinión subjetiva sobre la iluminación varía en función de la impresión del sujeto de cómo están iluminados los objetos del espacio y de las tareas que realiza en él.

El techo está bien iluminado	Los objetos están bien iluminados
Las paredes están bien iluminadas	Los rostros están bien iluminados
El suelo está bien iluminado	Las personas están bien iluminadas
Mi zona de trabajo está bien iluminada	Los colores se ven bien
La pizarra está bien iluminada	Tengo sensación de confort visual

Tabla 121. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre cómo están iluminados los elementos u objetos del aula

Leer	Ver el proyector
Escribir	Repasar los apuntes
Dibujar	Dialogar
Preguntar al profesor	Trabajar con el ordenador
Atender a la pizarra	Corregir
Atender	Reflexionar

Tabla 122. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre la adecuación del aula a las distintas tareas que el alumno realiza en ellas.

Como se ha comentado anteriormente, este cuestionario se ha pasado dos veces: una vez cuando los alumnos han trabajado bajo lámparas fluorescentes y otra después de haber trabajado bajo lámparas LED.

En este cuestionario se ha utilizado una escala tipo Likert de 5 niveles, en la que la puntuación indica la proximidad del estímulo mostrado con respecto al adjetivo. Los 5 niveles se han correspondido con las siguientes valoraciones: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Neutro, De acuerdo y Totalmente de acuerdo que se pueden observar en la tabla siguiente.

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Tabla 123. Escala utilizada

Finalmente, después de haber sido sometidos a ambos tipos de estímulos lumínicos, se ha pasado el segundo cuestionario como evaluación última de la experiencia (ver anexo A.5.3.1 - Cuestionario final).

Se han empleado preguntas de valoración final y puntuación de cada una de las lámparas. Las preguntas de elección final se muestran en la tabla siguiente:

En términos generales, me parece que la ILUMINACIÓN más adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA es:	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED
En términos generales, me parece que la ILUMINACIÓN más adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS es:	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED
El ambiente luminoso del aula o la CANTIDAD DE LUZ que percibo de iluminación en el aula es más adecuada con:	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED
En términos generales, si tuviera que elegir entre una iluminación con FLUORESCENTE o con LED, me quedaría con:	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED

Tabla 124. Cuestiones sobre la elección de fluorescente y LED

Como última fase de la puesta a punto de los cuestionarios se ha realizado una prueba piloto consistente en el pase de las encuestas a 10 sujetos entre los que se han incluido arquitectos, profesores y *lighting designers* y no expertos o alumnos.

El objeto de esta prueba ha sido verificar la fiabilidad de los cuestionarios, de manera que todas las preguntas estuvieran formuladas de manera adecuada y fueran inteligibles para los sujetos. A la vista de los resultados obtenidos se ha decidido mantener los cuestionarios íntegros sin modificaciones. A su vez, esta prueba ha servido para estimar el tiempo medio requerido para completar cada uno de ellos, en total, unos 8-10 minutos.

IV.3.2.2. FASE 2: SELECCIÓN DE ESTÍMULOS

En esta segunda fase el objetivo ha sido seleccionar los estímulos lumínicos que son objeto de análisis. Como en esta experiencia se investiga el uso de la lámpara tipo LED en un entorno docente en comparación con la lámpara fluorescente, la elección del estímulo lumínico viene condicionada por la premisa de que el uso futuro del LED va a ser la sustitución de la lámpara fluorescente por su diferencia de consumo energético. Dicha sustitución supone que se utilice una lámpara LED que proporcione unas características lumínicas similares a las aportadas por la lámpara original.

De este modo, en el trabajo de campo se han empleado lámparas fluorescentes y LED similares, es decir, con la misma temperatura de color y que proporcionan el mismo nivel de iluminación. Así, se ha asemejado la investigación lo máximo posible a las condiciones reales en las que los LED sustituyen a las lámparas existentes. Una vez establecido el tipo de estímulos, se han comparado los efectos de la iluminación en la percepción del ambiente de luminoso con ambos tipos de lámparas.

IV.3.2.2.1. Ambiente físico

El trabajo de campo se ha llevado a cabo en dos aulas de la planta baja de la Escuela de la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia (España). El aula B04, en adelante aula A, y el aula C04, en adelante aula B. Estas aulas se han elegido por ser prácticamente idénticas en dimensiones, localización, acabados, etc.



Fig. 130. Localización de las aulas en la Universidad Politécnica de Valencia

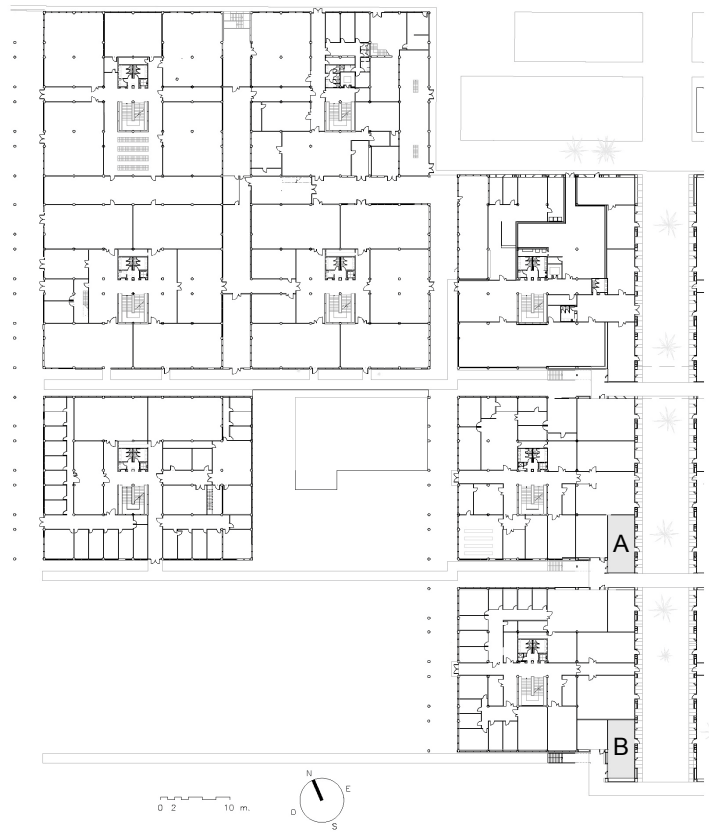


Fig. 131. Plano de emplazamiento de las aulas en planta baja de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia

Localización de las aulas:

Aula A: Aula B04 de la ETSAV
Coordenadas UTM 30 ETRS89:
X: 728416
Y: 4373474

Aula B: Aula C04 de la ETSAV
Coordenadas UTM 30 ETRS89:
X: 728403
Y: 4373438

Las aulas disponen de tres ventanales orientados al sureste, sus paredes están pintadas de color blanco, excepto el frente del aula que está pintado en negro, los suelos son de piedra clara y el techo de laminado gris. Las ventanas están equipadas con estores que se han bajado durante las clases normales. Las figuras siguientes muestran imágenes de ambas aulas.



Fig. 132. Aula A objeto de la investigación



Fig. 133. Aula B objeto de la investigación

La figura 134 presenta una vista en planta de las aulas objeto de la investigación. Las dimensiones son 11,75 m. en el eje noreste-suroeste y 5,42 m. a lo largo del eje noroeste-sureste. La altura del techo es de 2,98 m. La descripción completa de las aulas se muestra en el anexo 6 (Experiencia 1 - aulas 1 y 2; Experiencia 2 - aulas 1 y 2).

A continuación, se muestran las reflectancias medias de las superficies de las aulas medidas con un luminómetro o medidor de luminancia Chauvin Arnoux, modelo P01100749.

Superficie interior	Material	Acabado	Color	Reflectancia
Pupitres	Laminado	Mate	Gris	0,30
Tabique sureste	Yeso + vidrio	Mate	Blanco	0,48
Tabique noroeste	Yeso + corcho	Mate	Blanco	0,37
Fondo	Yeso	Mate	Blanco	0,45
Frente	Pizarra + negro	Mate	Verde/ Negro	0,13
Techo	Metalizado	Mate	Gris claro	0,75
Suelo	Piedra clara	Mate	Crema	0,35

Tabla 125. Superficies de acabado y reflectancias en las aulas

PLANO DE LAS AULAS

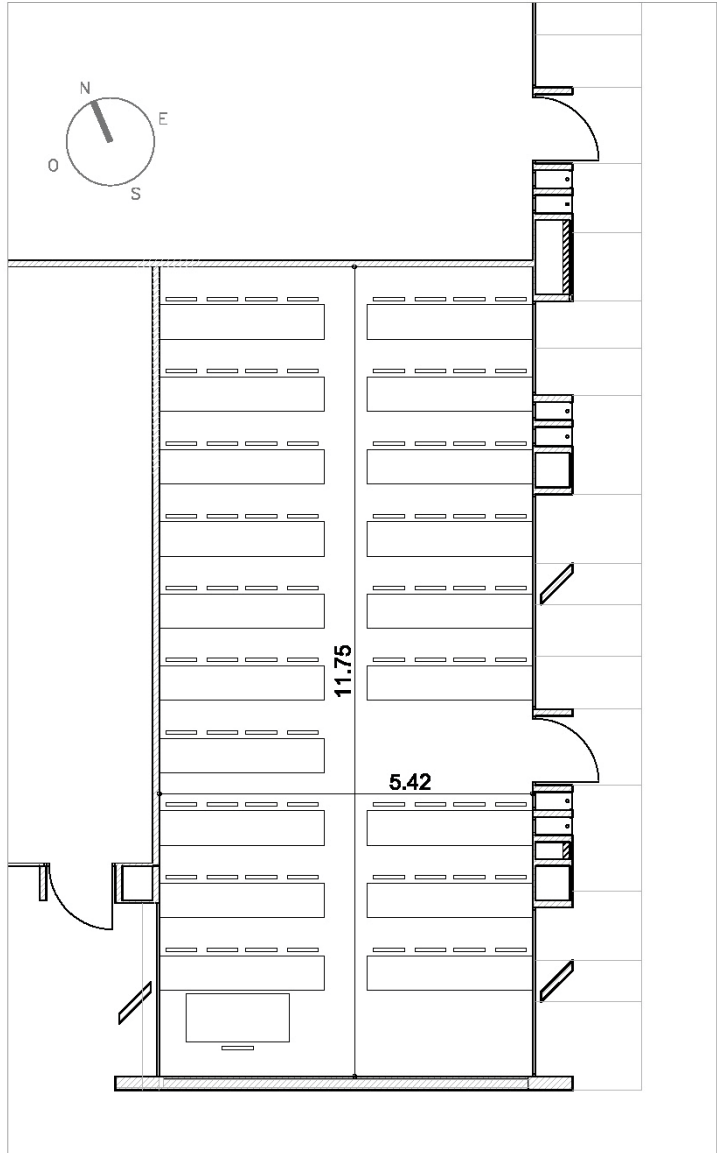
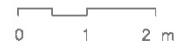


Fig. 134. Planta de las aulas



IV.3.2.2.2. Lámparas y luminarias

Este estudio ha sido posible gracias a la colaboración de Philips Lighting. Las fuentes de luz para cada una de las partes del ensayo han sido las siguientes:

- **Lámpara tipo I:**

Se han empleado lámparas fluorescentes (1xT8-36W/840, TCC=4000 K, IRC = 85) en luminarias de montaje superficial que no modifican las características de emisión de las lámparas, tal y como indican Veitch y McColl⁴⁸⁷ (ver apartado II.8.2.2). No se han utilizado las luminarias de la pizarra. Cada aula se ha provisto de tres filas de cuatro luminarias. En la figura siguiente se muestra la imagen de una de las lámparas fluorescentes utilizadas:



Fig. 135. Lámpara fluorescente

- **Lámpara tipo II:**

Se ha equipado cada aula con iluminación a base de tubos de LED GA (2xLED-23W/840, TCC=4000 K, IRC = 85) en luminarias de montaje superficial que no modifican las características de emisión de las lámparas, igual que en el caso anterior. Tampoco en este caso se han utilizado las luminarias de la pizarra. En esta configuración también se ha provisto de tres filas de cuatro luminarias en el aula. En la siguiente figura se muestra la imagen de una de las lámparas LED utilizadas:



Fig. 136. Lámpara LED

En orden de presentación de cada una de estas lámparas ha sido diferente en las dos aulas empleadas en la investigación. En el aula A, primero se han utilizado fluorescentes y luego LED. En aula B, primero se han empleado LED y luego fluorescentes.

⁴⁸⁷ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

IV.3.2.3. FASE 3: PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Una vez se han definido los cuestionarios a utilizar y se ha elegido el conjunto de estímulos (iluminación de las aulas) sobre los que desarrollar el análisis, el siguiente paso consiste en planificar el estudio de campo con los usuarios.

Para llevar a cabo una buena planificación se han concretado los criterios relacionados con el tamaño de la muestra y la selección de la misma a efectos de obtener unos resultados adecuados tras el procesamiento de los datos.

IV.3.2.3.1. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es uno de los aspectos más importantes en la planificación de un estudio de campo. Establecerlo correctamente asegura niveles de potencia estadística aceptables para el tipo de contrastes de significación que se deseen realizar.

La base del método de análisis de las percepciones planteado ha consistido en técnicas de análisis multivariante y de análisis de correlaciones. Como criterio fundamental para definir el tamaño muestral se ha intentado evitar la aparición de factores espurios en el análisis factorial. Esta situación se puede producir cuando se maneja un número muy elevado de variables con una muestra reducida⁴⁸⁸.

En esta experiencia y al igual que en las anteriores, como fruto de relaciones espurias, pueden aparecer factores con valores propios superiores a la unidad sin ningún significado real. Este error probable se evita incrementando el tamaño de la muestra o limitando el número de variables.

En este sentido, según los criterios de elección de la muestra comentados en el apartado IV.1.2.3.1, el procedimiento elegido ha sido el de disponer de al menos entre 6 y 8 registros por cada variable por homogeneidad al resto de experiencias. Esto arroja un tamaño muestral que se expone en la siguiente tabla:

⁴⁸⁸ Lebart, L., Morienau, A., Fenelo, J. P., 1985, *Tratamiento Estadístico de Datos*, ed. Marcombo, Barcelona. Citado por: Llinares, M. C., 2001, *op. cit.*, p. 132.

	Nº Variable	Nº registros	Tamaño muestral
Ejes semánticos	8	x 8 =	64
Adecuación de la iluminación para iluminar los elementos del aula	10	x 8 =	80
Adecuación de la iluminación a las actividades o tareas que realiza en el aula	12	x 8 =	96

Tabla 126. Identificación del tamaño muestral

Siguiendo estas indicaciones, el número de sujetos que se tiene que emplear es el mayor de los cuatro registros: 96. En este trabajo de campo el número de sujetos empleado ha sido de 154. Por tanto, el número de sujetos utilizado ha sido superior al 96 mínimo, por lo que se considera un tamaño de muestra adecuado.

Puesto que han participado 6 grupos de alumnos repartidos en dos aulas, el número mínimo de individuos necesarios por grupo es de 8 (96/12). En todos los grupos se supera o se iguala esta cantidad de alumnos por lo que se han dado por válidos los grupos de alumnos formados.

IV.3.2.3.2. Selección de la muestra

La manera de proceder para la selección de la muestra ha sido establecer, en primera instancia, contacto con todos los profesores que impartían la docencia en las aulas elegidas, se les ha informado brevemente del propósito de la investigación y se les han detallado los pormenores del trabajo. A su vez, se les ha incluido un modelo de los cuestionarios a utilizar.

Una vez aceptada la participación de los profesores, se ha concertado con ellos una cita en la misma aula para pasar los cuestionarios a los alumnos usuarios habituales de las aulas objeto del estudio. La técnica de muestreo que se ha utilizado es el muestreo aleatorio simple.

La muestra ha incluido estudiantes universitarios de la Universidad Politécnica de Valencia (España), en concreto de la Escuela de Técnica Superior de Arquitectura de Valencia (4 ° curso).

El trabajo de los alumnos ha sido elaborar las prácticas de la asignatura de Acondicionamiento y Servicios II. Como se ha comentado, en el ensayo han participado un total de 154 alumnos usuarios de las dos aulas seleccionadas, repartidos en seis grupos (3 grupos por cada aula).

No se ha efectuado ninguna estratificación por variables descriptivas como sexo, edad, horario, etc., durante la planificación del muestreo ya que estos factores se han incluido en los cuestionarios como variables de control y su influencia se ha analizado a partir de dichas variables.

El estudio de campo se ha centrado en los usuarios habituales de las aulas cuya iluminación se ha evaluado. Este criterio se ha tomado por dos razones:

Por un lado, se ha considerado importante que los alumnos estuvieran sometidos durante un tiempo suficiente al estímulo lumínico y, por otro, los estudiantes participantes en el estudio debían conocer el aula en cuestión en grado suficiente. Todo ello para que pudieran responder apropiadamente a las preguntas del cuestionario.

Así, se ha seguido el principio básico de la metodología Kansei, es decir, se orienta la investigación hacia el usuario habitual del aula y no se atienden exclusivamente las consideraciones de los expertos ya que numerosos estudios demuestran que las apreciaciones en las que se basan los usuarios no expertos a la hora de evaluar un producto divergen del criterio empleado por los expertos (ver apartado II.9).

De esta manera, se sigue fielmente la motivación fundamental del empleo de la Ingeniería Kansei en la presente tesis y se consigue la valoración de los usuarios no expertos recogiendo matices muy interesantes sobre las diferencias en la percepción del ambiente lumínico del aula.

IV.3.2.4. FASE 4: DESARROLLO DEL ESTUDIO DE CAMPO



Fig. 137. Los alumnos objeto de estudio en clase

El estudio de campo se ha realizado durante los meses de febrero a mayo de 2013. En total durante un periodo de cuatro meses. Como se ha comentado, se han utilizado seis grupos de alumnos repartidos en dos clases. En total tres grupos por cada aula que han trabajado en seis sesiones de trabajo. Cada una de ellas ha tenido una duración de dos horas y media. Durante este tiempo, los estudiantes se han concentrado en elaborar las prácticas de su asignatura. Los sujetos no han sido informados de que se trataba de un estudio de la iluminación. Los métodos de recolección de datos utilizados han incluido cuestionarios subjetivos para los estudiantes desarrollados específicamente para el estudio. Para la recogida de datos, la técnica empleada ha sido el pase de una encuesta a los alumnos una vez habían terminado la sesión de prácticas.

Se ha llevado a cabo esta parte experimental en campo y no en laboratorio ya que, como se ha comentado en el apartado II.8.4.3, existen un conjunto de ventajas a la hora de emplear estímulos auténticos en aulas reales en lugar de experimentos en laboratorio. Sobre todo en una investigación como esta en la que se necesita que el sujeto-alumno esté inmerso en el producto-iluminación a evaluar, de manera que reciba los estímulos tal y como se producen normalmente para luego poder efectuar las comparaciones necesarias en el estudio.

Por lo tanto, en este caso en el que se pretende medir las preferencias absolutas de los sujetos se ha considerado que es más adecuada una experiencia en campo. De este modo, no se ha realizado un ensayo en laboratorio ya que este tipo de investigaciones son apropiadas para evaluar alguna variable lumínica en concreto ya que son aproximaciones a la realidad que limitan el número de variables por lo que carecen de aproximación a la valoración del aula en su conjunto.

Por último, esta experiencia se basa en la premisa, más que probable, de que las lámparas LED acaben sustituyendo en la realidad a las lámparas fluorescentes por sus ventajas de duración y ahorro energético. Se ha considerado que la experiencia tenía que ser lo más real posible para aproximarse lo máximo posible a un escenario que se puede producir en la realidad y, de este modo, poder comprobar con mayor veracidad las diferencias de percepción entre una y otra.

IV.3.2.4.1. Protocolo

Antes de comenzar el estudio, se les ha proporcionado a los alumnos un cuestionario preliminar para establecer sus preferencias previas tanto sobre los fluorescentes como con LED con el objetivo de conocer su opinión previa.

A continuación, se ha comenzado la experiencia propiamente dicha. La mecánica que se ha seguido para el pase de cada encuesta ha sido entregar el cuestionario a los alumnos antes de salir de clase, una vez acabado su trabajo en el aula. Cada una de las sesiones se ha organizado de la siguiente manera: los estudiantes han recibido las instrucciones para realizar la tarea de su asignatura que debían realizar en cada sesión y han trabajado en dicha tarea durante 150 min en grupos.

El único factor que se ha modificado en las dos aulas ha sido el orden de presentación del estímulo: en el aula A, los alumnos han trabajado la mitad de las sesiones con fluorescentes y el resto con LED. En el aula B, ha sucedido al contrario, primero con lámparas LED y luego con fluorescentes. Este cambio se ha realizado con el objetivo de luego comparar los resultados para comprobar si el orden de presentación del estímulo influía en sus respuestas. Después de haber trabajado bajo cada tipo de lámpara durante tres sesiones, en la última, una vez realizada su tarea, se les han pasado las encuestas, durante una duración aproximada de 10-15 minutos.

Seguidamente, se han cambiado las lámparas en cada una de las aulas y los alumnos han trabajado durante otras tres sesiones bajo el nuevo estímulo lumínico. Del mismo modo que antes, una vez acabada su tarea, se les ha pasado el mismo cuestionario pero en esta ocasión haciendo referencia al tipo de lámpara ensayado. De esta manera, cada sujeto ha descrito su percepción de la iluminación del aula con fluorescente y luego con LED y viceversa, según el aula a la que pertenecían.

De esta forma, se ha asegurado que todos los cuestionarios se han contestado en el mismo momento y que los estudiantes han estado sometidos durante un tiempo adecuado al estímulo, el mismo para todos.

Finalmente, una vez terminada la experiencia se les ha proporcionado un último cuestionario con preguntas sobre la valoración final de ambos tipos de lámpara.

IV.3.2.4.2. Configuración de la experiencia

Los métodos de recolección de datos utilizados han incluido medidas de datos reales de temperatura del aire, humedad relativa y nivel de iluminancia y luminancia para cada una de las sesiones. Las mediciones se han realizado dos veces: una al principio y otra al final de cada sesión. Debido a que las condiciones climáticas y solares son impredecibles en un estudio de campo de este tipo, la experiencia se ha realizado entre mediados de febrero y mayo de 2013, asegurando que las condiciones climáticas durante cada sesión del experimento fueran lo más similares posible. De esta manera, los datos han sido recopilados cuando la temperatura permanece más estable asegurando que no pudiera afectar demasiado a las preferencias de los alumnos tanto como podría haberlo hecho durante una temporada de frío o de calor.

Durante las sesiones de prácticas las aulas han sido climatizadas mediante una unidad de climatización de alta capacidad. La temperatura y humedad ambiental, así como la temperatura radiante media, se han mantenido dentro de un rango confortable de acuerdo con el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio) y el estándar de la ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) (ASHRAE 55-2004). Del mismo modo se ha controlado la ventilación y la acústica ambiental.

A su vez, en cada sesión se ha controlado la iluminancia y la luminancia en cada pupitre al principio y al final de cada sesión de prácticas. Los datos medios se pueden consultar en el Anexo 5 - apartado A.5.3.3. Las iluminancias producidas en ambas aulas se han medido en un plano horizontal a la altura del pupitre utilizando un luxómetro Chauvin Arnoux F115579, modelo P01100466. La iluminación media a altura del pupitre de los alumnos ha sido de unos 350 lux para ambas aulas y para ambos tipos de lámparas. La luminancia media a la altura del pupitre se ha medido también en ambas aulas utilizando un luminancímetro o medidor de luminancia Chauvin Arnoux, modelo P01100749.

La contaminación cruzada se ha evitado mediante la asignación de las clases siempre a dos aulas prácticamente idénticas en dimensiones, acabados, etc., a lo largo de todo el curso escolar para evitar diferencias con respecto al entorno y los factores ambientales. De este modo, todas las pruebas se han realizado bajo condiciones estandarizadas y paralelas.

IV.3.2.5. FASE 5: TRATAMIENTO DE DATOS

IV.3.2.5.1. Configuración de las bases de datos

El orden de las preguntas de cada cuestionario ha sido modificado aleatoriamente para evitar sesgos asociados al orden de las preguntas. Los cuestionarios cumplimentados han sido leídos y los datos han sido registrados y almacenados en una base de datos en formato Excel, como paso previo al análisis. A los sujetos se les ha asignado un identificador personal para comparar sus resultados.

Después de tener configurada la base de datos, se ha realizado un muestro de comprobación para controlar la calidad de los datos leídos. Se han seleccionado 15 cuestionarios al azar y se ha comprobado la no existencia de errores en la lectura de datos, contrastando los registrados en cada cuestionario con los almacenados en la base de datos.

Una vez comprobada la calidad de las bases de datos, se han exportado del formato Excel al formato SPSS 16.0, pasando al análisis estadístico.

IV.3.2.5.2. Esquema del método de análisis de datos

El método de análisis de datos empleado ha seguido el siguiente orden: primero, se han analizado los datos del estudio preliminar; acto seguido, se ha estudiado la percepción de los alumnos del ambiente luminoso proporcionado por las lámparas fluorescentes; seguidamente, se ha examinado el proporcionado por las LED; posteriormente, se han valorado las diferencias de percepción entre ambos tipos de lámparas y, por último, se han analizado las diferencias en la percepción de ambos tipos cuando se modifica el orden de presentación del estímulo.

La siguiente figura muestra el esquema seguido en el proceso de análisis de datos y que sirve como propuesta de metodología para la comparación entre distintos tipos de iluminación.

El proceso de análisis que se ha utilizado es el mismo para cada una de las variables: los ejes del universo semántico del ambiente luminoso, los elementos del aula y las tareas que se realizan en ella tanto para el ambiente luminoso proporcionado por las lámparas fluorescentes como para el aportado por los LED.

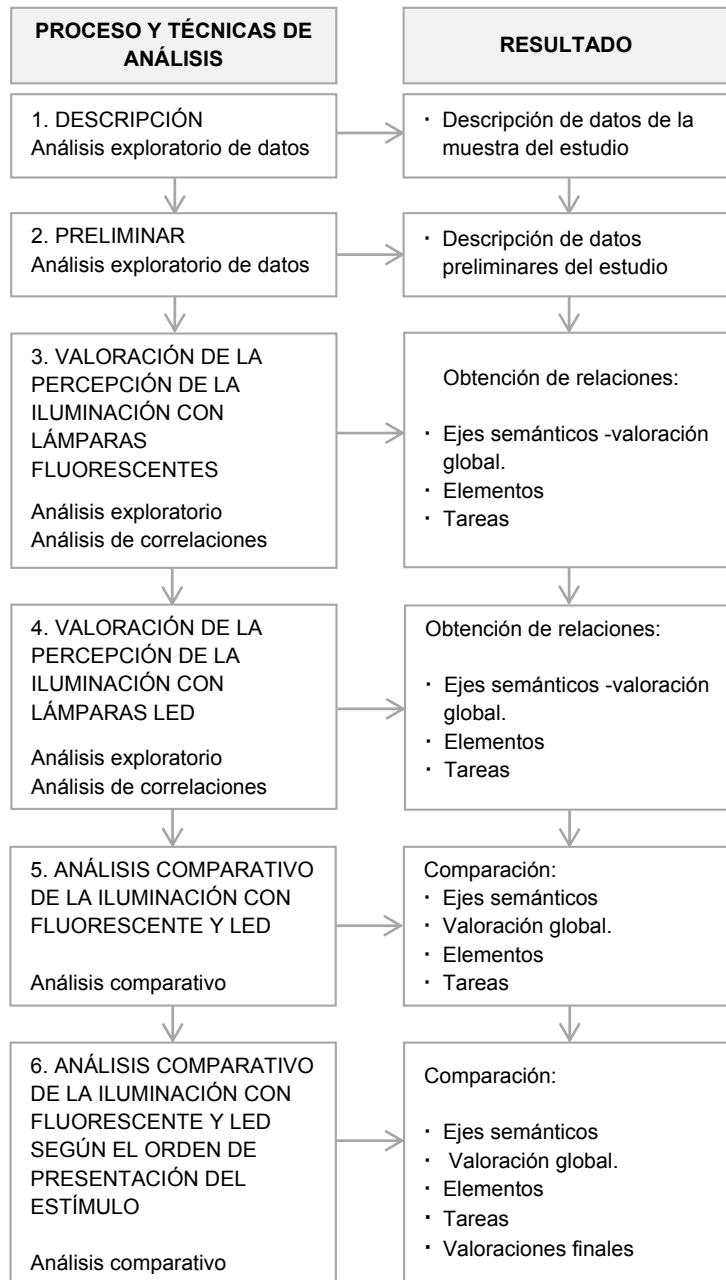


Fig. 138. Esquema del tratamiento de datos. Propuesta de metodología para la comparación entre distintos tipos de iluminación

IV.3.2.5.3. Proceso del tratamiento de datos

A continuación, se procede a explicar cada una de las etapas del proceso de tratamiento de datos junto con la descripción de las técnicas de análisis que se aplican en cada una de ellas:

1º. Análisis descriptivo de la muestra

Primeramente se realiza un análisis descriptivo de la muestra que tiene como objetivo la descripción de las variables que caracterizan a la muestra. La técnica utilizada ha sido la siguiente:

- **Análisis exploratorio de datos:**

Se han empleado técnicas descriptivas para el cálculo de valores centrales, dispersiones e histogramas de distribución de las variables. A partir de este análisis se han identificado aquellas variables cuya distribución en la muestra puede estar no equilibrada y puede dar lugar a sesgos en los resultados del estudio.

2º. Análisis preliminar

Este paso tiene como objetivo conseguir la respuesta emocional de los alumnos sobre los dos tipos de lámparas a ensayar antes de someterse al estímulo para conocer su opinión previa. Se efectúa la descripción de las variables que caracterizan a las opiniones previas y se analiza en cuáles de ellas existen diferencias significativas.

Las técnicas utilizadas han sido las siguientes:

- **Análisis de varianza o ANOVA:** se emplea para establecer si existen diferencias significativas en las medias entre dos o más muestras cuando el nivel de significación es < 0.05 .

- **Análisis exploratorio de datos:**

Se han aplicado técnicas descriptivas para el cálculo de valores centrales y dispersiones de distribución de las variables.

3º. Análisis de la valoración de la percepción de la iluminación con lámparas fluorescentes

El objetivo de este apartado es la descripción de las variables que caracterizan la iluminación con lámparas fluorescentes tomadas en el estudio de campo para los ejes semánticos, la valoración global de la iluminación, la percepción de la iluminación de los objetos en el aula y las tareas a realizar en ella. Para efectuarlo se han analizado las relaciones entre los ejes semánticos y distintos tipos de variables de valoración global de la iluminación gracias al coeficiente de correlación lineal de Pearson.

Las técnicas utilizadas han sido las siguientes:

- **Análisis descriptivo de datos:**
Se han aplicado técnicas descriptivas para el cálculo de valores centrales y dispersiones de las variables para las lámparas fluorescentes.
- **Análisis de varianza o ANOVA:** se utiliza para establecer si existen diferencias significativas en las medias entre dos o más muestras cuando el nivel de significación es < 0.05 .
- **Cálculo de los coeficientes de correlación:**
Se estudia la correlación entre los diferentes atributos con el objeto de analizar la incidencia de unas variables sobre otras y sobre la valoración global. Se ha empleado la valoración global como criterio de aceptación. Se han cruzado las valoraciones globales con las puntuaciones de cada atributo, de manera que se han identificado aquellos que realmente influyen en dicha valoración y se ha cuantificado su grado de influencia. El coeficiente de correlación que se ha utilizado en la presente investigación ha sido el coeficiente de correlación lineal de Pearson cuyas bases se han descrito en el apartado IV.1.2.5.3.

4º. Análisis de la valoración de la percepción de la iluminación con lámparas LED

En la cuarta etapa se ha empleado el mismo esquema de la etapa anterior pero esta vez aplicado para conocer las percepciones sobre las lámparas LED.

5°. Análisis comparativo de la percepción de la iluminación con lámparas fluorescente y LED

En la quinta etapa se han analizado las medias objetivas para los ejes semánticos, la valoración global de la iluminación, la percepción de la iluminación de los objetos en el aula y las tareas a realizar en el aula tanto para las lámparas fluorescentes como las LED con el objetivo de establecer las diferencias de percepción entre ambos tipos.

Las técnicas utilizadas han sido las siguientes:

- **Análisis de varianza o ANOVA:** con el fin de averiguar si existen diferencias significativas entre las medias de dos o más muestras.
- **Análisis descriptivo de datos:** se han aplicado técnicas descriptivas para el análisis de medias de las variables para ambos tipos de lámparas.
- **Cálculo de los coeficientes de correlación** entre los diferentes atributos con el objeto de analizar la incidencia de unas variables sobre otras y sobre la valoración global, diferenciando entre los resultados de las lámparas fluorescentes y LED. Se han cruzado las valoraciones globales con las puntuaciones de cada atributo, de manera que se han identificado aquellos que realmente influyen en dicha valoración y se ha cuantificado su grado de influencia diferenciando entre ambos tipos de lámpara. El coeficiente de correlación que se ha utilizado ha sido el coeficiente de correlación lineal de Pearson cuyas bases se han descrito en el apartado IV.1.2.5.3.

6°. Análisis comparativo entre ambos tipos de lámpara según en orden de presentación del estímulo

En esta sexta etapa se utiliza el mismo esquema y procedimiento de análisis de datos utilizado para la quinta etapa pero orientado a estudiar las diferencias entre ambos tipos de lámparas cuando se modifica el orden de presentación del estímulo lumínico al alumno.

IV.3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Introducción

Una vez planteada y aplicada la metodología de trabajo descrita en el apartado anterior, se alcanzan una serie de resultados. Estos resultados se consiguen siguiendo el siguiente esquema visto anteriormente en la figura 138:

Esquema del método de análisis de datos:

Etapa 1. Análisis descriptivo de la muestra

Etapa 2. Análisis preliminar

Etapa 3. Análisis de la percepción de la iluminación con lámparas fluorescentes

- a) Valoración de la iluminación con fluorescentes a partir de los ejes semánticos
- b) Valoración global de la iluminación del aula con fluorescentes
- c) Valoración de la iluminación con fluorescentes en función de los elementos del aula
- d) Valoración de la iluminación con fluorescentes en función de las actividades o tareas
- e) Análisis de la incidencia de los ejes semánticos en la valoración del usuario de la iluminación con fluorescentes

Etapa 4. Análisis de la percepción de la iluminación con lámparas LED

- a) Valoración de la iluminación con LED a partir de los ejes semánticos
- b) Valoración global de la iluminación del aula con LED
- c) Valoración de la iluminación con LED en función de los elementos del aula
- d) Valoración de la iluminación con LED en función de las actividades o tareas
- e) Análisis de la incidencia de los ejes semánticos en la valoración del usuario de la iluminación con LED

Etapa 5. Análisis comparativo de la percepción de la iluminación con ambos tipos de lámpara

- a) Comparación de la valoración de los ejes semánticos
- b) Comparación de la valoración global de la iluminación del aula
- c) Comparación de la percepción de la iluminación de los elementos del aula
- d) Comparación de la iluminación en función de las actividades o tareas
- e) Comparación de la incidencia de cada eje semántico en la valoración global
- f) Comparación de las valoraciones finales de la iluminación con fluorescente y LED

Etapa 6. Análisis comparativo de la percepción de la iluminación con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

- a) Análisis de la valoración de la iluminación con fluorescente según el orden de presentación
 - Valoración de los ejes semánticos
 - Valoración global de la iluminación del aula
 - Valoración de la iluminación de los elementos
 - Valoración de la iluminación en función de las actividades o tareas
- b) Análisis de la valoración de la iluminación con LED según el orden de presentación
 - Valoración de los ejes semánticos
 - Valoración global de la iluminación del aula
 - Valoración de la iluminación de los elementos
 - Valoración de la iluminación en función de las actividades o tareas
- c) Análisis comparativo de la iluminación con fluorescente y LED según el orden de presentación
 - Comparación de la valoración de los ejes semánticos
 - Comparación de la valoración global de la iluminación del aula
 - Comparación de la valoración de la iluminación de los elementos
 - Comparación de la valoración de la iluminación en función de las actividades o tareas
 - Comparación de las valoraciones finales

IV.3.3.1. ETAPA 1: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

En esta primera etapa se realiza el análisis descriptivo de las variables objetivas del cuestionario. Implica la descripción del conjunto de variables objetivas del sujeto que conforman el estudio como son el sexo, la edad, el cronotipo, el aula y el grupo en el que asisten a clase.

Mediante este análisis se comprueba si la muestra es homogénea para cada una de las variables objetivas, o si por el contrario, predomina un determinado segmento y, por tanto, es necesario realizar un análisis independiente por segmentos o grupos. Para ello, se utiliza la técnica del análisis de frecuencias (histogramas) y se analizan las medias y desviaciones típicas de las variables.

En el estudio de campo han participado 154 sujetos seleccionados mediante muestreo aleatorio simple, siendo las características más relevantes de esta muestra las siguientes:

Variable 'sexo'

Se observa una distribución homogénea de la variable 'sexo' a partir de los resultados del análisis descriptivo: el 49,4% de los sujetos son hombres, mientras que el 50,6% son mujeres.

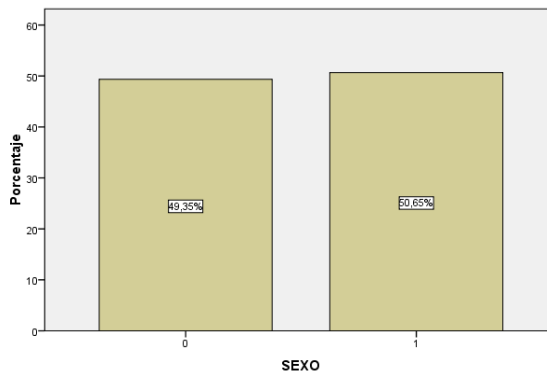


Fig. 139. Distribución de porcentajes de la variable "sexo"

Variable 'edad'

La media de la edad de los alumnos es de 22,34 años y la desviación típica 2,534. El 52,1% de los sujetos de la muestra tiene 21 años; el 19,9% tiene 20 años; el 11,0% tiene 23 años; el 5,5% tiene 24 años; el 5,5% tiene 25 años y el 6,2% es mayor de 25 años. Como se puede apreciar en la figura 140, más de la mitad de la muestra se concentra en el intervalo de edad comprendido entre 21 y 22 años alcanzando un porcentaje de 72,0% y la gran mayoría se encuentra entre 21-25 años, un 94%. Este rango de edad ha permitido limitar la influencia de cambios en la visión relacionados con la edad, como la presbicia. Todos los participantes han llevado puestas sus lentes correctoras durante la sesión.

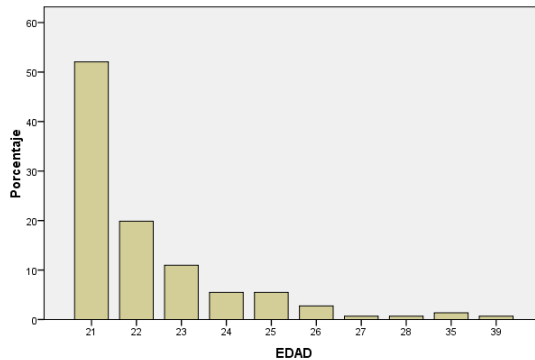


Fig. 140. Distribución de porcentajes de la variable 'edad'

Variable 'cronotipo'

Se ha preguntado a los alumnos su cronotipo, siguiendo el ejemplo de cuestionario proporcionado por Horne y Österberg⁴⁸⁹. Según dicho cuestionario, el 1,9% de los sujetos se considera de tipo matutino; el 7,8% se considera de tipo matutino medio; el 50,6% de ningún tipo; el 18,8% de tipo vespertino medio y el 20,8% de tipo vespertino. En la figura 141 se muestra la distribución de estos porcentajes:

⁴⁸⁹ Horne, J. A., Österberg, O., 1976, A Self Assessment Questionnaire to Determine Morningness-Eveningness in Human Circadian Rhythms, *International journal of chronobiology*, vol. 4, nº 2, pp. 97-110.

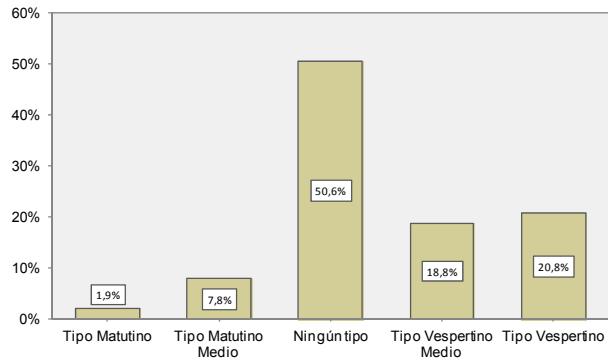


Fig. 141. Distribución de porcentajes de la variable 'cronotipo'

Variable 'aula'

El estudio se desarrolla en 2 aulas (A y B), ambas prácticamente idénticas.

Aula	Frecuencia	% válido	% acumulado
A	62	40,25	69,46
B	92	59,75	100
	154	100	

Tabla 127. Frecuencia y porcentaje de la variable 'aula'

A continuación, en la figura siguiente se expresa la distribución de porcentajes gráficamente:

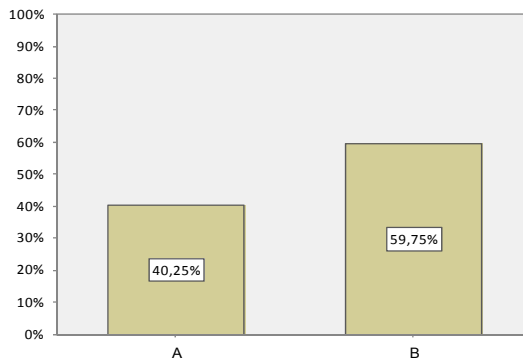


Fig. 142. Distribución de porcentajes de la variable 'aula'

Variable ‘grupo’

El estudio se desarrolla en 2 aulas (A y B) y los alumnos acuden a cada una de ellas en 3 grupos. En total, han participado 6 grupos de alumnos.

Grupo	Frecuencia	% válido	% acumulado
A1	8	5,19	5,2
A2	29	18,83	24
A3	25	16,23	40,3
B1	38	24,68	64,9
B2	34	22,08	87
B3	20	12,99	100
Total	154	100	

Tabla 128. Frecuencia y porcentaje de la variable ‘grupo’

En la figura siguiente se expresa esta distribución de porcentajes gráficamente:

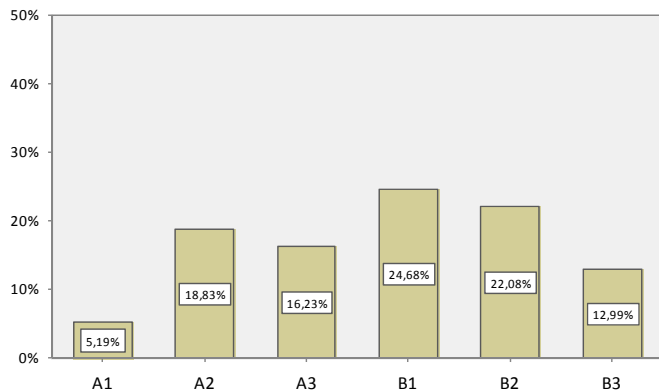


Fig. 143. Distribución de porcentajes de la variable ‘grupo’

Variable ‘existencia de problemas visuales’

A partir de los resultados del análisis descriptivo, se observa el porcentaje de la variable ‘existencia de problemas visuales’: el 64,1% de los sujetos tiene algún tipo de problema visual (miopía, hipermetropía, astigmatismo, etc.) mientras que el 35,9% no tiene ningún tipo de problema visual.

Existencia de problemas visuales	Frecuencia	% válido	% acumulado
SI	93	64,1	64,1
NO	52	35,9	100,0
Total	145	100,0	

Tabla 129. Frecuencia y porcentaje de la variable 'grupo'

La distribución de porcentajes de esta variable se muestra en la figura siguiente. Se puede ver en ella como los alumnos con algún tipo de problema visual superan a aquellos que carecen de él.

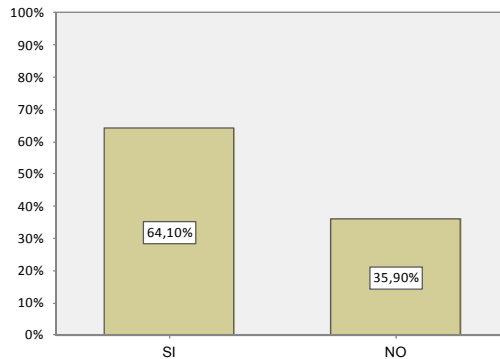


Fig. 144. Distribución de porcentajes de la variable 'existencia de problemas visuales'

Variable 'uso de gafas'

Como se muestra en la tabla siguiente, la distribución de la variable 'uso de gafas' se desarrolla de la siguiente manera: el 46,9% de los sujetos de la muestra usa gafas y el 53,1% de los sujetos no las usa.

Uso de gafas	Frecuencia	% válido	% acumulado
SI	68	46,9	46,9
NO	77	53,1	100,0
Total	145	100,0	

Tabla 130. Frecuencia y porcentaje de la variable 'uso de gafas'

En la figura siguiente se presenta la distribución de porcentajes de la variable 'uso de gafas'. Se puede ver en ella como los alumnos que no usan gafas superan ligeramente a aquellos que sí lo hacen.

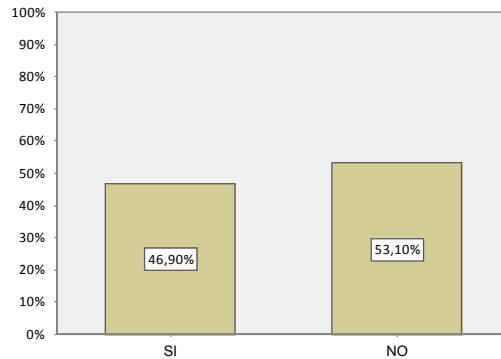


Fig. 145. Distribución de frecuencias variable 'uso de gafas'

Variable 'uso de lentillas'

En la tabla siguiente, se presenta la distribución de la variable 'uso de lentillas' que se desarrolla de la siguiente manera: el 46,9% de los sujetos de la muestra usa gafas y el 53,1% de los sujetos no las usa.

Uso de lentillas	Frecuencia	% válido	% acumulado
SI	30	20,8	20,8
NO	114	79,2	100,0
Total	144	100,0	

Tabla 131. Frecuencia y porcentaje de la variable 'uso de lentillas'

En la figura siguiente se presenta la distribución de porcentajes de esta variable. Se advierte en ella como los alumnos que no usan lentillas superan ampliamente a aquellos que sí lo hacen.

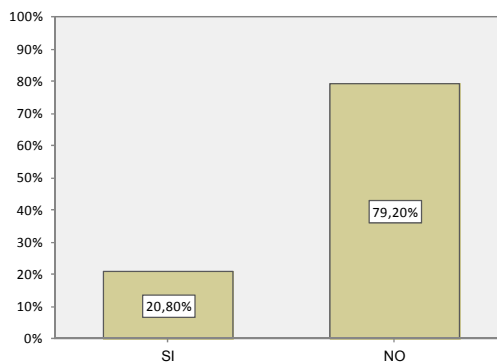


Fig. 146. Distribución de frecuencias variable 'uso de lentillas'

IV.3.3.2. ETAPA 2: ANÁLISIS PRELIMINAR

En esta etapa se elabora el análisis descriptivo del conjunto de variables subjetivas incluidas en el cuestionario preliminar (ver anexo 5, apartado A.5.3.1). Esta es la etapa anterior al ensayo de ambos tipos de iluminación en el aula. En ella se pregunta a los alumnos su opinión previa sobre los fluorescentes y LED. La intención con esta fase preliminar ha sido conseguir su respuesta emocional antes de someterse al estímulo.

Se ha preguntado, en primer lugar, a los alumnos si conocían la iluminación con lámparas LED. En la figura 147 se muestran los resultados obtenidos: el 0,8% de los alumnos no la conoce en absoluto; el 10,4% la conoce un poco; el 24,0% considera su conocimiento neutro; el 47,2% la conoce un poco y el 17,6% de los alumnos la conoce bastante.

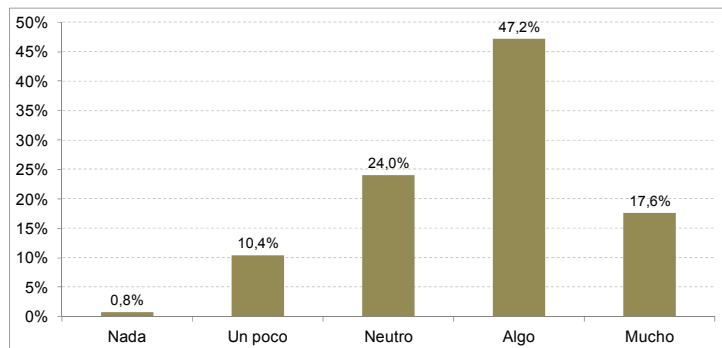


Fig. 147. Porcentajes sobre el conocimiento previo de los alumnos de la iluminación con LED

A continuación, se les ha preguntado sobre distintos aspectos de cada uno de los dos tipos de lámparas. En la valoración también se sigue la misma escala Likert de 5 niveles con valoraciones entre -2 y 2 que se ha utilizado en las experiencias anteriores.

Para contrastar la existencia de diferencias significativas entre fluorescente y LED se elabora un ANOVA para cada una de las variables (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 2 - 1) para ver en qué adjetivos existen diferencias significativas (sig. < 0,05). A partir de los resultados de este análisis, se observa que existen diferencias significativas en todas las variables, menos en la valoración de la iluminación como 'eficiente' en la que el valor de significación es >0,05.

En la figura 148, se muestra la calificación de la iluminación con fluorescente. Destaca como única valoración positiva el adjetivo 'eficiente'. El resto de puntuaciones son negativas para todos los adjetivos preguntados.

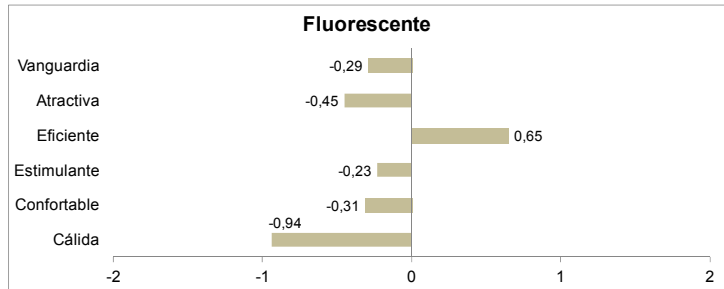


Fig. 148. Valoración preliminar de la iluminación con fluorescente

Por otro lado, en la figura 149, se expone la valoración de los alumnos a la iluminación con lámparas LED. Este tipo de lámpara obtiene una valoración positiva para todos los adjetivos. Los alumnos la consideran una iluminación de vanguardia, atractiva, eficiente y estimulante.

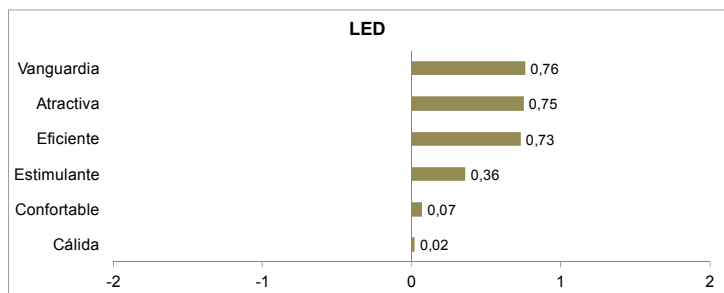


Fig. 149. Valoración preliminar de la iluminación con LED

Seguidamente, en la figura 150 se presenta con gráficos los resultados comparativos de las medias de las valoraciones a los distintos adjetivos del cuestionario preliminar para fluorescentes y LED. Destaca como la valoración de ambas lámparas se considera 'eficiente' y la valoración positiva del LED en todos los apartados, cosa que no sucede con los fluorescentes. Esto puede deberse a al efecto de la publicidad de las casas comerciales.

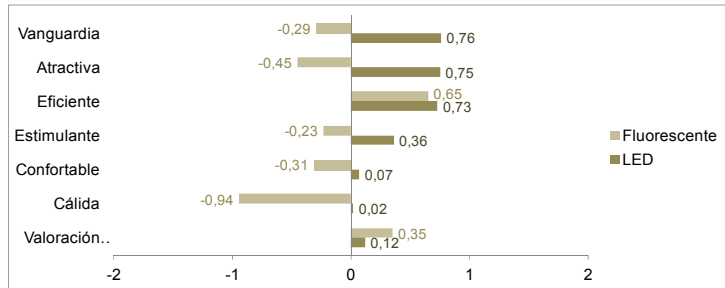


Fig. 150. Comparación de la valoración preliminar con fluorescente y LED

La figura 151 muestra la valoración global sobre si la iluminación con fluorescentes o LED les parece una iluminación adecuada. El fluorescente obtiene una calificación más alta que el LED, dentro de que ambas respuestas son bastante neutras. Probablemente este dato se deba a que la iluminación con fluorescentes es la que los alumnos tienen normalmente en sus aulas y es a la que más están acostumbrados.

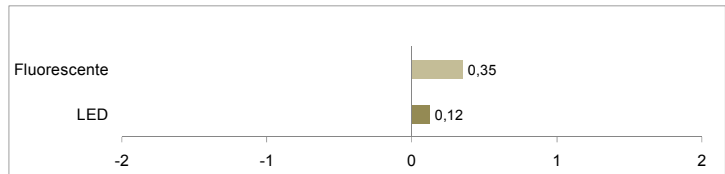


Fig. 151. Valoración global de fluorescente y LED

A continuación, los alumnos han puntuado la adecuación de cada una de las lámparas. Los resultados del fluorescente se muestran en la figura 152, donde el fluorescente obtiene sus mayores puntuaciones en las puntuaciones neutras o ligeramente positivas.

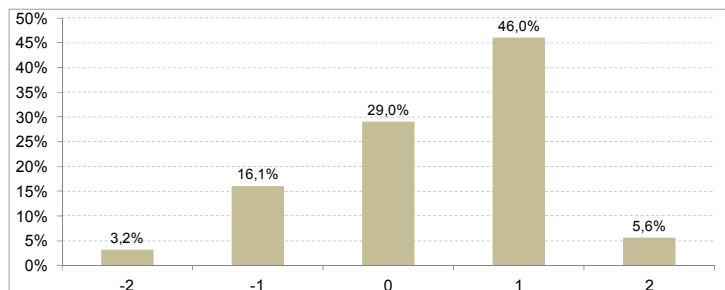


Fig. 152. Distribución de porcentajes de la puntuación obtenida en la valoración global de los fluorescentes

En la figura 153 se observa el porcentaje alcanzado por las lámparas LED. En ella se advierte que las puntuaciones son más neutras tendiendo más a negativas que en el caso anterior.

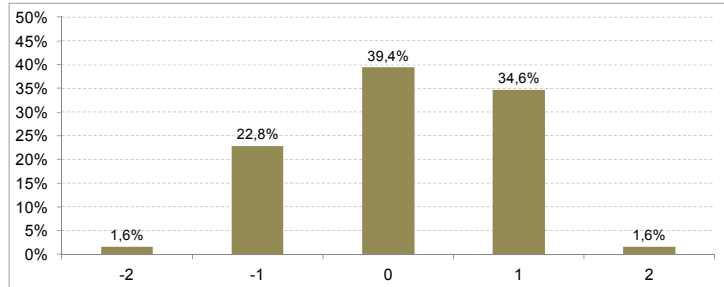


Fig. 153. Distribución de porcentajes de la puntuación obtenida en la valoración global de los LED

La figura siguiente muestra la comparación de estos porcentajes sobre la valoración obtenida por ambos tipos de lámparas. Se puede ver en ella como la valoración de los fluorescentes es neutra con tendencia positiva mientras que la valoración de los LED alcanza mayor porcentaje en la puntuación neutra.

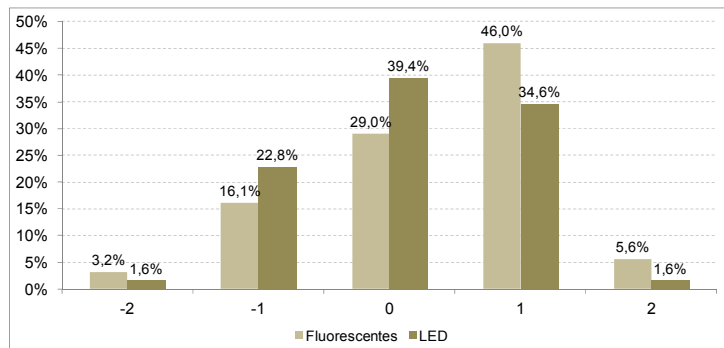


Fig.154. Comparación de porcentajes de la puntuación obtenida por fluorescentes y LED

Estos datos preliminares justifican la necesidad de una investigación posterior más completa con los alumnos sometidos a un estímulo real, que es la que se realiza en los apartados que se pueden ver a continuación.

IV.3.3.3. ETAPA 3: ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON FLUORESCENTES

En esta etapa, se ensaya y recoge la respuesta del usuario ante la iluminación del aula a base de lámparas fluorescentes. Este tipo de lámpara es el que habitualmente tienen en sus aulas.

IV.3.3.3.1. Valoración de la iluminación con fluorescentes a partir de los ejes semánticos

En primer lugar, se efectúa un análisis descriptivo de la opinión de los alumnos sobre la iluminación con fluorescentes. Para realizarlo, se recurre a los ejes semánticos extraídos en la experiencia anterior y se analiza la media y la desviación típica de las respuestas subjetivas de los alumnos. Los datos obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

Ejes semánticos	Media	Desv. típ.
UNIFORMIDAD (homogéneo, monótono, regular, ordenado, equilibrado, tranquilo, relajado, apacible)	0,54	0,813
CLARIDAD/NITIDEZ (definido, nada sombrío, luminoso, eficiente, funcional, cómodo, confortable, de calidad, rico)	0,48	0,846
INTENSIDAD (brillante, deslumbrante, resplandeciente, potente, con fuerza)	0,14	0,919
CALIDEZ (protector, agradable, natural, tenue, suave, calmado, placentero, adorable, sin molestias, sutil, ligero)	-0,23	0,848
SORPRENDENTE (asombroso, impresionante, fascinante, emocionante, atrayente, original, interesante, estimulante, excitante, sugerente)	-0,35	0,914
ANIMADO/COLORIDO (dinámico, amigable, alegre, divertido, favorecedor, bonito, atractivo, hermoso, armonioso)	-0,36	0,811

Tabla 132. Media y desviación típica de las variables de los ejes semánticos sobre la iluminación con fluorescentes (en orden descendente en función de la media)

La tabla anterior de estadísticos descriptivos indica cómo valoran cada uno de los adjetivos del universo semántico. En la columna 'MEDIA' aparece la valoración media de todos los estudiantes obtenida para cada eje semántico. La columna 'DESVIACIÓN TÍPICA' proporciona información acerca de la variabilidad en las respuestas de los alumnos.

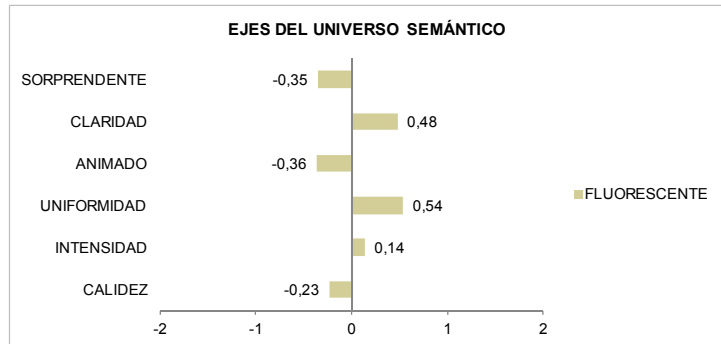


Fig. 155. Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula con fluorescentes

Se puede observar, según la figura 155, que los valores de las medias en general son todos bastante neutros, cercanos a 0, incluso tres de ellos son negativos. En primer lugar, se advierte que el eje que hace referencia a la sensación de sorpresa e interés del ambiente lumínico se valora negativamente. Este resultado es lógico, la iluminación de un aula no debe causar sorpresa ya que, de este modo, interferiría con la impartición de la docencia.

En segundo lugar, el eje que recoge la sensación de claridad e interés del ambiente lumínico es valorado positivamente. El resultado es razonable ya recoge las percepciones del ambiente como eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable. Todas estas son características de la iluminación muy importantes a la hora de impartir convenientemente la docencia.

En tercer lugar, el eje que aglutina la sensación de que el ambiente luminoso sea colorido y animado es más negativo que el de sorpresa. Los alumnos no consideran la iluminación del aula con fluorescente ni animada, ni colorida. En cuarto lugar, el eje que recoge que el ambiente luminoso sea uniforme es el eje que mayor puntuación obtiene. Este resultado es coherente con los resultados de la experiencia 2 donde la uniformidad se relacionaba con la iluminación artificial, teniendo en cuenta que en la mayoría de casos era una iluminación a base de lámparas fluorescentes.

En quinto lugar, el eje que recoge la sensación de que el ambiente luminoso se perciba como brillante, deslumbrante e intenso se valora como ligeramente positivo. Este valor, aunque no muy elevado, de modo que los alumnos lo consideran ligeramente brillante o deslumbrante.

Finalmente, el eje engloba la percepción de que el ambiente luminoso sea cálido, protector, agradable, natural y tenue es evaluado negativamente. De esta manera, los alumnos no aprecian la iluminación con fluorescentes como cálida.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, según la tabla 132, cabe destacar que los adjetivos con un mayor valor en esta columna son aquellos que presentan una alta variabilidad en las respuestas por lo que tienen una menor fiabilidad.

El caso más acusado sucede para el eje 'intensidad / brillo', con una desviación típica de 0,919. Seguramente, este dato se deba a la dificultad de los alumnos de percibir el ambiente luminoso del aula como deslumbrante ya que este concepto, como se ha visto en la experiencia 2, está limitado por la normativa, no se encuentra en las aulas y, por tanto, no entra en su universo semántico.

IV.3.3.3.2. Valoración global de la iluminación del aula con fluorescentes

En la tabla siguiente, de estadísticos descriptivos, se muestra la valoración global de los alumnos de la iluminación del aula con lámparas fluorescentes. Como en el caso anterior, el análisis se efectúa a través de medias y desviaciones típicas.

Valoración global del aula	Media	Desv. típ.
ADECUADO (apto, favorable, aceptable, correcto, satisfactorio)	0,59	0,798
El ambiente luminoso del aula o la CANTIDAD DE LUZ que percibo de iluminación en el aula es la adecuada	0,53	0,829
El aula está BIEN ILUMINADA	0,51	0,749
La iluminación del aula es adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS	0,43	0,792
La iluminación del aula es adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA	0,40	0,797
ME GUSTA	0,21	0,752

Tabla 133. Valoración global de la iluminación del aula con fluorescentes (en orden descendente en función de la media)

En la figura siguiente, se observa que la iluminación con fluorescente, en general, obtiene una valoración media neutra con todos los valores ligeramente positivos. Así mismo, la adecuación de la iluminación obtiene el mayor resultado. Destaca también el valor de la variable 'me gusta' que obtiene el valor más bajo.

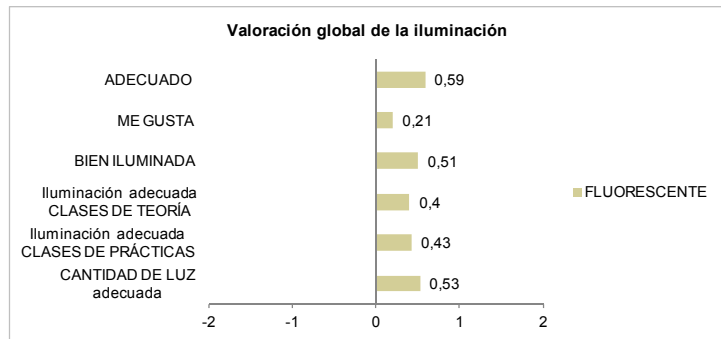


Fig. 156. Medias de la valoración global del ambiente luminoso del aula con fluorescentes

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, en la tabla 133 se muestra que el caso más acusado ocurre para la adecuada cantidad de luz percibida, con una desviación típica de 0,829. Probablemente esto se deba a la variabilidad lógica a la hora de valorar esta percepción por parte de los alumnos.

IV.3.3.3. Valoración de la iluminación con fluorescentes en función de los elementos del aula

En este apartado se efectúa un análisis descriptivo de la opinión de los alumnos acerca de cómo están iluminados los objetos o elementos del aula con lámparas fluorescentes. Para realizarlo, se analiza la media y la desviación típica de sus respuestas subjetivas a estas cuestiones que aparecen en la tabla 134.

Si se analiza en esta tabla la desviación típica se observa que el caso más acusado se da para el atributo 'el techo está bien iluminado', con una desviación típica de 0,991. Seguramente, por la mayor dificultad en la visión de este elemento.

Elementos del aula	Media	Desv. tip.
Los colores se ven bien	0,62	0,786
Las personas están bien iluminadas	0,61	0,798
Mi zona de trabajo está bien iluminada	0,58	0,859
Los rostros están bien iluminados	0,53	0,844
El techo está bien iluminado	0,52	0,991
Las paredes están bien iluminadas	0,50	0,804
Los objetos están bien iluminados	0,48	0,722
La pizarra está bien iluminada	0,47	0,941
El suelo está bien iluminado	0,40	0,789
Tengo sensación de confort visual	0,24	0,862

Tabla 134. Valoración global de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes (en orden descendente en función de la media)

En la figura siguiente se muestran los valores de estas medias obtenidas por la iluminación de los elementos del aula con lámparas fluorescentes.

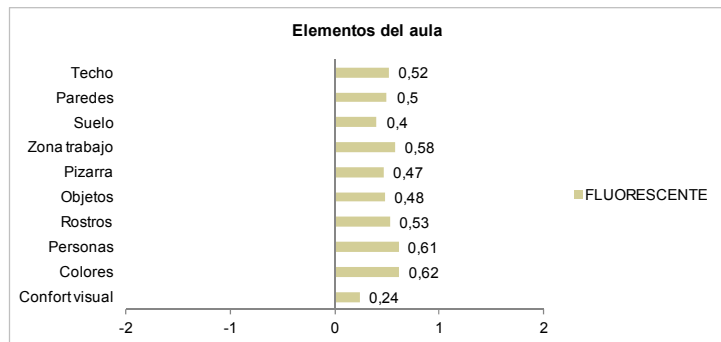


Fig. 157. Medias de la valoración de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes

Se observa en la figura 157 que los alumnos consideran que los elementos del aula están bien iluminados pero no con grandes puntuaciones. Los alumnos estiman que con fluorescentes se ven bien sobre todo los colores, las personas y su zona de trabajo. El menor valor lo recibe la sensación de confort visual.

IV.3.3.3.4. Valoración de la iluminación con fluorescentes en función de las actividades o tareas

Se efectúa a su vez un análisis descriptivo de la adecuación de la iluminación con fluorescentes en función del tipo de tareas o actividades que realizan los alumnos en el aula.

En la tabla siguiente de estadísticos descriptivos se indica cómo valoran los alumnos la iluminación con fluorescentes en función de las distintas tareas o actividades que se efectúan en ella. Las tareas aparecen ordenadas en la tabla de forma descendente según el valor de su media.

Así, en la parte superior aparecen las actividades cuya media es más elevada y que, por lo tanto, el alumno considera la iluminación es más adecuada.

Actividades o tareas	Media	Desv. típ.
Preguntar al profesor	0,61	0,810
Dialogar	0,61	0,825
Escribir	0,55	0,802
Leer	0,49	0,803
Atender	0,48	0,813
Corregir	0,44	0,771
Repasar los apuntes	0,41	0,704
Atender a la pizarra	0,37	0,877
Dibujar	0,24	0,867
Trabajar con el ordenador	0,20	0,879
Reflexionar	0,13	1,030
Ver el proyector	-0,38	1,358

Tabla 135. Medias y desviaciones típicas sobre la iluminación del aula con fluorescentes en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella (en orden descendente en función de la media)

Si se analizan los resultados de la tabla anterior, se observa que el conjunto de alumnos encuestados considera que el aula está mejor iluminada con fluorescentes para tareas como preguntar al profesor, dialogar, escribir, leer, atender, corregir, repasar los apuntes o atender a la pizarra.

Conforme se desciende en la tabla, aparecen las tareas cuya media está próxima a 0 y, por tanto, han obtenido una puntuación media, es decir, los alumnos consideran que sus aulas están iluminadas con los fluorescentes en un término medio para las tareas como dibujar, trabajar con el ordenador o reflexionar.

En la figura siguiente se exponen las medias de la iluminación con fluorescentes en función de las tareas o actividades. En ella se observa claramente que los estudiantes valoran que sus aulas no están bien iluminadas con fluorescentes para ver el proyector. Este último resultado es coherente ya que para ver el proyector no se utiliza iluminación artificial, por lo que es lógico que la media no resulte positiva.

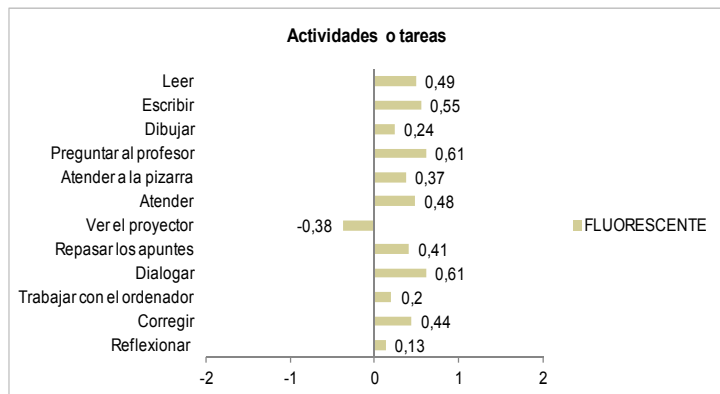


Fig. 158. Medias de la valoración de la percepción de la iluminación con fluorescentes en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella

Esta coherencia también se manifiesta en la información proporcionada por la desviación típica (ver tabla 135), donde la actividad 'Ver el proyector' es el caso más acusado, con una desviación típica de 1,358.

IV.3.3.3.5. Análisis de la incidencia de los ejes semánticos en la valoración del usuario de la iluminación con fluorescentes

Para establecer la relación entre los ejes semánticos del ambiente luminoso con lámparas fluorescentes del aula y las distintas variables de valoración global de la iluminación se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Pearson. En la tabla siguiente se muestran los valores de este coeficiente para cada una de estas variables. Se somborean en gris los valores de los coeficientes que son estadísticamente significativos.

		Bien iluminada	Iluminación adecuada teoría	Iluminación adecuada prácticas	Cantidad de iluminación adecuada
E1_ Sorpresa / Interés	Correlación de Pearson	0,293**	0,318**	0,315**	0,219**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,009
E2_ Claridad / Eficiencia	Correlación de Pearson	0,481**	0,427**	0,505**	0,551**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000
E3_ Colorido / Animado	Correlación de Pearson	0,360**	0,341**	0,392**	0,284**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,001
E4_ Uniformidad	Correlación de Pearson	0,418**	0,455**	0,423**	0,381**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000
E5_ Intensidad / Brillo	Correlación de Pearson	0,430**	0,310**	0,258**	0,337**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,002	0,000
E6_ Calidez	Correlación de Pearson	0,019	0,115	0,210*	0,075
	Sig. (bilateral)	0,820	0,171	0,012	0,376
N		142	142	142	142

Tabla 136. Correlaciones entre los ejes semánticos y las distintas variables de valoración global de la iluminación

Se advierte en la tabla 136 que la mayoría de los ejes semánticos se relacionan con las distintas variables de valoración global de la iluminación con fluorescentes. El único eje cuya relación es menor es el eje que recoge la calidez del ambiente lumínico que tan sólo se vincula con la variable 'iluminación adecuada para impartir clases de prácticas'.

Esto se puede deber a que los fluorescentes con los que se ha realizado el ensayo tienen una temperatura de color de 4000 K, lo cual no proporciona una iluminación especialmente cálida. Si se analiza ya en particular cada uno de los ejes del universo semántico, en primer lugar en la tabla anterior, se observa que el eje que recoge la sensación de sorpresa e interés se relaciona con todas las variables de valoración global, mayormente con la variable 'iluminación adecuada para impartir clases de prácticas'.

En segundo lugar, el eje que recoge la sensación de claridad y eficiencia del ambiente lumínico está altamente vinculado con todas las variables de valoración global. De hecho, este eje es el que más se relaciona de todos con estas variables. Las percepciones que recoge este eje del ambiente luminoso son eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable. Estas percepciones son características de la iluminación muy importantes a la hora de impartir docencia convenientemente. Esto hace que el resultado, que se observa en la tabla 136, resulta lógico ya que se corresponde con que los alumnos perciban el aula como bien iluminada tanto para aulas de teoría como de prácticas, así como que la cantidad de luz percibida sea la adecuada.

En tercer lugar, el eje que engloba que el ambiente luminoso se perciba colorido y animado también está vinculado con todas las variables de valoración global. De todas ellas, la de mayor relación con este eje es la variable 'iluminación adecuada para impartir clases de prácticas'.

En cuarto lugar, el eje que recoge que el ambiente luminoso se aprecie uniforme también se corresponde con todas las variables de valoración global. De todas ellas, la que más se vincula con este eje es la variable 'iluminación adecuada para impartir clases de teoría'.

En quinto lugar en la tabla anterior, el eje que recoge la sensación de que el ambiente luminoso se perciba como brillante, deslumbrante e intenso se relaciona con todas las variables de valoración global. En especial con la variable 'bien iluminada'.

Por último, cabe destacar que la variable 'bien iluminada' de valoración global de la iluminación se corresponde con todos los ejes semánticos, excepto con el de calidez. A su vez, esta variable el mayor valor lo obtiene con el eje de claridad y eficiencia.

IV.3.3.4. ETAPA 4: ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON LED

En esta etapa se elabora la misma comparación de valoraciones con lámparas LED que la efectuada en la etapa 3 con las lámparas fluorescentes. Así, se analiza la valoración de los LED a partir de los ejes semánticos, de las variables de valoración global de la iluminación, de la iluminación de los elementos del aula y de las tareas que el alumno realiza en ella.

IV.3.3.4.1. Valoración de la iluminación con LED a partir de los ejes semánticos

En primer lugar, se efectúa un análisis descriptivo de la opinión de los alumnos utilizando los ejes semánticos. Para realizarlo, se recurre a los ejes semánticos extraídos en la experiencia 2 (ver apartado IV.2.3.2.1). En la tabla siguiente se analiza la media y la desviación típica de las respuestas subjetivas de los alumnos a estas cuestiones.

Ejes semánticos	Media	Desv. típ.
UNIFORMIDAD (homogéneo, monótono, regular, ordenado, equilibrado, tranquilo, relajado, apacible)	0,90	0,850
CLARIDAD/NITIDEZ (definido, nada sombrío, luminoso, eficiente, funcional, cómodo, confortable, de calidad, rico)	0,86	0,961
INTENSIDAD (deslumbrante, resplandeciente, brillante, potente, con fuerza)	0,52	0,951
SORPRENDENTE (asombroso, impresionante, fascinante, emocionante, atrayente, original, interesante, estimulante, excitante, sugerente)	-0,05	1,033
ANIMADO/COLORIDO (dinámico, amigable, alegre, divertido, favorecedor, bonito, atractivo, hermoso, armonioso)	-0,06	0,896
CALIDEZ (protector, agradable, natural, tenue, suave, calmado, placentero, adorable, sin molestias, sutil, ligero)	-0,19	0,908

Tabla 137. Media y desviación típica de las variables de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula con LED (en orden descendente en función de la media)

La tabla anterior indica cómo valoran los estudiantes cada uno de los ejes semánticos. A través de los valores de las medias, se observa que tres de ellos son negativos y tres son positivos.

Para analizar estas valoraciones se utiliza la figura siguiente que recoge estas medias de la valoración del ambiente luminoso con LED según los ejes semánticos. Se advierte en ella que el eje que recoge la sensación de sorpresa e interés se valora ligeramente negativo, es decir, los alumnos no valoran el ambiente luminoso del aula con LED como sorprendente o interesante. Este resultado es lógico, la iluminación de un aula no debe causar sorpresa ya que, de este modo, interferiría con la impartición de la docencia.

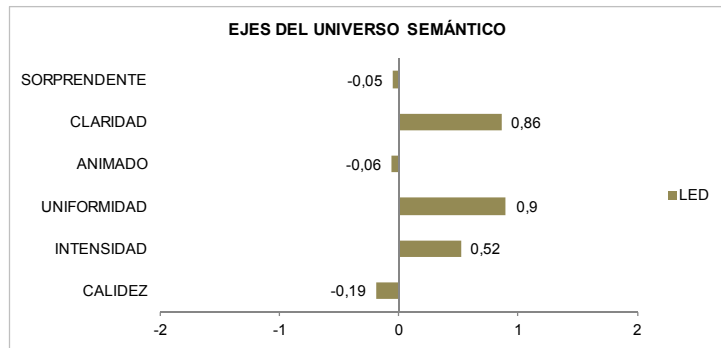


Fig. 159. Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula con LED

En segundo lugar, el eje que recoge la sensación del ambiente luminoso se perciba eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable es valorado positivamente. El resultado es razonable todas estas percepciones de la iluminación que son muy importantes a la hora de impartir docencia eficazmente.

En tercer lugar, el eje colorido y animado tiene un resultado casi neutro pero ligeramente negativo. Esta calificación se interpreta como que los alumnos no consideran que la iluminación del aula con LED sea especialmente animada o colorida.

En cuarto lugar, el eje uniforme es el que mayor puntuación obtiene, es decir, los estudiantes perciben el ambiente luminoso con LED como uniforme, homogéneo, monótono, regular, ordenado, equilibrado, tranquilo, relajado y apacible.

En quinto lugar, el eje que recoge la sensación de que el ambiente luminoso se perciba como brillante, deslumbrante e intenso se valora en positivo. Este resultado es coherente ya que en este tipo de lámpara el deslumbramiento es un poco mayor que con lámparas fluorescentes.

En último lugar, el eje cálido, protector, agradable, natural y tenue es evaluado ligeramente de forma negativa. Resultado también razonable ya que la iluminación que se está ensayando no es especialmente cálida.

Respecto a la información que proporciona la desviación típica (ver tabla 137), el eje que presenta mayor variabilidad en las respuestas y que, por lo tanto, tiene una menor fiabilidad es el eje 'sorprendente', con una desviación típica de 1,033. Probablemente, este dato se deba a la dificultad de los alumnos de percibir el ambiente luminoso del aula como sorprendente ya que éste no lo es, debido a que si lo fuera no sería adecuado para impartir docencia.

IV.3.3.4.2. Valoración global de la iluminación del aula con LED

Se elabora un análisis descriptivo de la valoración global de la iluminación con LED del aula a través de medias y desviaciones típicas. En la tabla siguiente, se muestran los resultados obtenidos:

Valoración global del aula	Media	Desv. típ.
El aula está BIEN ILUMINADA	0,99	0,743
ADECUADO (apto, favorable, aceptable, correcto, satisfactorio)	0,87	0,754
La iluminación del aula es adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS	0,85	0,800
La iluminación del aula es adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA	0,78	0,801
El ambiente luminoso del aula o la CANTIDAD DE LUZ que percibo de iluminación en el aula es la adecuada	0,76	0,833
ME GUSTA	0,61	0,842

Tabla 138. Tabla descriptiva de la valoración global de la iluminación del aula con LED (en orden descendente en función de la media)

Según la tabla anterior, la iluminación con LED obtiene una valoración positiva en todas las variables. El mayor resultado lo alcanza la valoración del aula como 'bien iluminada' y el menor la variable 'me gusta'. Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, el caso más acusado ocurre con la variable 'me gusta', con una desviación típica de 0,842.

En la figura siguiente, se muestran los valores de estas medias. Se observa en ella como todas las variables de valoración global son positivas con ligeras diferencias entre ellas y con todos los valores cercanos a la unidad.

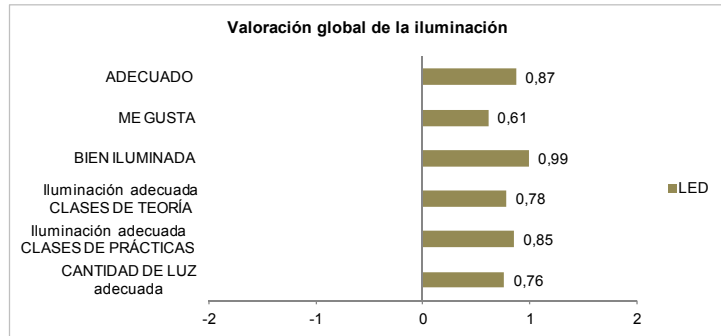


Fig. 160. Medias de la valoración global del ambiente luminoso del aula con LED

IV.3.3.4.3. Valoración de la iluminación con LED en función de los elementos del aula

Acto seguido, se efectúa un análisis descriptivo de la opinión de los alumnos acerca de cómo están iluminados los objetos o elementos del aula con lámparas LED. La tabla siguiente muestra la media y la desviación típica de las respuestas subjetivas de los alumnos a estas cuestiones.

Elementos del aula	Media	Desv. típ.
Mi zona de trabajo está bien iluminada	1,08	0,785
Los colores se ven bien	1,06	0,652
La pizarra está bien iluminada	0,96	0,846
Las personas están bien iluminadas	0,92	0,727
El techo está bien iluminado	0,88	0,794
Los objetos están bien iluminados	0,88	0,707
Los rostros están bien iluminados	0,85	0,744
Las paredes están bien iluminadas	0,82	0,740
El suelo está bien iluminado	0,65	0,801
Tengo sensación de confort visual	0,45	0,845

Tabla 139. Tabla descriptiva de la percepción de la iluminación con LED de los elementos del aula (en orden descendente en función de la media)

En la tabla anterior de estadísticos descriptivos la mayor media de puntuaciones se produce en la variable 'zona de trabajo bien iluminada', es decir, los alumnos perciben que el elemento del aula mejor iluminado con LED es su zona de trabajo.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, el caso más pronunciado se da para el atributo 'la pizarra está bien iluminada', con una desviación típica de 0,846. Esto indica que hay una mayor variabilidad en la respuesta de los alumnos frente a la iluminación de este elemento.

En la figura siguiente se muestran los resultados de estas medias de la percepción de los estudiantes de la iluminación de los elementos con lámparas LED.

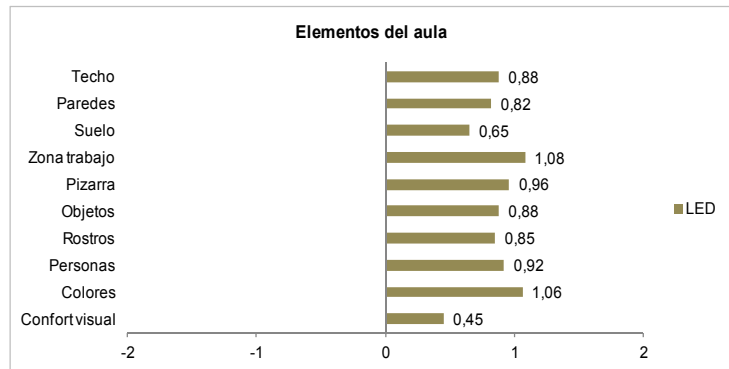


Fig. 161. Medias de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con LED

Se puede ver en la figura anterior cómo los estudiantes consideran que los elementos del aula están bien iluminados con medias bastante positivas y cercanas a la unidad. Destacan sobre todo las puntuaciones que le otorgan a la iluminación de su zona de trabajo, a los colores, a la pizarra y a las personas.

El menor valor lo recibe la sensación de confort visual. Este valor resulta coherente con el tipo de lámpara ensayada ya que una de los problemas derivados del LED es su mayor índice de deslumbramiento y, por tanto, de molestias causadas en el observador.

IV.3.3.4.4. Valoración de la iluminación con LED en función de las actividades o tareas

En la tabla siguiente se indica cómo evalúan los alumnos la iluminación con LED en función de las distintas tareas o actividades que se efectúan en ella. Dicha tabla es la que se emplea para realizar el análisis descriptivo.

Actividades o tareas	Media	Desv. típ.
Escribir	0,91	0,714
Preguntar al profesor	0,85	0,819
Leer	0,84	0,740
Atender	0,79	0,841
Dibujar	0,73	0,816
Atender a la pizarra	0,73	1,289
Corregir	0,71	0,841
Repasar los apuntes	0,67	0,743
Dialogar	0,63	0,890
Trabajar con el ordenador	0,51	0,909
Reflexionar	-0,08	1,049
Ver el proyector	-0,23	1,017

Tabla 140. Medias y desviaciones típicas sobre la iluminación del aula con LED en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella (en orden descendente en función de la media)

Si se analizan los resultados de la tabla anterior, se observa que el conjunto de alumnos encuestados considera que el aula está bien iluminada con LED para tareas como escribir, preguntar al profesor, leer, atender, dibujar, atender a la pizarra o corregir. En la parte baja de la tabla, aparecen las actividades cuya iluminación es peor valorada. Así, los estudiantes consideran que sus aulas no están bien iluminadas con LED para reflexionar o ver el proyector en condiciones. Este último resultado es coherente, para ver el proyector no se utiliza iluminación artificial por lo que es lógico que la media no resulte positiva.

Respecto a la información proporcionada por la desviación típica, la iluminación de la actividad 'Atender a la pizarra' es el caso más acusado con una desviación típica de 1,289. Es la variable, por tanto, que muestra una mayor variabilidad de las respuestas.

En la figura 162 se muestran estas medias obtenidas para la adecuación de la iluminación para cada una de las tareas con lámparas LED. Destaca en ella cómo todas las tareas están valoradas positivamente, excepto las tareas 'ver el proyector' y 'reflexionar', aunque esta última en un valor muy cercano al neutro. Probablemente, esto se deba a que para ver el proyector no es necesaria ningún tipo de iluminación por lo que este valora resulta coherente del mismo modo que sucede en la calificación de la iluminación de esta tarea con fluorescentes.

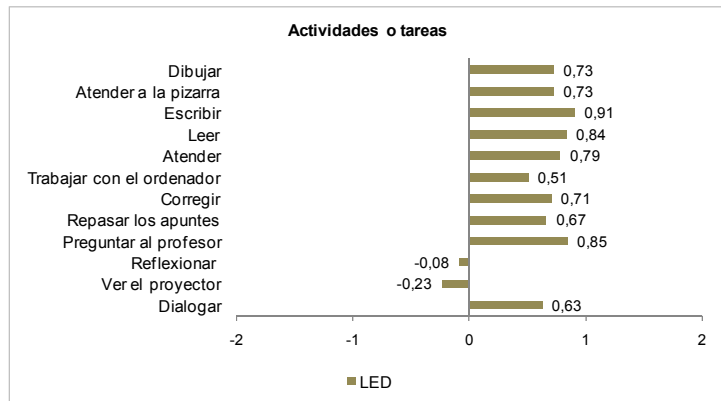


Fig. 162. Medias sobre la iluminación del aula con LED en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella

IV.3.3.4.5. Análisis de la incidencia de los ejes semánticos en la valoración del usuario de la iluminación con LED

Para establecer la relación entre los ejes semánticos del ambiente luminoso con LED del aula y las distintas variables de valoración global de la iluminación se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Pearson. En la tabla 141 se muestran los valores de este coeficiente. En ella se advierte que no todos los ejes semánticos se relacionan con las distintas variables de valoración global. En particular, no lo hace el eje que recoge la calidez del ambiente lumínico. Este dato resulta coherente ya que la iluminación con LED ensayada no es especialmente cálida.

Si se examina ya en particular cada uno de estos ejes, en primer lugar en la tabla anterior, se observa que el eje que recoge la sensación de sorpresa e interés del ambiente lumínico está relacionado con todas las variables de valoración global.

		Bien iluminada	Iluminación adecuada teoría	Iluminación adecuada práctica	Cantidad de iluminación adecuada
E1_ Sorpresa / Interés	Correlación de Pearson	0,296**	0,354**	0,350**	0,339**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000
E2_ Claridad / Eficiencia	Correlación de Pearson	0,616**	0,577**	0,528**	0,637**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000
E3_ Colorido / Animado	Correlación de Pearson	0,175*	0,289**	0,305**	0,322**
	Sig. (bilateral)	0,035	0,000	0,000	0,000
E4_ Uniformidad	Correlación de Pearson	0,370**	0,253**	0,314**	0,367**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,002	0,000	0,000
E5_ Intensidad / Brillo	Correlación de Pearson	0,410**	0,323**	0,321**	0,404**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000
E6_ Calidez	Correlación de Pearson	0,004	0,057	0,103	0,093
	Sig. (bilateral)	0,959	0,492	0,220	0,267
	N	145	145	145	145

Tabla 141. Correlaciones entre el Universo Semántico y las distintas variables de valoración global de la iluminación con LED

En segundo lugar, el eje que recoge la sensación de claridad e interés del ambiente lumínico está altamente relacionado con todas las variables de valoración global. De hecho, este eje es el que más se relaciona de todos con estas variables. Este valor es lógico ya recoge las percepciones del ambiente como eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso, funcional, cómodo y confortable. Estas percepciones reflejan unas características de la iluminación muy importantes para impartir docencia convenientemente por lo que resulta coherente que los alumnos consideren en esta investigación que este eje está relacionado con la percepción del aula como bien iluminada tanto para aulas de teoría como de prácticas, así como que la cantidad de luz percibida sea la adecuada.

En tercer lugar, el eje que engloba que el ambiente luminoso se perciba como colorido y animado también se relaciona de manera positiva con todas las variables de valoración global. En especial, con la variable 'cantidad de iluminación adecuada'.

En cuarto lugar, el eje uniforme también se corresponde con todas las variables de valoración global. De todas ellas, la que más se relaciona con este eje es la variable 'bien iluminada'.

En quinto lugar, el eje brillante, deslumbrante e intenso también está vinculado con todas las variables de valoración global. De todas ellas, la que más se relaciona con este eje es también la variable 'bien iluminada'.

En sexto lugar, el eje cálido, protector, agradable, natural y tenue no se corresponde con las variables de valoración global. Esto se puede deber a que la iluminación ensayada no es especialmente cálida.

En la figura siguiente se muestra la gráfica de los coeficientes de correlación entre los ejes semánticos y las variables de valoración global de la iluminación. En ella se observa como las mayores correlaciones se producen para el eje que recoge la claridad o eficiencia, seguido de los que hacen referencia al brillo y a la uniformidad.

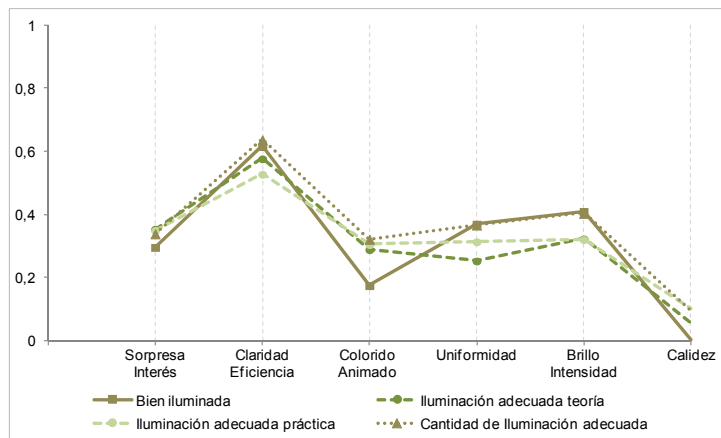


Fig. 163. Correlación entre los ejes semánticos y las variables de valoración global de la iluminación

Finalmente, si se analiza en particular la variable de valoración global 'bien iluminada' de la iluminación se corresponde con todos los ejes semánticos, excepto con el de calidez. Sin embargo, sí existe una correlación positiva con el eje que recoge la sensación de claridad/eficiencia. También existe una correlación positiva, pero de menor valor, con el eje intensidad/brillo y con el eje uniformidad.

IV.3.3.5. ETAPA 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON FLUORESCENTE Y LED

En esta etapa se contrastan los resultados conseguidos en la valoración de las lámparas fluorescentes y LED. La comparación se elabora a través de las diferencias entre las medias obtenidas por ambas lámparas para los ejes semánticos, las variables de valoración global de la iluminación, la percepción de la iluminación de los elementos del aula, la adecuación a las tareas o actividades que se realizan en ella y, por último, se efectúa la comparación entre las valoraciones finales de cada tipo de iluminación.

IV.3.3.5.1. Comparación de la valoración de los ejes semánticos

Se compara el análisis descriptivo de la opinión de los alumnos sobre cada uno de los ejes semánticos. Para contrastar la existencia de diferencias significativas entre las respuestas obtenidas por las lámparas fluorescentes y LED se realiza, en primer lugar, un ANOVA para cada uno de los ejes (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 5 - 1) para ver en cuáles de ellos existen diferencias significativas ($\text{sig.} < 0,05$).

Según dicho análisis, se aprecian diferencias significativas en los ejes que hacen referencia a la sorpresa, claridad, intensidad, animado y uniformidad que se percibe del ambiente luminoso.

Se muestra en la figura 164 cómo los LED obtienen mayores puntuaciones que los fluorescentes en todos los ejes semánticos. Las mayores diferencias entre ambos se producen, por orden de magnitud, en los ejes claridad, intensidad y uniformidad. A su vez estos los ejes obtienen puntuaciones positivas tanto para el fluorescente como para el LED, con mayores valoraciones para el caso de los LED.

Las menores diferencias se consiguen en las valoraciones de los ejes animado y sorprendente. En estos ejes, a su vez, las puntuaciones son negativas para ambos tipos de lámparas, siendo más cercanas a neutras las valoraciones del LED. Se advierte como los alumnos consideran el fluorescente menos animado y sorprendente que el LED.

Por otro lado, las diferencias no son significativas en el eje calidez ya que ambas lámparas no son percibidas como especialmente cálidas, lo cual es coherente con la temperatura de color ensayada en ambas lámparas.

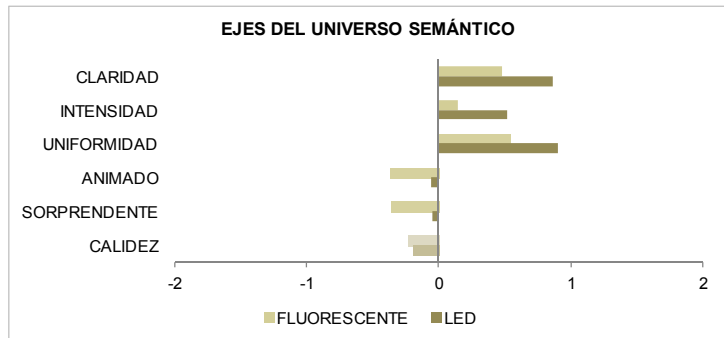


Fig. 164. Comparación de las medias obtenidas en cada uno de los ejes semánticos con fluorescentes y LED. En orden descendente en función de la magnitud de las diferencias encontradas (se colorean más claro aquellos valores cuya diferencia no es significativa según ANOVA)

En la figura anterior se observa cómo la apreciación por parte de los estudiantes de que el LED tiene mayor intensidad, brillo o deslumbramiento que los fluorescentes. Esta evaluación se corresponde con la realidad ya que una de las críticas que tiene el LED es precisamente su mayor índice de deslumbramiento.

IV.3.3.5.2. Comparación de la valoración global de la iluminación

En segundo lugar, se compara la valoración global de la iluminación con fluorescentes y con LED. La existencia de diferencias significativas entre los resultados ($\text{sig.} < 0,05$) se realiza a través de un ANOVA para cada una de las variables de (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 5 - 2). Según dicho análisis, se aprecian diferencias significativas en todas las variables de valoración global.

En la figura 165 se muestran las medias de la valoración global de los alumnos sobre la iluminación de su aula con fluorescentes y LED. Se observa en ella que ambos tipos de lámparas obtienen puntuaciones positivas en todas las variables.

Las mayores diferencias se producen para las variables 'bien iluminada', 'Iluminación adecuada para clases de prácticas', 'me gusta' e 'Iluminación adecuada para clases de teoría'.

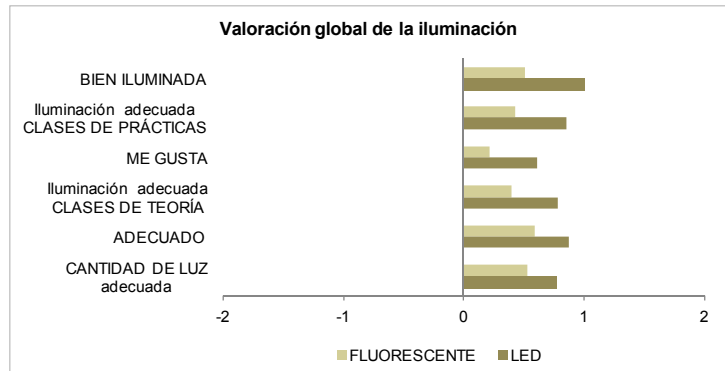


Fig. 165. Comparación de las medias de valoración global de la iluminación del aula con fluorescente y LED (en orden descendente en función de las diferencias encontradas)

Se distingue en la figura anterior que la iluminación con LED supera en puntuación a la de los fluorescentes. De este modo, los estudiantes consideran mejor iluminada el aula con LED.

Para el LED las mayores puntuaciones se consiguen en las variables 'bien iluminada', 'ambiente luminoso adecuado' e 'iluminación adecuada para impartir clases de prácticas'.

La iluminación con fluorescente, en general, obtiene una valoración media neutra con todos los valores ligeramente positivos pero menores que la iluminación con LED en todas las variables.

Su mayor puntuación la obtiene en la variable 'adecuado', seguida de la valoración 'cantidad de luz adecuada'. Por su parte, la variable 'me gusta' alcanza el valor más bajo.

Estos resultados se corresponden con los hallazgos de Yan *et ál.*⁴⁹⁰ en los que declaran que la mejor combinación de temperatura de color y nivel de iluminación para los LED, es precisamente la ensayada en esta experiencia: 4000 K de temperatura de color y 300 lux de nivel de iluminación.

⁴⁹⁰ Yan, Y., Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X., 2012, *op. cit.*

IV.3.3.5.3. Comparación de la percepción de la iluminación de los elementos del aula

En tercer lugar, se realiza una comparación del análisis descriptivo de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes y con LED. Como en los casos anteriores, la existencia de diferencias significativas ($\text{sig.} < 0,05$) se certifica a través de un ANOVA (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 5 - 3). Según dicho análisis, se aprecian diferencias significativas en la iluminación de todos los elementos.

Acto seguido, se efectúa un análisis descriptivo de la opinión de los alumnos. Para ello, se compara la media de las respuestas subjetivas de los alumnos. En la figura siguiente se muestra cómo valoran los alumnos la iluminación de los objetos o elementos del aula con la iluminación con fluorescentes y con LED.

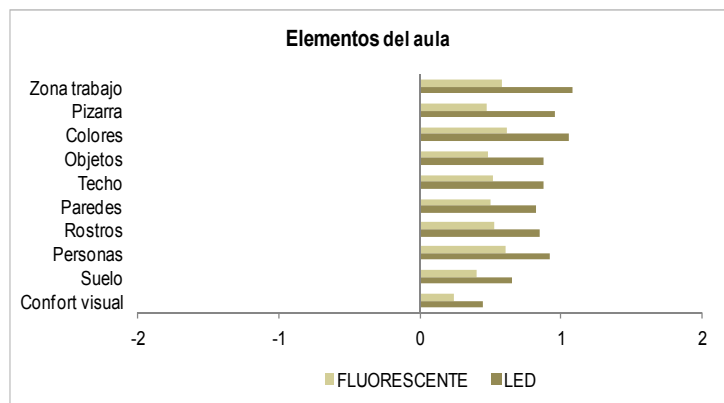


Fig. 166. Comparación de las medias de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con fluorescente y LED (en orden descendente en función de las de la magnitud de las diferencias encontradas)

Se observa en la figura anterior cómo los estudiantes consideran que los elementos del aula están bien iluminados en todos los casos tanto con fluorescentes como con LED ya que todas las medias son positivas.

La apreciación de la iluminación de los elementos con LED supera en todos los casos a la iluminación con fluorescentes. Las mayores diferencias entre ambos tipos de lámparas se producen en la valoración de la iluminación de la zona de trabajo, la pizarra, los colores y los objetos, superando en todos los casos la lámpara tipo LED a la fluorescente.

IV.3.3.5.4. Comparación de la iluminación en función de las actividades o tareas

En cuarto lugar, se compara la valoración de la iluminación con fluorescentes y con LED en función de las actividades o tareas que se realizan en el aula. La existencia de diferencias significativas se constata, como en los casos anteriores, a través de un ANOVA (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 5 - 4). Después de dicho análisis se observa que no se aprecian diferencias significativas en las tareas 'ver el proyector', 'dialogar' y 'reflexionar'. En el resto de actividades, sí se aprecian diferencias relevantes.

En la figura 167 se muestra el resultado de las medias obtenidas por la iluminación con fluorescente y LED para cada tarea. Se advierte que todas las valoraciones son positivas, excepto para las tareas 'ver el proyector' que son negativas y 'reflexionar' en la que las puntuaciones son bastante neutras pero de sentido opuesto ya que para las lámparas LED son negativas y para las fluorescentes son positivas. Sin embargo, para ambas tareas las diferencias no son significativas. Al igual que no lo son para la tarea 'dialogar'.

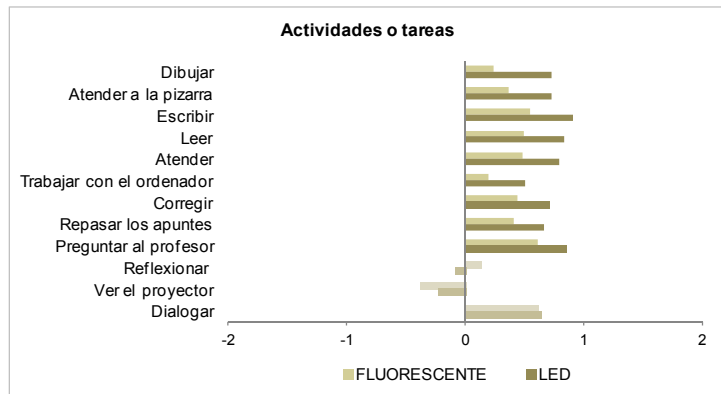


Fig. 167. Comparación de las medias obtenidas para cada una de las tareas con fluorescentes y LED. En orden descendente en función de la magnitud de las diferencias encontradas (se colorean más claro aquellos valores cuya media no es significativa según ANOVA)

En cuanto al resto de actividades en las que las diferencias sí que son relevantes, se advierte que en todas ellas el LED obtiene una mayor puntuación que las lámparas fluorescentes. Las mayores diferencias se obtienen para actividades como 'dibujar', 'escribir', 'atender a la pizarra' o 'leer'.

IV.3.3.5.5. Comparación de la incidencia de cada eje del universo semántico en la valoración global

Por último, se efectúa un análisis por comparación de la incidencia de cada eje del universo semántico en la valoración global de la iluminación con fluorescentes y LED.

Para elaborarlo se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Pearson que se muestra en la figura 168, un modelo de lente en el que se ubican a ambos lados las valoraciones de los dos grupos: fluorescente y LED.

Se grafía en la parte superior de las flechas el valor del coeficiente de correlación de Pearson para cada uno de los ejes del universo semántico. En la parte inferior de las flechas se indica el nivel de significación.

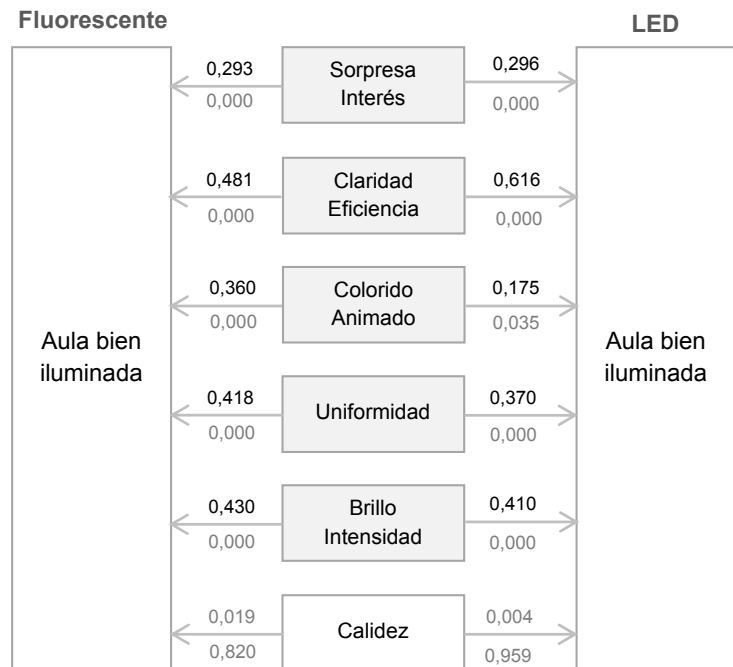


Fig. 168. Comparación de la incidencia de cada eje semántico en la valoración global

Según los niveles de significación, se advierte que no todos los ejes semánticos se relacionan con las distintas variables de valoración global de la iluminación tanto para fluorescentes como para LED.

En particular, esto sucede en el eje que recoge la calidez del ambiente lumínico. Este eje no se relaciona con la variable 'bien iluminada'. En el resto de los ejes, sin embargo, sí que hay una correlación positiva.

Se observa también en la figura anterior que el orden de magnitud de las correlaciones es el mismo tanto para los LED como para los fluorescentes, en los ejes claridad/eficiencia, brillo/intensidad y uniformidad. Estas relaciones hacen referencia a que cuando los alumnos perciben que el ambiente luminoso del aula es claro, intenso y uniforme, consideran a su vez que el aula está bien iluminada tanto con fluorescentes como con LED.

Sin embargo, la disposición cambia para los ejes sorprendente y colorido. Para los fluorescentes la mayor magnitud de correlación se produce en el eje colorido y luego para el eje sorprendente. En el LED sucede lo contrario.

En la figura siguiente se grafía este valor de estos coeficientes de correlación para cada uno de los ejes. Se distingue en ella que la mayor correlación se produce para el eje claridad/eficiencia con ambas lámparas y sobre todo para el LED.

Para el eje brillo/intensidad la mayor correlación, aunque son muy similares para ambos tipos de lámparas, se produce para las lámparas fluorescentes. Esto también sucede para el eje uniformidad y el eje colorido/animado.

Sin embargo, para el eje sorpresa/interés vuelve a ser muy similar para ambos tipos de lámparas superado ligeramente por el LED. Finalmente, para el eje calidez las diferencias no son significativas según el ANOVA.

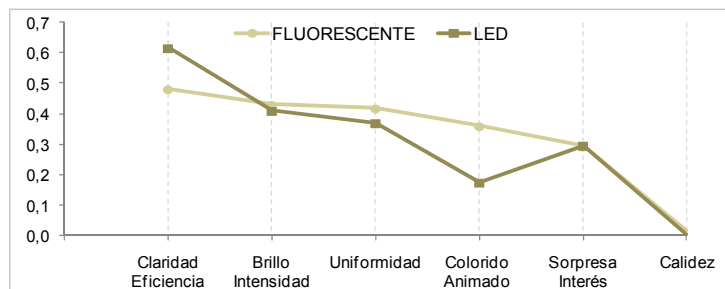


Fig. 169. Comparación entre los coeficientes de correlación de Pearson para fluorescente y LED

IV.3.3.5.6. Comparación de las valoraciones finales de la iluminación con fluorescente y LED

Una vez se ha realizado la experiencia del cambio de iluminación y después de haber sometido a los alumnos a ambos tipos de estímulos tanto con una iluminación a base de lámparas fluorescentes como con una a base de lámparas LED, se efectúa una última prueba.

Dicha prueba consiste en unas últimas preguntas para analizar la valoración final ante ambos tipos de lámparas en las dos aulas del estudio de campo.

Se recuerda que se han escogido para el ensayo dos aulas que son prácticamente idénticas en dimensiones, acabados, etc. para evitar que las posibles diferencias influyeran en la valoración.

A continuación, se presenta el análisis de los datos obtenidos en cada una de las variables de valoración final.

Variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de TEORÍA'

En la siguiente tabla, se expresa la distribución de frecuencias y porcentajes de la elección del tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de teoría.

En ella se observa que el 76,09% de los alumnos, eligen la iluminación con lámparas LED como iluminación más adecuada para impartir clases de teoría. Mientras que sólo el 23,91% de los estudiantes está a favor de la iluminación con fluorescentes para ese tipo de clases.

Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Fluorescente	33	23,91	23,91
LED	98	76,09	100,0

Tabla 142. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de teoría'

A continuación, se expresa en la siguiente figura esta distribución de porcentajes gráficamente:

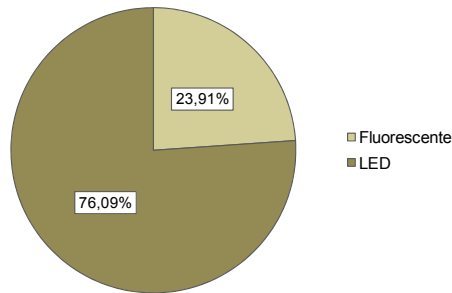


Fig. 170. Distribución de porcentajes de la variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de teoría'

En el gráfico anterior se observa claramente que más de tres cuartos de los alumnos eligen la iluminación con LED como la iluminación más adecuada para impartir clases de teoría.

Variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de PRÁCTICAS'

En la tabla siguiente se expresa la distribución de frecuencias y porcentajes de la elección del tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de prácticas.

Se advierte en ella que el 81,16% de los alumnos eligen la iluminación con lámparas LED como iluminación más adecuada para impartir clases de prácticas. A su vez, el 18,84% de los estudiantes está a favor de la iluminación con fluorescentes para dichas clases.

Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Fluorescente	26	18,84	18,84
LED	112	81,16	100,0

Tabla 143. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de prácticas'

A continuación, se expresa la distribución de porcentajes gráficamente, donde se observa la mayor proporción que consigue la iluminación con LED:

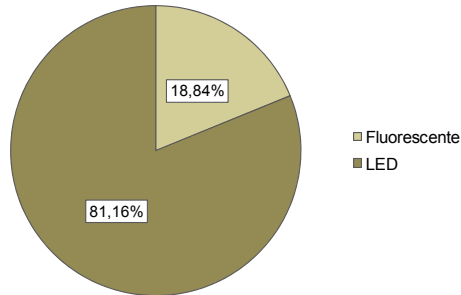


Fig. 171. Distribución de porcentajes de la variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de prácticas'

Variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'

A continuación, se analiza la distribución de frecuencias y porcentajes para dicha variable. Se observa en la tabla siguiente que el 74,64% de los alumnos prefiere la iluminación con lámparas LED como la iluminación en que la cantidad de luz que perciben es la más adecuada. Sin embargo, el 25,36% considera que la cantidad de luz percibida es más adecuada con fluorescentes.

Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Fluorescente	35	25,36	25,36
LED	103	74,64	100,0

Tabla 144. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'

En la figura siguiente se expresa la distribución de porcentajes gráficamente. Se advierte en ella que la elección del LED supera ampliamente a la del fluorescente.

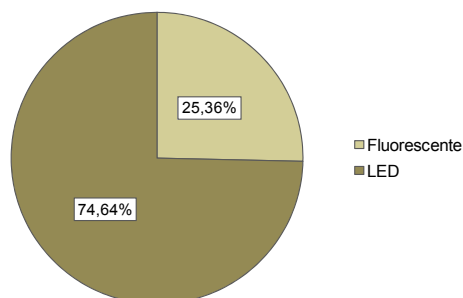


Fig. 172. Distribución de porcentajes de la variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'

Variable 'Elección entre fluorescente o LED'

En la siguiente tabla, se expresa la distribución de frecuencias y porcentajes de la elección de los estudiantes entre fluorescente o LED.

Se advierte en ella que el 84,06% de los alumnos eligen la iluminación con lámparas LED como iluminación más adecuada en general en base a su experiencia. Mientras que el 15,94% de ellos prefiere la iluminación con fluorescentes.

Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Fluorescente	22	15,94	15,94
LED	116	84,06	100,0

Tabla 145. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Elección entre fluorescente o LED'

En la figura siguiente se expresan los resultados gráficamente. Se advierte como una gran mayoría elige la iluminación con LED en vez de con fluorescentes.

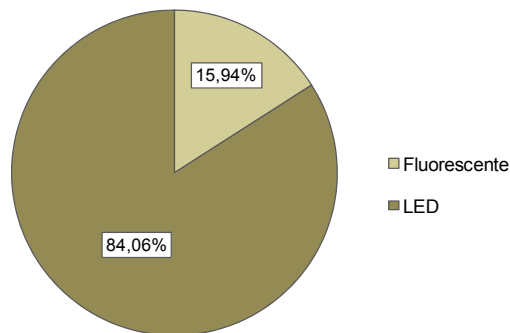


Fig. 173. Distribución de porcentajes de la variable 'Elección entre fluorescente o LED'

Variable 'Valoración final fluorescente'

En la siguiente tabla se expresa la distribución de frecuencias de la puntuación que los alumnos otorgan a la iluminación con lámparas fluorescentes. Se advierte en ella que el 13,04% de los alumnos asigna una puntuación entre 3 y 4 sobre 10 a la iluminación con fluorescentes; el 42,03% de los alumnos la valora entre 5 y 6; el 42,75% la puntuación entre 7 y 8 y tan sólo el 2,17% la califica entre 9 y 10 puntos.

Puntuación	Frecuencia	% válido	% acumulado
0-2	0	0,00	0,00
3-4	18	13,04	13,04
5-6	58	42,03	55,07
7-8	59	42,75	97,83
9-10	3	2,17	100,00
Total	138	100,00	

Tabla 146. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Valoración final fluorescente'

En la figura siguiente se expresa dicha distribución de porcentajes gráficamente. Se muestra en ella que la gran mayoría de las puntuaciones se concentra en los intervalos de 5-6 y 7-8.

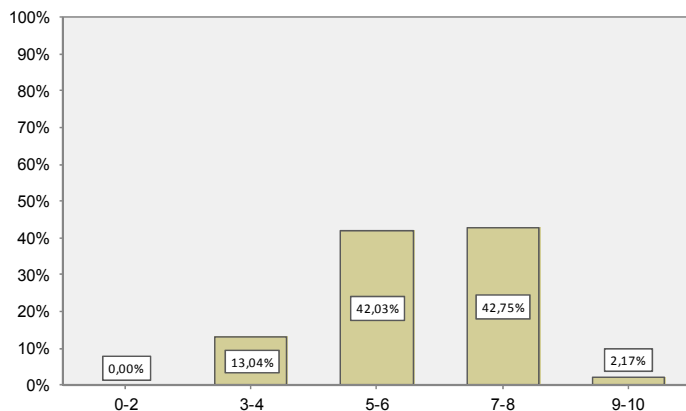


Fig. 174. Distribución de porcentajes de la variable 'Valoración final fluorescente'

Variable 'Valoración final LED'

En la siguiente tabla, se expresa la distribución de frecuencias de la puntuación que los alumnos conceden a la iluminación con lámparas LED. En ella se advierte que el 0,73% de los alumnos asigna una puntuación entre 3 y 4 sobre 10 a la iluminación con LED; el 11,68% de los alumnos lo valora entre 5 y 6; el 54,01% lo puntúa entre 6 y 7; y el 33,58% lo califica entre 9 y 10 puntos.

Puntuación	Frecuencia	% válido	% acumulado
0-2	0	0,00	0,00
3-4	1	0,73	0,73
5-6	16	11,68	12,41
7-8	74	54,01	66,42
9-10	46	33,58	100,00
Total	137	100,00	

Tabla 147. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Valoración final LED'

A continuación, se muestra en la siguiente figura la distribución de porcentajes de la puntuación obtenida por los LED. Se observa en ella que el grueso de la puntuación obtenida por los LED se efectúa para los intervalos 7-8 y 9-10. Obteniendo, de este modo el LED, una puntuación bastante elevada.

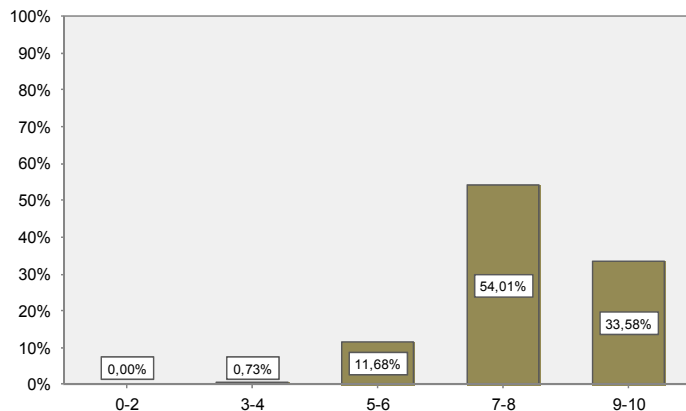


Fig. 175. Distribución de porcentajes de la variable 'Valoración final LED'

Comparación de la variable ‘valoración final’ con lámparas fluorescentes y LED

Por último, se comparan en la tabla siguiente las puntuaciones obtenidas en la variable valoración global, tanto para el fluorescente como para el LED.

Valoración final	Media	Desv. típ.
Valoración fluorescente	6,18	1,457
Valoración LED	7,91	1,329

Tabla 148. Media y desviación típica de la variable de valoración final para fluorescentes y LED

En la figura 176 se observa cómo el fluorescente logra una media de 6,18 sobre 10 mientras que el LED obtiene 7,91. Se advierte que aunque la puntuación de ambos tipos de lámparas es positiva, el LED consigue una mejor valoración. Este resultado contrasta con el conseguido en el análisis preliminar donde eran los fluorescentes lo que conseguían una mejor valoración (ver apartado IV.3.3.2).

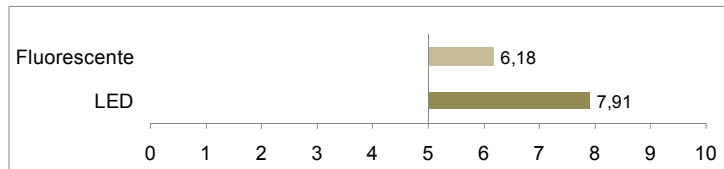


Fig. 176. Valoración final fluorescente y LED

En la figura siguiente se muestran los resultados de la variable ‘valoración final’ tanto para fluorescente como para LED. Las puntuaciones son similares pero desplazadas un intervalo.

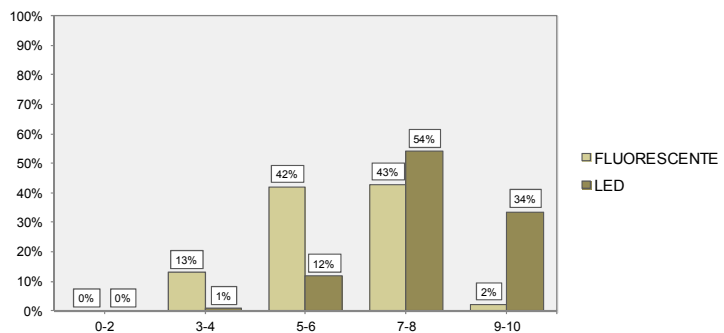


Fig. 177. Rango de puntuaciones finales para fluorescente y LED

IV.3.3.6. ETAPA 6: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON FLUORESCENTE Y LED SEGÚN EL ORDEN DE PRESENTACIÓN DEL ESTÍMULO

En esta última etapa del análisis de la experiencia 3, se analiza si existen diferencias significativas cuando el orden de presentación del estímulo cambia para los alumnos. De esta manera, se realiza una comparación de las valoraciones obtenidas para cada tipo de lámpara según dicho orden de presentación.

No hay que olvidar que esta experiencia se basa en la premisa probable de que las lámparas LED acaben sustituyendo en la realidad a las lámparas fluorescentes por sus ventajas de duración y ahorro energético.

Se ha considerado también que la experiencia tenía que ser todo lo real que se pudiese con el objetivo de aproximarse lo máximo posible a un escenario que se puede producir en la realidad y, de este modo, comprobar con mayor veracidad las diferencias de percepción entre una lámpara y otra.

El orden lógico de la sustitución es cambiar de fluorescente a LED. Sin embargo, una de las cuestiones que suscita dicho cambio es si el orden de presentación del estímulo lumínico modifica esta percepción, es decir, si las diferencias son las mismas si se trabaja primero con LED y luego con fluorescentes. Cuestión que se ha ensayado en este trabajo de campo.

Como se ha comentado, el experimento se efectúa en dos aulas con condiciones prácticamente idénticas, lo único que se modifica es el orden de presentación: en el aula A la experiencia consiste en utilizar primero lámparas fluorescentes y luego lámparas LED (Aula A - F+L); en el aula B, sucede al contrario, primero se trabaja bajo lámparas LED y luego bajo fluorescentes (Aula B - L+F).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada tipo de lámpara. Primero, se exponen las medias de las puntuaciones alcanzadas por los fluorescentes, luego las de las lámparas LED. Acto seguido se hace una comparación entre ambas y, por último, se comparan las puntuaciones finales otorgadas por los alumnos a cada tipo de lámpara después de haber terminado la experiencia.

IV.3.3.6.1. Análisis de la valoración de la iluminación con fluorescente según el orden de presentación

En esta parte se muestran los resultados conseguidos por las lámparas fluorescentes en las dos aulas donde el orden de presentación ha sido diferente. El análisis se elabora a través de las medias obtenidas en cada una de ellas para los ejes semánticos, las variables de valoración global de la iluminación y la percepción de la iluminación tanto de los elementos del aula como de las tareas que se efectúan en ella.

Valoración de los ejes semánticos con fluorescente

En primer lugar, se elabora una comparación de los resultados obtenidos en cada aula, según la opinión de los alumnos sobre cada uno de los ejes semánticos con lámparas fluorescentes.

Para contrastar la existencia de diferencias significativas (sig. < 0,05) entre las respuestas obtenidas se elabora un ANOVA para cada uno de los ejes (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 1 -a). Según dicho análisis, no se aprecian diferencias significativas en ninguno de los ejes del universo semántico.

Valoración global de la iluminación con fluorescente

En segundo lugar, se realiza una comparación del análisis descriptivo de la valoración global de la iluminación con fluorescentes del aula. Después de realizar un ANOVA para cada una de las variables de valoración global (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 1 - b), se observa que tan sólo se aprecian diferencias significativas en la variable 'iluminación adecuada para impartir clases de prácticas'.

En la figura 178 se muestran las medias de la valoración global de los alumnos sobre la iluminación con fluorescentes tanto en el aula A - (F+L) como en la B - (L+F). Se observa que en ambas aulas se obtienen puntuaciones positivas en todas las variables de valoración global de la iluminación. La valoración sigue la misma curva de distribución en ambas aulas aunque los valores son ligeramente superiores en el aula A - (F+L), en la que se han empleado primero fluorescentes y luego LED, a los alcanzados en el aula B - (L+F), donde se han utilizado primero los LED y luego los fluorescentes.

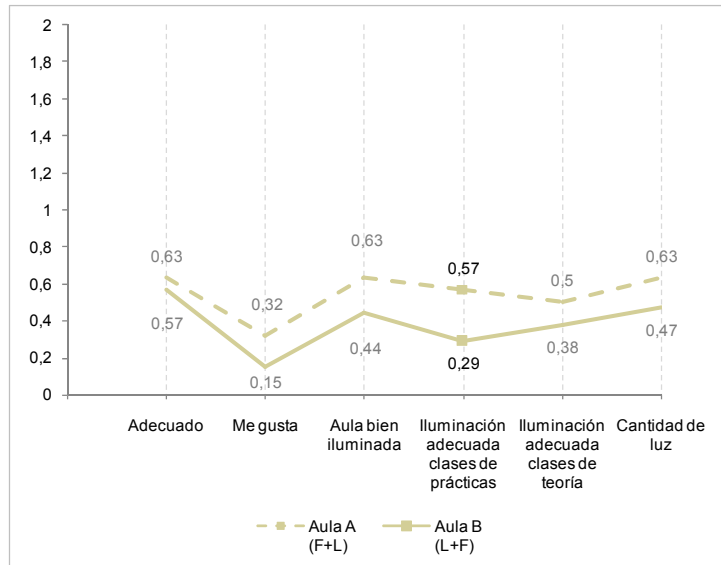


Fig. 178. Medias de las variables de valoración global del ambiente luminoso con fluorescente de las aulas A y B (se destacan las medias significativas según ANOVA)

Como se ha comentado anteriormente, la valoración de la variable 'iluminación adecuada para impartir clases de prácticas' es la que obtiene diferencias significativas, siendo superior también los valores obtenidos en el aula A.

Valoración de la iluminación de los elementos del aula con fluorescente

En tercer lugar, se compara el análisis descriptivo de la percepción de la iluminación de los elementos del aula. Para contrastar la existencia de diferencias significativas entre las respuestas obtenidas en el aula A - (F+L) y B - (L+F), como en los casos anteriores, se efectúa primero un ANOVA para cada una de las variables (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 1 - c).

Según dicho análisis, se aprecian diferencias significativas en todas las variables. En la figura siguiente se muestran las medias de la valoración de la iluminación de los elementos con lámparas fluorescentes tanto en el aula A - (F+L) como en el B - (L+F).

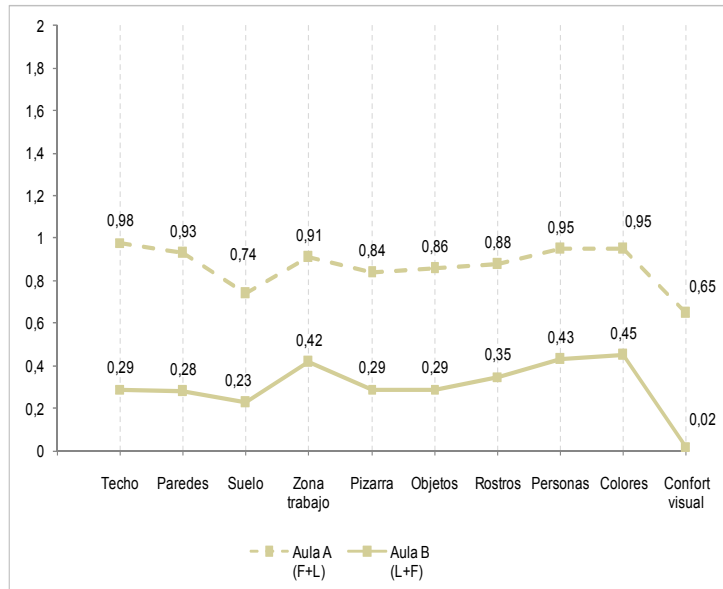


Fig. 179. Medias de la valoración de la percepción de la iluminación con fluorescente de los elementos de las aulas A y B (se destacan las medias significativas según ANOVA)

Se advierte en la figura anterior que se obtienen puntuaciones positivas en ambas aulas en todas las variables aunque no llegan a alcanzar las máximas calificaciones.

Como en el caso anterior, la valoración sigue la misma curva de distribución en ambas aulas aunque los valores son ligeramente superiores en el aula A - (F+L) que valora los fluorescentes sin haber pasado antes por los LED, a los alcanzados en el aula B - (L+F) que primeramente ha experimentado los LED.

Las mejores puntuaciones se logran en la iluminación del techo, las personas y los colores tanto en un aula como en la otra. La zona de trabajo también se percibe como bien iluminada. Se valora peor, también en ambas aulas, el confort visual y la iluminación del suelo.

Valoración de la iluminación con fluorescente en función de las actividades o tareas

En cuarto lugar, se compara la valoración de la iluminación con fluorescente en función de las actividades o tareas que se realizan en cada aula según el orden de presentación del estímulo. El ANOVA (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 1 - d) indica que tan sólo se aprecian diferencias significativas en las variables: 'preguntar al profesor', 'atender a la pizarra', 'atender', 'reparar los apuntes', 'dialogar', 'corregir' y 'reflexionar'.

En la figura siguiente se muestran los resultados obtenidos por la adecuación de la iluminación tanto en el aula A - (F+L) como en la B - (L+F). Se observa en ella que en ambas aulas se obtienen puntuaciones positivas en todas las variables de valoración global de la iluminación, excepto en la variable 'ver el proyector'. Resultado lógico ya que la tarea de ver el proyector se practica sin iluminación artificial.

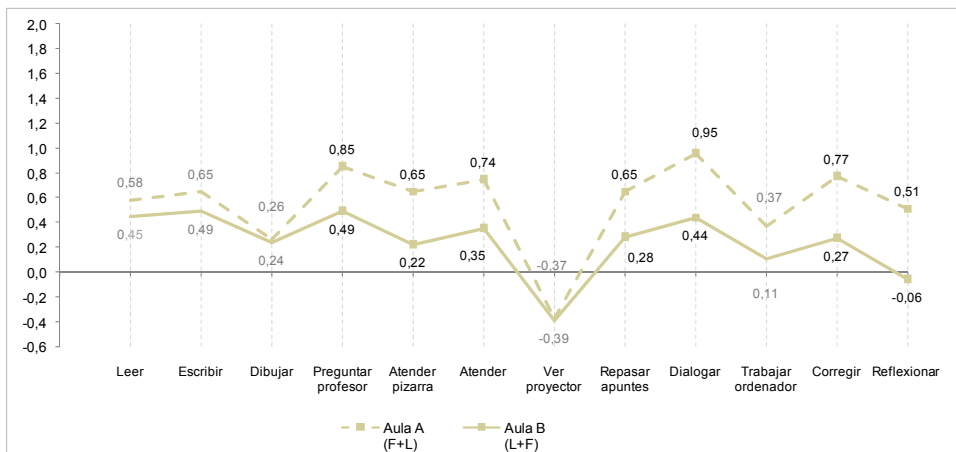


Fig. 180. Medias de la valoración de la iluminación con fluorescente para las tareas o actividades que el alumno realiza en las aulas A y B (se destacan las medias significativas según ANOVA)

La figura 180 muestra como la valoración sigue la misma curva de distribución en ambas aulas aunque los valores son ligeramente superiores en el aula A - (F+L) a los alcanzados en el aula B - (L+F), con dos excepciones en las tareas 'dibujar' y 'ver el proyector' donde las valoraciones de la iluminación son muy similares en ambas aulas. La tarea 'reflexionar' llega incluso a tener una valoración negativa en el aula B - (L+F).

IV.3.3.6.2. Análisis de la valoración de la iluminación con LED según el orden de presentación

En esta parte se muestran los resultados conseguidos por las lámparas LED variando únicamente el orden de presentación del estímulo lumínico en las dos aulas donde se realiza la experiencia. El esquema de análisis es el mismo que el utilizado en el apartado anterior para el caso de los fluorescentes.

Valoración de los ejes semánticos con LED según el orden de presentación

Como en el caso de las lámparas fluorescentes, en primer lugar, se elabora una comparación de los resultados obtenidos en cada aula según la opinión de los alumnos sobre cada uno de los ejes semánticos con lámparas LED. La existencia de diferencias significativas se corrobora mediante un ANOVA para cada uno de estos ejes (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 2 - a). Según dicho análisis, se aprecian diferencias significativas en los ejes sorpresa, colorido, uniformidad y calidez.

En la figura 181 se muestran las medias de la valoración de la adecuación de la iluminación con LED según los ejes del universo semántico tanto en el aula A - (F+L), en la que los alumnos valoran los LED habiendo pasado primero por lo fluorescentes, como en el B - (L+F), donde los alumnos valoran directamente los LED sin haber utilizado antes los fluorescentes.

Se advierte en la figura 181 que la valoración sigue la misma curva de distribución en ambas aulas aunque los valores son superiores en el A - (F+L) a los alcanzados en la B - (L+F). Las mayores puntuaciones ocurren para ambas aulas en los ejes uniformidad y claridad. Las menores para los ejes sorpresa, colorido y calidez.

La mayor diferencia se produce para el eje sorpresa. En el aula A - (F+L) adquiere un valor positivo y, sin embargo, en la B - (L+F), un valor negativo. Este resultado es coherente ya que en el aula A, el LED sorprende porque se ha ensayado después del fluorescente y, sin embargo, en el aula B no lo hace porque los alumnos han trabajado con los LED desde el principio. Lo mismo sucede para el eje colorido, los alumnos del aula A - (F+L) que han trabajado antes con fluorescentes consideran el ambiente más colorido con LED que los del aula B - (L+F).

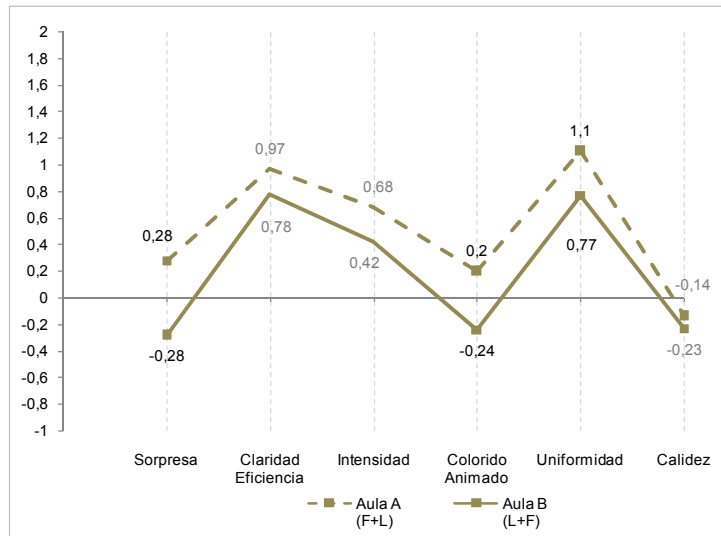


Fig. 181. Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso con LED de las aulas A y B (se destacan las medias significativas según ANOVA)

A su vez, también se observa cómo en la figura anterior el eje calidez adquiere un valor negativo en las dos aulas, además de ser en el que menos diferencias existen. Este resultado es coherente ya que la lámpara LED ensayada no es especialmente cálida, con lo cual es lógico que se considere en negativo este eje para ambas aulas.

Valoración global de la iluminación con LED según el orden de presentación

En segundo lugar, se realiza una comparación de la valoración global de la iluminación con LED cambiando el orden de presentación del estímulo a los alumnos. El ANOVA (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 2 - b) muestra diferencias significativas en todas las variables, menos en la de 'ambiente luminoso adecuado'.

En la figura siguiente se muestran las medias de la valoración global de los alumnos sobre la iluminación con LED tanto en el aula A - (F+L) como en la B - (L+F). Se advierte en dicha figura que en ambas aulas se obtienen puntuaciones positivas en todas las variables de valoración global de la iluminación.

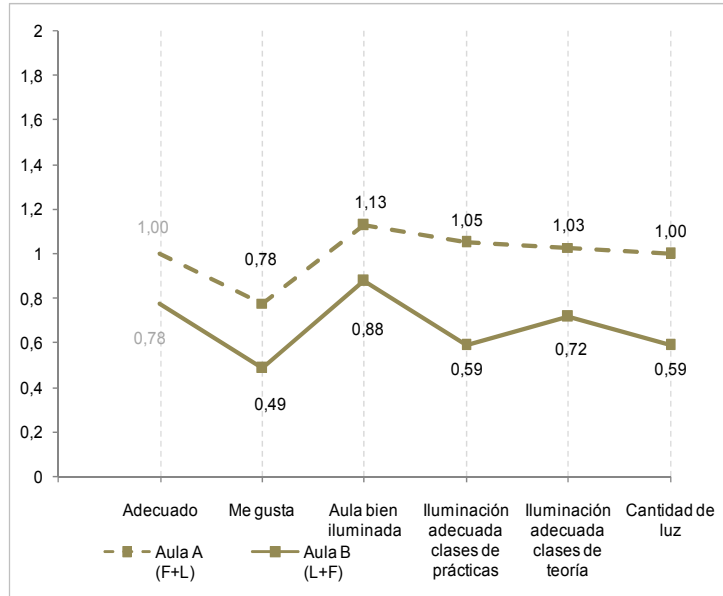


Fig. 182. Medias de las variables de valoración global de la iluminación con LED de las aulas A y B (se destacan las medias significativas según ANOVA)

Se señala en la figura 182 cómo la valoración global de la iluminación con LED sigue la misma curva de distribución en ambas aulas aunque los valores son ligeramente superiores en el aula A - (F+L) a los alcanzados en la B - (L+F) donde se han utilizado primero los LED. Las mayores puntuaciones las consigue la variable 'bien iluminada' y las menores, la variable 'me gusta'.

Por tanto, se puede afirmar que en ambos grupos a los alumnos les parece que su aula está bien iluminada con LED y que la iluminación es adecuada tanto para clases de prácticas como clases de teoría. A su vez, también perciben la cantidad adecuada de iluminación.

Valoración de la iluminación de los elementos del aula con LED según el orden de presentación

En tercer lugar, se comparan los resultados del análisis descriptivo de la percepción de la iluminación de los elementos del aula. Según el ANOVA (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 2 - c), se aprecian diferencias significativas (sig. < 0,05) únicamente en la variable 'iluminación adecuada de la zona de trabajo que tiene una puntuación mucho mayor en el aula A.

En la figura siguiente se muestran las medias de la valoración de los elementos bajo la iluminación con lámparas LED tanto en el aula A - (F+L) como en la B - (L+F). Se aprecia en dicha figura que en ambas aulas se obtienen puntuaciones positivas en la iluminación de todos los elementos, es decir, los estudiantes consideran que los elementos están bien iluminados en ambas aulas.

Los valores son ligeramente superiores en el aula A - (F+L), que utiliza primero fluorescentes, que en el aula B - (L+F), que usa primero los LED, exceptuando la iluminación del suelo y la pizarra, que son mayores en el aula B - (L+F).

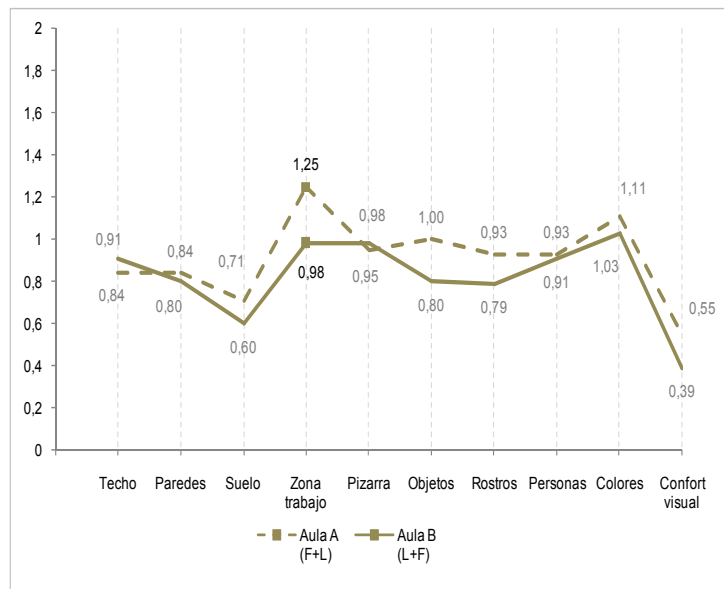


Fig. 183. Medias de la valoración de la percepción de la iluminación con LED de los elementos de las aulas A y B (se destacan las medias significativas según ANOVA)

Valoración de la iluminación con LED en función de las actividades o tareas según el orden de presentación

En cuarto lugar, se compara la valoración de la iluminación con LED en función de las actividades o tareas que se realizan en el aula, según el orden de presentación del estímulo. El análisis ANOVA (ver anexo 5, apartado A.5.3.2, Etapa 6 - 2 - d), muestra que tan sólo se aprecian diferencias significativas en las variables: 'dibujar', 'escribir', 'atender' y 'reflexionar'.

La figura siguiente presenta las medias de la valoración de la adecuación de la iluminación con LED según las tareas cuando se cambia el orden de presentación del estímulo.

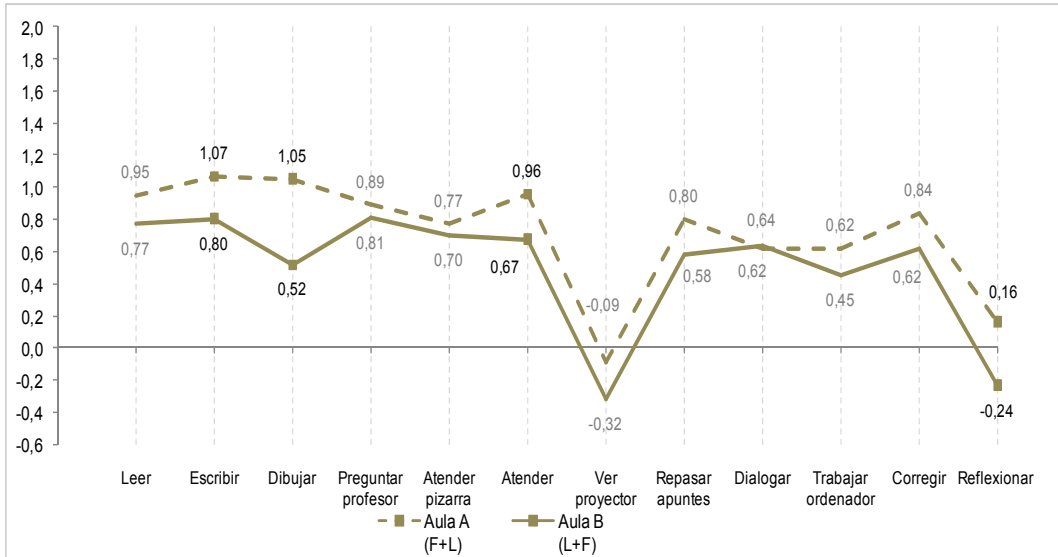


Fig. 184. Medias de la valoración de la iluminación del aula con LED en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en las aulas A y B (se destacan las medias significativas según ANOVA)

Se distingue en la figura 184 cómo la valoración de la iluminación de las tareas sigue, en la mayoría de los casos, la misma curva de distribución en ambas aulas aunque los valores son ligeramente superiores en el aula A - (F+L), exceptuando la tarea 'dialogar' donde las valoraciones de la iluminación son superiores en el aula B - (L+F).

En general, se obtienen puntuaciones positivas en casi todas las variables de iluminación de las tareas, excepto en la de 'ver el proyector'. Resultado lógico ya que la tarea de ver el proyector se realiza sin iluminación artificial. La actividad 'reflexionar' también alcanza una de las menores puntuaciones, incluso en el aula B - (L+F) llega a ser negativa.

Los mayores resultados se consiguen para la iluminación de las tareas: 'escribir', 'atender' y 'corregir', es decir, son las tareas que los alumnos consideran, en general, como mejor iluminadas con LED

IV.3.3.6.3. Análisis comparativo de la iluminación con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

En esta parte del análisis se muestra la comparativa de los resultados conseguidos por las lámparas fluorescentes y LED cuando se modifica únicamente el orden de presentación. El análisis se elabora a través de las gráficas de las medias obtenidas, y previamente analizadas, para los ejes semánticos, las variables de valoración global de la iluminación y la percepción de la iluminación tanto de los elementos del aula como de las tareas para los dos tipos de lámparas.

Comparación de la valoración de los ejes semánticos con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

Se comparan las medias de la valoración de la adecuación de la iluminación con fluorescentes y LED según los ejes del universo semántico tanto en el aula A - (F+L) como en la B - (L+F), a través de la figura siguiente:

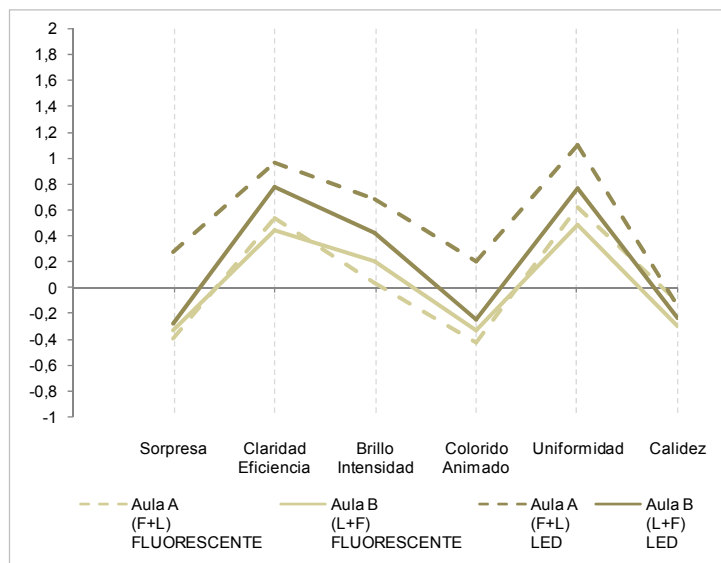


Fig. 185. Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso con fluorescentes y LED según el orden de presentación del estímulo

Se advierte en la figura 185 que la valoración de los ejes sigue la misma curva de distribución en ambas aulas y para ambos tipos de lámparas. Las mayores puntuaciones se alcanzan en los ejes uniformidad y claridad. Las menores para los ejes sorpresa, colorido y calidez. Las lámparas fluorescentes obtienen menores puntuaciones que las lámparas LED, exceptuando el eje calidez en el aula A - (F+L) en el que las lámparas fluorescentes consiguen valoraciones más altas que los LED.

En el aula A - (F+L) las diferencias entre fluorescente y LED son superiores a las alcanzadas en el aula B - (L+F). En general, los alumnos del aula A valoran con mayores puntuaciones la lámpara LED que los del aula B pero para el caso del fluorescente las puntuaciones varían de un aula a otra. Son mayores en el aula A solamente en los ejes claridad, uniformidad y calidez.

Comparación de la valoración global de la iluminación con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

Se comparan las medias de la valoración global de la iluminación con fluorescentes y LED según el orden de presentación del estímulo a través de la figura siguiente:

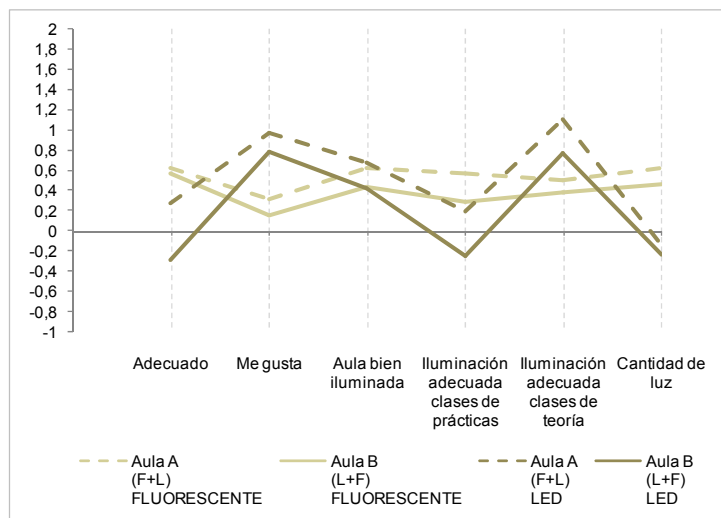


Fig. 186. Medias de la valoración global del ambiente luminoso con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

Se muestra en la figura anterior que la valoración global de la iluminación de una lámpara varía respecto a la otra. De esta manera, las curvas de valoración son similares para ambas lámparas independientemente del orden de presentación del estímulo. Se hace notar también que los alumnos del aula A - (F+L) otorgan unas valoraciones mayores que los del aula B - (L+F).

Las lámparas fluorescentes obtienen unas puntuaciones siempre positivas y más similares entre ellas que las obtenidas por las lámparas LED. Éstas últimas consiguen valoraciones con más altibajos entre variables, llegando incluso a ser negativas en el aula B - (L+F) para las variables 'ambiente luminoso adecuado', 'iluminación adecuada para las clases de prácticas' y 'cantidad de luz adecuada' con valores negativos tanto en el aula A - (F+L) como en la B - (L+F).

De esta manera, con fluorescentes las mayores puntuaciones se producen para las variables 'ambiente luminoso adecuado', 'cantidad de luz adecuada' y 'aula bien iluminada'.

Para las lámparas LED, las mayores puntuaciones se obtienen en las variables 'me gusta', 'iluminación adecuada para las clases de teoría' y 'aula bien iluminada'. Se observa como las variables 'ambiente luminoso adecuado', 'iluminación adecuada para las clases de prácticas' y 'cantidad de luz adecuada' consiguen mayores puntuaciones con los fluorescentes para ambas aulas.

Las variables 'me gusta' e 'iluminación adecuada para las clases de teoría' alcanzan mejores puntuaciones para los LED que para las lámparas fluorescentes. Sin embargo, la variable de valoración global 'aula bien iluminada' obtiene valoraciones similares para ambos tipos de lámparas.

Comparación de la valoración de la iluminación de los elementos del aula con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

Se contrastan las medias de la valoración de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes y LED, según el orden de presentación del estímulo, a través de la figura siguiente:

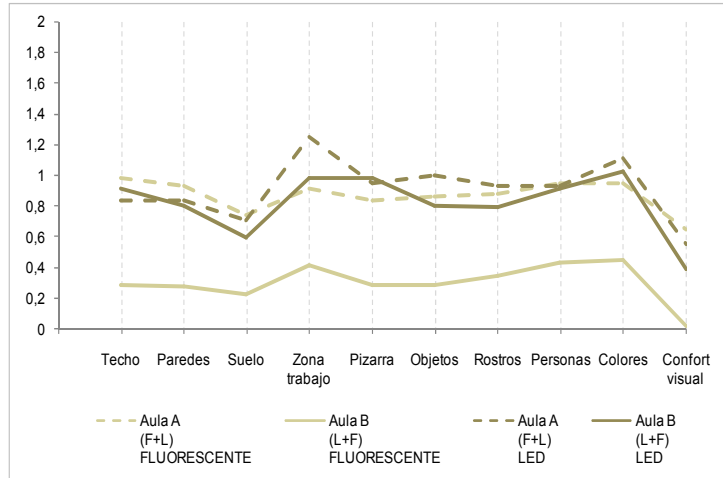


Fig. 187. Medias de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes y LED según el orden de presentación del estímulo

Según la figura 187, las puntuaciones de los elementos son positivas para ambos tipos de lámparas en las dos aulas. Las valoraciones obtenidas por las lámparas fluorescentes siguen la misma curva de distribución en ambas aulas, exceptuando que son mucho mayores en el aula A - (F+L) que en el aula B - (L+F), donde se utilizan estas lámparas después de los LED.

Hay que destacar que las mayores puntuaciones en el aula A - (F+L) para los fluorescentes llegan incluso a superar a las calificaciones conseguidas por los LED. De este modo, las mejores valoraciones para los fluorescentes se producen para la zona de trabajo y la iluminación de los colores del aula. A su vez son mejores en el confort visual y la iluminación del suelo.

Las menores valoraciones se producen, con diferencia, para los fluorescentes en el aula B - (L+F), en la que se han ensayado primero los LED y luego los fluorescentes. De hecho, las valoraciones son tan positivas para los fluorescentes en el aula A - (F+L) que se asemejan a las conseguidas por los LED en ambas aulas, superando a los LED en la iluminación de los elementos: 'techo', 'paredes', 'personas' y 'confort visual'.

En cuanto a las lámparas LED obtienen puntuaciones que varían más de un aula A - (F+L) otra. En general, las puntuaciones del aula A - (F+L) son superiores a las obtenidas por el aula B - (L+F) exceptuando el techo y la pizarra que figuran como mejor valorados en el aula B - (L+F).

Comparación de la valoración de la iluminación de las tareas con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

En este caso, se contrastan las medias de la valoración de la iluminación de las tareas que se realizan en el aula con fluorescentes y LED, según el orden de presentación del estímulo, a través de la figura 188:

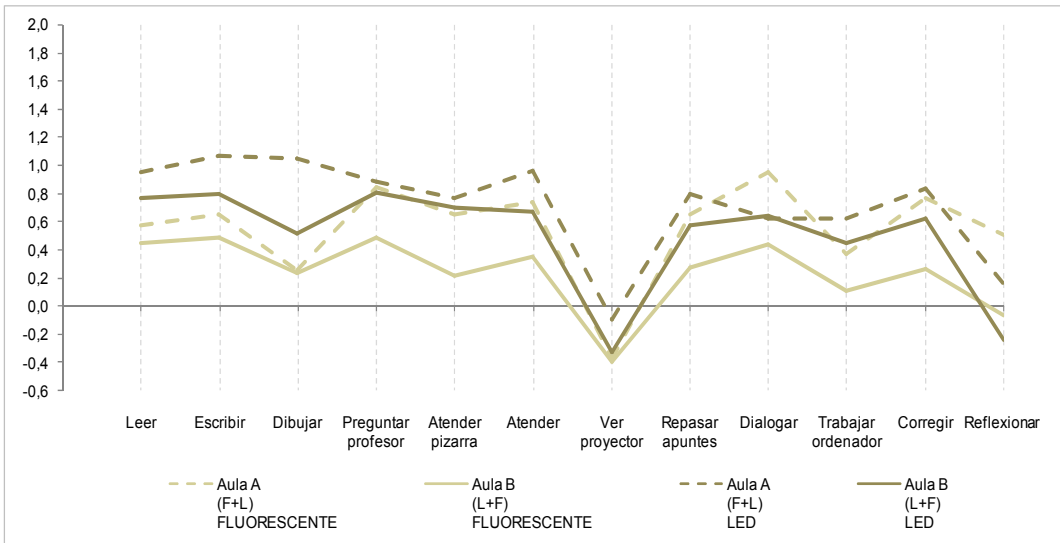


Fig. 188. Medias de la iluminación con fluorescentes y LED en función de las actividades o tareas según el orden de presentación del estímulo

Según la figura anterior, las valoraciones del LED superan ligeramente a las del fluorescente, sobre todo las conseguidas en el aula A - (F+L). Todas las puntuaciones de las tareas que se efectúan en el aula son positivas para ambos tipos de lámparas en las dos aulas, salvo en la tarea 'ver el proyector' en la que las valoraciones son negativas en todos los casos y la tarea 'reflexionar' en la que son negativas en el aula B - (L+F) tanto para los fluorescentes como para los LED.

Para el aula A - (F+L), en la que se ha ensayado primero el fluorescente y luego el LED, las calificaciones son mayores para los LED que para los fluorescentes, menos en las tareas 'dialogar' y 'reflexionar'. Para el aula B - (L+F) las calificaciones siguen una curva de distribución semejante y son mayores para los LED, menos en el caso de la actividad 'reflexionar'.

Hay que destacar que las mayores puntuaciones en el aula A - (F+L) para los fluorescentes llegan incluso a superar a las calificaciones conseguidas para los LED tanto en el aula A - (F+L) como en la B - (L+F), como es el caso de las actividades 'dialogar' y 'reflexionar'. Las menores valoraciones se producen en el caso de los fluorescentes en el aula B - (L+F).

Las evaluaciones obtenidas por las lámparas fluorescentes siguen una curva de distribución similar con las valoraciones del aula A - (F+L) superiores a las del aula B - (L+F), exceptuando las tareas 'dibujar' y 'ver el proyector' en la que los valores son prácticamente iguales en ambas aulas. Las mayores puntuaciones para los fluorescentes se producen para las tareas 'dialogar', 'preguntar al profesor' y 'atender' y las menores, para las actividades de 'ver el proyector' y 'trabajar con el ordenador'.

En cuanto a las lámparas LED, las puntuaciones varían más de un aula a otra. En general, las apreciaciones del aula A - (F+L) son superiores a las obtenidas por el aula B - (L+F), exceptuando la tarea 'dialogar' en la que son mayores en el aula B - (L+F).

Comparación de las valoraciones finales de la iluminación con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo

Una vez se ha efectuado la comparación entre las medias obtenidas tanto por los fluorescentes como por los LED cuando se modifica su orden de presentación, como última prueba se realizan unas cuestiones para analizar la valoración final de ambos tipos de lámparas en las dos aulas del estudio de campo.

Esta valoración final se ha analizado en función de las siguientes variables:

- Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de TEORÍA.
- Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de PRÁCTICAS.
- Cantidad de luz percibida más adecuada.
- Elección entre fluorescente o LED.
- Valoración final fluorescente.
- Valoración final LED.

Se describen a continuación los resultados obtenidos para cada una de ellas.

Variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de TEORÍA'

En la siguiente tabla, se expresa la distribución de frecuencias para dicha variable. Se observa en ella que en ambas aulas los alumnos eligen el LED como el tipo de lámpara más adecuada para impartir las clases de teoría: el 87,5% de los alumnos del aula A - (F+L) y el 68,3% en el aula B - (L+F).

Se advierte que en los alumnos del aula A - (F+L), que han utilizado primero fluorescentes, la valoración del LED es mayor que en los alumnos que han utilizado primero el LED.

Aula	Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Aula A (F+L)	Fluorescente	7	12,5	12,5
	LED	49	87,5	100,0
Aula B (L+F)	Fluorescente	26	31,7	31,7
	LED	56	68,3	100,0

Tabla 149. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de teoría'

A continuación, se expresa la distribución de porcentajes gráficamente:

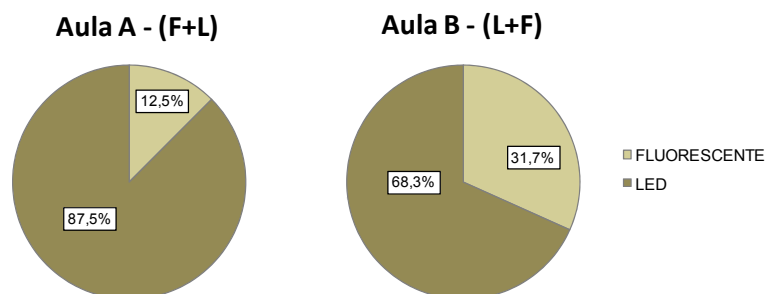


Fig. 189. Distribución de porcentajes de la variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de teoría'

Variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de PRÁCTICAS'

En la tabla siguiente, se expone la distribución de frecuencias para dicha variable. Se distingue en ella que en ambas aulas los alumnos eligen el LED como el tipo de lámpara más adecuada para impartir las clases de práctica: el 87,5% de los alumnos del aula A - (F+L) y el 76,8% en el aula B - (L+F).

La valoración de los fluorescentes es menor en ambas aulas: el 12,5% de los alumnos del aula A - (F+L) y el 23,2% del aula B - (L+F) eligen el fluorescente como tipo de lámpara más adecuada para impartir las clases de práctica, siendo mejor la valoración en el aula B - (L+F) donde se han ensayado primero los LED y luego los fluorescentes.

Aula	Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Aula A (F+L)	Fluorescente	14	12,5	12,5
	LED	98	87,5	100,0
Aula B (L+F)	Fluorescente	38	23,2	23,2
	LED	126	76,8	100

Tabla 150. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de prácticas'

Como conclusión, se observa en la tabla 150 cómo la valoración del LED es mayor en los alumnos que han utilizado primero fluorescentes, es decir, los del aula A - (F+L). En la figura 190 se expresa la distribución de porcentajes gráficamente:

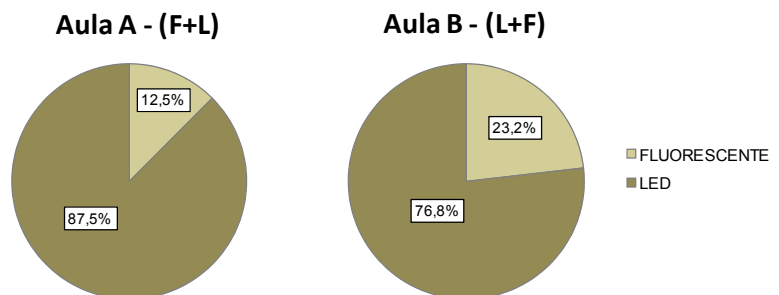


Fig. 190. Distribución de porcentajes de la variable 'Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de prácticas'

Variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'

En la siguiente tabla, se muestra la distribución de frecuencias y porcentajes para la variable 'cantidad de luz percibida más adecuada'. Se señala en ella que en ambas aulas los estudiantes aprecian que con la lámpara LED la cantidad de luz percibida es más adecuada.

Hay que destacar que, como en los casos anteriores, la valoración de los LED es superior en el aula A - (F+L) con un 80,4%, en la que se ha ensayado primero los fluorescentes y luego los LED.

Aula	Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Aula A (F+L)	Fluorescente	22	19,6	19,6
	LED	90	80,4	100,0
Aula B (L+F)	Fluorescente	48	29,3	29,3
	LED	116	70,7	100

Tabla 151. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'

En la figura 191 se expresa esta distribución de porcentajes gráficamente:

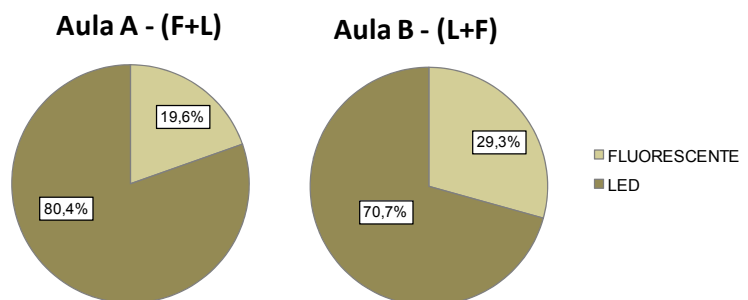


Fig. 191. Distribución de porcentajes de la variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'

Variable 'Elección entre fluorescente o LED'

En la siguiente tabla, se expresa la distribución de frecuencias y porcentajes de la elección por parte de los alumnos entre fluorescente o LED como iluminación más adecuada en términos generales. Destaca la elección del aula A - (F+L), en la que se han utilizado primero los fluorescentes, con un 91,1% de elección por el LED. Sin embargo, como en el resto de variables anteriores, la elección por el LED es menor en el aula B - (L+F) aunque sigue siendo muy superior a la elección del fluorescente.

Aula	Tipo de lámpara	Frecuencia	% válido	% acumulado
Aula A (F+L)	Fluorescente	10	8,9	8,9
	LED	102	91,1	100,0
Aula B (L+F)	Fluorescente	34	20,7	20,7
	LED	130	79,3	100

Tabla 152. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Elección entre fluorescente o LED' en las aulas A y B

A continuación, en la siguiente figura se expresa la distribución de porcentajes gráficamente:

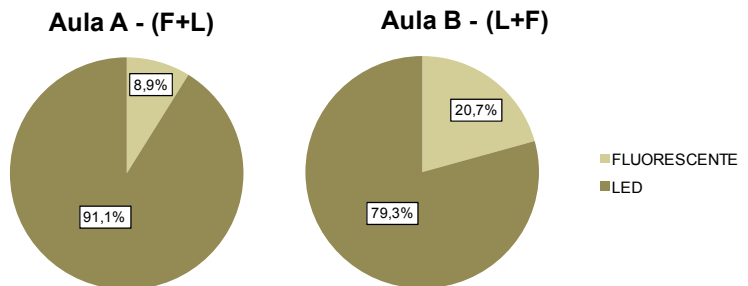


Fig. 192. Distribución de porcentajes de la variable 'Elección entre fluorescente o LED' en ambas aulas

Según la figura anterior el porcentaje de elección es mayor para los LED en ambas aulas. Sin embargo, los alumnos que han utilizado primero el LED y luego el fluorescente, eligen el LED en una menor proporción que los que han utilizado primero el fluorescente.

Variable 'Valoración final fluorescente'

En la tabla 153 se expresa la distribución de frecuencias de la puntuación que los alumnos dan a la iluminación con lámparas fluorescentes. Se muestra en ella que la valoración es similar en ambas aulas.

Aula	Puntuación	Frecuencia	% válido	% acumulado
Aula A - (F+L)	0-2	0	0,0	0,0
	3-4	10	8,9	8,9
	5-6	46	41,1	50,0
	7-8	52	46,4	96,4
	9-10	4	3,6	100,0
	Total	112	100,0	
Aula B - (L+F)	0-2	0	0,0	0,0
	3-4	26	15,9	15,9
	5-6	70	42,7	58,5
	7-8	66	40,2	98,8
	9-10	2	1,2	100,0
	Total	164	100,0	

Tabla 153. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Valoración final fluorescente'

La figura 193 expresa gráficamente la distribución de porcentajes de la valoración final de la lámpara fluorescente.

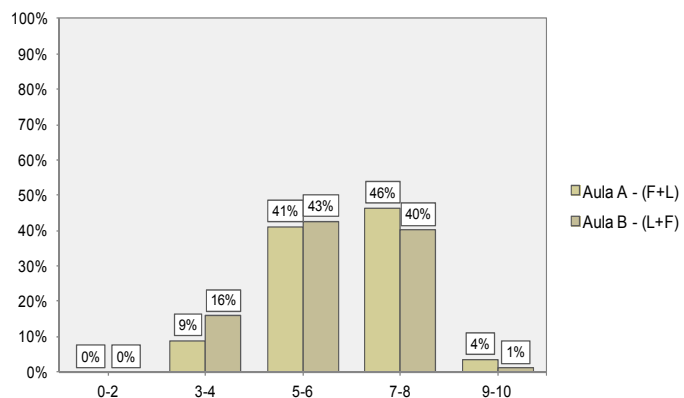


Fig. 193. Distribución de porcentajes de la variable 'Valoración final fluorescente'

Variable ‘Valoración final LED’

En la siguiente tabla, se expresa la distribución de frecuencias de la puntuación que los alumnos dan a la iluminación con lámparas LED. Se advierte en ella las mayores puntuaciones se producen en el aula A - (F+L), en la que se han utilizado primero los fluorescentes y luego los LED.

Aula	Puntuación	Frecuencia	% válido	% acumulado
Aula A - (F+L)	0-2	0	0,0	0,0
	3-4	0	0,0	0,0
	5-6	4	3,2	3,6
	7-8	52	46,4	50,0
	9-10	56	45,2	100,0
	Total	112	100,0	
Aula B - (L+F)	0-2	0	0,0	0,0
	3-4	2	1,2	1,2
	5-6	28	17,3	18,5
	7-8	96	59,3	77,8
	9-10	36	22,2	100,0
	Total	162	100,0	

Tabla 154. Frecuencia y porcentaje de la variable ‘Valoración final LED’

A continuación, se expresa la distribución de porcentajes gráficamente:

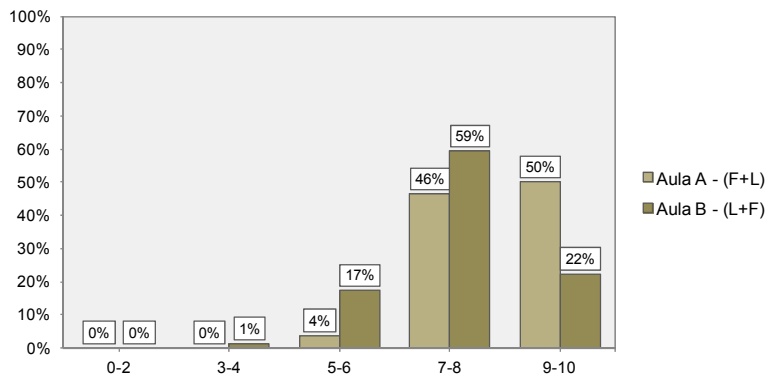


Fig. 194. Distribución de porcentajes de la variable ‘Valoración final LED’

Comparación de la variable 'valoración final' de fluorescente y LED

A continuación, se comparan las valoraciones finales obtenidas por fluorescente y LED. En la tabla 155 se muestran dichos resultados en medias y desviaciones típicas.

Se observa en ella que aunque la puntuación de ambos tipos de lámparas es positiva, el LED consigue una valoración mayor en ambas aulas. En concreto, es superior en el aula A - (F+L), en la que se han ensayado primero los fluorescentes y luego los LED.

Valoración final	Aula	Media	Desv. típ.
Valoración fluorescente	Aula A - (F+L)	6,39	1,416
	Aula B - (L+F)	6,04	1,471
	Total	6,18	1,457
Valoración LED	Aula A - (F+L)	8,43	1,137
	Aula B - (L+F)	7,55	1,337
	Total	7,91	1,329

Tabla 155. Media y desviación típica de la variable de valoración final de fluorescente y LED en las aulas A y B

Se expresa en la figura siguiente el gráfico con las medias obtenidas por los fluorescentes y LED en cada una de las aulas. La puntuación de los fluorescentes es similar en ambas aulas. Se advierte también en ella cómo la puntuación del LED es superior en el aula A - (F+L).

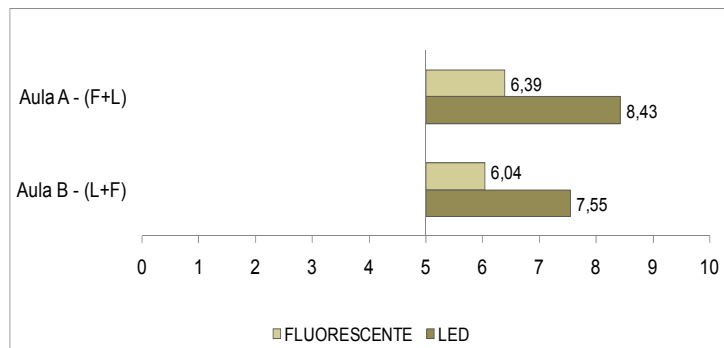


Fig. 195. Medias de la valoración final obtenidas por el fluorescente y LED en las aulas A y B

En la figura 196, se expresan gráficamente los resultados de la valoración final de ambos tipos de lámparas en el aula A - (F+L). Se muestra en ella que la iluminación con LED consigue unas puntuaciones mayores que la iluminación con fluorescente.

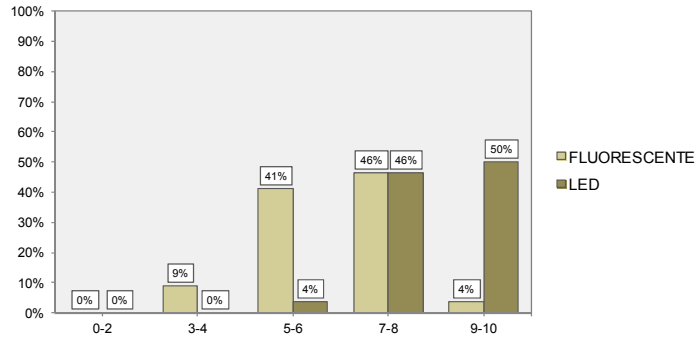


Fig. 196. Valoración final fluorescente y LED para el aula A - (F+L)

Seguidamente, en la figura 197 se presentan gráficamente los resultados de la valoración final de fluorescentes y LED para el aula B - (L+F). Se advierte en ella que la iluminación con LED consigue unas puntuaciones mayores que la iluminación con fluorescente. Sin embargo, si se consideran ambas aulas, la diferencia entre fluorescente y LED en las puntuaciones es mayor en el aula A - (F+L) que en el aula B - (L+F), tal y como sucede en el resto de variables finales.

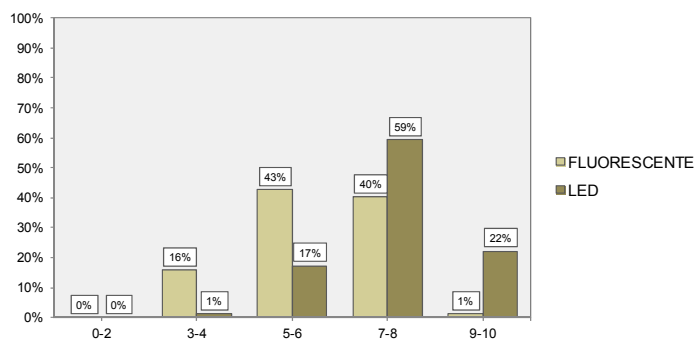


Fig. 197. Valoración final fluorescente y LED para el aula B - (L+F)

IV.3.4. CONCLUSIONES

En este apartado se describen las conclusiones obtenidas en esta experiencia 3. Como en las experiencias anteriores, se distingue entre aquellas conclusiones referentes a la metodología y aquellas que corresponden a los resultados conseguidos.

IV.3.4.1. RELATIVAS A LA METODOLOGÍA

1. Se utiliza la guía, establecida en la experiencia anterior, para la medición de impresiones subjetivas en el ambiente luminoso en ámbitos docentes con el fin de establecer y cuantificar las diferencias subjetivas entre el ambiente luminoso proporcionado por dos tipos de lámparas: fluorescente y LED. La aplicación de esta guía constituye una aplicación novedosa en el ámbito de la investigación en iluminación ya que proporciona información desde el punto de vista del usuario y no sólo del experto.
2. Se aplica el protocolo establecido en la experiencia anterior para la valoración de la iluminación de las aulas, a través del análisis de las puntuaciones del ambiente luminoso para cada uno de los ejes semánticos y su relación con la valoración global de la iluminación. De esta manera, se emplea el protocolo para el diseño de estudios de campo sobre aplicaciones de la Ingeniería Kansei en el ámbito de la iluminación.
3. Se desarrolla un protocolo de análisis estadístico y tratamiento de datos para la determinación de las diferencias entre distintos tipos de iluminación.
4. Se elaboran valoraciones comparativas entre la iluminación de dos tipos de lámparas lo que permite analizar las causas en las diferencias de percepción, estableciendo de esta forma oportunidades de mejora de la iluminación.

IV.3.4.2. RELATIVAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS

6. Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas en la evaluación subjetiva que los alumnos realizan sobre dos tipos de lámparas como son fluorescentes y LED. Esto demuestra la presencia de tendencias y líneas generales de influencia de los diferentes atributos simbólicos o funcionales sobre la valoración percibida de cada una de las lámparas por parte del usuario a la hora de valorar ambos tipos de fuentes de luz.
7. El análisis preliminar realizado indica que los alumnos no perciben la iluminación con lámparas fluorescentes como cálida, atractiva, confortable, de vanguardia y estimulante. Sin embargo, los LED son percibidos positivamente como una iluminación de vanguardia, atractiva, eficiente y estimulante. No existen diferencias significativas en la valoración de ambos tipos de lámparas como una iluminación eficiente, ambas lámparas son puntuadas positivamente en este aspecto. En la valoración global del tipo de lámpara adecuada para un aula, la iluminación fluorescente obtiene una calificación media ligeramente superior a la obtenida por las lámparas LED. Este hecho puede deberse a que la fuente de luz que normalmente se utiliza en las aulas es la iluminación con lámparas fluorescentes.
8. Sin embargo, una vez se ha sometido a los alumnos al cambio de iluminación, la valoración final cambia con respecto a la preliminar y son las lámparas LED las que obtienen mayores puntuaciones que los fluorescentes.
9. Los LED obtienen mejores puntuaciones en todos los ejes semánticos, en especial en los ejes claridad, intensidad y uniformidad.
10. Los alumnos perciben como mejor iluminada su aula con LED que con fluorescentes ya que la iluminación con LED obtiene mayores puntuaciones en todas las variables de valoración global de la iluminación.
11. Los estudiantes consideran que los elementos de su aula están bien iluminados tanto con fluorescentes como con LED, superando la apreciación de la iluminación de los elementos con LED a la iluminación con fluorescentes.

12. La consideración de la adecuación de la iluminación a las tareas o actividades que se realizan en el aula también es superior para las lámparas LED que para los fluorescentes.
13. Se observa que cuando los alumnos consideran que el ambiente luminoso del aula es claro, intenso y uniforme, consideran a su vez que el aula está bien iluminada tanto con fluorescentes como con LED.
14. Los resultados reflejan que más de tres cuartos de los alumnos eligen la iluminación con LED en vez de la de fluorescentes y le otorgan una puntuación más elevada. A su vez, también la prefieren como la iluminación más adecuada para impartir clases de teoría y de prácticas.
15. Cuando se modifica el orden de presentación del estímulo, se obtienen mejores resultados, en general, en el aula que utiliza primero fluorescentes y luego LED que en el aula que trabaja primero con LED y luego con fluorescente. El hecho de que la apreciación más favorable se produzca cuando los alumnos utilizan primero fluorescente y luego LED pronostica una buena aceptación para el cambio de un tipo de iluminación a otro más eficiente.
16. En definitiva, se confirman las hipótesis de partida esgrimidas en el planteamiento del estudio. De este modo, los alumnos o usuarios utilizan una serie de conceptos y atributos para diferenciar entre distintos tipos de iluminación. Aunque los juicios sobre estos atributos son subjetivos, es posible establecer tendencias para predecir la relación entre dichos juicios y las preferencias de los alumnos.
17. Con respecto a las limitaciones de este estudio se ha de tener en cuenta que este es un estudio de campo en el que se han utilizado dos tipos de lámparas de similares características, de manera que se sabe cuál de ellas es la mejor valorada por los alumnos pero no se conoce realmente qué tipo de parámetro lumínico es el que realmente está influyendo en esta valoración. De este modo, sería necesaria una fase posterior del estudio, preferiblemente en laboratorio, en el que se acotasen cada una de las variables o parámetros lumínicos y se comprobase cuál de ellos es el que realmente está influyendo en la diferencia de emociones.

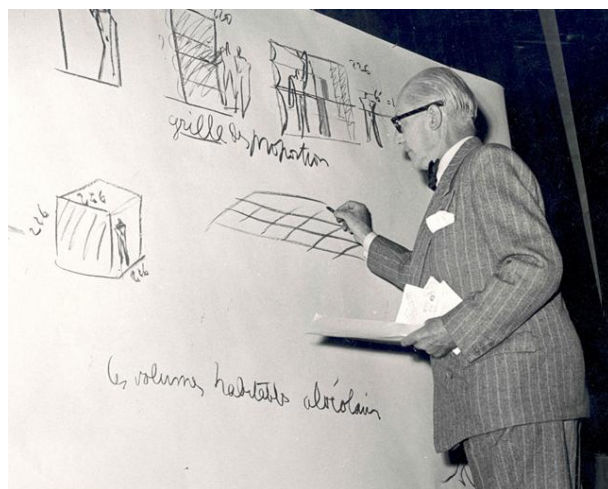
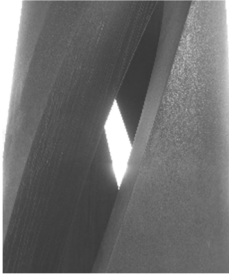


Fig.198. Le Corbusier explicando las proporciones del Modulor en la novena lectura de la Milan Triennale



*Hablamos de las emociones,
de los sentidos, en definitiva,
hablamos de lo que realmente
importa, de las motivaciones y
recompensas más profundas.*
Steve Jobs

Fig. 199. Escultura

Capítulo 05

V. Conclusiones

V.1. CONCLUSIONES

A continuación, se resumen las principales conclusiones extraídas del presente trabajo. Dichas conclusiones se han agrupado en cuatro epígrafes:

- Relativas al estado de la cuestión o la revisión bibliográfica realizada.
- Relativas a la metodología desarrollada, en la que se exponen las conclusiones asociadas a cada objetivo del trabajo.
- Relativas a los resultados y su discusión.
- Relativas a la proyección de los resultados y futuras líneas de trabajo

V.1.1. CONCLUSIONES RELATIVAS AL ESTADO DE LA CUESTIÓN

La iluminación es, y siempre ha sido, un factor fundamental en la educación y en la formación de las personas, por consiguiente, afecta a nuestro futuro común. Correctamente utilizada puede llegar a tener un efecto beneficioso muy importante, no sólo para el aprendizaje, sino también para el bienestar y la salud tanto de los estudiantes como del personal de los centros. Comenta Harmon⁴⁹¹ que la iluminación de un edificio docente debe ser considerada un elemento activo del ambiente educativo total. Además de garantizar el desempeño eficaz de las tareas visuales, un buen sistema de iluminación debe contribuir de manera significativa a mejorar, propiciar y favorecer las condiciones de aprendizaje.

El control de la luz, por lo tanto, se convierte en una de las principales funciones de la planificación de entornos de trabajo artificiales del hombre especialmente en las aulas [...] en las que se deberían adaptar y desarrollar todos los recursos de una manera óptima para su propio bien y el de la sociedad⁴⁹².

Afortunadamente, con el diseño ambiental adecuado se puede lograr tanto un entorno de calidad como una mejora de la eficiencia e incluso disminuir costos. El dilema hoy en día es lo difícil que es conseguir aumentar la calidad del entorno y la eficiencia y, al mismo tiempo, reducir costos, si bien la mejora de las condiciones ambientales lumínicas se ha revelado como un factor clave para el bienestar general y las particulares de aprendizaje. A través del recorrido de las investigaciones realizadas en el ámbito de la iluminación en las últimas décadas, se comprueba que se ha avanzado bastante tanto en la mejora de los parámetros para efectuar los experimentos y sus mediciones como sobre la influencia de la luz en los entornos docentes.

Los resultados de estas investigaciones son muy interesantes tanto para arquitectos como para ingenieros, *lighting designers* y planificadores. Sin embargo, la manera en que dichos estudios se han realizado es muy variable y tiene aparejada un gran número de limitaciones que dificultan, en algunos casos, la formulación de criterios y fórmulas válidas universalmente, como la Ciencia siempre ha pretendido, dado que intervienen diferentes tipos de factores.

⁴⁹¹ Baas, A. M., 1973, *op. cit.*

⁴⁹² Harmon, D. B., 1951, *op. cit.*, p. 33.

Según las indicaciones de Slegers⁴⁹³ y su equipo, aunque la literatura sugiere que la iluminación en el entorno docente puede afectar al rendimiento y al comportamiento de los alumnos, la evidencia empírica sobre estos efectos sugeridos es aún limitada si bien parece evidente que sin luz, o sin la adecuada, o no se percibe o se dificulta el proceso de percepción y, por ende, el de aprendizaje.

A continuación, se exponen las conclusiones extraídas después del análisis realizado sobre los estudios de investigación en iluminación:

1. Los diseños de investigación

Entre las investigaciones estudiadas se encuentran tanto estudios de campo como experimentos de laboratorio, ambos con ventajas e inconvenientes. Como conclusión, se puede afirmar que las experiencias en aulas reales son adecuadas para medir las preferencias absolutas de los sujetos, mientras que los experimentos en laboratorio son preferibles para medir alguna variable lumínica en detalle.

2. Los tipos de sistemas de iluminación a ensayar

Existe una gran variabilidad de tipos de iluminación a ensayar entre los estudios analizados. En las investigaciones se encuentran tanto de estudios con iluminación estática como con iluminación dinámica y, a su vez, grandes diferencias entre las variables a ensayar: iluminancia, luminancia, temperatura correlativa de color, espectro, etc.

Esto hace pensar que se necesita un tipo de investigación más exhaustiva en este campo gracias a la cual se pueda llegar a conclusiones sobre cómo influyen específicamente cada uno de los parámetros implicados en la iluminación.

En este sentido, son destacables por su importancia las investigaciones más recientes sobre la iluminación variable como por ejemplo la de Slegers y su equipo⁴⁹⁴.

⁴⁹³ Slegers *et ál.*, 2012, *op. cit.*

⁴⁹⁴ *Ibidem op. cit.*

3. La existencia de otros factores externos.

Entre los estudios examinados, se encuentran investigaciones, sobre todo de los años 30-50, que no tienen en cuenta factores ambientales que pueden estar influyendo en los resultados: temperatura, humedad, velocidad y calidad del aire, contenido de CO₂, etc.

El caso que más llama la atención es el de aquellos en los que la presencia de la luz natural puede llegar a invalidar la investigación. Un ejemplo de este tipo es el estudio de Hathaway⁴⁹⁵ que estudia los efectos de distintos tipos de lámparas en aulas con o sin luz natural.

Este hecho marca la importancia de controlar los factores externos y, a su vez, la necesidad que tiene todo estudio de iluminación de establecer metodologías de investigación con múltiples variables donde se pueda establecer el papel de la iluminación conjuntamente con el resto de factores. En cualquier caso, se recomienda registrar los niveles de iluminación natural exterior antes y después del procedimiento. A su vez, también registrar y controlar todos los factores externos que pueden estar condicionando el experimento.

4. Los grupos seleccionados

Entre las investigaciones analizadas se encuentran participantes de distintas edades como niños, adolescentes, jóvenes o adultos. En algunos estudios, no se tiene en cuenta que la visión no sólo sufre variaciones con la edad de los sujetos sino también entre los propios sujetos.

Algunos de ellos sí que tienen en cuenta dichas limitaciones como Fotios y Ramasoot⁴⁹⁶, Berman y su equipo⁴⁹⁷ o Veitch y McColl⁴⁹⁸, reflejando la importancia de establecer con rigurosidad el rango de edad de los sujetos investigados. Así como la necesidad de conocer el estado de la visión de los alumnos antes de que formen parte de la investigación.

⁴⁹⁵ Hathaway, W. E. *et ál.*, 1992, *op. cit.*

⁴⁹⁶ Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, *op. cit.*

⁴⁹⁷ Berman, S. M. *et ál.*, 2006, *op. cit.*

⁴⁹⁸ Veitch, J. A., Mc Coll, S. L., 1995, *op. cit.*

5. El tamaño de la muestra.

Algunos de los experimentos revisados se basan en tamaños de muestra muy pequeños y poco significativos, como el estudio de Yan y su equipo⁴⁹⁹, lo que sugiere que es interesante para realizar un buen estudio que los tamaños de grupos y muestras sean más numerosos y, por tanto, representativos de los colectivos a estudiar.

Como criterio a seguir en las investigaciones en iluminación, se opta por la orientación marcada por Flynn y sus colaboradores⁵⁰⁰ que aconsejan que la muestra sea de al menos 40 o más sujetos, analizados generalmente en varios grupos, de modo que la secuencia de presentación pueda ser aleatoria. Todo ello con el fin de lograr una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados.

6. Lugar, momento y duración del estímulo.

Algunas investigaciones, como las de Hathaway⁵⁰¹ y Rautkylä y su equipo⁵⁰², sugieren que el momento y la duración de la iluminación disponible juegan un papel importante sobre todo si se tiene en cuenta la influencia de los ritmos circadianos.

Sin embargo, el lugar, momento y duración del estímulo tienen una gran variabilidad a la hora de que los investigadores realicen sus estudios: en algunos estudios, se investiga a los estudiantes durante un período de tiempo más largo y, sin embargo, en otros los estudiantes se exponen a diferentes condiciones de iluminación predefinidas durante un período corto de tiempo. Otros estudios se llevan a cabo en diferentes estaciones del año.

En algunos de ellos se mantiene siempre la misma hora de realización de las pruebas y en otros, es variable. En este sentido, se aconseja efectuar los estudios siempre a la misma hora, para tener en cuenta la influencia de los ritmos circadianos, marcar la estación del año en la que se realizan y contabilizar el tiempo al que están sometidos los sujetos al estímulo.

⁴⁹⁹ Yan, Y., Guan, Y., Lee, T. G., 2012, *op. cit.*

⁵⁰⁰ Flynn, J. E., *et ál.*, 1979, *op. cit.*

⁵⁰¹ Hathaway, W. E., *et ál.*, 1992, *op. cit.*

⁵⁰² Rautkylä, E., *et ál.*, 2010, *op. cit.*

7. Los resultados de las mediciones

Entre los resultados de las mediciones, la variabilidad sigue existiendo y se pueden encontrar mediciones subjetivas, pruebas objetivas y medidas físicas. Las pruebas objetivas y las medidas físicas son difícilmente refutables, sin embargo, las pruebas subjetivas son diversas, complejas y abarcan muchos aspectos diferentes. La mayoría de ellas se basan en preguntar al propio sujeto. En ese momento, su respuesta puede estar condicionada por múltiples factores: estado de ánimo, estado mental, preferencias personales en la vida cotidiana, condiciones de vida y de trabajo, ciclos de funcionamiento corporales diarios y estacionales, niveles de actividad fisiológica, etc.

Un resultado interesante son las investigaciones de Boray, Gifford y Rosenblood⁵⁰³ que estudiaron las impresiones estéticas de un grupo de sujetos sobre una sala de ensayos. Encontraron que las impresiones no eran diferentes bajo tres tipos de iluminación. En suma, las condiciones de iluminación no parecían tener efectos distintos sobre cómo la gente percibía a los otros o al entorno, al menos cuando no se llamaba la atención sobre la iluminación de la sala.

Sin embargo, una vez que se llamaba la atención sobre dichas diferencias de iluminación, los lugares sí parecían muy diferentes. Estos resultados apuntan a que hay que proseguir acotando los parámetros a medir y a cuantificar. De hecho, las evidencias así lo señalan y aconsejan si se quiere conseguir el objetivo de obtener aplicaciones cada vez más eficaces y productivas, en términos de aprendizaje y bienestar.

Otro factor a tener en cuenta a la hora del establecimiento de vínculos causales entre los aspectos ambientales en el aula y los factores humanos es que, tal y como aseguran Dunn y su equipo⁵⁰⁴, a veces es difícil, en parte debido a las dificultades prácticas y éticas en la realización de ensayos controlados en las clases.

Por último, otra salvedad es que, lógicamente, la investigación en iluminación no escapa a las apariciones en el mercado de nuevas aplicaciones técnicas.

⁵⁰³ Boray, P. F., Gifford, R., Rosenblood, L., 1989, *op. cit.*

⁵⁰⁴ Dunn, R., *et ál.*, 1985, *op. cit.*

Se advierte que la evolución de las investigaciones sigue los pasos del descubrimiento de nuevas fuentes de luz: incandescentes, fluorescentes, fluorescentes de espectro continuo (FSFL), iluminación variable y LED.

La invención de cada nueva fuente luminosa conlleva aparejada todo un cúmulo de investigaciones de sus propiedades sobre los usuarios. En algunas ocasiones, los intereses económicos llevan incluso a invalidar los estudios sobre el tema. El caso más llamativo, es el caso de las lámparas FSFL.

McColl y Veitch⁵⁰⁵ resumieron los estudios sobre las lámparas FSFL en una revisión sistemática y llegaron a la conclusión de que no era la propiedad de espectro continuo sino la específica intensidad de la luz y la temperatura de color los parámetros que realmente influían.

Este hecho muestra uno de los problemas de la investigación sobre iluminación, que también sucede en otros ámbitos, la fuerte influencia de los intereses económicos. Situación detectada en casi todos los campos donde intervienen los beneficios económicos de empresas y mercados, y al que ni la arquitectura ni la iluminación son ajenos.

Teniendo en cuenta los conocimientos existentes hoy en día sobre la influencia de la luz en el ser humano y las limitaciones de las investigaciones existentes se puede concluir que se necesitan más pruebas para entender la influencia de la iluminación artificial en los entornos docentes y establecer un apoyo constante e inequívoco para estos efectos.

Mientras que la investigación en educación ha proporcionado información valiosa en cuanto a la importancia de los diversos aspectos de los entornos de aprendizaje, tales como las tareas de aprendizaje y los materiales, el tiempo en la tarea, la retroalimentación y los métodos pedagógicos de los profesores, la sistemática investigación empírica sobre la influencia de los aspectos físicos en el ambiente de aprendizaje de los alumnos, tales como la iluminación, es limitada⁵⁰⁶.

⁵⁰⁵ McColl, S. L., Veitch, J. A., 2001, *op. cit.*

⁵⁰⁶ Dunn, R., *et ál.*, 1985, *op. cit.* Citado por: Slegers, P., *et ál.*, 2012, *op. cit.*, p. 2.

V.1.2. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA METODOLOGÍA Y AL ESTUDIO DESARROLLADO

Se establece una metodología para el análisis de las percepciones tanto del aula como de su iluminación y su valoración desde un enfoque Kansei, es decir, a partir de la identificación de los atributos percibidos por el alumno según su propia estructura conceptual y el establecimiento de la contribución de cada atributo a la utilidad percibida.

Las conclusiones relativas a los aspectos metodológicos son las siguientes:

1. Gracias a toda la información recabada y a la aplicación de la Ingeniería Kansei a la valoración de los estímulos lumínicos, se consigue establecer una metodología de trabajo que proporciona una información muy sólida a la hora de conocer la opinión subjetiva del usuario ante un tipo de iluminación u otra. Esta información es muy importante para los arquitectos y puede ayudar a la creación de espacios que mejoren el bienestar y la salud de sus usuarios.
2. Se detalla un protocolo para el diseño de estudios de campo sobre aplicaciones de la Ingeniería Kansei en los ámbitos del espacio docente y de la iluminación.
3. Puesto que la valoración global de la iluminación del aula depende en gran parte de su espacio interior, acabados, forma, arquitectura, etc., así como los distintos parámetros de calidad del ambiente interior: temperatura, humedad, iluminación, acústica, etc., el estudio se realiza primeramente abarcando tanto los aspectos relacionados con el aula como los relacionados con la iluminación. En conjunto, ambas experiencias constituyen una aplicación novedosa en el ámbito del análisis de preferencias de los alumnos o usuarios sobre iluminación en el ámbito docente.
4. Se desarrolla un protocolo para la determinación de los universos semánticos para calificar tanto el ambiente interior del aula como su iluminación.

5. Se define un protocolo de análisis estadístico y tratamiento de datos para la determinación de los ejes semánticos, así como para la identificación de posibles subsegmentos dentro de la muestra y el análisis de las posibles diferencias entre ellos.
6. Además se plantea la aplicación de modelos de regresión con el objeto de generar modelos predictivos capaces de estimar la valoración global del aula y de su iluminación por parte del alumno.
7. Se determina y se utiliza un protocolo para la valoración de la de las aulas y de su iluminación, a través del análisis de perfiles semánticos que describen las puntuaciones del ambiente interior del aula y el luminoso para cada uno de los ejes semánticos y su relación con la valoración global de la iluminación.
8. El protocolo anterior se aplica al análisis de unas muestras de control (una para el estudio del aula y otra para el del ambiente luminoso). De esta manera, se comprueba directamente la validez de la metodología propuesta comparando los resultados de estas muestras de control con los predichos por los modelos establecidos y demostrando que es posible cuantificar las tendencias y líneas generales de influencia de los diferentes atributos simbólicos o funcionales sobre la valoración percibida.
9. Se desarrolla un protocolo de análisis estadístico y tratamiento de datos para la determinación de las diferencias entre distintos tipos de iluminación.
10. Se elaboran valoraciones comparativas entre el espacio docente y la iluminación de distintas aulas lo que permite analizar las causas en las diferencias de percepción, estableciendo así oportunidades de mejora de un aula frente a otras. Del mismo modo, se procede con la valoración del ambiente luminoso del aula.
11. Los resultados del protocolo obtenido se establecen como una guía para la medición de impresiones subjetivas en el ambiente luminoso en espacios docentes. Esta guía constituye una aplicación novedosa en los ámbitos de la investigación en espacios docentes y de la iluminación ya que proporciona información sobre el punto de vista del usuario y no sólo del experto.

12. Se utiliza la guía para la medición de impresiones subjetivas en el ambiente luminoso en ámbitos docentes para establecer y cuantificar las diferencias subjetivas entre el ambiente luminoso proporcionado por dos tipos de lámparas: fluorescente y LED.
13. Se elaboran valoraciones comparativas entre la iluminación de dos tipos de lámparas lo que permite analizar las causas en las diferencias de percepción, estableciendo de esta forma oportunidades de mejora de la iluminación.

V.1.3. CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En cuanto a las conclusiones referentes a los resultados obtenidos tras el tratamiento de los datos cabe destacar las siguientes:

Experiencia 1

14. El análisis basado en la semántica diferencial identifica varios ejes semánticos que corresponden a los conceptos o atributos que mejor diferencian unas aulas de otras. El más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el eje que hace referencia a la distribución del aula. Le siguen los ejes relacionados con la calidez, el confort, el diseño actual, la iluminación natural y la iluminación artificial.
15. Una vez se identifican los ejes semánticos, el modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. El modelo organiza los ejes de la siguiente manera: el atributo que se tiene en cuenta en mayor medida a la hora de valorar positivamente una determinada aula es que ésta se perciba con una buena distribución y ordenada; en segundo lugar, que se aprecie cálida, alegre y agradable; en tercer lugar, que permita concentrarse al alumno, sea silenciosa, con buena temperatura y confortable; en cuarto lugar, que tenga una buena iluminación artificial y esté bien iluminada; en quinto lugar, que tenga una buena iluminación natural, que sea exterior y tenga una buena ventilación. Finalmente, el último eje es el que se refiere a que el aula tenga un diseño actual, es decir, sea nueva, de buen diseño y con buen mobiliario.

16. Se describen los factores que corresponden a las propiedades, características o elementos de diseño del aula gracias al análisis basado en la semántica diferencial. El más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el factor de acabados. Le siguen los factores relacionados con el espacio de trabajo del alumno, las condiciones interiores del aula y, por último, la relación con el exterior.
17. Una vez identificados los factores de propiedades del aula, el modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. El factor que en mayor medida influye en la valoración es que se perciba en ella que tiene un buen espacio de trabajo para el alumno. Seguidamente, que las condiciones interiores sean adecuadas así como su relación con el exterior. Por último, figuran los acabados del aula.
18. Se establece la relación entre los ejes semánticos y los factores de propiedades del aula. Se observa que el eje de la distribución está altamente relacionado con el espacio de trabajo del alumno. El eje que recoge el confort y la capacidad del alumno para concentrarse en el aula se vincula con las condiciones interiores y con la relación con el exterior. Este resultado es significativo porque estos dos factores reúnen todos los atributos de la calidad ambiental interior (IEQ) en el aula. Según estos datos, el confort y la capacidad para concentrarse de los alumnos están relacionados significativamente con las condiciones ambientales interiores del aula. Esto se corresponde con las afirmaciones de Clements-Croome⁵⁰⁷ en las que declara que las escuelas son una categoría de edificios en los que un alto nivel de calidad ambiental interior puede mejorar considerablemente la atención de los ocupantes, la concentración, el aprendizaje, la audición y las presentaciones.
19. Gracias a esta identificación de los ejes semánticos del aula, de los factores de propiedades y de su influencia sobre la valoración global del aula, se constatan las diferencias que los alumnos perciben entre la iluminación artificial y la iluminación natural. La iluminación artificial se relaciona con las condiciones interiores del aula y la iluminación natural se vincula a la relación del aula con el exterior.

⁵⁰⁷ Clements-Croome, D., 2001, *op. cit.*

Hay que destacar cómo la iluminación artificial tiene más importancia en la valoración global que la iluminación natural. Este resultado tiene una gran relevancia en el campo de la investigación en iluminación, así como en el de la rehabilitación de los centros docentes.

20. Se identifican los factores que corresponden a las tareas que el alumno realiza en el aula utilizando también el análisis basado en la semántica diferencial. El factor más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el factor que engloba las tareas de leer o escribir. Le siguen las tareas relacionadas con la atención y, por último, el que recoge las tareas de diálogo o trabajo colectivo del alumno.
21. Una vez obtenidos los factores de tareas, el modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. El factor que en mayor medida influye en dicha valoración es que el aula facilite la atención del estudiante. En segundo lugar, que pueda realizar correctamente las tareas que requieren un trabajo más individual como leer o escribir. Finalmente, que se trate de un aula que permita el diálogo o el trabajo colectivo del alumno.
22. Se elaboran los perfiles semánticos individuales correspondientes a cuatro aulas y el perfil comparado de otras dos. El perfil comparado permite detectar las diferencias de percepción entre ambas, así por ejemplo, al comparar estas dos aulas se observa que los alumnos valoran cada una de ellas de forma distinta básicamente por su diferente distribución, calidez, capacidad para que el alumno pueda concentrarse, iluminación artificial, iluminación natural y diseño actual.
23. Finalmente, la validación que se realiza del modelo permite concluir que el modelo propuesto en base a métodos de regresión lineal es bueno tanto para predecir la valoración global de un aula como su valoración en base a las puntuaciones de los distintos ejes semánticos. El modelo proporciona un coeficiente de correlación muy elevado. ($R=0'621$ para la valoración global).

Experiencia 2

24. El análisis basado en semántica diferencial identifica varios ejes semánticos que corresponden a los conceptos o atributos que mejor diferencian el ambiente luminoso de unas aulas respecto al de otras. El más relevante desde el punto de vista de la varianza explicada es el eje del interés o la sorpresa que causa la iluminación. Le siguen los ejes relacionados con la claridad o eficiencia, el colorido, la uniformidad, el brillo y la calidez.
25. Los ejes semánticos identificados que explican las diferencias entre la iluminación de las aulas no coinciden exactamente con los que más influencia tienen en la valoración global de la iluminación. El modelo de regresión permite ordenarlos en función de su influencia sobre la valoración global. Según dicho modelo, el atributo que principalmente se tiene en cuenta a la hora de valorar positivamente el ambiente luminoso de una determinada aula es que éste se perciba eficiente, nítido, claro, de calidad, luminoso y funcional; en segundo lugar, que se aprecie uniforme, homogéneo, equilibrado y ordenado; en tercer lugar, animado, dinámico, amigable, alegre, colorido y bonito; en cuarto lugar, que se considere cálido, protector, agradable, natural y tenue y, por último, que se perciba sorprendente, asombroso, impresionante, original, interesante y estimulante. Estos ejes y su ordenación muestran un camino para optimizar los esfuerzos si se desea mejorar la iluminación de las aulas.
26. El análisis de correlaciones indica que los ejes que más inciden en la valoración global se relacionan a su vez con todas las variables de valoración global de la iluminación. Éstos son los que se refieren a la claridad, la uniformidad, el colorido y la calidez del ambiente luminoso del aula.
27. El análisis de correlaciones también revela que los alumnos no consideran que un ambiente luminoso que se percibe brillante o deslumbrante sea adecuado para las tareas de reflexionar, dialogar o trabajar con el ordenador. Este resultado es coherente con los obtenidos por Fotios y Ramasoot⁵⁰⁸ los cuales revelan que en las aulas los reflejos molestos sobre las pantallas de ordenador son la principal queja sobre el entorno visual.

⁵⁰⁸ Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, *op. cit.*

28. Del mismo modo, dicho análisis muestra que un mayor nivel de iluminación natural en las aulas se relaciona con una mayor sensación de que el aula está bien iluminada y que la iluminación natural es más adecuada. Lo mismo sucede con el nivel de iluminación artificial, a mayor nivel de iluminación artificial, mayor es la apreciación de los alumnos de que el aula está bien iluminada y que la iluminación artificial es más adecuada.
29. La validación efectuada permite concluir que el modelo propuesto en base al método de regresión lineal es bueno tanto para predecir la valoración global de la iluminación de un aula como su valoración en base a las puntuaciones de los distintos ejes semánticos del ambiente luminoso. El modelo desarrollado proporciona un coeficiente de correlación muy elevado para la predicción de la valoración global de la iluminación ($R=0'72$), lo que muestra su consistencia.
30. El modelo obtenido puede ser útil para predecir las valoraciones de la iluminación de un aula en concreto. Esto constituye una referencia en base a la cual modificar y perfeccionar determinados aspectos de la iluminación de las aulas con objeto de mejorar su valoración global. Esto tiene especial relevancia en estos tiempos en los que la eficiencia energética de la iluminación constituye un ahorro importante en el cómputo final del gasto energético de un edificio, más si cabe si el edificio es de tipo docente. En este tipo de edificios hay que tener en cuenta que la iluminación es fundamental para el diseño del ambiente docente ya que contribuye a modelar la naturaleza estética y psicológica del ambiente de aprendizaje tal y como afirman investigadores como Jago y Tanner⁵⁰⁹, Phillips⁵¹⁰ y Dunn⁵¹¹.
31. Finalmente, se generan los perfiles semánticos de la iluminación de cuatro aulas concretas y los perfiles comparados de otras dos, lo que permite identificar las causas de las diferencias en las valoraciones globales de la iluminación.

⁵⁰⁹ Jago, E., Tanner, K., 1999, *op. cit.*

⁵¹⁰ Phillips, R. W., 1997, *op. cit.*

⁵¹¹ Dunn, R., *et ál.*, 1985, *op. cit.*

Experiencia 3

32. Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas en la evaluación subjetiva que los alumnos realizan ante dos tipos de lámparas como son fluorescentes y LED. Esto demuestra la presencia de tendencias y líneas generales de influencia de los diferentes atributos simbólicos o funcionales sobre la valoración percibida de cada una de las lámparas por parte del usuario a la hora de evaluar ambos tipos de fuentes de luz.
33. El análisis preliminar elaborado indica que los alumnos valoran negativamente la percepción de la iluminación con lámparas fluorescentes. De este modo, valoran la iluminación con fluorescentes como poco cálida, atractiva, confortable, de vanguardia y estimulante. Sin embargo, los LED son percibidos positivamente como una iluminación de vanguardia, atractiva, eficiente y estimulante. No existen diferencias significativas en la valoración de ambos tipos de lámparas como una iluminación eficiente. Ambos tipos son calificados positivamente en este aspecto. En la valoración global del tipo de lámpara adecuada para un aula, la iluminación con fluorescentes obtiene una calificación media ligeramente superior a la obtenida por las lámparas LED. Este hecho puede ser producido porque la fuente de luz que normalmente se utiliza en las aulas es la iluminación con lámparas fluorescentes.
34. Una vez se ha sometido a los alumnos al cambio de iluminación, los LED obtienen mayores puntuaciones que los fluorescentes en todos los ejes semánticos, en especial en los ejes que recogen la claridad, la intensidad y la uniformidad.
35. Los alumnos perciben mejor iluminada su aula con LED que con fluorescentes ya que la iluminación con LED obtiene mayores puntuaciones que la que ofrecen los fluorescentes en todas las variables de valoración global de la iluminación.
36. Los estudiantes consideran que los elementos de su aula están bien iluminados tanto con fluorescentes como con LED, superando la apreciación de la iluminación de los elementos con LED a la iluminación con fluorescentes.

37. La consideración de la adecuación de la iluminación a las tareas o actividades que se realizan en el aula también es superior para las lámparas LED que para las fluorescentes.
38. Se observa que cuando los alumnos consideran que el ambiente luminoso del aula es claro, intenso y uniforme, consideran a su vez que el aula está bien iluminada tanto con fluorescentes como con LED.
39. Los resultados reflejan que más de tres cuartos de los alumnos eligen la iluminación con LED en vez de la de fluorescentes y le otorgan una puntuación más elevada. A su vez, también consideran que proporcionan la iluminación más adecuada para impartir clases de teoría y de prácticas.
40. Cuando se modifica la secuencia de presentación del estímulo, se obtienen mejores resultados, en general, en el aula que utiliza primero fluorescentes y luego LED que en el aula que trabaja primero con LED y luego con fluorescentes. El hecho de que la apreciación más favorable se produzca cuando los alumnos utilizan primero fluorescente y luego LED pronostica una buena aceptación para el cambio de un tipo de iluminación a otro más eficiente en otro tipo de ámbitos.
41. En definitiva, se confirman las hipótesis de partida utilizadas en el planteamiento del estudio. Así, los alumnos o usuarios utilizan una serie de conceptos y atributos para diferenciar la iluminación de las aulas. Muchos de estos atributos son de carácter totalmente simbólico, mientras que otros tienen un carácter más objetivo. Aunque los juicios sobre estos atributos son subjetivos, es posible establecer tendencias para predecir la relación entre dichas percepciones y las preferencias de los alumnos sobre la iluminación de sus aulas.

V.1.4. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Los edificios docentes son espacios que tienen un impacto importante en la educación y formación de las personas. Según Hughes⁵¹², en el proyecto de un edificio para la docencia, la iluminación es un aspecto que se tiene que tener debidamente en cuenta en todas las etapas del proceso proyectual. Sin embargo, los criterios más adecuados para diseñar buenos entornos lumínicos en los espacios docentes suelen ser pasados por alto en las primeras fases del proyecto (y, a lo sumo, se tiene presente en las últimas fases de definición de ejecución, cuando los espacios ya están formal y espacialmente definidos), en parte, porque la información sobre los nuevos enfoques en la iluminación en el ámbito educativo no está fácilmente disponible para los arquitectos.

Esto es especialmente evidente en la falta de conciencia de la importancia de la calidad de la iluminación para enriquecer el entorno docente, sobre la mera cantidad de iluminación. En ocasiones, se descuida el hecho de que la luz afecta, más allá de la capacidad de ver a través del complejo visual ojo-cerebro, a los sistemas neuroendocrino y psicológico.

Según Veitch y McColl⁵¹³, *lighting designers*, arquitectos, gerentes de las instalaciones y otros especialistas de la iluminación, en la práctica, deberían poner fin a la búsqueda de la lámpara fluorescente ideal para todas las circunstancias. La elección del tipo de lámpara y del índice de reproducción cromática debe hacerse teniendo en cuenta su idoneidad para la tarea, el tipo de edificio, la cultura local y el rendimiento del sistema de iluminación, incluida la eficiencia energética y los juicios estéticos.

Lo que es indudable es que las aulas no pueden tener plena luz natural en todo momento, por lo que Hughes⁵¹⁴ también establece que la pregunta básica que debe ser respondida por aquellos que planifican o investigan las instalaciones de un edificio docente es si el uso de una iluminación artificial que simule la luz del sol se traducirá en un mayor confort para estudiantes y profesores, su salud y un mayor rendimiento y capacidad de trabajo.

⁵¹² Hughes, P. C., 1981, *op. cit.*

⁵¹³ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

⁵¹⁴ Hughes, P. C., 1981, *op. cit.*

Veitch y McColl⁵¹⁵ comentan que la idea que subyace bajo ese argumento es la que han considerado autores como Thorington y sus colaboradores⁵¹⁶, Wurtman a⁵¹⁷ y b⁵¹⁸, y Hughes⁵¹⁹ en la que tienen en cuenta que debido a que la luz natural era la única fuente de iluminación durante la mayor parte del período durante el cual los humanos evolucionaron, consecuentemente, todos los procesos fisiológicos deberían funcionar de manera óptima cuando se exponen a la luz natural.

De acuerdo con esta hipótesis, cualquier desviación de la exposición diaria a la luz natural tiene riesgos de causar una función anormal del organismo. De hecho, Wurtman y Neer⁵²⁰ caracterizan la vida actual, con su exposición primordial a la luz del alumbrado eléctrico, como 'fototerapia no planificada', lo cual podría tener consecuencias no deseadas y no especificadas.

Hay que destacar que aunque ha habido intentos de la industria por crear sistemas de iluminación disponibles que imitasen a la luz natural, y numerosas investigaciones, no está del todo claro por qué la luz del sol debiera tener ese efecto tan claro y profundo en el rendimiento de los estudiantes.

De esta manera, no sólo no se conocen con profundidad e inequívocamente los efectos de la luz natural sino que también a la hora de crear una fuente de luz artificial sólo se tienen en cuenta algunas de las características de la luz natural, pero no todas.

Un elemento a tener en cuenta es el que comentan Veitch y McColl⁵²¹ a la hora de establecer las características de la luz natural: la luz del día varía en temperatura de color de 5000-10 000 K en función de las condiciones del cielo, estación y la hora del día, tal y como comenta Thorington⁵²²; y es más intensa que cualquier tipo de iluminación interior.

⁵¹⁵ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 260.

⁵¹⁶ Thorington, L., Parascandola, L., Cunningham, L., 1971, *op. cit.*

⁵¹⁷ Wurtman, R. J., 1975a, *op. cit.*

⁵¹⁸ Wurtman, R. J., 1975b, The effects of light on man and other mammals, *Annual Review of Physiology*, 37, pp. 467-483.

⁵¹⁹ Hughes, P. C., 1980, The use of light and color in health, in Hastings, A. C., Fadiman, J., Gordon, J. S. (eds), *The Complete Guide to Holistic Medicine: Health for the Whole Person*, Boulder, CO, Westview Press, pp. 294-308.

⁵²⁰ Wurtman, R. J., Neer, R. M., 1970, Good light and bad, *New England Journal of Medicine*, 282, p. 395. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

⁵²¹ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

⁵²² Thorington, L., 1985, Spectral, irradiance, and temporal aspects of natural and artificial light, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 353, pp. 28-54.

Por ejemplo, oficinas y centros escolares están diseñados para proporcionar 200 ± 500 lux incidiendo sobre la superficie de la mesa; en el exterior, la luz natural está en el orden de $50\,000 \pm 100\,000$ lx. A su vez, la luz natural también está polarizada. Además, tal y como asevera Corth⁵²³, la exposición a la luz no es sólo rayos directos desde una fuente de luz, sino también luz reflejada y filtrada.

La composición espectral de la dosis de luz diaria depende de los colores y las reflectancias de los paramentos, los techos, los pavimentos, el mobiliario, las plantas y el suelo, así como en la transmitancia o reflectancia de las ventanas, el agua, las gafas o las lentes de contacto y el propio ojo.

La intensidad de la dosis de luz diaria dependerá de las condiciones climáticas, la latitud, la duración del día, las protecciones de las ventanas y de la intensidad de las fuentes eléctricas de luz interiores, (que nunca son tan intensas como la luz solar más intensa).

Si las condiciones similares a aquellas bajo las que ocurrió la evolución son de hecho óptimas para la salud humana y el bienestar, entonces las condiciones visuales óptimas tendrán que replicar esos colores, reflectancias y variaciones, así como la distribución de la potencia espectral. [...], las condiciones visuales precisas bajo las cuales se produjo la evolución humana son desconocidas; y en cualquier caso, es probable que los seres humanos podrían haber desarrollado mecanismos adaptativos para tolerar desviaciones de estas condiciones⁵²⁴.

Una sugerente labor para las investigaciones futuras es llegar a establecer cuáles son los mecanismos de la luz que realmente influyen en el ser humano y aplicarlo a la industria comercial, de forma que se llegue a conseguir una iluminación artificial realmente saludable, en concordancia con la luz natural.

Este es un campo muy interesante ya que normalmente la luz natural y la artificial tienen un uso secuencial alterno-combinado, es decir, luz natural - luz natural + artificial - luz artificial que varía según la localidad y las estaciones.

⁵²³ Corth, R., 1983, *The impact of lighting on health*, in Proceedings of the National Symposium on Lighting Design for Hospitals, Health and Welfare Canada, Ottawa, marzo, pp. 59- 6. Citado por: Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*

⁵²⁴ Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, *op. cit.*, p. 261.

Llegar a comprender este proceso y utilizar la adecuada combinación de ambos tipos de luz se convierte en un reto, no sólo de lo más interesante, sino también con importantes implicaciones de ahorro energético. Investigaciones como la de Federico Favero⁵²⁵ en las que se pregunta si es posible distinguir la luz artificial de la natural en una habitación y qué balance es el adecuado para un espacio de trabajo durante las diferentes estaciones o qué nivel de iluminación artificial es el deseable cuando el nivel de la iluminación exterior es muy alto, se han de convertir en un referente de la investigación futura en iluminación.

A la hora de conseguir una buena iluminación artificial, otro elemento donde es necesaria una mayor investigación, es en la distribución espectral de la energía de las fuentes ya que, tal y como aseguran Bellia y su equipo⁵²⁶, este parámetro es un candidato para representar un enlace útil entre las medidas circadianas y las visuales.

Las fuentes con mayores valores de factor de acción son aquellas que son más eficientes desde el punto de vista circadiano, bajo las mismas condiciones de emisión de luz, esto es el mismo flujo luminoso. Se puede inferir que las fuentes que tienen un mayor efecto circadiano respecto al efecto fotópico son la bóveda celeste, el fluorescente blanco frío y los LED.

Se requieren más investigaciones, más precisas y más acotadas en sus variables, para entender cuánta cantidad de luz circadiana se necesita en el ojo en las diferentes horas del día. En el futuro, los resultados de estos estudios podrían ser utilizados para relacionar los valores de iluminancia en las áreas de trabajo y las iluminancias en el ojo, valor que se encuentra entre las normas vigentes y las investigaciones en curso.

Por último, otro elemento a tener en cuenta en futuras investigaciones es el estudio de la apreciación subjetiva de la iluminación, factor sumamente complejo e importante, máxime en un elemento tan perceptivo como la luz. Como demostración del interés en este tema, la Comisión Europea financió desde 2004 hasta 2009 un programa de investigación llamado *Measuring the Impossible* (en español: '*Midiendo lo Imposible*').

⁵²⁵ Favero, F., 2012, *Natural Light: Daylight and artificial light for the design of future spaces*. Abstract for Lumenet 2012. University of Sheffield, Sheffield.

⁵²⁶ Bellia, L., Bisegna, F., Spada, G., 2011, Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions, *Building and Environment*, 46, pp. 1984-1992.

El objetivo de este programa era ampliar el campo de la medición de la apreciación subjetiva usando métodos científicos de programas de investigación interdisciplinarios destinados a apoyar el desarrollo de nuevos métodos y técnicas de investigación para la medición de los fenómenos complejos que dependen de la percepción y/o interpretación humana.

Esto incluye, por ejemplo, las mediciones relativas a los atributos percibidos de productos y servicios, tales como la calidad o conveniencia, o la cuantificación de los parámetros de la sociedad, como la seguridad y el bienestar.

En este sentido, investigadores como el equipo integrado por Rossi⁵²⁷ han identificado tres vías con el fin de medir los resultados de la interrelación entre los seres humanos y el mundo empírico:

- La opinión del sujeto y la autoevaluación (cuestionarios, entrevistas, escalas cualitativas,...);
- La evaluación del rendimiento del sujeto (exactitud en hacer una tarea, tiempo de reacción, ...);
- La medición fisiológica objetiva (presión arterial, frecuencia latidos del corazón, dilatación de la pupila, los potenciales de acción,...).

Su objetivo es conseguir una síntesis orgánica de las tres clases de investigación subjetiva de un método científico con una métrica específica, la *Soft Metrology*⁵²⁸ que se puede definir como el conjunto de técnicas y modelos que permitan la cuantificación objetiva de las propiedades determinadas por la percepción en el dominio de los cinco sentidos.

Teniendo en cuenta estas premisas, seguidamente, se esbozan las líneas de trabajo futuras en las que se va a ampliar el presente trabajo. Estas líneas de trabajo futuras se refieren a aspectos de naturaleza teórica y aplicada:

1. Desde el punto de vista teórico, será interesante completar el sistema Kansei a través del desarrollo de un modelo de Kansei II.

⁵²⁷ Rossi, L., 2012, *Principles of Soft Metrology and measurement procedures in humans*. Abstract para Lumenet 2012, University of Sheffield, Sheffield.

⁵²⁸ Pointer, M. R., 2003, *Report to the National Measurement System Directorate. New directions - Soft Metrology*, NPL Report CMSC 20/03, abril. Citado por: Rossi, L., 2012, *Principles of Soft Metrology and measurement procedures in humans*. Abstract para Lumenet 2012, University of Sheffield, Sheffield.

De hecho, se podrán analizar las posibilidades de desarrollo de un sistema K.E.S. Híbrido en el ámbito de las aulas y de su ambiente luminoso, a partir de los datos obtenidos. De este modo, se abarcará tanto la parte de semántica diferencial, que permite predecir la percepción de los alumnos o usuarios sobre una determinada aula y su iluminación, como el sistema K.E.S. Híbrido, que permite diseñar y/o concretar determinadas características del espacio docente para cumplir con las expectativas deseadas por los alumnos.

2. A pesar de que el desarrollo de un sistema K.E.S. Híbrido exigirá un estudio diseñado a tal fin, es posible explorar las posibilidades de aplicación de esta metodología en el desarrollo de un sistema experto para el diseño de determinados aspectos tanto del aula como de su iluminación que sugieran determinadas percepciones en los alumnos.
3. En el caso de realizar dicho análisis K.E.S. Híbrido se trabajará en la puesta a punto de protocolos para el diseño experimental de un elevado número de factores con varios niveles, de manera que los estímulos lumínicos estén equilibrados. Se profundizará en los sistemas de muestreo y control de variables para evitar sesgos en los resultados como consecuencia de disponer de una base de estímulos no equilibrada.
4. En vez de usar modelos de regresión, se pueden desarrollar modelos predictivos no lineales, como el modelo de Kano que conjuga atributos de calidad, sobrealidad y calidad básica. Este puede ser un aspecto muy interesante sobre todo en el campo de la rehabilitación energética ya que permite cuantificar la influencia de cada uno de los atributos en la percepción del aula y de su ambiente luminoso.
5. Desde el punto de vista de la aplicación, los resultados obtenidos en el presente trabajo sirven de utilidad para futuros estudios ya que en este trabajo se explica una metodología para realizar investigaciones en el ámbito del espacio docente y de la iluminación.

6. Los universos semánticos obtenidos tanto la calidad ambiental y la arquitectura interior de las aulas como de su iluminación pueden servir de apoyo para valorar y diseñar nuevas aulas ya que posibilitan orientar su arquitectura hacia conceptos reconocidos fácilmente por el alumno puesto que se corresponden con percepciones expresadas en su propio lenguaje. Esta aplicación es muy interesante en el ámbito docente ya que estos aspectos pueden llegar a influir positivamente en el aprendizaje de los alumnos.
7. A su vez, a partir de los ejes semánticos obtenidos se pueden valorar nuevas aulas e iluminaciones o realizar comparaciones entre ellas, mediante los perfiles comparados, detectando las causas que provocan diferencias en la percepción. Esto puede tener un impacto muy importante en campos como el de la rehabilitación energética.
8. Por otra parte, la metodología desarrollada puede aplicarse para detectar posibles subsegmentos en una muestra y sus diferentes percepciones, ya que permite conocer qué elementos de diseño son importantes para un segmento concreto de alumnos. De esta forma, el arquitecto puede orientar sus estrategias hacia el segmento objetivo cubriendo las necesidades, intereses o preferencias de cada tipo particular de estudiantes.
9. Otra línea posible de investigaciones es la de profundizar en la investigación de la aplicación de los distintos tipos de LED a los espacios docentes y sus diferencias con el tipo de fuente actual: los fluorescentes. De este modo, se puede estudiar su influencia sobre las emociones, el estado de alerta y las valoraciones de los alumnos a través de evaluaciones subjetivas y mediciones objetivas. A su vez, también es interesante introducir como variable el efecto de la eficiencia energética para estudiar la viabilidad de los diferentes tipos de iluminación.
10. Finalmente, las aplicaciones pueden orientarse a otros ámbitos como es el diseño arquitectónico y lumínico de espacios interiores y exteriores para avanzar en el conocimiento de la percepción de nuevos tipos de iluminación por parte de los usuarios



Fig. 200. Libro abierto

Bibliografía

- Alcántara, E., Artacho, M. A., González, J. C., García, A. C., 2005, Application of product semantics to footwear design. Part II-comparison of two clog designs using individual and compared semantic profiles, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 35, nº 8, pp. 727-735.
- Aston, S. M., Bellchambers, H. E., 1969, Illumination, colour rendering, and visual clarity, *Lighting Research and Technology*, 1, pp. 259-261.
- Álvarez Laverde, H., 2006, *Experiencia Kansei en Shiseido*, [publicación en línea], Barcelona, España, disponible en: <<http://www.ingenieriakansei.com/shiseido.pdf>>, [consultado 10 febrero 2014].
- Ayas, E., Eklund, J., Ishihara, S., 2008, Affective design of waiting areas in primary healthcare, *TQM Journal*, vol. 20, nº 4, pp. 389-408.
- Baas, A. M., 1973, Luminous Environments, *Educational Facilities Review*, 15, Oregon Univ., Eugene, ERIC Clearinghouse on Educational Management, pp. 1-10.
- Baker, J., Grewal, D., Levy, M., 1992, An experimental approach to making retail store environmental decisions, *Journal of Retailing*, 68, pp. 445-461.
- Bandura, A., 1982, Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37, pp. 122-47.
- Barkmann, C., Wessolowski, N., Schulte-Markwort, M., 2012, Applicability and efficacy of variable light in schools, *Physiology & Behavior*, 105, pp. 621-627.
- Barnes, R. D., 1981, Perceived freedom and control in the built environment. In Harvey, J. H., editor, 1981, *Cognition, social behavior, and the environment*, Erlbaum, pp. 409-422.
- Baron, R. A., Rea, M. S., Daniels, S. G., 1992, Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: the potential mediating role of positive affect, *Motivation and Emotion*, vol. 16, nº 1, pp. 1-33.
- Bartholomew, R., 1975, Lighting in the classroom, *Building Research and Practice*, vol. 31, nº 1, pp. 32-38.
- Becker, F. D., 1985-1986, Quality of Work Environment (QWE): Effects on office workers, *Prevention in Human Services*, 4, pp. 35-57.
- Bellchambers, H. E., Godby, A.C., 1972, Illumination, colour rendering, and visual clarity, *Lighting Research and Technology*, 4, pp. 104-106.
- Bellia, L., Bisegna, F., Spada, G., 2011, Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions, *Building and Environment*, 46, pp. 1984-1992.

- Benya, J. R., 2001, *Lighting for schools*, ed. National Clearinghouse for Educational Facilities, Washington, D.C.
- Benya, J. R., Heschong, L., McGowan, T., Miller, M., Rubenstein, F., 2003, *Advanced Lighting Guidelines*, [publicación en línea], White Salmon, ed. New Buildings Institute. Washington, D.C., disponible en: <<http://www.newbuildings.org>>, [consultado 9 febrero 2013].
- Berman, S. M., 1992, Energy efficiency consequences of scotopic sensitivity, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 21, nº 1, pp. 3-14.
- Berman, S. M, Fein, G., Jewett, D. L, Ashford, F., 1993, Luminance controlled pupil size affects Landolt C test performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 22, pp. 150-65.
- Berman, S. M, Fein, G., Jewett, D. L, Ashford, F., Landolt, C., 1994, Recognition in elderly subjects is affected by scotopic intensity of surround illuminants, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 23, pp. 123-30.
- Berman, S. M, Fein, G., Jewett, D. L, Benson, B. R, Law, T. M, Myers, A. W., 1996, Luminance controlled pupil size affects word reading accuracy, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 25, pp. 51-59.
- Berman, S. M, Fein, G., Jewett, D. L, Benson, B. R, Law, T. M, Myers, A. W., Bullimore, M. A., 1996, Lighting spectral effects on Landolt C performance is enhanced by blur and abolished by mydriasis, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 25, pp. 42-50.
- Berman, S. M, Navvab, M., Martin, M. J., Sheedy, J., Tithof, W., 2006, A comparison of traditional and high colour temperature lighting on the near acuity of elementary school children, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, pp. 41-52.
- Berson, D. M, Dunn, F. A, Takao, M., 2002, Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock, *Science*, 295, pp. 1070-3.
- Biner, P. M., Butler, D. L., Fischer, A. R., Westergrene, A.J., 1989, An arousal optimization model of lighting level preferences, *Environment and Behavior*, 21, pp. 3-16.
- Blackwell, H. R., 1963, A general quantitative method for evaluating the visual significance of reflected glare utilizing visual performance data, *Illuminating Engineering*, 58, pp. 61.
- Blackwell, H. R., 1963, IERI project 70, *Illuminating Engineering*, 4, pp. 212-216.
- Blais, C., 1983, *The influence of lighting spectral characteristics on actual and perceived exam performance*, Unpublished Master's thesis, Cornell University, Ithaca.

- Blanca Giménez, V., Aguilar Rico, M., 1995, *Iluminación y color*, ed. Servicio de publicaciones UPV, Valencia.
- Bodmann, H. W., 1967, Quality of interior lighting based on luminance, *Transactions of the Illuminating Engineering Society*, London, vol. 32, pp. 22-40.
- Bodmann, H. W., Sollner, G., Voit, E., 1963, Evaluation of lighting level with various kinds of light, Proceedings CIE 15th session, Vienna.
- Bone, R. A., Landrum, J. T., Cains, A., 1992, Optical density spectra of the macular pigment in vivo and in vitro, *Vision Research*, 32, pp. 105-110.
- Boray, P. F., 1989, Effects of warm white, cool white and full-spectrum fluorescent lighting on simple cognitive perform, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 9, nº4, pp. 297-307.
- Boray, P. F., Gifford, R., Rosenblood, L., 1989, Effects of warm white, cool white and full-spectrum fluorescent lighting on simple cognitive performance, mood and ratings of others, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 9, nº 4, December, pp. 297-307.
- Boulos, Z., Campbell, S. S., Lewy, A. J., Terman, M., Dijk, D. J., Eastman, C. I., 1995, Light treatment for sleep disorders. Consensus Report VII Jet lag, *Journal of Biological Rhythms*, 10, pp. 167-76.
- Bowers, J. H., Burkett, G. W., 1987, *Relationship of student achievement and characteristics in two selected school facility environmental settings*, 64th Annual International Conference of the Council of Educational Facility Planners, Edmonton, Alberta, Canada.
- Boyce, P. R., 1973, Age, illuminance, visual performance, preference. *Lighting Research and Technology*, 5, pp. 125-144.
- Boyce, P. R., 1994, Is full-spectrum lighting special? In Veitch, J. A. (ed.), *Full-Spectrum Lighting Effects on Performance, Mood, and Health*, IRC Internal Report number 659, National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction, Ottawa, Ontario, Canada, pp. 30-36.
- Boyce, P. R., 2003, *Human factors in lighting*, 2th edition, ed. Taylor and Francis, London.
- Boyce, P. R., 2004, Lighting research for interiors: the beginning of the end or the end of the beginning, *Lighting Research and Technology*, vol. 36, nº 4, pp. 283-293.
- Boyce, P. R., 2006, Education: the key to the future of lighting practice: The Trotter-Paterson memorial lecture presented to the Society of Light and Lighting, London, 21 February 2006, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, nº 4, p. 283.

- Boyce, P. R., Beckstead, J. W., Eklund, N. H., Strobel, R. W., Rea, M. S., 1997, Lighting the graveyard shift: the influence of a daylight-simulating skylight on the task performance and mood of night-shift, *Lighting Research and Technology*, 29, pp. 105-42.
- Boyce, P. R., Rea, M. S., 1994. A field evaluation of full-spectrum, polarised lighting, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 23, nº 2, pp. 86 - 107.
- Boyce, P. R., Simons, R. H., 1977, Hue discrimination and light sources, *Lighting Research and Technology*, 9, pp. 125-140.
- Boyce, P. R., Veitch, J. A., Newsham, G. R., Jones, C. C., Heerwagen, J., Myer, M., Hunter, C. M., 2006, Lighting quality and office work: two field simulation experiments, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, nº 3, pp. 191-223.
- Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greeson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., Rollag M. D., 2001, Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor, *Journal of Neuroscience Research*, vol. 21, nº 16, pp. 6405-6412.
- Brainard, G. C., Richardson, B. A., King, T. S., Reiter, R. J., 1984, The influence of different light spectra on the suppression of pineal melatonin content in the Syrian hamster, *Brain Research*, 294, pp. 333-339.
- Butler, D. L., Biner, P. M., 1987. Preferred lighting levels variability among settings, behaviors and individuals, *Environment and Behavior*, 19, pp. 695-721.
- Cajochen, C., 2007, Alerting effects of light, *Sleep Medicine Review*, 11, pp. 453-464.
- Cajochen, C., Khalsa, S. B. S, Wyatt, J. K., Czeisler, C. A, Dijk, D. J., 1999, EEG and ocular correlates of circadian melatonin phase and human performance decrements during sleep loss, *American Journal of Physiology*, 277, pp. 640-49.
- Cajochen, C., Münch, M., Kobiacka, S., Kräuchi, K., Steiner, R., Oelhafen, P., Orgül, S., Wirz-Justice, A., 2005, High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light, *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 3, pp. 1311-1316.
- Cajochen, C., Zeitzer, J. M., Czeisler, C. A., Dijk, D. J., 2000, Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness, *Behavioural Brain Research*, 115, pp. 75-83.

- Calvillo Cortés, A. B., 2010, *Luz y Emociones: Estudio sobre La Influencia de la Iluminación Urbana en las Emociones; tomando como base el Diseño Emocional*, tesis doctoral, inédita, Dir.: R. San Martín Páramo, Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Barcelona, Barcelona.
- Campbell, S. S., Dawson, D., 1990, Enhancement of nighttime alertness and performance with bright ambient light, *Physiology & Behavior*, 48, pp. 317-320.
- Castro, A., 2008, La ingeniería Kansei, [publicación en línea], *IF... la revista de innovación*, 65, julio, disponible en: <<http://www.infonomia.com/if/articulo.php?id=429&if=65>>, [consultado 10 marzo 2014].
- CEC, 2003, *Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment*, White Salmon, California Energy Commission, New Buildings Institute, Washington, D.C.
- Chang, J. J., Carroll, J. D., 1972, *How to use INDSCAL: a computer program for canonical decomposition of N-way tables and individual differences in multidimensional scaling*, Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, N. J., (mimeographed).
- CIBSE, 1994, *Code for Interior Lighting*, ed. Chartered Institution of Building Services Engineers, London.
- CIE, 1986, *Guide on interior lighting*, CIE Publication 29.2, ed. CIE: International Commission on Illumination, Vienna.
- CIE, 1987, *International Lighting Vocabulary*, CIE Publication 17.4, 4th edition, CIE: International Commission on Illumination, Vienna.
- Clements-Croome, D. J., 1977, *Assessment of the influence of the indoor environment on job stress and productivity of occupants in offices*, Proceedings of Healthy buildings/ IAQ'97, Washington, D. C.
- Clements-Croome, D., 2001, *Influence of social organization and environmental factors and well-being in the office workplace*, Proceedings of CLIMA 2000, September, Naples.
- Comrey, A. L., Lee, H. B., 1992, *A first course in factor analysis*, 2th edition, ed. NJ Erlbaum, Hillsdale.
- Corgnati, S. P., Ansaldi, R., Filippi, M., 2009, Thermal Comfort in Italian Classrooms under Free Running Conditions during Mid Seasons: Assessment through Objective and Subjective Approaches, *Building and Environment*, 44, pp. 785-92.
- Corth, R., 1983, *The impact of lighting on health*, Proceedings of the National Symposium on Lighting Design for Hospitals, Health and Welfare Canada, Ottawa, March, pp. 59-6.
- Cotterill, J. L., 1984, Effects of School Architectural Design on Student and Teacher Anxiety, *Environment and Behaviour*, vol. 16, n°4, pp. 455-479.

- Cronbach, L. J., 1951, Coefficient alpha and the internal structure of test, *Psychometrika*, vol. 16, n° 3, pp. 297-334.
- Crouch, C. I., 1966, Better Lighting through Research, *American School & University*, May.
- Dantsig, M. M., Lararev, D. N., Sokolov, M. V., 1967, *Ultra-violet installations of beneficial action*, CIE Publication P. 69.20.
- Dartnall, H. J. A., Bowmaker, J. K., Mollon, J. D., 1983, Human visual pigments: microspectrophotometric results from the eyes of seven persons, *Proceedings of the Royal Society of London*, B 220, pp. 115-130.
- Daurat, A., Foret, J., Benoit, O., Mauco, G., 2000, Bright light during nighttime: effects on the circadian regulation of alertness and performance, *Biological Signal and Receptors*, 9, pp. 309-318.
- Davis, R. G., Ginthner, D. N., 1990, Correlated color temperature, illuminance level, and the Kruithof curve, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 19, pp. 27-38.
- Dawson, D., Campbell, S. S., 1991, Timed exposure to bright light improves sleep and alertness during simulated night shifts. *Sleep: Journal of Sleep Research & Sleep Medicine*, 14, pp. 511-6.
- De Valois, R. L., Abramov, I., Mead, W. R., 1967, Single cell analysis of wavelength discrimination at the lateral geniculate nucleus in the macaque, *Journal of Neurophysiology*, 30, pp. 415-433.
- Diaper, G., 1990, The Hawthorne Effect: a fresh examination, *Educational Studies*, 16, pp. 261-267.
- Dijk, D. J, Archer, S. N., 2009, Light, sleep, and circadian rhythms: together again, *PLoS Biology*, 7, pp. e1000145.
- Dunn, R., Krinsky, J. S., Murray, J. B., Quinn, P. J., 1985, Light up their lives: A research on the effects of lighting on children's achievement and behavior, *The Reading Teacher*, vol. 38, n° 19, pp. 863-869.
- Eklund, N. H, Boyce, P. R, Simpson, S. N., 2000, Lighting and sustained performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 29, pp. 116-130.
- Eklund, N. H, Boyce, P. R, Simpson, S. N., 2001, Lighting and sustained performance: modeling dataentry task performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30, pp. 126-140.
- Enomoto, N., Nomura, J., Sawada, K., Imamura, K., Nagamachi, M., 1995, Kitchen planning system using kansei VR, *Advances in Human Factors/Ergonomics*, vol. 20, n° C, pp. 185-190.
- Erdoğmuş, S., Koç, E., 2011, Using kansei engineering to improve the physical environment of the classroom, *New Educational Review*, vol. 23, n° 1, pp. 245-253.

- Erwine, B., 2006, *Lighting in Safe and Healthy School Environments*, ed. Frumkin, H., Geller, R., Rubin, I.L., Nodvin, J., Oxford University Press, Oxford.
- Espiritu, R. C., Kripke, D. F., Ancoli-israel, S., Mowen, M. A., Mason, W. J., Fell, R. L., Klanber, M. R., Kaplan, D. J., 1994, Low illumination experienced by San Diego adults: Association with atypical depressive symptoms, *Biological Psychiatry*, 35, 403-407.
- Failey, A., Bursor, D. E., Musemeche, R. A., 1979, The impact of color and lighting in schools, *Council of Educational Facility Planners Journal*, pp. 16-18.
- Falk, N., 1972, New Standards for Classroom Lighting, *American School and University*, vol. 44, n° 7, pp. 21-28.
- Favero, F., 2012, *Natural Light: Daylight and artificial light for the design of future spaces*, Abstract for Lumenet 2012, University of Sheffield, Sheffield.
- Fleischer, S. E., 2001, *Die psychologische Wirkung veränderlicher Kunstlichtsituationen auf den Menschen (The psychological effect of variable artificial lighting on human beings)*, Tesis doctoral, TU Berlin, Berlin.
- Ferguson, R. V., Munson, P. A., Victoria, B. C., 1987, *The Effects of Artificial Illumination on the Behaviour of Elementary School Children*, Final Report to Extramural Research Programs Directorate Health Services and Promotions Branch Health and Welfare Canada, University of Victoria, Victoria, Canada.
- Fernández-Ballesteros, R., 1980, *Psicodiagnóstico*, ed. Cincel - Kapelusz, Madrid.
- Fernández-Ballesteros, R., 1992, Evaluación e intervención psicológica en la vejez, ed. Martínez Roca, Barcelona.
- Fishman, I., 1984, *A Review of the School Lighting - Past, Present & Future*, Conference record, Industry Applications Society, IEEE-IAS Annual Meeting, p. 1393.
- Flynn, J. E., 1975, *A study of lighting as a system of spatial cues*, EDRA-6 Workshop en The Psychological Potential of Illumination, University of Kansas, April.
- Flynn, J. E., Spencer, T. J., Martyniuk, O., Hendrick, C., 1975, *The influence of spatial light on human judgment*, Dissertation in the 181ª session, P-75-03, CIE Congress, London, pp. 39-46.
- Flynn, J. E., Hendrick, C., Spencer, T., Martyniuk, O., 1979, A guide to methodology procedures for measuring subjective impressions in lighting, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 8, pp. 95-110.
- French, J., Hannon, P., Brainard, G. C., 1990, Effects of bright illuminance on body temperature and human performance. *Annual Review of Chronopharmacology*, 7, pp. 37-40.

- Fortuin, G. J., 1951, Visual power and visibility, *Philips Research Report*, 6, pp. 251-87, 347-71.
- Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, New Lighting Recommendations for the Classroom of the Future Based on Luminous Parameters of Display Screen Equipment, *Journal of Light & Visual Environment*, vol. 34, nº 3, pp. 165-169.
- Fotios, S., Levermore, G. J., 1995, Visual perception under tungsten lamps with enhanced blue spectrum, *Lighting Research and Technology*, 27, pp. 173-179.
- Fox, A. W., 2001, *Topical Reports: Sustainable Design for Schools*, Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center, Seattle, WA, p. 1-13.
- Fukushima, K., Kawata, H., Fujiwara, Y., Genno, H., 1995, Human sensory perception oriented image processing in color copy system, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 1, nº 15, pp. 63-74.
- Galiana, M., Llinares, M. C., Page, A., 2012, Subjective evaluation of music hall acoustics: Response of expert and non-expert users, *Building and Environment*, vol. 58, December, pp. 1-13.
- Galiana Martínez, M., 2009, La Ingeniería Kansei como herramienta de análisis de percepciones sonoras, DEA, Dirección: Llinares Millán, C., Page del Pozo, A., Dpto. de Física Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Galiana Martínez, M., 2010, *La Ingeniería Kansei como herramienta de análisis de percepciones sonoras*, tesis doctoral inédita, Dirección: Llinares Millán, C., Page del Pozo, A., Dpto. Física Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- George, D., Mallery, P., 1995, SPSS/PC+Step by step: a simple guide and reference, Wadsworth Publishing Company, New York.
- Gibson, C. D., 1965, Today's Concepts in School Lighting, *American School Board Journal*, June.
- Gifford, R., 1994, *Scientific evidence for claims about full-spectrum lamps: past and future*, in J.A. Veitch (ed.), Full-Spectrum Lighting Effects on Performance, Mood, and Health, IRC Internal Report nº 659, Ottawa, National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction, pp. 37-46.
- Gifford, R., 1997, *Environmental Psychology: Principles and Practice*, 2ªed, ed. Allyn & Bacon, Boston.
- Gifford, R., Ng, C. F., 1982, The relative contribution of visual and auditory cues to environmental perception, *Journal of Environmental Psychology*, 2, pp. 275-284.

- Giménez, A., Sendra, J. J., Vela, A., Daumal, F., Cibrian, R., Zamarreño, T., Arana, M., Romero, J., Girón, S., San Martín, M.L., Cerdá, S., Galindo, M., Aramendía, E., Lacatis, R., Bustamante, P., San Martín, R., Segura, J., Muñoz, J. M. S., Miralles, J. L., 2006, Proceso de elaboración de un test de respuesta subjetiva de oyentes en general y expertos musicales, como herramienta de valoración de la percepción musical en salas de conciertos, auditorios y teatros, *TecniAcústica*, número especial de la Revista de Acústica, vol. 37, nº 3-4, Gandía, Valencia.
- Govén, T., Laike, T., Raynham, P., Sansal, E., 2010, *The influence of ambient lighting on pupils in classrooms - considering visual, biological and emotional aspects - as well as use of energy*, Proceedings of the International Commission on Illumination Conference, Vienna, Austria.
- Grangaard, E. M., 1993, *Effects of Color and Light on Selected Elementary Students*, tesis doctoral inédita, Department of Educational Administration and Higher Education, University of Nevada, Las Vegas.
- Grangaard, E. M., 1995, *Color and Light Effects on Learning*, Association for Childhood Education International Study Conference and Exhibition, Washington, D. C., April 12-15, pp. 1-6
- Grunberger, J., Linzmayer, L., Dietzel, M., Saletu, B., 1993, The effect of biologically-active light on the neo-psyche and thymopsyche on psychophysiological variables in healthy volunteers, *International Journal of Psychophysiology*, 15, pp. 27-37.
- Guth, S., White, E., 1965, Challenge of tomorrow's lighting, *School Board Journal*, pp. 25-27.
- Guttman, L., 1945, A basis for analyzing test-retest reliability, *Psychometrika*, vol. 10, nº 4, pp. 255-282.
- Guzowski, M., 2000, Address Health and Wellbeing, in *Daylighting for Sustainable Design*, ed. McGraw-Hill, ed. New York, pp. 291-339.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., Black, W. C., 2000, *Multivariate Data Analysis*, 5ª ed., Prentice Hall Iberia, Madrid.
- Halonen, L., 1993, *Effects of Lighting and Task Parameters on Visual Acuity and Performance*, NTIS no. PB94-179231, Espoo: Helsinki University of Technology.
- Halonen, L., Eloholma, M., Lehtovaara, J., 1993, *Lighting Objectives and Demands of Future Buildings*, NTIS no. PB94-132503, Espoo, Helsinki University of Technology.
- Harding, G. F. A., 1994, *Photosensitive Epilepsy*, vol. 9, nº 3, [publicación en línea], disponible en: <<http://www.epilepsytoronto.org/photo.html>>, [consultado 10 abril 2013].

- Harmon, D. B., 1951, *The Co-ordinated Classroom*, ed. American Seating Co., Grand Rapids, Michigan.
- Hathaway, W. E., 1982, *Lights, Windows, Color: Elements of the School Environment*, Annual Meeting of the Council of Educational Facility Planners, International, 59th, Columbus, OH, September 26-29, p. 4.
- Hathaway, W. E., 1988, Educational facilities: Neutral with respect to learning and human performance, *CEFPI Journal*, vol. 26, n° 4, pp.8-12.
- Hathaway, W. E., Hargreaves, J. A., Thompson, G. W., Novitsky, D., 1992, *A Study into the Effects of Light on Children of Elementary School-Age—A case of Daylight Robbery*, IRC Internal Report No. 659, Planning and Information Services, Alberta Dept. of Education, Edmonton.
- Hathaway, W. E., 1994. Non-visual effects of classroom lighting on children. *Educational Facility Planner*, vol. 32, n° 3, pp. 12-16.
- Hathaway, W. E., 1995, Effects of School Lighting on Physical Development and School Performance, *The Journal of Educational Research*, vol. 88, n° 4, March - April, pp. 228-242.
- Hattar, S., Kumar, M., Park, A., Tong, P., Tung, J., Yau, K. W., *et al.*, 2006, Central projections of melanopsin-expressing retinal ganglion cells in the mouse, *The Journal of Comparative Neurology*, vol. 497, n° 3, pp. 326-49.
- Hattar, S., Liao, H. W., Takao, M., Berson, D. M., Yau, K. W., 2002, Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity, *Science*, vol. 295, n° 5557, pp. 1065-70.
- Hayashi, C., 1976, *Method of Quantification*, Toyokeizai, Tokyo.
- Hecht, S., Schlaer, S., Pirenne, M. H., 1942, Energy, Quanta, and Vision, *The Journal of General Physiology*, vol. 25, n° 6, pp. 819-840.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., 1998, *Metodología de la investigación*, 2ª ed., ed. Mc Graw-Hill, México.
- Heschong Mahone Group, 1999, *Daylighting in Schools. An investigation into the relationship between daylight and human performance*, Detailed Report for Pacific Gas and Electric Company, Fair Oaks, CA.
- Hollwich, F., Dieckhues, B., 1980, The effect of natural and artificial light via the eye on the hormonal and metabolic balance of animal and man, *Ophthalmologica*, vol. 180, n° 4, pp. 188-197.
- Hopkinson, R. G., Longmore, J., 1959. Attention and distraction in the lighting of work-places, *Ergonomics*, 2, pp. 321-334.
- Horiguchi, A., Takamasa, S., 1995, A Kansei Engineering approach to a driver/vehicle system, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15, n° 1, pp. 25-37.

- Horne, J. A., Östberg, O., 1976, A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms, *International Journal of Chronobiology*, vol. 4, pp. 97-110.
- Horton, C. D., 1972, *Humanization of the learning environment*, Arlington, VA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED066929).
- Houser, K. W., Tiller, D. K., Bernecker, C. A., Mistrick, R. G., 2002, The subjective response to linear fluorescent direct/indirect lighting systems, *Lighting Research and Technology*, vol. 34, n° 3, pp. 243-264.
- Hoyt, C., 1941, Test reliability estimated by analysis of variance, *Psychometrika*, vol. 6, n° 3, pp. 153-160.
- Hsu, S. H., Chuang, M. C., Chang, C. C., 2000, A semantic differential study of designers' and users' product form perception, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 25, n° 4, May, pp. 375-391.
- Huang, H., Chen, G., 2010, *Study on Energy Saving Lighting of Classroom based on Cirtopic*, International Conference on Digital Manufacturing & Automation, ChangSha, China, pp. 471-474.
- Hughes, P. C., 1980, The use of light and color in health, en Hastings, A.C., Fadiman, J., Gordon, J.S. (eds), *The Complete Guide to Holistic Medicine: Health for the Whole Person*, Boulder, CO, Westview Press, pp. 294-308.
- Hughes, P. C., 1981, School Lighting for the Total Person: A Psychobiological Approach, *Council of Educational Facility Planners Journal*, March - April, pp. 4-6.
- Ichitsubo, M., Komatsu, K., Takemura, T., Nishino, T., Nagamachi, M., 1999, Fundamental study on design characteristics of arched bridge, *Kansei engineering II*, pp. 95-102.
- IDAE, CEI, 2001, *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes*, ed. IDAE, Madrid.
- Isen, A. M., Baron, R. A., 1991, Affect as a factor in organizational behavior. In Staw B.M, Cummings, L. L, editors, *Research in organizational behavior*, ed. JAI Press, Greenwich, CT.
- Ishihara, S., Ishihara, K., Nagamachi, M., 1998, *Kansei inference system and internet VR*, Manuf. Hybrid Automation-II, pp. 403-406.
- Ishihara, S., Ishihara, K., Nagamachi, M., Matsubara, Y., 1997, An analysis of Kansei structure on shoes using self-organizing neural networks, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 19, n° 2, February, pp. 93-104.

- Ishihara, S., Matsubara, T., Nagamachi, M., Matsubara, Y., 2011, Kansei analysis of the Japanese residential garden and development of a low-cost virtual reality Kansei engineering system for gardens, *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2011, n° article 295074, 12 p.
- Iszó, L., 2001, *Developing Evaluation Methodologies for Human-Computer Interaction*, University Press, Delft.
- Iszó, L., Majoros, A., 2001, Dynamic lighting as a toll for finding better compromise between human performance and strain, *Applied Psychology in Hungary*, pp. 83-95.
- Iszó, L., 2009, *Appropriate dynamic lighting as a possible basis for a smart ambient lighting*. In Stephanidis, C., editor, *Universal Access in HCI*, Part II, HCII, LNCS 5615, Heidelberg, Springer Verlag, pp. 67-74.
- Jago, E., Tanner, K., 1999, *Influence of the school facility on student achievement: Lighting; color*, [publicación en línea], Athens, Ga., Dept. of Educational Leadership, University of Georgia, disponible en: <<http://www.coe.uga.edu/sdpl/research/abstracts/visual.html>>, [consultado 8 mayo 2013].
- Jindo, T., Hirasago, K., 1997, Application studies to car interior of Kansei engineering, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 19, n° 2, February, pp. 105-114.
- Jindo, T., Hirasago, K., Nagamachi, M., 1995, Development of a design support system for office chairs using 3-D graphics, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15, n° 1, January, pp. 49-62.
- Jou, J. H., Chen, S. H., Shen, S. M., Jou, Y. C., Lin, C. H., Peng, S. H., Hsia, S. P., Wang, C. W., Chenc, C. C., Wang, C. C., 2011, High efficiency low color-temperature organic light-emitting diodes with a blend interlayer, *Journal of Materials Chemistry*, 21, pp. 17850-17854.
- Juslén, H., Tenner, A., 2005, Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 843-855, pp. 846.
- Kaida, K., Takahashi, M., Haratani, T., Otsuka, Y., Fukasawa, K., Nakata, A., 2006, Indoor exposure to natural bright light prevents afternoon sleepiness, *Sleep*, 29, pp. 462-469.
- Kaida, K., Takahashi, M., Haratani, T., Otsuka, Y., 2007, A short nap and natural bright light exposure improve positive mood status, *Industrial Health*, 45, pp. 301-308.
- Karpen, D., 1993, *Full Spectrum Polarized Lighting: An Option for Therapy Boxes*, 101st Annual Convention of the American Psychological Society, Toronto.

- Kass, R. A., Tinsley, H. E. A., 1979, Factor analysis, *Journal of Leisure Research*, 11, pp. 120-138.
- Katsuura, T., *Physiological anthropology: effects of artificial light environment on humans*, [publicación en línea]. En: Rudan, P., 2009, *Physical (Biological) Anthropology*, ed., EOLSS Publishers Co Ltd., Reino Unido, disponible en: <<http://www.eolss.net/sample-chapters/c03/e6-20a-05.pdf>>, [consultado 8 mayo 2013].
- Kerkhof, G. A., 1999, *Licht en prestatie*, Proceedings, Symposium Licht en Gezondheid, Amsterdam.
- Kim, Y. J., Kim, J. T., 2011, *A comparative analysis of the luminous environment of school classrooms with different orientations*, Proceedings of the 13th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, p. 12.
- King, J., Marans, R. W., 1979, *The physical environment and learning process*. (Report No. 320-ST2), ed. Ann Arbor, Univeristy of Michigan Architetural Research Laboratory, Michigan.
- Kish, L., 1995, *Diseño estadístico para la Investigación*, ed. Siglo XXI-Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid.
- Knirk, F. G., 1970, Acoustical and Visual Environments Affect Learning, *Audiovisual Instruction*, vol. 15, pp 34-35.
- Kleiber, D. A., Musick, P. L., Jayson, J. K., 1973, *Environmental Illumination and Human Behavior: The Effects of Spectrum of Light Source on Human Performance in a University Setting*, Center for Improvement of Undergraduate Education, Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Kleiber, D. A., Musick, P. L., Jayson, J. K., Maas, J. B., Bartholomew, R.P., 1974, Lamps-their effect on social interaction and fatigue, *Lighting Design and Application*, 41, pp. 51- 53.
- Kluth, P., 2004, Autism, Autobiography and Adaptations: Teaching Exceptional Children, *Teaching Exceptional Children*, vol. 36 nº 4, pp. 42-47.
- Knez, I., 1995, Effects of indoor lighting on mood and cognition. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 15, nº 1, pp. 39-51.
- Knez, I., Enmarker I., 1998, Effects of office lighting on mood and cognitive performance and a gender effect in work-related judgment, *Environment and Behavior*, vol. 30, nº 4, pp. 553-567.
- Knez, I., 2001, Effects of colour of light on nonvisual psychological processes, *Journal of Environmental Psychology*, 21, pp. 201-208.
- Knez, I., Niedenthal, S., 2008, Lighting in digital game worlds: effects on affect and play performance, *CyberPsychology and Behavior*, 11, pp. 129-208.

- Knirck, F. G., 1970, Acoustical and visual environments affect learning, *Audiovisual Instruction*, vol. 15, n° 1, pp. 34-35.
- Kobayashi, H., Sato M., 1992, The effect of color temperature of lighting sources on mental activity level, *Annals of Physiological Anthropology*, 11, pp. 45-49.
- Koopes, W., 1962, *Design Criteria for Learning Spaces. Seating-Lighting-Acoustics*, Rensselaer Polytechnic Inst., School of Architecture, Troy, New York.
- Kruithof, A. A., 1941, Tubular Luminescence Lamps for General Illumination, *Philips Technical Review*, 6, pp. 65-96.
- Kruscal, J. B., 1964, Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis, *Psychometrika*, vol. 29, pp. 1-27 (a).
- Kruscal, J. B., 1964, Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method, *Psychometrika*, vol. 29, pp. 115-129 (b).
- Küller, R., 1986, Physiological and psychological of illumination and colour in the interior environment, *Journal of Light and Visual Environment*, 10, pp. 33-37.
- Küller, R., Ballal, S., Laike, T., Mikellides, B., Tonello, G., 2006, The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor working environments, *Ergonomics*, 49, pp. 1496-1507.
- Küller, R., Laike, T., 1998, The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance and physiological arousal, *Ergonomics*, 41, pp. 433-447.
- Küller, R., Lindsten, C., 1992, Health and behavior of children in classrooms with and without windows, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 12, n° 4, pp. 305-317.
- Küller, R., Wetterberg, L., 1993, Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: impact of two fluorescent lamp types at two light intensities, *Lighting Research and Technology*, 25, pp. 71-81.
- LaGiusa, F. F., Perney, L. R., 1973. Brightness patterns influence attention spans, *Lighting Design + Application*, vol. 3, n° 5, May, pp. 26-30.
- LaGiusa, F. F., Perney, L. R., 1974, Further studies on the effects of brightness variations on attention span in a learning environment, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3, pp. 249-52.
- Lebart, L., Morienau, A., Fenelo, J. P., 1985, *Tratamiento Estadístico de Datos*, ed. Marcombo, Barcelona.
- Le Corbusier, 1977, *Hacia una arquitectura*, ed. Poseidón, Buenos Aires.

- Lehr, S., Gerstmeyer, K., Jacob, J. H., Frieling, H., Henkel, A. W., Meyer, R., Wiltfang, J., Kornhuber, J., Bleicht, S., 2007, Blue light improves cognitive performance, *Journal of Neural Transmission*, 14, pp. 457-460.
- Levy, C., Howe, W., 1967, *Brighten your Corner*, Broadcast N° 7464, University Explorer, University of California, Los Ángeles, 4 p.
- Lewy, A. J., Kern, H. A., Rosenthal, N. E., Wehr, T. A., 1982, Bright artificial light treatment of a manic-depressive patient with a seasonal mood cycle, *American Journal of Psychiatry*, 139, pp. 1496-1498.
- Lexington, A., 1989, Healthy offices: Hard to define, but we need them, *The Office*, pp. 73-75.
- Lindner, H., Kropf, S., 1993, Asthenopic complaints associated with fluorescent lamp illumination (FLI): the role of individual disposition, *Lighting Research and Technology*, 25, pp. 59-69.
- Linhares, J. M. M., Felgueiras, P. E. R., Pinto, P. D., Nascimento, S. M. C., 2010, Colour rendering of indoor lighting with CIE illuminants and white LEDs for normal and colour deficient observers, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30, pp. 618-625.
- Llinares, M. C., 2001, *Aplicaciones de la Ingeniería Kansei al Análisis de Productos inmobiliarios*, tesis doctoral, inédita, dir.: Pérez Montiel, M., Page del Pozo, A., Dpto. de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Llinares, M. C., Montañana, A., Fernández, I., María Pons M., 2011, *Análisis de la sensación de confort en bibliotecas universitarias mediante ingeniería Kansei*, XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Huesca, 6-8 de julio.
- Llinares, M. C., Page, A., 2007, Application of product differential semantics to quantify purchaser perceptions in housing assessment, *Building and Environment*, vol. 42, n° 7, July, pp. 2488-2497.
- Llinares, M. C., Page, A., 2008, Differential semantics as a Kansei Engineering tool for analysing the emotional impressions which determine the choice of neighbourhood: The case of Valencia, Spain, *Landscape and Urban Planning*, vol. 87, n° 4, 30 September 2008, pp. 247-257.
- Llinares, M. C., Page, A., 2009, Analysis of gender differences in the perception of properties: An application for differential semantics, *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 2, n° 1, pp. 273-298.

- Llinares, M. C., Page, A., 2011, Kano's model in Kansei Engineering to evaluate subjective real estate consumer preferences, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 41, nº 3, May, pp. 233-246.
- Llinares, M. C., Page, A., Llinares, J., 2013, An approach to defining strategies for improving city perception. Case study of Valencia. Spain, *Cities*, vol. 35, December, pp. 78-88.
- Loe, D. L., Rowlands, E., 1996, The art and science of lighting: a strategy for lighting design, *Lighting Research & Technology*, 28, pp. 153-64.
- Lowden, A., Åkerstedt, T., Wibom, R., 2004, Suppression of sleepiness and melatonin by bright light exposure during breaks in night work, *Journal of Sleep Research*, 13, pp. 37-43.
- Luckiesh, M., Moss, F. K., 1940, Effects of classroom lighting upon the educational progress and visual welfare of school children, *Illuminating Engineering*, 35, pp. 915-938.
- Luque, T., 2000, Técnicas de análisis de datos de investigación de mercados, ed. Pirámide, Madrid.
- Maas, J. B., Jayson, J. K., Kleiber, D. A., 1974, Effects of Spectral Differences in Illumination on Fatigue, *Journal of Applied Psychology*, vol. 59, nº 4, August, pp. 524-526.
- MacAdam, D. L., 1955, Rautian on color discrimination, *Journal of the Optical Society of America*, 45, pp. 1065-1070.
- Maiden, J., Foreman, B. A., 1998, Cost, Design and Climate: Building a Learning Environment, *School Business Affairs*, vol. 64, nº1, January, p. 40-44.
- McCloughan, C. L. B., Aspinall, P. A., Webb, R. S., 1999, The impact of lighting on mood, *Lighting Research and Technology*, 31, pp. 81-88.
- Mahler, E., Ezrati, J. J., Vienot, F., 2009, Testing LED lighting for colour discrimination and colour rendering, *Color Research & Application*, 34, pp. 8-17.
- Majoros, A., 2001, *Effects of Dynamic Lighting*, ed. Lux Europa, Reykjavik, Iceland.
- Matas Terrón, A., 2003, Calidad percibida de las aulas universitarias un instrumento para su valoración, *Ágora digital*, nº 6.
- Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, Hybrid Kansei Engineering System and Design Support, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 2, nº 19, February, pp. 81-92.
- Mayron, L. W., Ott, J. N., Nations, R., Mayron, E. L., 1974, Light, radiation and academic behavior. Initial Studies on the Effects of Full-Spectrum Lighting and Radiation Shielding on Behavior and Academic Performance of School Children, *Academic Therapy*, vol. 10, nº 1, pp. 33-47.

- McColl, S. L., Veitch, J. A., 2001, Full-spectrum fluorescent lighting: a review of its effects on physiology and health, *Psychological Medicine*, vol. 31, nº 6, pp. 949-64.
- McGowan, T. K., 1996, *GE Lighting*, personal communication, 18 October 1996.
- McNelis, J. F., Howley, J. G., Dore, G. E., Delaney, W. B., 1985, Subjective appraisal of colored scenes under various fluorescent lamp colors, *Lighting Design and Application*, vol. 15, nº6, June, pp. 25-29.
- Mehrabian, A., Russell, J. A., 1974, *An Approach to Environmental Psychology*, ed. MIT Press, Cambridge.
- Mills, P. R., Tomkins, S. C., Schlangen, L. J. M., 2007, The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance, *Journal of Circadian Rhythms*, vol. 5, nº 2, pp. 2-10.
- Montañana, A., 2009, *Estudio cuantitativo de la percepción del usuario en la valoración de ofertas inmobiliarias mediante Ingeniería Kansei*, tesis doctoral, inédita, dir.: Llinares, M. C., Dpto. de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Montico, S., 2009, Percepción de la condiciones ergonómicas del aula universitaria, *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, nº VX.
- Morales, P., 2013, *El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas y cuestionarios*, [publicación en línea], Universidad Pontificia Comillas, Madrid, disponible en: <<http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/AnalisisFactorial.pdf>>, [consultado 9 febrero 2014].
- Morita, T., Tokura H., 1996, Effects of lights of different color temperature on the nocturnal changes in core temperature and melatonin in humans, *Applied Human Science*, 15, pp. 243-246.
- Mukea, H., Sato, M., 1992, The effect of color temperature of lighting sources on the autonomic nervous functions, *Annals of Physiological Anthropology*, 11, pp. 533-538.
- Munson, P., Ferguson, R., 1988, *The influence of fluorescent illumination on the behavior of school children*, (Manuscrito sin publicar), British Columbia: School of Child Care, University of Victoria, Victoria.
- Myers, B. L., Badia, P., 1993, Immediate effects of different light intensities on body temperature and alertness, *Physiology & Behavior*, 54, pp. 199-202.
- Nagamachi, M., 1991, An image technology expert system and its application to design consultation, *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 3, nº 3, pp. 267-279.

- Nagamachi, M., 1995, Kansei Engineering: a new ergonomic consumer-orientated technology for consumer development, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, pp 3-11.
- Nagamachi, M., 1997, *Kansei Engineering: the framework and methods*, in Nagamachi, M. (ed.), Kansei Engineering 1, Kaibundo Publishing co. Ltd, Kure, pp. 1-9.
- Nagamachi, M., 2000, *Application of Kansei engineering and concurrent engineering to a cosmetic product*, Proceedings of the ERGON-AXIA, May, Warsaw, Poland.
- Nagamachi, M., 2001, Proceedings of International Conference on Affective Human Factors Design, Workshop 2 on Kansei Engineering, Singapore.
- Nagamachi, M., 2002, Kansei as powerful consumer-oriented technology for product development, *Applied Ergonomics*, 33, pp. 289-294.
- Nagamachi, M., Imada, A.S., 1995, Kansei Engineering: An ergonomic technology for product development, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15, nº 1, January, p. 1.
- Nagamachi, M., Matsubara, Y., Nomura, J., Sawada, K., Kurio, T., 1996, Virtual Kansei environment and an Approach to Business, *Human Factors in Organizational Design and Management*, V, pp. 3-6.
- Nagasawa, S., 1995, *Fuzzy sensory evaluation of condominia's façade*, IEEE International Conference on Fuzzy Systems, vol. 2, pp. 503-508.
- Nakada, K., 1997, Kansei engineering research on the design of construction machinery, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 19, nº 2, February, pp. 129-146.
- NCSC, 1964, *Guide for Planning School Plants*, ed. American Association of School House Construction, The Council, Columbus, Ohio.
- Newman, M., 2009, *Post-Occupancy Evaluation of Primary Schools: A Multi-Stakeholder Perspective*, tesis doctoral, Coventry University.
- Newsham, G. R, Veitch, J. A., 2001, Lighting quality recommendations for VDT offices: A new method of derivation, *Lighting Research and Technology*, 33, pp. 97-116.
- Nicklas, M. H., Bailey, G. B., 1995, *Student Performance in Daylit Schools*, Innovative Design.
- Nishikawa, K., Hirasawa, Y., Nagamachi, M., 1996, *A study of Kansei engineering as a method for evaluating the thermal environment*, Human factors in organizational design and management International symposium, 5th, pp. 13-18.

- Nishikawa, K., Hirasawa, Y., Nagamachi, M., 1997, Evaluation of thermal environment based on Kansei engineering, *The Japanese journal of ergonomics*, vol. 33, n° 5, pp. 289-296.
- Nishikawa, K., Hirasawa, Y., 1999, A study of the effects of a thermal environment created by a floor heating system on learning efficiency, *The Japanese journal of ergonomics*, vol. 35, n° 3, pp. 177-184.
- Nunnally, J. C., 1978, *Psychometric theory*, ed. McGraw-Hill, New York.
- Ohtomi, K., Hosaka, R., 2012, *Home appliance sound design in consideration of home environment*, 41st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2012, INTER-NOISE 2012, vol. 8, pp. 6448-6461.
- O'Leary, K. D., Rosenbaum, A., Brooks, S., Hughes, P.C., 1978, Fluorescent lighting; a purported source of hyperactive behavior, *Journal of Abnormal Child Psychology*, vol. 6, n° 3, pp. 285-289.
- Osgood, C. K., Suci, G. J., Tannenbaum, P. H., 1957, *The measurement of meaning*, University of Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Ouellette, M. J., 1993, Measurement of light: Errors in broad band photometry, *Building Research Journal*, 2, pp. 25-30.
- Oviedo, H. C., Campo-Arias, A., 2005, Aproximación al uso del coeficiente Alpha de Cronbach, *Revista Colombiana de Psiquiatría*, vol. 34, n° 4.
- Papadotas, S. P., 1973, Color them motivated-color's psychological effects on students. *National Association of Secondary School Principals Bulletin*, vol. 57, n° 370, pp. 92-94.
- Pardo, P. J., Cordero, E. M., Suero, M. I., Pérez, A. L., 2012, Influence of the correlated color temperature of a light source on the color discrimination capacity of the observer, *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 29, n° 2, pp. 209-215.
- Partonen, T., Lönnqvist, J., 2000, Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people, *Journal of Affective Disorders*, 57, pp. 55-61.
- Pattini, A., 2011, *Confort visual: aulas y oficinas*, Jornada técnica Tecnalia, Arquitectura y confort humano.
- Pauley, S. M., 2004, Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue, *Medical Hypotheses*, 63(4), pp. 588-96.
- Phillips, R. W., 1997. *Educational Facility Age and the Academic Achievement of Upper Elementary School Students*, Tesis doctoral sin publicar, University of Georgia.
- Phipps-Nelson, J., Redman, J. R., Dijk, D. J, Rajaratman, S. M. W., 2003, Daytime exposure to bright light, as compared to dim light, decreases sleepiness and improves psychomotor vigilance performance, *Sleep*, 26, pp. 695-700.

- Pinel, J. P. J., 2010, *Biopsychology*, 8th edition, ed. Pearson, Boston.
- Pinto, P. D., Felgueiras, P. E. R., Linhares, J. M. M., Nascimento, S. M. C., 2010, Chromatic effects of metamers of D65 on art paintings, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30, pp. 632-637.
- Plympton, P., Conway, S., Epstein, K., 2000, *Daylighting in Schools: Improving Student Performance and Health at a Price Schools Can Afford*, American Solar Energy Society Conference, June, National Renewable Energy Laboratory, Madison, Wisconsin.
- Pointer, M. R., 2003, *Report to the National Measurement System Directorate, New directions - Soft Metrology*, NPL Report CMSC 20/03, April.
- Poyser, L. R., 1983, *An examination of the classroom physical environment*, ed. Indiana University, South Bend, (ERIC Document Reproduction Services No. ED251954).
- Price, G. E., 1980, Which learning Style Elements Are Stable and Which Tend to Change? *Learning Styles Network Newsletter*, vol. 1, nº 3, p. 1
- Rautkylä, E., Puolakka, M., Tetri, E., Halonen, L., 2010, Effects of Correlated Colour Temperature and Timing of Light Exposure on Daytime Alertness in Lecture Environments, *Journal of Light and Visual Environment*, 34, nº 2, pp. 59-68.
- Baron, R. A, Rea, M. S, Daniels, S. G., 1992, Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: the potential mediating role of positive affect, *Motivation and Emotion*, vol. 16, nº 1, pp. 1-33.
- Rea, M. S., editor, IESNA, 1993a, *Lighting Handbook: Reference and Application*, 8th edition, ed. Illuminating Engineering Society of North America, New York.
- Rea, M. S., 1993b, A test of full-spectrum polarized lighting, *Lighting Magazine*, 6, pp. 24-25.
- Rea, M. S., editor IESNA, 2000, *Lighting Handbook: Reference and Application*, 9th edition, ed. Illuminating Engineering Society of North America, New York.
- Rea, M. S., Ouellette, M. J., 1991. Relative visual performance: a basis for application, *Lighting Research and Technology*, 23, pp. 135-44.
- Rea, M. S. *et al.*, 2007, *More than vision*, ed. Centro de Estudios e Investigación iGuzzini y Domus, Rozzano y Milán.
- Rea, M. S., Figueiro, M. G., Bullough, J. D., 2002, Circadian photobiology: an emerging framework for lighting practice and research, *Lighting Research and Technology*, 34, pp. 177-90.
- Rice, A. H., 1953, Color: what research knows about color in the classroom, *Nation's Schools*, I-VIII.

- Robson, E., 1874, *School Architecture*, ed. John Murray, London.
- Rodríguez, A., Rey, B., Alcañiz, M., 2011, Immersive virtual environments for emotional engineering: Description and preliminary results, *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, vol. 9, nº 1, pp. 161-164.
- Rosenthal, N. E., Sack, D. A., Carpenter, C. J., Parry, B. L., Mendelson, W. B., Wehr, T.A., 1985, Antidepressant effects of light in seasonal affective disorder, *American Journal of Psychiatry*, 142, pp. 163-170.
- Rossi, L., 2012, *Principles of Soft Metrology and measurement procedures in humans*, Abstract para Lumenet 2012, University of Sheffield, Sheffield.
- Rowlands, E., Loe, D. L., Waters, I. M., Hopkinson, R. G. 1971, Visual performance in illuminance of different spectral quality, in *Proceedings of the 17th session of the Commission Internationale de l'Éclairage*, Barcelona, (Bureau Centrale de la CIE, Paris).
- Rubenstein, F., *S/P Ratio*, [web en línea], Berkley labs, disponible en: <<http://www.sega-technologies.com/Pages/scotopicallyenhanced.aspx>>, [consultado 18 agosto 2013].
- Rüger, M., Gordijn, M. C. M, de Vries, B., Beersma, D. G. M., 2005, *Effects of diurnal and nocturnal bright light exposure on human performance and wake EEG*, in: Rüger M, editors. *Lighting up the clock: effects of bright light on physiological and psychological states in humans*, Tesis Doctoral, Groningen, Van Denderen, pp. 61-85.
- Rüger, M., Gordijn, M. C. M, Beersma, D. G. M, de Vries, B., Daan, S., 2006, Time-of-day-dependent effects of bright light exposure on human psychophysiology: comparison of daytime and night time exposure, *The American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 290, pp. 1413-20.
- Samuels, R., 1999, *Light, Mood and Performance at School: Final Report*, Department of Education and Training and Department of Public Works and Services, NSW, Australia.
- Santesmases, M., 2001, *Dyane versión 2. Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados*, ed. Pirámide, Madrid.
- Santos Plaza, C. M., 2003, *Evaluación funcional de la visión: Un enfoque educativo*, I Congreso Virtual INTEREDVISUAL sobre Intervención Educativa y Discapacidad Visual, octubre.
- Sato, M., Sakaguchi, T., Morita, T., 2005, The effects of exposure in the morning to light of different color temperatures on the behavior of core temperature and melatonin secretion in humans, *Biological Rhythm Research*, vol. 36, nº 4, pp. 287-292.

- Schneider, M., 2002, Do school Facilities Affect Academic Outcomes?, *National Clearinghouse for Educational Facilities*, National Institute of Building Sciences, Washington.
- Schokman-Gates, K., 1983, The Development and Investigation of the Pre-Adolescent Mood Scale, Paper presented in the Twenty-Fifth Anniversary Conference of the Psychologists, Association of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, 21 October.
- Schröder Socelec, *Distribución espectral de una fuente de luz*, [documento en línea], disponible en: <<http://www.schreder.com/esses/LearningCenter/EsencialAlumbrado/Pages/Spectral-distribution-of-a-lightsource.aspx>>, [consultado 2 agosto 2013].
- Schulman, M., 1989, *The effects of full spectrum lighting on the distractibility of elementary school learning disabled children*, Dissertation Abstracts International, 50, 2196B. (University Microfilms No. DA8917322).
- Schütte, S., 2005, *Engineering Emotional Values in Product Design - Kansei Engineering in Development*, Tesis Doctoral, Linköping Universitet, Institute of Technology, Sweden.
- Schütte, S. T. W., Eklund, J., Axelsson, J. R. C., Nagamachi, M., 2004, Concepts, methods and tools in Kansei Engineering, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 5, nº 3, May-June, pp. 214-231.
- Schütte, S., Lindberg, A., Eklund, J., 2006, *Subjective assessment of laminate flooring*, *Contemporary Ergonomics*, Annual Conference of the Ergonomics Society on Contemporary Ergonomics, Cambridge, United Kingdom, 4-6, April, pp. 194-198.
- Serafica, F. C., 1973, *Effects of Illumination on Attachment Behaviors in a Novel Environment*, Biennial meeting of the Society for Research in Child Development, Philadelphia, Pennsylvania.
- Shapiro, M., Roth, D., Marcus, A., 2001, The effect of lighting on the behavior of children who are developmentally disabled, *Journal of International Special Needs Education*, vol. 4, pp. 19-23.
- Shimizu, Y., Jindo, T., 1995, A fuzzy logic analysis method for evaluating human sensitivities, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15, nº 1, January, pp. 39-47.
- Siegel, A., 1988, *Statistics and Data analysis*, ed. John Wiley & Sons, New Cork.
- Singel, F. J., 1969, *Planning the Learning Environment*, ed. Public Schools, Madison Wisconsin.
- Sinofsky, E. R., Knirck, F. G., 1981, Choose the right color for your learning style, *Instructional Innovator*, vol. 26, nº3, pp. 17-19.

- Slater, A. I., Boyce P. R., 1990, Illuminance Uniformity on Desks: Where Is the Limit?, *Lighting Research and Technology*, vol. 22, n° 4, pp.165-174.
- Slegers, P., Moolenaar, N., Galetzka, M., van der Zanden, B., 2012, Lighting affects students' concentration positively: Findings from three Dutch studies, *Lighting Research and Technology*, vol. 45, n° 2, pp. 159-175.
- Smolders, K. C. H. J., de Kort, Y. A. W., Cluitmans, P. J. M., 2012, A higher illuminance induces alertness even during office hours: Findings on subjective measures, task performance and heart rate measures, *Physiology and Behavior*, vol. 107, n° 1, pp. 7-16.
- SPSS Base 10.0 Manual del usuario*, 1999, ed. SPSS Inc., Chicago.
- Stockman, A., Sharpe, L. T., 2000, Spectral sensitivities of the middle- and long-wavelength sensitive cones derived from measurements in observers of known genotype, *Vision Research*, 40, pp. 1711-1737.
- Stockman, A., Sharpe, L. T., Fach, C. C., 1999, The spectral sensitivity of the human short-wavelength cones, *Vision Research*, 39, pp. 2901-2927.
- Stone, P. T., 1992, Fluorescent lighting and health, *Lighting Research and Technology*, 24, pp. 55-61.
- Such, M. J., 2004, *La Ingeniería Kansei como modelo de simulación del fenómeno de la percepción. Aplicación en el sector del mobiliario de oficina*, Tesis doctoral, dirección: Porcar, R., Dpto. Ingeniería Mecánica y de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Suñé Torrents, A., 2004, *El impacto de las barreras de aprendizaje en el rendimiento de las organizaciones*, tesis doctoral inédita, dirección: Mundet Hiern, J., Departament d'Organització d'Empreses, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., 2001, *Using multivariate statistics*, 4th edition, ed. Allyn & Bacon, Boston.
- Takebuchi, S., Nakamura, T., Asami, H., Amasaka, K., 2012, The automobile exterior color design approach model, *Journal of Japan Industrial Management Association*, vol. 62, n° 6, February, pp. 303-310.
- Tanner, K., 2000, The Influence of School Architecture on Academic Achievement, *Journal of Educational Administration*, vol. 38, n° 4, pp. 309-330.
- Tanoue, C., Ishizaka, K., Nagamachi, M., 1997, Kansei Engineering: A study on perception of vehicle interior image, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 19, n° 2, February, pp. 115-128.

- Taylor, A., Gousie, G., 1988, The ecology of learning environments for children. *CEFPI Journal*, vol. 26, nº 4, pp. 23-28.
- Taylor, L. H., Sucov, E. W., 1974, The movement of people toward lights, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3, April, pp. 237-241.
- Tinker, M. A., 1939, The effect of illumination intensities upon speed of perception and upon fatigue in reading, *Journal of Educational Psychology*, vol. 30, nº 8, November, pp. 561-571.
- Tinker, M. A., 1950, Basic Requirements in School Lighting, *American Medical Association*, vol. 143, nº 4, pp. 362-364.
- Tharangie, K. G. D., Althaff Irfan, C. M., Yamada, K., Marasinghe, A., 2011, Appraisal and guideline to utilise colours in interactive learning environments based on Kansei engineering, *International Journal of Biometrics*, vol. 3, nº 4, October, pp. 285-299.
- Thompson, S., 1999, *Neurobehavioural Characteristics Seen in the Classroom: Developing an Educational Plan for the Student with Nld*, [publicación en línea], disponible en: <http://www.nldline.com.sue_educ.htm>, [consultado 12 noviembre 2013].
- Thorington, L., 1985, Spectral, irradiance, and temporal aspects of natural and artificial light, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 353, pp. 28-54.
- Thorington, L., Parascandola, L., Cunningham, L., 1971, Visual and Biologic Aspects of an Artificial Sunlight Illuminant, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 1, nº 10, pp. 33-41.
- Tomono, A., Yamamoto, S., 2013, Numerical evaluation method of effect of psychological factors on sensible temperature, *IEEE Transactions on Sensors and Micromachines*, vol. 133, nº 6, pp. 190-198+2.
- Tops, M., Tenner, A. D., Van den Beld, G. J., Begemann, S. H. A., 1998, *The effect of the length of continuous presence on the preferred illuminances in offices*, Proceedings CIBSE Conference.
- UNE-EN 12464-1:2012, Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores, ed. AENOR, Madrid.
- Valdez, P., Mehrabian, A., 1994, Effects of color on emotions, *Journal of Experimental Psychology*, 123, pp. 394-409.
- Van Bommel, W. J. M., 2006, Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work, *Applied Ergonomics*, 37, pp. 461-466
- Van Bommel, W. J. M., Van den Beld, G. J., 2004, Lighting for work: a review of visual and biological effects, *Lighting Research and Technology*, 36, pp. 255-266.

- Van Bommel, W. J. M., Van den Beld, G. J., Fassian, M., 2004, *Lighting at the Workplace: Biological and Visual Effects*, Philips Lighting, Eindhoven.
- Van den Beld, G. J., 2002 a, *Licht und Gesundheit*, Licht 2002 Tagung, Maastricht.
- Van den Beld, G. J., 2002 b, *Healthy lighting, recommendations for workers. Symposium healthy lighting at work and at home*, Eindhoven University of Technology
- Van Someren, E., Kessler, A., Mirmiran, M., Swaab, D. F., 1997, Indirect bright light improves circadian rest-activity rhythm disturbances in demented patients, *Biological Psychiatry*, 41, pp. 955-963.
- Veitch, J. A. (ed.), *Full-Spectrum Lighting Effects on Performance, Mood, and Health*, IRC Internal Report number 659, National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction, Ottawa, Ontario, Canada, pp. 30-36.
- Veitch, J. A., 2001, Psychological processes influencing lighting quality, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 30, n° 1, pp. 124-140.
- Veitch, J. A., 2002, *Principles of healthy lighting: highlights of CIE TC 6-11's forthcoming report*, Fifth International LRO lighting research symposium, Orlando.
- Veitch, J. A., Gifford, R., 1996, Assessing beliefs about lighting effects on health, performance, mood and social behavior, *Environment and Behavior*, 28, pp. 446-470.
- Veitch, J. A., Hine, D. W., Gifford, R., 1993, End users' knowledge, preferences, and beliefs for lighting, *Journal of Interior Design*, vol. 19, n° 2, pp. 15-26.
- Veitch, J. A., Julian, W., Slater, A. I., 1998, A framework for understanding and promoting lighting quality. In J.A. Veitch, editor, *Proceedings of the First CIE Symposium on Lighting Quality*, vol. CIE-x015-1998, Commission Internationale de l'Eclairage Central Bureau, Vienna, Austria, pp. 237-41.
- Veitch, J. A., McColl, S. L., 1995, Modulation of fluorescent light: Flicker rate and light source effects on visual performance and visual comfort, *Lighting Research and Technology*, vol. 27, n° 4, pp. 243-256.
- Veitch, J. A., McColl, S. L., 2001, A critical examination of perceptual and cognitive effects attributed to full-spectrum fluorescent lighting, *Ergonomics*, vol. 44, n° 3, p. 255.
- Veitch, J. A., Newsham, G. R., Boyce, P. R., Jones, C. C., 2008, Lighting appraisal, well-being and performance in open-plan offices: a linked mechanisms approach, *Lighting Research and Technology*, 40, pp. 133-151.

- Vergara, M., Mondragón, S., 2008, Ingeniería Kansei. Una potente metodología aplicada al diseño emocional, *Faz. Revista de diseño de integración*, nº 2, agosto, pp. 46-59.
- Vicente Mosquete, M. J., 2000, *Aspectos evolutivos y educativos de la deficiencia visual*, vol. II, cap. VI, apto. II. "Baja Visión", ed. O. N. C. E., pp. 63-104.
- Viola, A. U., James, M., Schlangen, L. J. M., Dijk, D. J., 2008, Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, vol. 34, nº4, pp. 297-306.
- Vrabel, P. L., Bernecker, C. A., Mistrick, R. G., 1995, Visual performance and visual clarity under electric light sources: Part 1-Visual performance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 24, nº 1, pp. 69-80.
- Webster, M. A., Miyahara, E., Malkoc, G., Raker, V. E., 2000, Variations in normal color vision. II. Unique hues, *Journal of the Optical Society of America A*, 17, pp. 1545-1555.
- Wessolowski, N., Schulte-Markwort, M., Barkmann, C., 2010, Wirksamkeit von dynamischem Licht im Schulunterricht, [publicación en línea], disponible en: <http://www.uke.de/kliniken/kinderpsychosomatik/downloads/klinik-kinderjugendpsychosomatik/ErgebnisberichtDL_7.pdf>, [consultado 1 diciembre 2010].
- Wessolowski, N., Schulte-Markwort, M., Barkmann, C., 2010, Laborstudie zur Replizierung der Wirksamkeit von dynamischem Licht im Schulunterricht. Disponible en: <http://www.uke.de/kliniken/kinderpsychosomatik/downloads/klinik-kinderjugendpsychosomatik/Ergebnisbericht_Labor1.pdf>, [consultado 1 diciembre 2010].
- Whillock, M., Clark, I. E., McKinlay, A. F., Todd, C. D., Mundy, S. J., 1988, *Ultraviolet Radiation Levels Associated with the Use of Fluorescent General Lighting, UV-A and UV-B Lamps in the Workplace and Home*, National Radiation Protection Board Report R221, London: HMSO.
- Wibom, R. I., Carlsson, L. W., 1987, *Work at video display terminals among office workers*, International Scientific Conference on Work with display units 86, Knave B., Wideback P. G., editors, Elsevier Science, pp. 357-367.
- Wilkins, A. J., Neary, C., 1991, Some visual optometric and perceptual effects of coloured glasses, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 11, pp. 163-171.
- Wilson, J. R., 1999, Virtual environments applications and applied ergonomics, *Applied Ergonomics*, 30, pp. 3-9.

- Winterbottom, M., Wilkins, A., 2008, Lighting and discomfort in the classroom, *Journal of Environmental Psychology*, 29, pp. 63-75.
- Wohlfarth, H., Sam, C., 1982, The effects of color-psychodynamic environmental color and lighting modification of elementary schools on blood pressure and mood: a controlled study, *International Journal of Biosocial and Medical Research*, 7, pp. 9-16.
- Wohlfarth, H., 1986, *Color and Light Effects on Students' Achievement, Behavior, and Physiology*, Planning and Information Service, Alberta Dept. of Education, Edmonton, Canada.
- Womack, D. W., 1963, *A Study of Factors Involved in Establishing a Satisfactory Acoustical Environment in the Classroom*, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee.
- Wu, W., Ng, E., 2003, A Review of the Development of Daylighting in School, *Lighting Research and Technology*, vol. 35, n° 2, pp.111-125
- Wurtman, R. J., 1968, Biological Implications of Artificial Illumination, A paper presented at the National Technical Conference of the Illuminating Engineering Society, Phoenix, Arizona, 63, 10, pp. 523-529.
- Wurtman, R. J., 1975a, The Effects of Light on the Human Body, *Scientific American*, vol. 233, n° 1, pp. 68-77.
- Wurtman, R. J., 1975b, The effects of light on man and other mammals, *Annual Review of Physiology*, 37, pp. 467-483.
- Wurtman, R. J., Weisel, J., 1969, Environmental lighting and Neuroendocrine Function: Relationship between spectrum of light source and gonadal, *Endocrinology*, vol. 85, pp. 1218-1221.
- Wurtman, R. J., Neer, R. M., 1970, Good light and bad, *New England Journal of Medicine*, 282, pp. 394-395.
- Wyon, D. P., 1996, *Indoor environmental effects on productivity*, IAQ'96: Paths to Better Building Environments, Teichman KY, editor, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA, pp. 5-15.
- Wyon, D. P., Andersen, I., Lundqvist, G. R., 1979, The effect of moderate heat stress on mental performance, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 5, pp. 352-361.
- Yan, Y., Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X., 2012, Evaluation Index Study of Students' Physiological Rhythm Effects under Fluorescent Lamp and LED, *Advanced materials research*, vol. 433-440, pp. 4757-4764.
- Yan, Y., Guan, Y., Lee, T. G., 2012, Experimental Research of Visual Performance with different Optical Spectrum Light Sources, *Advanced Materials Research*, vols. 433-440, pp. 6375-6383.

- Yan, Y. H. , Yan, N., Guan, Y., Zeng, H. Z., 2012, Impact on brain wave rhythm and learning efficiency by color temperature of artificial light sources, *Tumu Jianzhu yu Huanjing Gongcheng/Journal of Civil, Architectural and Environmental Engineering*, vol. 34, nº 1, February, pp. 76-79+90.
- Yan, Y. H., Tian, H., Guan, Y., Zhang, M. R., Zeng, H. Z., 2012, The influence of fluorescent lamps with different color temperatures and luminance levels on discrimination, *Chongqing Daxue Xuebao/Journal of Chongqing University*, vol. 35, nº 1 , pp. 141-146.
- Yan, Y. H., Guan, Y., Liu, X. D., Liu, W., 2010, Productivity and physiological response of students subjected to fluorescent lamps with different colour temperatures and luminance level “Tumu Jianzhu yu Huanjing Gongcheng, *Journal of Civil, Architectural and Environmental Engineering*, vol. 32, nº 4, august, pp. 85-89.
- Yoo, S., Gujar, N., Hu, P., Jolesz, F. A., Walker, M. P., 2007, The human emotional brain without sleep - a prefrontal amygdala disconnect, *Current Biology*, 17, p. 887.
- Zamkova, M. A., Krivitskaia, E. I., 1966, The effect of radiation by erythema-uviole lamps on the working capacity of students, *Gigiena i sanitaria*, vol. 31, nº 4, April, pp. 41-44.
- Zeitler, J. M., Dijk, D. J, Kronauer, R. E., Brown, E. N., Czeisler, C. A., 2000, Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression, *The Journal of Physiology*, 526, pp. 695-702.
- Zhang, F., Wang, J., 2013, Application of Kansei engineering in electric car design, *Applied Mechanics and Materials*, vol. 437, pp. 985-989.
- Zumthor, P., 2006. *Atmósferas*, Ed. G. Gilli, Barcelona.



Fig. 201. Anexos

Anexos

- Anexo 1. Índice de figuras y tablas
- Anexo 2. Relación de estudios investigados
- Anexo 3. Resumen resultados de los estudios
- Anexo 4. Texto original de Boyce, P.
- Anexo 5. Datos estadísticos
- Anexo 6. Fichas técnicas de las aulas estudiadas

ANEXO 1. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

- Fig. 1. Castilla, J. V., 1980, *Jóvenes bajo el sol*, [imagen digital], Villena, Alicante.
- Fig. 2. Castilla, J. V., 1980, *El Sol*, [imagen digital], Villena, Alicante.
- Fig. 3. Mua..., 2007, *hold me pls...*, [imagen digital], Male, Maale, Maldivas, [consultado: 4 septiembre 2013]. Disponible en: https://farm3.staticflickr.com/2314/2143275479_161ddf127e_o.jpg, JPEG, 800 x 531 px.
- Fig. 4. Castilla, J. V., 2002, *Árbol en patio interior*, [imagen digital].
- Fig. 5. Castilla, J. V., 2004, *Interior*, [imagen digital], Villajoyosa, Alicante.
- Fig. 6. Abad, D., 2012, *Dear Edi S*, [imagen digital], B.Lux - Vanlux, [consultado: 8 octubre 2013]. Disponible en: <http://www.grupoblux.com/cas/productos/dear-edi-s/david-abad/deco/b-lux/luminarias-desuspensi%C3%B3n/disenyadores/0/994de3f1-e886-40b0-98dba8627b69b3b0/0/#>, JPEG, 349 x 511px.

Capítulo 2

- Fig. 7. Fotografía de la autora, 2014, *Tomando notas*, [imagen digital], Alicante.
- Fig. 8. Leanoticias.com, 2012, *Escondite*, [imagen digital], [consultado: 31 octubre 2012]. Disponible en: <http://www.leanoticias.com/wp-content/uploads/2012/10/escondite.jpg>, JPEG, 376 x 257 px.
- Fig. 9. Figura de la autora, 2014, *Flujo luminoso*.
- Fig. 10. Figura de la autora, 2014, *Intensidad luminosa*.
- Fig. 11. Figura de la autora, 2014, *Iluminancia*.
- Fig. 12. Figura de la autora, 2014, *Luminancia*.
- Fig. 13. Figura de la autora, 2014, *Curva de distribución luminosa*.
- Fig. 14. Lechner, N., 2007, Iluminación. Conceptos generales, *Tectónica. Monografías de arquitectura, tecnología y construcción, Iluminación (I) artificial*, nº 24, septiembre, pág. 9.

- Fig. 15. Schröder Socelec, 2014, *Distribución espectral de una fuente de luz. Lámpara de halogenuros metálicos*, [imagen digital], [consultado: 5 abril 2014]. Disponible en: <http://www.schreder.com/SiteCollectionImages/ES/CentrodeFormacion/LightingBasicsEsp/Spectrum-met-Halide.jpg>, JPEG, 250 x 190 px.
- Fig. 16. Schröder Socelec, 2014, *Distribución espectral de una fuente de luz. Lámpara de sodio alta presión*, [imagen digital], [consultado: 5 abril 2014]. Disponible en: <http://www.schreder.com/SiteCollectionImages/ES/CentrodeFormacion/LightingBasicsEsp/Spectrum-high-pressure-sodium.jpg>, JPEG, 250 x 190 px.
- Fig. 17. Castilla, J. V., 2005, *Manzanas*, [imagen digital].
- Fig. 18. Ledsolintel, 2014, *Temperatura de color*, [imagen digital], [consultado: 5 abril 2014]. Disponible en: <http://ledsolintel.com/img/cms/imagen-temperatura-luz.jpg>, JPEG, 888 x 460 px.
- Fig. 19. General Motors, 2013, *LED matrix light system*, [imagen digital], © GM Company, [consultado: 15 abril 2014]. Disponible en: <http://media.opel.com/etc/designs/gm/site/docroot/img/1pxsp.png>, PNG, 1.200 x 799 px.
- Fig. 20. Universidad Nacional de Colombia, Sede de Bogotá, 2001, *Espectro de luz visible*, [imagen digital], [consultado: 5 abril 2014]. Disponible en: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/lecciones/cap02/imagenes/02_07_01.gif, JPEG, 383 x 470 px.
- Fig. 21. Seifert, U., colaborador de Wikipedia, 2007, *Carbon filament lamp*, [imagen digital], [consultado: 21 septiembre 2013]. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Carbonfilament.jpg>, JPEG, 1061 x 914 px.
- Fig. 22. Zarnivop, colaborador de Wikipedia, 2013, *Incandescent bulb lit*, [imagen digital], [consultado: 8 enero 2014]. Disponible en: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Incandescent_bulb_lit.jpg, JPEG, 1366 x 1641 px.
- Fig. 23. Shumankov, M., (Superia), 2007, *Abstract light*, [imagen digital], Bankq, Bulgaria, StockFreeImages.com. [consultado: 10 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.stockfreeimages.com/3870329/Abstract-light.html>, JPEG, 480 x 320 px.
- Fig. 24. Castilla, J. V., 2006, *El panteón de Roma*, [imagen digital].
- Fig. 25. Berving, 2007, *Light bulb*, [imagen digital], Estocolmo, Suecia, [consultado: 10 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.sxc.hu/photo/851760>, JPEG, 3072 x 2304 px.

- Fig. 26. Aristeas, colaborador de Wikipedia, 2009, *Ledoux, Theatre of Besançon*, [imagen digital], escaneado del catálogo de la exposición *Revolutionsarchitektur*. Boullée, Ledoux, Lequeu, ed. Günter Metken y Klaus Gallwitz, Baden-Baden, Staatliche Kunsthalle, 1970, del original: Ledoux, C. N., s.f., 1800, *Interior del teatro municipal de Besançon* (construido por Ledoux en 1784), visto en el espejo de un ojo, [consultado: 15 febrero 2014]. Disponible en: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Ledoux%2C_Theatre_of_Besan%C3%A7on.jpg, JPEG, 4757 x 341 px.
- Fig. 27. *Cono (célula)*, [imagen digital], [consultado: 10 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.fotosimagenes.org/imagenes/cono-celula-5-thumb.jpg>, JPEG, 621 x 1.008 px.
- Fig. 28. Van Bommel, W. J. M., Van den Beld, G. J., 2004, Lighting for work: a review of visual and biological effects, *Lighting Research and Technology*, 36, 4, p. 257.
- Fig. 29. Dahl, J., colaborador de Wikipedia, 2008, *A typical Snellen chart*, [imagen digital] del original: Snellen, H., 1862, *Snellen chart*, [consultado: 21 octubre 2013]. Disponible en: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9f/Snellen_chart.svg/481px-Snellen_chart.svg.png, PNG, 1303 x 1624 px.
- Fig. 30. Brainard *et al.*, 2001, Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor, *Journal of Neuroscience Research*, vol. 21, nº16, pp. 6405-6412. Adaptado por: Van Bommel *et al.*, 2004, *op. cit.*, p. 258.
- Fig. 31. Fortuin, G. J., 1951, Visual power and visibility, *Philips Research Report*, 6, pp. 251-87, 347-71. Citado por: Van Bommel *et al.*, 2004, *op. cit.*, p. 258.
- Fig. 32. CIE, 1986, *Guide on interior lighting*, CIE Publication 29.2, 1986, ed. CIE: International Commission on Illumination, Vienna. Citado por: Van Bommel *et al.*, 2004, *op. cit.*, p. 258.
- Fig. 33. Rea, M. S. *et al.*, 2007, *More than vision*, ed. Centro de Estudios e Investigación iGuzzini y Domus, Rozzano y Milán, p. 7.
- Fig. 34. S.f, *Conos y bastones*, [imagen digital], [consultado: 15 febrero 2013]. Disponible en: <http://fisiologianeurologica.wikispaces.com/file/view/ojo%2Bhumano.png/338732650/ojo%2Bhumano.png>, PNG, 366 x 400 px.
- Fig. 35. Chugoso, 2008, *Una clase muy divertida* [imagen digital], [consultado: 10 abril 2013]. Disponible en: <http://www.elperroflaco.com>, JPG, 470 x 352 px.

- Fig. 36. Boyce, P. R., Beckstead, J. W., Eklund, N. H, Strobel, R. W, Rea, M. S., 1997, Lighting the graveyard shift: the influence of a daylight-simulating skylight on the task performance and mood of night-shift, *Lighting Research and Technology*, 29, pp. 105-142. Citado por: Van Bommel *et al.*, 2004, *op. cit.*, p. 262.
- Fig. 37. Strüwing, s.f, *Munkegård School*, [imagen digital] de la obra: Jacobsen, A., 1954-1956, *Munkegård School*, Gentofte, [consultado: 8 mayo 2013]. Disponible en: <http://www.arnejacobsen.gentofte.dk/undervisningsmateriale.pdf>, JPG, 800 x 564 px.
- Fig. 38. Remondino, E., 1964, Jean Prouvé, Paris, [imagen digital] del catálogo de la exposición: Raichtlin, B., Graf, F., 2007, *Jean Prouvé. La poetica dell'oggetto tecnico*, ed. Skira, pp. 1-392, [consultado: 18 abril 2013]. Disponible en: <http://2.bp.blogspot.com/X1ftBNjO9Ts/Ti5OCvzb70I/AAAAAAAEAs/fmRyMdtpuko/s400/PROUV~1.JPG>, JPG, 400 x 325 px.
- Fig. 39. 1964-1965, *Retrato de Le Corbusier*, [imagen digital] del original: © FLC/ ADAGP, Paris and DACS, London 2011, [consultado: 1 noviembre 2013]. Disponible en: http://www.architecture.com/Images/RIBATrust/LeCorbusier/CorbAtTheBlackboard_261x342.jpg, JPG, 261 x 342 px.
- Fig. 40. Rizzo, W., 1953, *Le Corbusier*, Paris Match, [imagen digital], [consultado: 1 noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2012/09/26/le-corbusier-en-color/1348683435-lecorbusier2/>, JPG, 528 x 535 px.
- Fig. 41. Fotografía de la autora, 2014, *Tizas*, [imagen digital], Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 42. Smithson, P., Gill, A., 1950-54, *Escuela de Secundaria Hunstaton*, [imagen digital], [consultado: 12 noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.metalocus.es/content/es/blog/brutalismo-arquitectura-del-d%C3%ADa-a-%C3%ADa-poes%C3%ADa-y-teor%C3%ADa>, JPG, 680 x 442 px.
- Fig. 43. Terraza, M., E., 2006, > *light 1*, [imagen digital], Brasilia, Brasil, [consultado: 18 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.sxc.hu/photo/467736>, JPG, 2049 x 1537 px.
- Fig. 44. Brandt, M. Przyrembel, H., 1926, *Luminaria colgante*, [imagen digital], [consultado: 1 febrero 2013], Disponible en: <http://bauhausinformalismo.files.wordpress.com/2009/04/bauhaus63.jpg?w=110&h=300>, JPG, 300 x 766 px.

- Fig. 45. Osram, s.f., *Curva de confort de Kruithof*, [imagen digital], [consultado: 27 febrero 2013]. Disponible en: http://www.osram.com.mx/_global/img/Misc/Lighting_Design/E40_Reference_448px/Best_possible_light/lr_037_2.gif, GIF, 448 x 280 px.
- Fig. 46. HHahn, 2010, *Curva de luminosidad del ojo humano*, [imagen digital], [consultado: 1 marzo 2013]. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/LuminosityCurve1.svg/1654px-LuminosityCurve1.svg.png>, PNG, 1654 x 1063 px.
- Fig. 47. Castilla, J. V., 2013, *Elemento de atención*, [imagen digital], Alicante.
- Fig. 48. Archivo Nacional de los Países Bajos, sobre 1930, *Clase de matemáticas en una escuela holandesa de los años 30 del siglo XX*, [imagen digital], en Flickr, [consultado: 1 marzo 2013]. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/nationalarchieff/3896157508/in/set-72157622157626361/>, JPG, 827 x 493 px.
- Fig. 49. 1933, *interior de un aula del Pabellón de Secundaria del Edificio de Bachillerato del Instituto Escuela (actual Instituto Ramiro de Maeztu)*, [imagen digital], arquitectos: Arniches Moltó, C., Domínguez Esteban, M., 1930-1933, Madrid, [consultado: 14 marzo 2013]. Disponible en: http://urbancidades.files.wordpress.com/2007/04/instituto-escuela_ies-ramiro-de-maeztu_1933_02.jpg?w=394&h=274, JPG, 394 x 274 px.
- Fig. 50. Alrededor de 1967, *Louis Kahn enseñando en la Universidad de Pennsylvania*, [imagen digital], Furness Building, Penn University of Pennsylvania, Pennsylvania
- Fig. 51. Equipo de Gropius, 1924, *despacho del director de la Bauhaus*, STIJL (Neoplasticismo), [imagen escaneada]. En: Lechner, N., 2007, Iluminación artificial, *Tectónica. Monografías de arquitectura, tecnología y construcción, Iluminación (I) artificial*, nº 24, septiembre, pág. 16.
- Fig. 52. Bayer, H., 1922, isometría del despacho de Walter Gropius, [imagen escaneada], Weimar. En: Gropius, W., 1972, *Walter Gropius: Buildings, Plans, Projects 1906-1969*, ed. International Exhibitions Foundation, Lincoln MA.
- Fig. 53. Adaptación de la autora de: Schüte, S. T. W., Eklund, J., Axelsson, J. R. C., Mitsuo, N., 2004, Concepts, methods and tools in Kansei Engineering, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 5, nº 3, May-June, pp. 214-231.

- Fig. 54. Adaptación de Llinares, C., 2001, *op. cit.*, pág. 46 de: Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, Hybrid Kansei Engineering System and Design Support, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 2, nº19, February, pp. 81-92.
- Fig. 55. Matsubara, Y., Nagamachi, M., 1997, Hybrid Kansei Engineering System and Design Support, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 2, nº19, February, pág. 82.
- Fig. 56. Boesiger, W., 1950, *Le Corbusier travaillant dans sa baraque de chantier à Roquebrune-Cap-Martin*, [imagen digital], ©FLC/ADAGP, [consultado: 14 febrero 2014]. Disponible en: http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/900x720_2049_2386.jpg, JPG, 900 x 720 px.
- Fig. 57. Zaragoza, G, 2007, *Hotel Cram website*, [imagen digital], Nopium..., Barcelona, [consultado: 15 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.design-emotion.com/wp-content/uploads/hotel-facade-barcelona1.jpg>, JPG, 500 x 343 px.

Capítulo 3

- Fig. 58. Hedrich, W., 1937, *Frank Lloyd Wright con los estudiantes del programa de becas de Taliesin*, [imagen digital], Hedrich-Blessing, Taliesin, [consultado: 9 abril 2014]. Disponible en: <http://www.pinterest.com/pin/356347389238198197/>, JPG, 500 x 415 px.
- Fig. 59. Jeanneret, P., s.f., *Le Corbusier en Chandigarh con el mapa de la nueva capital y el modelo del Modulor*, [imagen digital], ©FLC/ADAGP, [consultado: 14 noviembre 2013]. Disponible en: http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/900x720_2049_2397.jpg, JPG, 900 x 720 px.
- Fig. 60. Eliasson, O., 2003, *Proyecto de clima: "The weather project"*, [imagen digital], Turbine Hall, Tate Modern, London, UK, [consultado: 9 abril 2014]. En: Eliasson, O., 2003, *The Weather Project*, ed. Susan May, Tate Publishing, London. Disponible en: http://www.olafureliasson.net/works/w_bilder/theweatherproject_06_3.jpg, JPG, 420 x 515 px.

Capítulo 4

- Fig. 61. 1936, *Aula de estudio en el Pabellón de Primaria*, [imagen digital] de la obra: Arniches Moltó, C., Martín Domínguez E., Torroja, E., 1933-1935, *Pabellón de Párvulos del Instituto Escuela*, [consultado: 15 noviembre 2013]. Disponible en:

- https://urbancidades.files.wordpress.com/2009/10/instituto-escuela-1936_01.jpg?w=500, JPG, 500 x 357 px.
- Fig. 62. Marcale, 2009, *Campanario de la Iglesia de Atlántida*, [imagen digital] de la obra: Dieste, E., 1952, Iglesia de Atlántida, Departamento de Canelones, Atlántida, Uruguay, [consultado: 13 noviembre 2013]. Disponible en: http://es.wikiarquitectura.com/images/0/03/Esc_camp_iglesia_de_atlantida.jpg, JPG, 480 x 640 px.
- Fig. 63. Fotografía de la autora, 2014, *Un aula del estudio*, [imagen digital], Aula 1.02, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 64. Adaptación de la autora, 2013, *Esquema general de la experiencia 1*, de: Schütte, S. T. W. et al., 2004, *op. cit.*
- Fig. 65. Adaptación de la autora, 2013, *Diagrama de flujo de las Fases 1 y 2*, adaptación de la metodología propuesta por Llinares, C., 2001, *op. cit.* al análisis del aula.
- Fig. 66. Adaptación de la autora, 2013, *Diagrama de flujo de las Fases 3 y 4*, adaptación de la metodología propuesta por Llinares, C., 2001, *op. cit.* al análisis del aula.
- Fig. 67. Adaptación de la autora, 2013, *Diagrama de flujo de la Fase 5 del plan de trabajo*, adaptación de Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*
- Fig. 68. Esquema de la autora sobre el tratamiento de datos, 2013, Esquema del *tratamiento de datos. Propuesta de metodología para el análisis de aulas*.
- Fig. 69. Figura de la autora, 2013, *Distribución de frecuencias variable "sexo"*.
- Fig. 70. Figura de la autora, 2013, *Distribución de frecuencias variable "edad"*.
- Fig. 71. Figura de la autora, 2013, *Distribución de frecuencias variable "nivel de estudios"*.
- Fig. 72. Figura de la autora, 2013, *Distribución de frecuencias variable "tipo de estudios"*.
- Fig. 73. Figura de la autora, 2013, *Medias de las variables de personalidad de los sujetos*.
- Fig. 74. Figura de la autora, 2013, *Medias del tiempo que el alumno dedica a diferentes tareas*.
- Fig. 75. Figura de la autora, 2013, *Medias de la valoración del aula en función de las tareas*.
- Fig. 76. Figura de la autora, 2013, *Medias de las impresiones estéticas del aula*.
- Fig. 77. Figura de la autora, 2013, *Medias de los elementos de diseño que conforman el aula*.

- Fig. 78. Figura de la autora, 2013, *Medias de la valoración global de las aulas*.
- Fig. 79. Figura de la autora, 2013, *Correlación entre los ejes semánticos y las propiedades del aula*.
- Fig. 80. Figura de la autora, 2013, *Correlación entre los ejes semánticos y los factores de tareas*.
- Fig. 81. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 1: ETSIE aula I.8*, [imagen digital], Aula I.8, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 82. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 2: ETSIA aula N6*, [imagen digital], Aula N.6, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 83. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 3: ETSICCP aula B.6*, [imagen digital], Aula B.6, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 84. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 4: ETSII Aula 422*, [imagen digital], Aula 422, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 85. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico aula I.8 ETSIE*
- Fig. 86. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico aula N.6 de la ETSIA*.
- Fig. 87. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico aula B6 de la ETSICCP*.
- Fig. 88. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico del aula 422 de la ETSII*.
- Fig. 89. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 1: ETSIA aula 422*, [imagen digital], Aula 422, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 90. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 2: BB AA aula A-4-5*, [imagen digital], Aula A-4-5, Facultad de Bellas Artes, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 91. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico comparado del aula 422 de la ETSIAV y del aula A-4-5 de BB AA*.
- Fig. 92. Fotografía de la autora, 2014, *Iluminación artificial en el aula*, [imagen digital], Aula 404, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 93. Adaptación de la autora, 2013, *Esquema de las fases del plan de trabajo*, adaptación de la metodología propuesta por Llinares, C., 2001, *op. cit.* al análisis de la iluminación del aula.

- Fig. 94. Adaptación de la autora, 2013, *Diagrama de flujo de la Fase 5 del plan de trabajo*, adaptación de Galiana Martínez, M., 2010, *op. cit.*
- Fig. 95. Fotografía de la autora, 2013, *Algunos de los Post-it utilizados*, [imagen digital], Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 96. Fotografía de la autora, 2013, *Alumnos rellenando sus cuestionarios*, [imagen digital], Aula de Tecnología, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 97. Figura de la autora, 2013, *Esquema del tratamiento de datos. Propuesta de metodología para el análisis del ambiente luminoso de las aulas*.
- Fig. 98. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "sexo"*.
- Fig. 99. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "edad"*.
- Fig. 100. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "problemas visuales"*.
- Fig. 101. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "tipo de problema visual"*.
- Fig. 102. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "daltonismo"*.
- Fig. 103. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "uso de gafas"*.
- Fig. 104. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "uso de lentillas"*.
- Fig. 105. Figura de la autora, 2013, *Distribución de porcentajes de la variable "tipo de estudios"*.
- Fig. 106. Figura de la autora, 2013, *Media las variables sobre cómo están iluminados los objetos o elementos del aula*.
- Fig. 107. Figura de la autora, 2013, *Medias de la iluminación del aula en función de las actividades o tareas*.
- Fig. 108. Figura de la autora, 2013, *Medias de las variables que recogen las impresiones emocionales de los sujetos con respecto al ambiente luminoso*.
- Fig. 109. Figura de la autora, 2013, *Medias de la valoración global de la iluminación del aula*.
- Fig. 110. Figura de la autora, 2013, *Medias de la valoración de los ejes semánticos para cada Escuela*.
- Fig. 111. Figura de la autora, 2013, *Correlación entre los ejes semánticos y las variables de valoración global de la iluminación del aula*.

- Fig. 112. Figura de la autora, 2013, *Correlación entre los ejes semánticos y las variables de valoración global de la iluminación del aula.*
- Fig. 113. Figura de la autora, 2013, *Correlación entre las medidas objetivas y la valoración global de la iluminación.*
- Fig. 114. Figura de la autora, 2013, *Correlaciones entre los ejes semánticos y las tareas.*
- Fig. 115. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 1: ETSID Aula Francia - París*, [imagen digital], Aula Francia-París, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 116. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 2: BB AA Aula A-4-5*, [imagen digital], Aula A-4-5, Facultad de Bellas Artes, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 117. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 3: ETSIE Aula I.8*, [imagen digital], Aula I.8, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 118. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 4: ETSA aula A04*, [imagen digital], Aula A04, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 119. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico del aula Francia - París de la ETSID.*
- Fig. 120. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico del aula A-4-5 de la BB AA.*
- Fig. 121. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico del aula I.8 de la ETSIE.*
- Fig. 122. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico del aula A04 de la ETSA.*
- Fig. 123. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 1: ETSA aula 421*, [imagen digital], Aula 421, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 124. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 2: ETSII Aula 424*, [imagen digital], Aula 424, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 125. Figura de la autora, 2013, *Perfil semántico comparado del aula 421 de la ETSA y del aula 424 de ETSII.*
- Fig. 126. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 1: ETSID Aula Francia - París*, [imagen digital], Aula Francia-París, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 127. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 2: BB AA Aula A-4-5*, [imagen digital], Aula A-4-5, Facultad de Bellas Artes, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

- Fig. 128. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 3: ETSIE Aula I.8*, [imagen digital], Aula I.8, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 129. Fotografía de la autora, 2014, *Aula 4: ETTSA aula A04*, [imagen digital], Aula A04, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 130. Figura modificada por la autora en base a una fotografía de Google Maps, 2014, *Localización de las aulas en la Universidad Politécnica de Valencia*, [imagen digital], Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 131. Figura modificada de la autora en base al plano de la Escuela Técnica de Arquitectura de Valencia, 2014, *Plano de emplazamiento de las aulas en planta baja de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia*, [imagen digital], Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 132. Fotografía de la autora, 2014, *Aula A objeto de la investigación*, [imagen digital], Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 133. Fotografía de la autora, 2014, *Aula B objeto de la investigación*, [imagen digital], Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 134. Figura de la autora en base al plano de la Escuela Técnica de Arquitectura de Valencia, 2014, *Planta de las aulas*, [imagen digital], Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 135. Philips, 2014, *Lámpara fluorescente*, [imagen digital], [consultado: 10 enero 2014]. Disponible en: [http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/927921084023_EU-GAL-global?wid=358&hei=358&\\$jpglarge\\$](http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/927921084023_EU-GAL-global?wid=358&hei=358&$jpglarge$), JPG, 358 x 358 px.
- Fig. 136. Philips, 2014, *Lámpara MASTER LEDtube*, [imagen digital], [consultado: 10 enero 2014]. Disponible en: http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/lightcommunity/assets/MAS-TER-LedTube-300.jpg, JPG, 300 x 100 px.
- Fig. 137. Fotografía de la autora, 2013, *Los alumnos objeto de estudio en clase*, [imagen digital], Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Fig. 138. Figura de la autora, 2014, *Esquema del tratamiento de datos. Propuesta de metodología para la comparación entre distintos tipos de iluminación*.
- Fig. 139. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "sexo"*.

- Fig. 140. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable “edad”*.
- Fig. 141. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable “cronotipo”*.
- Fig. 142. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable “aula”*.
- Fig. 143. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable “grupo”*.
- Fig. 144. Figura de la autora, 2014, *Distribución de frecuencias variable “existencia de problemas visuales”*.
- Fig. 145. Figura de la autora, 2014, *Distribución de frecuencias variable “uso de gafas”*.
- Fig. 146. Figura de la autora, 2014, *Distribución de frecuencias variable “uso de lentillas”*.
- Fig. 147. Figura de la autora, 2014, *Porcentajes sobre el conocimiento previo de los alumnos de la iluminación con LED*.
- Fig. 148. Figura de la autora, 2014, *Valoración preliminar de la iluminación con fluorescente*.
- Fig. 149. Figura de la autora, 2014, *Valoración preliminar de la iluminación con LED*.
- Fig. 150. Figura de la autora, 2014, *Comparación de la valoración preliminar con fluorescente y LED*.
- Fig. 151. Figura de la autora, 2014, *Valoración global de fluorescente y LED*.
- Fig. 152. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la puntuación obtenida en la valoración global de los fluorescentes*.
- Fig. 153. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la puntuación obtenida en la valoración global de los LED*.
- Fig. 154. Figura de la autora, 2014, *Comparación de porcentajes de la puntuación obtenida por fluorescentes y LED*.
- Fig. 155. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula con fluorescentes*.
- Fig. 156. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración global del ambiente luminoso del aula con fluorescentes*.
- Fig. 157. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes*.
- Fig. 158. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la percepción de la iluminación con fluorescentes en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella*.
- Fig. 159. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula con LED*.

- Fig. 160. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración global del ambiente luminoso del aula con LED.*
- Fig. 161. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con LED.*
- Fig. 162. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la percepción de la iluminación con LED en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella.*
- Fig. 163. Figura de la autora, 2014, *Correlación entre los ejes semánticos y las variables de valoración global de la iluminación.*
- Fig. 164. Figura de la autora, 2014, *Comparación de las medias obtenidas en cada uno de los ejes semánticos con fluorescentes y LED.*
- Fig. 165. Figura de la autora, 2014, *Comparación de las medias de valoración global de la iluminación del aula con fluorescente y LED.*
- Fig. 166. Figura de la autora, 2014, *Comparación de las medias de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con fluorescente y LED.*
- Fig. 167. Figura de la autora, 2014, *Comparación de las medias obtenidas para cada una de las tareas con fluorescentes y LED.*
- Fig. 168. Figura de la autora, 2014, *Comparación de la incidencia de cada eje semántico en la valoración global.*
- Fig. 169. Figura de la autora, 2014, *Comparación entre los coeficientes de correlación de Pearson para fluorescente y LED.*
- Fig. 170. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de teoría".*
- Fig. 171. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de prácticas".*
- Fig. 172. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Cantidad de luz percibida más adecuada"*
- Fig. 173. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Elección entre fluorescente o LED".*
- Fig. 174. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Valoración final fluorescente".*
- Fig. 175. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Valoración final LED".*
- Fig. 176. Figura de la autora, 2014, *Valoración final fluorescente y LED.*

- Fig. 177. Figura de la autora, 2014, *Rango de puntuaciones finales para fluorescente y LED*.
- Fig. 178. Figura de la autora, 2014, *Medias de las variables de valoración global del ambiente luminoso con fluorescente de las aulas A y B*.
- Fig. 179. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la percepción de la iluminación con fluorescente de los elementos de las aulas A y B*.
- Fig. 180. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la iluminación con fluorescente para las tareas o actividades que el alumno realiza en las aulas A y B*.
- Fig. 181. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso con LED de las aulas A y B*.
- Fig. 182. Figura de la autora, 2014, *Medias de las variables de valoración global de la iluminación con LED de las aulas A y B*.
- Fig. 183. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la percepción de la iluminación con LED de los elementos de las aulas A y B*.
- Fig. 184. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de la iluminación del aula con LED en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en las aulas A y B*.
- Fig. 185. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración de los ejes semánticos del ambiente luminoso con fluorescentes y LED según el orden de presentación del estímulo*.
- Fig. 186. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración global del ambiente luminoso con fluorescente y LED según el orden de presentación del estímulo*.
- Fig. 187. Figura de la autora, 2014, *Medias de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes y LED según el orden de presentación del estímulo*.
- Fig. 188. Figura de la autora, 2014, *Medias de la iluminación con fluorescentes y LED en función de las actividades o tareas según el orden de presentación del estímulo*.
- Fig. 189. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de teoría"*.
- Fig. 190. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Tipo de lámpara más adecuada para impartir clases de prácticas"*.
- Fig. 191. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Cantidad de luz percibida más adecuada"*.
- Fig. 192. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Elección entre fluorescente o LED" en ambas aulas*.

- Fig. 193. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Valoración final fluorescente"*.
- Fig. 194. Figura de la autora, 2014, *Distribución de porcentajes de la variable "Valoración final LED"*.
- Fig. 195. Figura de la autora, 2014, *Medias de la valoración final obtenidas por el fluorescente y LED en las aulas A y B*.
- Fig. 196. Figura de la autora, 2014, *Valoración final fluorescente y LED para el aula A - (F+L)*.
- Fig. 197. Figura de la autora, 2014, *Valoración final fluorescente y LED para el aula B - (L+F)*.

Capítulo 5

- Fig. 198. Publifoto, 1951, *Le Corbusier explicando las proporciones del Modulor en la novena lectura de la Milan Triennale*, [imagen digital], ©FLC/ADAGP, Milan, [consultado: 10 abril 2014]. Disponible en: http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/900x720_2049_2408.jpg, JPG, 900 x 631 px.
- Fig. 199. Castilla, J. V., 2007, *Escultura*, [imagen digital], Alicante.

Bibliografía

- Fig. 200. Duskbabe, 2009, *Libro abierto*, [imagen digital], <http://www.pixmac.es>, [consultado: 7 abril 2014]. Disponible en: <http://original.static.pixmac.com/img/zoom-plus.png>, PNG, 258 x 387 px.

Anexos

- Fig. 201. Fedior L., s.f., *0007830060J*, [imagen digital], photl.com, [consultado: 13 noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.photl.com/images/photos/2009/11/15/1503/wm207062tt.jpg>, JPG, 849 x 565 px.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura y apartados de la página Excel utilizada para la revisión de las investigaciones en iluminación	16
Tabla 2. Grupos de apariencia de color de lámparas	25
Tabla 3. Relaciones de S/P Ratio	26
Tabla 4. Tipos de lámparas más utilizadas	33
Tabla 5. Ventajas e inconvenientes de las principales lámparas	35
Tabla 6. Relación de estudios analizados que tratan temas ópticos	74
Tabla 7. Relación de estudios analizados que investigan las lámparas de espectro continuo	75
Tabla 8. Relación de estudios analizados que investigan las lámparas fluorescentes modernas	76
Tabla 9. Relación de estudios analizados que utilizan técnicas de iluminación dinámica o variable	78
Tabla 10. Relación de estudios analizados que utilizan lámparas LED	78
Tabla 11. Relación de estudios analizados que emplean lámparas fluorescentes	81
Tabla 12. Estudios consultados que indican el tipo de luminaria	83
Tabla 13. Estudios analizados que investigaron en espacios con y sin luz natural	85
Tabla 14. Estudios analizados que experimentaron en espacios sin luz natural	85
Tabla 15. Estudios analizados que investigaron en espacios con luz natural	85
Tabla 16. Estudios que no hacen referencia a la existencia o no de luz natural	86
Tabla 17. Estudios en los que se indica el tipo de balasto utilizado	88
Tabla 18. Estudios analizados en los que se hace referencia a la iluminancia empleada	91

Tabla 19. Estudios analizados que hacen referencia a la luminancia	93
Tabla 20. Estudios analizados que hacen referencia a la reflectancia de las superficies o a sus acabados	93
Tabla 21. Mejor y peor valor de iluminancia con fluorescentes para distintas TCC	98
Tabla 22. Mejor y peor valor de iluminancia con LED para distintas TCC	98
Tabla 23. Estudios analizados en los que se hace referencia a la temperatura de color	99
Tabla 24. Estudios analizados que investigan el IRC	101
Tabla 25. Estudios analizados que investigan el rendimiento visual	108
Tabla 26. Estudios analizados que investigan los efectos indirectos de la luz	112
Tabla 27. Estudios analizados que investigan los efectos fisiológicos de la luz	114
Tabla 28. Estudios analizados que estudian los efectos en el rendimiento de los adultos	121
Tabla 29. Características de la muestra empleada	131
Tabla 30. Estudios con más de 40 participantes analizados	133
Tabla 31. Estudios de laboratorio encontrados entre los analizados	136
Tabla 32. Ejemplo de escala subjetiva	142
Tabla 33. Ejemplo de combinación de escala verbal y numérica	142
Tabla 34. Categorías de impresión	143
Tabla 35. Características de los cuestionarios empleados	149
Tabla 36. Fases y actividades del plan de trabajo	201
Tabla 37. Actividades o tareas que el alumno realiza en el aula	213
Tabla 38. Expresiones relacionadas con la personalidad del sujeto	214

Tabla 39. Adjetivos relacionados con la impresión estética y emocional del aula	214
Tabla 40. Propiedades o características del aula	215
Tabla 41. Valoración global del aula	215
Tabla 42. Valoración del aula en función de las tareas que se realizan en ella	216
Tabla 43. Escala utilizada para el tiempo dedicado a cada tarea	218
Tabla 44. Escala utilizada	218
Tabla 45. Identificación del tamaño muestral	221
Tabla 46. Aulas participantes en el estudio y número de encuestas por aula	225
Tabla 47. Media y desviación típica de las variables de personalidad de los sujetos (en orden descendente en función de la media)	245
Tabla 48. Medias y desviaciones típicas del tiempo que los sujetos de la muestra dedican a las diferentes tareas efectuadas en el aula (ordenadas de forma descendente según la media)	247
Tabla 49. Medias y desviaciones típicas de la valoración del aula en función de las tareas	249
Tabla 50. Medias y desviaciones típicas de las variables que recogen las impresiones estéticas (o visuales) del aula.	251
Tabla 51. Medias y desviaciones típicas de los elementos de diseño que conforman el aula	253
Tabla 52. Medias y desviaciones típicas de la valoración global de las aulas	255
Tabla 53. KMO y prueba de Bartlett	256
Tabla 54. Total de la varianza explicada por los ejes	257
Tabla 55. Denominación de los ejes semánticos	257
Tabla 56. Variables que componen el eje semántico 1	259
Tabla 57. Variables que componen el eje semántico 2	259
Tabla 58. Variables que componen el eje semántico 3	260
Tabla 59. Variables que componen el eje semántico 4	260

Tabla 60. Variables que componen el eje semántico 5	261
Tabla 61. Variables que componen el eje semántico 6	261
Tabla 62. Variables que componen el eje semántico 7	262
Tabla 63. Coeficiente Alpha de Cronbach	263
Tabla 64. Modelo de regresión lineal para la variable 'valoración global del aula'	264
Tabla 65. KMO y prueba de Bartlett para los atributos arquitectónicos y de calidad ambiental interior	266
Tabla 66. Total de la varianza explicada por los factores	266
Tabla 67. Nombres de los factores	267
Tabla 68. Variables que componen el Factor 1a	268
Tabla 69. Variables que componen el Factor 2a	268
Tabla 70. Variables que componen el Factor 3a	269
Tabla 71. Variables que componen el Factor 4a	270
Tabla 72. Coeficiente Alpha de Cronbach	270
Tabla 73. Correlación los ejes semánticos y las propiedades del aula	271
Tabla 74. Modelo de regresión lineal para la variable valoración global del aula	273
Tabla 75. KMO y prueba de Bartlett para las tareas	275
Tabla 76. Total de la varianza explicada por los factores	275
Tabla 77. Nombres de los factores	276
Tabla 78. Variables que componen el Factor 1t	277
Tabla 79. Variables que componen el Factor 2t	277
Tabla 80. Variables que componen el Factor 3t	278
Tabla 81. Coeficiente Alpha de Cronbach para los factores de tareas	278
Tabla 82. Correlaciones entre los ejes semánticos y las tareas	279
Tabla 83. Modelo de regresión lineal para la variable valoración global del aula	281
Tabla 84. Resultados de la validación de los modelos de regresión	293

Tabla 85. Fases y actividades del plan de trabajo	299
Tabla 86. Listado de adjetivos del ambiente luminoso	307
Tabla 87. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre cómo están iluminados los elementos u objetos del aula	309
Tabla 88. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre la adecuación del aula a las distintas tareas que el alumno realiza en ellas.	309
Tabla 89. Identificación del tamaño muestral	311
Tabla 90. Aulas participantes en el estudio y número de encuestas por aula	312
Tabla 91. Media y desviación típica de las variables sobre cómo están iluminados los objetos o elementos del aula (en orden descendente en función de la media)	327
Tabla 92. Medias y desviaciones típicas sobre la iluminación del aula en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella (ordenadas de forma descendente según la media)	329
Tabla 93. Medias y desviaciones típicas de las variables que recogen las impresiones emocionales de los sujetos con respecto al ambiente luminoso	330
Tabla 94. Valoración global de la iluminación	332
Tabla 95. KMO y prueba de esfericidad de Bartlett	333
Tabla 96. Total de la varianza explicada por los factores	334
Tabla 97. Denominación de los factores eje de valoración	334
Tabla 98. Variables que componen el eje de valoración 1	335
Tabla 99. Variables que componen el eje semántico 2	336
Tabla 100. Variables que componen el eje semántico 3	337
Tabla 101. Variables que componen el eje semántico 4	337
Tabla 102. Variables que componen el eje semántico 5	338
Tabla 103. Variables que componen el eje semántico 6	338
Tabla 104. Valores del coeficiente Alpha de Cronbach	339
Tabla 105. Modelo de regresión lineal para la variable 'aula bien iluminada'	342

Tabla 106. Correlaciones entre los ejes semánticos y las distintas variables de valoración global	344
Tabla 107. Correlaciones entre los ejes semánticos y las distintas variables de valoración global	347
Tabla 108. Correlaciones entre las variables de valoración global y las medidas objetivas de la iluminación	349
Tabla 109. KMO y prueba de Bartlett para las tareas	351
Tabla 110. Total de la varianza explicada por los factores	351
Tabla 111. Denominación de los factores	352
Tabla 112. Variables que componen el Factor 1t	353
Tabla 113. Variables que componen el Factor 2t	353
Tabla 114. Variables que componen el Factor 3t	354
Tabla 115. Valores del coeficiente Alpha de Cronbach	354
Tabla 116. Correlaciones entre los ejes semánticos y las tareas	355
Tabla 117. Resultados de la validación de los modelos de regresión	368
Tabla 118. Fases y actividades del plan de trabajo de la experiencia 3	375
Tabla 119. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre el ambiente luminoso de su aula según los ejes semánticos	380
Tabla 120. Cuestiones sobre la valoración global de la iluminación	380
Tabla 121. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre cómo están iluminados los elementos u objetos del aula	381
Tabla 122. Cuestiones sobre la opinión subjetiva del alumno sobre la adecuación del aula a las distintas tareas que el alumno realiza en ellas.	381
Tabla 123. Escala utilizada	382
Tabla 124. Cuestiones sobre la elección de fluorescente y LED	382
Tabla 125. Superficies de acabado y reflectancias en las aulas	385

Tabla 126. Identificación del tamaño muestral	389
Tabla 127. Frecuencia y porcentaje de la variable 'aula'	403
Tabla 128. Frecuencia y porcentaje de la variable 'grupo'	404
Tabla 129. Frecuencia y porcentaje de la variable 'grupo'	405
Tabla 130. Frecuencia y porcentaje de la variable 'uso de gafas'	405
Tabla 131. Frecuencia y porcentaje de la variable 'uso de lentillas'	406
Tabla 132. Media y desviación típica de las variables de los ejes semánticos sobre la iluminación con fluorescentes (en orden descendente en función de la media)	411
Tabla 133. Valoración global de la iluminación del aula con fluorescentes (en orden descendente en función de la media)	413
Tabla 134. Valoración global de la percepción de la iluminación de los elementos del aula con fluorescentes (en orden descendente en función de la media)	415
Tabla 135. Medias y desviaciones típicas sobre la iluminación del aula con fluorescentes en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella (en orden descendente en función de la media)	416
Tabla 136. Correlaciones entre los ejes semánticos y las distintas variables de valoración global de la iluminación	418
Tabla 137. Media y desviación típica de las variables de los ejes semánticos del ambiente luminoso del aula con LED (en orden descendente en función de la media)	420
Tabla 138. Tabla descriptiva de la valoración global de la iluminación del aula con LED (en orden descendente en función de la media)	422
Tabla 139. Tabla descriptiva de la percepción de la iluminación con LED de los elementos del aula (en orden descendente en función de la media)	423
Tabla 140. Medias y desviaciones típicas sobre la iluminación del aula con LED en función de las actividades o tareas que el alumno realiza en ella (en orden descendente en función de la media)	425

Tabla 141. Correlaciones entre el Universo Semántico y las distintas variables de valoración global de la iluminación con LED	427
Tabla 142. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de teoría'	436
Tabla 143. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de prácticas'	437
Tabla 144. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'	438
Tabla 145. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Elección entre fluorescente o LED'	439
Tabla 146. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Valoración final fluorescente'	440
Tabla 147. Frecuencias y porcentajes de la variable 'Valoración final LED'	441
Tabla 148. Media y desviación típica de la variable de valoración final para fluorescentes y LED	442
Tabla 149. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de teoría'	459
Tabla 150. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Tipo de iluminación más adecuada para impartir clases de prácticas'	460
Tabla 151. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Cantidad de luz percibida más adecuada'	461
Tabla 152. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Elección entre fluorescente o LED' en las aulas A y B	462
Tabla 153. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Valoración final fluorescente'	463
Tabla 154. Frecuencia y porcentaje de la variable 'Valoración final LED'	464
Tabla 155. Media y desviación típica de la variable de valoración final de fluorescente y LED en las aulas A y B	465

ANEXO 2. RELACIÓN DE ESTUDIOS INVESTIGADOS

A continuación, se hace una relación de los principales estudios analizados:

- Sleegers, P., Moolenaar, N., Galetzka, M., van der Zanden, B., 2012, Lighting affects students' concentration positively: Findings from three Dutch studies, *Lighting Research and Technology*, vol. 45, nº 2, pp. 159-175.
- Yan, Y., Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X., 2012, Evaluation Index Study of Students' Physiological Rhythm Effects under Fluorescent Lamp and LED, *Advanced materials research*, vol. 433-440, pp. 4757-4764.
- Yan, Y., Guan, Y., Lee, T. G., 2012, Experimental Research of Visual Performance with different Optical Spectrum Light Sources, *Advanced Materials Research*, vols. 433-440, pp. 6375-6383.
- Barkmann, C., Wessolowski N., Schulte-Markwort, M., 2012, Applicability and efficacy of variable light in schools, *Physiology & Behavior*, 105, pp. 621-627.
- Rautkylä, E., Puolakka, M., Tetri, E., Halonen, L., 2010, Effects of Correlated Colour Temperature and Timing of Light Exposure on Daytime Alertness in Lecture Environments, *Journal of Light and Visual Environment*, 34, nº 2, pp. 59-68.
- Huang, H., Chen, G., 2010, Study on Energy Saving Lighting of Classroom based on Circopic, International Conference on Digital Manufacturing & Automation, ChangSha, China.
- Fotios, S., Ramasoot, T., 2010, New Lighting Recommendations for the Classroom of the Future Based on Luminous Parameters of Display Screen Equipment, *Journal of Light & Visual Environment*, vol. 34, nº 3, pp. 165-169.
- Berman, S. M., Navvab, M., Martin, M. J., Sheedy, J., Tithof, W., 2006, A comparison of traditional and high colour temperature lighting on the near acuity of elementary school children, *Lighting Research and Technology*, vol. 38, pp. 41-52.

- Samuels, R., 1999, *Light, Mood and Performance at School: Final Report*, Department of Education and Training and Department of Public Works and Services, NSW, Australia.
- Veitch, J. A., McColl, S. L., 1995, Modulation of fluorescent light: Flicker rate and light source effects on visual performance and visual comfort, *Lighting Research and Technology*, vol. 27, n° 4, pp. 243-256.
- Grangaard, E. M., 1993, *Effects of Color and Light on Selected Elementary Students*, (Tesis doctoral, inédita), Department of Educational Administration and Higher Education, University of Nevada, Las Vegas.
- Küller, R., 1986, Physiological and psychological of illumination and colour in the interior environment, *Journal of Light and Visual Environment*, 10, pp. 33-37.
- Hathaway, W. E., Hargreaves, J. A., Thompson, G. W., Novitsky, D., 1992, *A Study into the Effects of Light on Children of Elementary School-Age - A case of Daylight Robbery*, IRC Internal Report No. 659, Planning and Information Services, Alberta Dept. of Education, Edmonton.
- Boray, P. F., Gifford, R., Rosenblood, L., 1989, Effects of warm white, cool white and full-spectrum fluorescent lighting on simple cognitive performance, mood and ratings of others, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 9, n° 4, December, pp. 297-307.
- Wohlfarth, H., Sam, C., 1982, The effects of color-psychodynamic environmental color and lighting modification of elementary schools on blood pressure and mood: a controlled study, *International Journal of Biosocial and Medical Research*, 7, pp. 9-16.
- O'Leary, K. D., Rosenbaum, A., Brooks, S., Hughes, P. C., 1978, Fluorescent lighting; a purported source of hyperactive behavior, *Journal of Abnormal Child Psychology*, vol. 6, n° 3, pp. 285-289.
- LaGiusa, F. F., Perney, L. R., 1974, Further studies on the effects of brightness variations on attention span in a learning environment, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3, pp. 249-252.

- Mayron, L. W., Ott, J. N., Nations, R., Mayron, E. L., 1974, Light, radiation and academic behavior. Initial Studies on the Effects of Full-Spectrum Lighting and Radiation Shielding on Behavior and Academic Performance of School Children, *Academic Therapy*, vol. 10, n° 1, pp. 33-47.
- Kleiber, D. A., Musick, P. L., Jayson, J. K., 1973, *Environmental Illumination and Human Behavior: The Effects of Spectrum of Light Source on Human Performance in a University Setting*, Center for Improvement of Undergraduate Education, Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Serafica, F. C., 1973, Effects of Illumination on Attachment Behaviors in a Novel Environment, Paper presented in the biennial meeting of the Society for Research in Child Development, Philadelphia, Pennsylvania.
- Luckiesh, M., Moss, F. K., 1940, Effects of classroom lighting upon the educational progress and visual welfare of school children, *Illuminating Engineering*, 35, pp. 915-938.
- Tinker, M. A., 1939, The effect of illumination intensities upon speed of perception and upon fatigue in reading, *Journal of Educational Psychology*, vol. 30, n° 8, November, pp. 561-571.

ANEXO 3. RESUMEN RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

Relación de los principales resultados de los estudios más relevantes analizados:

2012	<p>Sleegers, P., Moolenaar, N., Galetzka, M., van der Zanden, B.</p>	<p><u>Impacto de la iluminación variable de la concentración:</u></p> <p>Evaluaron el impacto de diferentes condiciones de iluminación en la concentración de los alumnos. Analizaron el efecto de las condiciones de iluminación, con iluminancias verticales entre 350 lux y 1000 lux y temperaturas correlativas de color (TCC) entre 3000 y 12000 K, en la concentración de niños de primaria en tres experimentos. Sus resultados indicaron una influencia positiva de las condiciones de iluminación en la concentración de los alumnos.</p> <p>La concentración de los alumnos mayores se veía menos afectada por las condiciones de iluminación que la de los alumnos más jóvenes. Los niños mayores obtuvieron mejores resultados en pruebas de concentración que sus compañeros más jóvenes. Sus resultados subrayan la importancia de la iluminación para el aprendizaje. Además, examinaron los efectos diferenciales de las condiciones de iluminación en el aula de la concentración en el género. No hallaron evidencia de efectos diferenciales de género en la relación entre la iluminación y la concentración.</p>
012	<p>Yan, Y. , Lee, T. G., Guan, Y., Liu, X.</p>	<p>Mejor temperatura de color. Cuando se selecciona la fuente de luz de un aula, las lámparas fluorescentes o LED de temperatura de color 4000K deberían ser la principal fuente de luz. Las lámparas fluorescentes de temperatura de color alta (6500K) normalmente utilizadas en las aulas universitarias pueden hacer que la fatiga cerebral o astenopía en los estudiantes llegue a ser más grave y disminuya su eficiencia, y por lo tanto, no deberían ser utilizadas como principal fuente de luz del aula.</p> <p>Mejor iluminación. Advirtieron que la mejor iluminancia varía con diferente temperatura de color. El mejor valor de iluminancia en el grupo de lámparas fluorescentes y en el de LED también varía.</p>

Grupo lámparas fluorescentes: mejor valor de iluminancia

2700K	4000K	6500K
300lx	1000lx	-----

Grupo LED: mejor valor de iluminancia

2700 K	4000 K	6500 K
750 lx	300 lx	500 lx

Combinación de temperatura de color-iluminancia a evitar en la iluminación del aula. Los valores de peores combinaciones de iluminancia con diferente temperatura de color también varían.

Grupo lámpara fluorescente:

Peor valor de iluminancia

2700 K	4000 K	6500 K
750 lx	300 lx	1000 lx

Grupo LED:

Peor valor de iluminancia

2700 K	4000 K	6500 K
1000 lx	500 lx	1000 lx

De acuerdo a los resultados de este experimento, el estándar de iluminancia en los pupitres del aula es 300lx. Eso sólo sería adecuado bajo temperaturas de color bajas. Sería beneficioso para la salud de los estudiantes, si se usasen lámparas fluorescentes de temperatura de color media. Como tal se debería elevar este estándar y evitar los 300lx que es el peor rango de iluminancia.

Por otra parte las lámparas fluorescentes de temperatura de color baja o alta no se deberían utilizar como principal fuente de luz del aula.

Demostraron que la diferencia de espectro tiene una influencia obvia en el índice global ϵ y en el criterio de identificación Ψ bajo la misma temperatura de color. Por lo tanto, el espectro de las lámparas fluorescentes y LED debería ser mejorado. Como la fuente de nueva generación, el LED, que tiene un espectro más saludable, debería tener un uso generalizado.

2012	Yan, Y. , Guan, Y., Lee, T. G.	<p>Probaron la eficiencia del trabajo de los estudiantes, la astenopía y la fatiga del cerebro bajo diferentes fuentes de luz, nivel de iluminancia y temperatura de color. Determinaron la mejor combinación de luz ambiente y de pizarra. Propusieron evitar una combinación de ambas que para la iluminación del aula que es claramente peor. Sus resultados experimentales mostraron diferencias significativas en la tasa de reconocimiento y en el valor de la tasa de reconocimiento de fuentes de luz de diferente espectro óptico.</p> <p>Su conclusión preliminar fue que, independientemente de que las lámparas fueran LED o fluorescentes, el promedio de la eficiencia del trabajo con la temperatura de color de 6500K era el más bajo. Sin embargo la eficiencia en el trabajo con la temperatura de color de 4000K era siempre más alta.</p> <p>Sus experimentos demostraron que el uso de fuentes de luz con alta temperatura de color para la iluminación de aulas carece de base teórica y práctica.</p> <p>La exposición prolongada bajo una sola fuente de luz de alta temperatura de color no es propicia para la protección de la visión de los estudiantes y para aumentar su eficiencia en el trabajo. La fuente de luz de 4000K, ya sea con temperaturas mayores o menores, debería de ser la fuente de luz principal para toda la iluminación de las aulas del futuro.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Basado en el experimento sobre el rendimiento visual de los estudiantes, la tasa de reconocimiento era mayor cuando había un buen contraste entre la fuente de luz del ambiente y la de la pizarra. Según esto, cuando se elige la fuente de luz del aula, hay que evitar el uso de la misma temperatura de color para la iluminación general y para la pizarra.2. Las tasas medias de reconocimiento con la lámpara de temperatura de 4000 K estaban siempre en un nivel alto - medio y la curva de tasa de reconocimiento era la más estable. De las tres temperaturas de color de las lámparas utilizadas en este experimento, su conclusión preliminar fue que la lámpara fluorescente de 4000 K es la fuente de luz más adecuada para el aula.
------	---	--

		<p>3. En China, las fuentes de luz más populares en las aulas universitarias son las lámparas fluorescentes con temperatura de color de 6500 K, pero su rendimiento visual es pobre. De las tres temperaturas de color de las lámparas ensayadas, su curva de tasa de reconocimiento tenía el cambio más abrupto y era también la más inestable. Es decir, cuando el suministro de energía eléctrica es inestable hace que cambie ligeramente a la iluminancia de la superficie de trabajo, esto puede causar una disminución repentina del rendimiento visual de trabajo de los estudiantes cuando se utilizan lámparas fluorescentes de 6500 K.</p> <p>4. Consideraron que la mejor combinación de temperatura de color es 4000 K emparejada a 2700 K y la peor es usar lámparas fluorescentes de 6500 K para la iluminación general y para la pizarra.</p>
<p>2012</p>	<p>Barkmann, C., Wessolowski N., Schulte-Markwort, M.</p>	<p>Su primer resultado fue que los estudiantes que trabajaban bajo iluminación variable (VL) "Concentrada" cometían menos errores de omisión y, por lo tanto, menos errores totales de los estudiantes que cuando utilizaban iluminación estándar.</p> <p>Los resultados de rendimiento de lectura eran similares a los de concentración: tanto los resultados de velocidad de la lectura y comprensión lectora mejoraban con el programa VL4 "Concentrada". Sin embargo, sólo la mejora en la velocidad de lectura alcanzaba el nivel de significación elegido. Las actitudes que son estables en el tiempo, tales como la motivación por el logro académico y la calificación de la atmósfera en el aula, no se alteraron en la auto-evaluación de los estudiantes a largo plazo, es decir, en el intervalo medido de 9 meses.</p> <p>Sus resultados mostraron que los estudiantes cometieron menos errores, errores de todo menos de omisión, en una prueba estandarizada de atención bajo el programa de iluminación VL "Concentrada".</p> <p>La velocidad de la lectura, medida mediante pruebas estandarizadas de lectura, aumentó significativamente.</p>

		<p>La comprensión de la lectura también mejoró, pero esta mejoría no fue estadísticamente significativa.</p> <p>Por el contrario, la motivación por el logro de los estudiantes y el clima de aula no cambió durante el período de nueve meses.</p> <p>En general, los estudiantes y los profesores valoraron la VL positivamente y la consideraron útil durante las clases. Por lo tanto, consideraron que la VL representa un factor ambiental que puede ser útil para optimizar las condiciones generales de aprendizaje en las escuelas en el futuro.</p>
<p>2010</p>	<p>Rautkyä, E., Poulakka, M., Tetri, E., Halonen, L.</p>	<p>Otoño: Compararon cambios en el estado de alerta. Los alumnos estaban más alerta al principio. El estado de alerta decrecía mucho y menos con la temperatura correlativa de color (TCC) alta. La TCC alta mantenía el estado de alerta. Explicación: Niveles hormonales del ser humano que cambian de la mañana a la tarde.</p> <p>Primavera: El estado de alerta decreció 0,2-0,4. Independiente de la TCC. Compararon la TCC, el contenido de la lectura y el cronotipo, resultaron ser independientes. Compararon TCC y estado de alerta: No fue remarkable. Temp. 20° - 22°: sin correlación.</p> <p>Compararon TCC y cambio de alerta: no depende del cronotipo. No depende de las condiciones climáticas interiores. Las personas que habían tomado estimulantes respondían menos con cambios en el estado de alerta a la TCC.</p> <p>Los estimulantes enmascaraban los efectos de la luz. La cafeína induce los mismos efectos que la luz blanca fría. La luz fría estimula y activa el metabolismo. La comida también influye en el estado de alerta.</p> <p>Resultados: Confirman la idea favorable sobre la utilización de la iluminación dinámica en términos de variación del color de la luz de la mañana a la tarde siguiendo la actividad hormonal.</p>

<p>2010</p>	<p>Huang H., Chen G.</p>	<p>Cuando el área de la pupila se hace más pequeña, la pupila se contrae más, por lo que es fácil reconocer y mirar. Esto es muy eficaz para reducir la fatiga visual y para mejorar la eficiencia del aprendizaje.</p> <p>Para obtener el mismo rendimiento visual y cirtópico (área de la pupila), las lámparas fluorescentes de diferentes temperaturas de color requieren una luminancia diferente.</p> <p>Su trabajo expresaba esta relación del coeficiente de contraste de luminancia en función del cambio de la pupila. El área de la pupila es menor bajo una temperatura de color alta y media de la iluminación fluorescente del aula. La variación del área de la pupila refleja el rendimiento visual y cirtópico de las diferentes temperaturas de color de las fuentes de luz.</p> <p>Para conseguir el mismo rendimiento visual y cirtópico (es decir, un área de la pupila igual), las fluorescentes de 6500K necesitan producir una menor luminancia, y también un menor consumo de energía eléctrica.</p> <p>Mientras tanto, la luminancia que los fluorescentes de 4000 K necesitan está cercana a la de los de 6500 K (sólo 24,78 cd/m² superior). Por lo tanto, concluyeron que los fluorescentes de temperatura de color media y alta son buenos para el ahorro de energía.</p>
<p>2010</p>	<p>Fotios, S., Ramasoot, T.</p>	<p>Comentaron que había una razón para sospechar que el actual sistema de predicción de aceptabilidad de la iluminación en espacios con DSE, el límite de luminancia de la luminaria es incorrecto, se necesitan nuevos datos.</p> <p>Sus investigaciones revelan que en las aulas los reflejos molestos sobre las pantallas de visualización son la principal queja sobre el medio ambiente visual. Por lo tanto, se espera que en el aula del futuro aumente el uso de las pantallas de este tipo y también las quejas a este respecto.</p> <p>Sus resultados sugieren que los límites de luminancia de luminarias prescritos en la normativa actual son demasiado bajos, las pantallas de visualización modernas pueden tolerar mayores luminancias.</p>

2006	Berman, S. M., Navvab, M., Martin, M. J., Sheedy, J., Tithof, W.	<p>El nivel de luz y el espectro de la luz afectan a la agudeza visual en condiciones típicas de lectura. Mediante el cambio de una iluminación más tradicional de 3500K a una mayor temperatura de color de iluminación es posible proporcionar una mayor calidad del entorno visual con un reducido coste de energía de iluminación. Para la misma condición de iluminación, bajo una lámpara con una TCC superior, 24 de los 27 niños investigados, tuvieron una mejor agudeza bajo la lámpara con una TCC superior.</p> <p>Comparando la condición de luminancia inferior mostraron una diferencia significativa para las lámparas de 5500 K en las dos luminancias, pero no hubo diferencias significativas al comparar las lámparas de 3600 K con el valor de luminancia superior con las lámparas de 5500 K bajo una luminancia inferior. Sin embargo, había una fuerte tendencia a proporcionar una mejor agudeza para la condición de luminancia inferior con 5500 K. Bajo la condición de luminancia más baja con las lámparas de 5500 K, 14 alumnos de los restantes 21 tenían una mejor agudeza.</p>
1999	Samuels, R.	<p><u>Fase 1:</u> Sus resultados indican un efecto positivo de la fluorescente de espectro continuo (FSL), incluso en las condiciones de Sydney, Australia. La FSL mejoraba el estado de ánimo y la atención en los escolares. Después de la instalación de dichas lámparas la ansiedad, la depresión y el trastorno afectivo estacional (SAD o <i>Seasonal affective disorder</i>) (letargo, etc.) mejoraron, o se produjeron significativamente menos veces. Por otra parte, la falta de atención también se redujo y se relacionó con un mejor comportamiento. También pareció encontrar una fuerte relación entre el S. A. D y la falta de atención.</p> <p><u>Fase 2:</u> Influencia altamente significativa de la FSL en prácticamente todos los aspectos evaluados (en 34 de los 35 ítems de la escala de evaluación). Las condiciones de la iluminación de FSL marcaban una diferencia sustancialmente positiva en la atención, el estado de ánimo, el estado mental y en el comportamiento de los estudiantes, es decir, en su rendimiento genérico en la escuela.</p>

1995	Veitch, J. A., McColl, S. L.	<p>Según sus resultados, la modulación cromática no parece afectar el rendimiento visual o la comodidad visual. La sugerencia de que ciertos individuos pueden ser más sensibles a la modulación luminosa que otros no se admite en su muestra. No apoyan la hipótesis de que la modulación cromática que resulta de la interacción de las lámparas fluorescentes y balastos sí que influye en el rendimiento visual o en la comodidad visual, ni la sugerencia de que la composición espectral de la luz influye en el rendimiento visual o la comodidad visual. El principal efecto de la tasa de parpadeo, en el que una alta frecuencia de parpadeo lleva a un rendimiento visual mejorado, es pequeña cuando se considera todo el intervalo de contrastes ensayados. Sin embargo, para el contraste de luminancia de 0.21, el efecto es grande. Su estudio del historial de salud y la frecuencia de los síntomas no revelan relaciones con el rendimiento visual.</p> <p>En cuanto a la composición espectral de la fuente de luz, sus resultados no apoyan la hipótesis de Berman. No hay un efecto estadísticamente significativo de la fuente de luz en el rendimiento visual, el tiempo en la tarea de rendimiento visual, o en el confort visual. Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones para la práctica de la iluminación. Bajo condiciones de visión restrictivas y de control experimental estricto, los jóvenes con visión normal mostraron un mejor rendimiento visual en condiciones de iluminación fluorescente de alta frecuencia que de iluminación fluorescente de baja frecuencia.</p> <p>Efectos sobre confort visual como los registrados en los síntomas astenópicos son conocidos porque ocurren en estudios de campo. Se podría esperar que en las condiciones habituales de trabajo visual, con tiempos de exposición más largos y para personas de diferentes edades y habilidades visuales, el efecto de la frecuencia de parpadeo en el rendimiento visual se viera consecuentemente agravado.</p> <p>Por lo tanto, sus resultados añaden peso a los argumentos a favor de balastos electrónicos de alta frecuencia para sistemas de iluminación fluorescentes:</p>
------	-------------------------------------	--

		No sólo son energéticamente más eficientes que sus contrapartes tradicionales, sino que tienen efectos beneficiosos sobre el rendimiento humano y el bienestar.
1993	Grangaard, E. M.	<p>Con fluorescentes de espectro continuo (FSFL), encontró 24% menos comportamientos fuera de la tarea. La presión sanguínea disminuyó un 9%.</p> <p>Consideró que hay una relación causa-efecto entre la biología del organismo y su entorno, aunque la medida de esa relación es a menudo cualitativa.</p>
1992	Küller, R., Lindsten, C.	<p>Sus resultados indican la existencia de una variación estacional sistemática de las hormonas del estrés con más en verano que en invierno. El trabajo en aulas sin luz natural puede alterar el patrón hormonal básico, y esto a su vez puede influir en la capacidad de los niños para concentrarse o cooperar, y eventualmente también tiene un impacto en el crecimiento anual del cuerpo y las bajas por enfermedad.</p> <p><u>Hormona cortisol:</u> la relación general entre la luz y el cortisol indica la existencia de una variación estacional sistemática con más hormonas del estrés en verano que en invierno. El descenso se hizo más pronunciado durante el período de noviembre a diciembre, seguido por un incremento notable, que en el sur de Suecia parecía ocurrir alrededor de febrero. Los niños, ubicados en aulas que carecían de luz natural y de luz artificial blanco día, demostraron un marcado retraso en este incremento.</p> <p>Este resultado es importante, ya que puede indicar que el trabajo en entornos sin ventanas, o en ambientes que carecen de iluminación adecuada, puede provocar una perturbación severa en el sistema cronobiológico que regula la producción de hormonas. Tanto la luz natural como la artificial afectarían al sistema cronobiológico, y que los tubos fluorescentes del tipo luz de día pueden ser más potentes que los tubos fluorescentes convencionales. En los países del norte, el período crítico parece ser a finales de otoño, invierno y principios de primavera.</p>

Comportamiento: encontraron patrones estacionales en la capacidad de concentración y cooperación. Hasta cierto punto, estos patrones se relacionaban con los principales días festivos durante el verano y la Navidad. Sin embargo, los factores climáticos, como la luz natural y la temp. int., también parecían jugar un papel importante. En parte, esto podía estar relacionado con cambios cronobiológicos dentro del individuo y, en parte, especialmente donde las variaciones de temperatura estaban implicadas, a los cambios en la activación tónica. Asociaron valores altos de cortisol por la mañana con una inclinación hacia la sociabilidad, mientras que los valores moderados o bajos de cortisol parecían promover la concentración individual. Este conocimiento puede ser útil en la planificación de los trabajos de la jornada escolar, así como del curso escolar.

Crecimiento del cuerpo: El crecimiento corporal está regulado, entre otras, por las hormonas somato-tropinas de la glándula pituitaria, un proceso regulado en parte por las áreas hipotalámicas. La melatonina pineal puede ser un posible regulador de este proceso que, por lo tanto, se volvería sensible a la estimulación de luz. Los factores estacionales también parecen influir en el crecimiento del cuerpo. Los niños con valores altos de cortisol por la mañana tuvieron un incremento algo menor en el crecimiento corporal anual. Esta correlación inversa se hizo más pronunciada durante el período de invierno, de noviembre a febrero.

Ausencia por enfermedad: La producción de cortisol, especialmente en diciembre, parecía tener cierta influencia en las bajas por enfermedad. Los valores elevados de cortisol durante este período se correlacionaron con bajas tasas de bajas.

Debido a que el cortisol actúa como movilizador de la defensa del cuerpo, parece razonable que las bajas por enfermedad fueron mayores para aquellos nichos con niveles más bajos de cortisol. En otras palabras, si uno logra elevar estos niveles por medio de una mejor iluminación, los niños y niñas más vulnerables podrían ser más resistentes a los resfriados y otras infecciones.

<p>1992</p>	<p>Hathaway, W. E.</p>	<p>Los estudiantes bajo lámparas fluorescentes de espectro continuo con suplementos ultravioleta desarrollaron menos caries y tenían una mejor asistencia, rendimiento, y crecimiento y desarrollo que los estudiantes bajo otro tipo de luz que aquellos que no habían recibido este suplemento.</p> <p>Los estudiantes bajo lámparas de vapor sodio de alta presión tuvieron tasas más bajas de crecimiento y desarrollo, así como niveles más bajos de asistencia y rendimiento. Según sus resultados, los sistemas de iluminación tienen importantes efectos no visuales en los estudiantes que están expuestos a ellos en las aulas durante largos periodos de tiempo.</p> <p>En general, en las condiciones de FSFL se produjo una asistencia significativamente mejor que en las condiciones de CWFL.</p> <p>Los mayores incrementos de rendimiento en lenguaje y matemáticas se produjeron bajo las condiciones de FSFL, completado o no con UV.</p>
<p>1989</p>	<p>Boray, P.F., Gifford, R., Rosenbloo d, L.</p>	<p>Sus resultados no muestran diferencias significativas entre los 3 tipos de iluminación en cualquiera de las medidas dependientes. Un análisis posterior indicó que si las diferencias realmente existen, son bastante pequeñas.</p> <p>Lámparas blanco frío (CWFL) o caliente (WWFL) son recomendables porque son mucho menos costosas que las lámparas de espectro total (FSFL).</p> <p>Su estudio indicaba que para los 3 tipos de lámparas fluorescentes comunes y las 9 variables dependientes analizadas, este es un asunto sin importancia.</p> <p>Las impresiones sobre la estética de la sala no fueron diferentes en las tres condiciones de iluminación. En suma, la iluminación FSFL, blanco frío y cálido no parecía tener efectos diferentes sobre cómo la gente percibe a los otros o el entorno, al menos cuando no se llamaba la atención sobre la iluminación de la habitación.</p> <p>Sin embargo, una vez que se llamaba la atención a las diferencias de iluminación, los lugares parecían muy diferentes.</p>

<p>1986</p>	<p>Wohlfarth, H.</p>	<p>No observó relaciones causa-efecto sistemáticamente significativas entre un efecto de 10 meses de luz exterior simulada al los colores prescritos o a las combinaciones de luz/color en el entorno escolar y la capacidad del alumno o los niveles de rendimiento, las actitudes hacia las materias escolares, el mal comportamiento que exige una acción disciplinaria, las ausencias debidas a enfermedades, los problemas de refracción en los ojos o la presión arterial.</p> <p>Aunque no se encontraron relaciones sistemáticamente significativas en la presión arterial, hubo indicios de que el color puede tener algún efecto a corto plazo sobre los niveles de presión arterial de los estudiantes.</p> <p>En concreto, los colores cálidos y estimulantes se asociaban con un aumento de la presión arterial de los estudiantes de la mañana a la tarde.</p> <p>Encontró un fuerte efecto entre la luz ultravioleta y la reducción de la caries dental y las ausencias por enfermedad, luz ultravioleta en el rango 280-400 nm.</p> <p>La eliminación de las emisiones electromagnéticas de las lámparas fluorescentes dio lugar a una disminución significativa de los comportamientos fuera de la tarea de los grupos en el aula, pero no para los grupos seleccionados por hiperactividad.</p>
<p>1978</p>	<p>O'Leary, K. D., Rosenbaum, A., Brooks, S. & Hughes, P. C.</p>	<p>Compararon la influencia de los tubos de de blanco frío (CWFL) y de luz del día en niños en edad escolar pero no encontraron diferencias significativas en el comportamiento.</p> <p>No observaron efectos de las condiciones de iluminación en el comportamiento hiperactivo según la evaluación de: (a) las observaciones independientes de orientación a la tarea o (b) las calificaciones del nivel de actividad.</p> <p>La medida de la fusión crítica de parpadeo (<i>Critical Flicker Fusion</i> ó (CFF)), un indicador que informa de la fatiga visual sensorial, indicó que la condición de simulación de la luz natural se asoció con una disminución de la CFF a través de las semanas.</p>

<p>1974</p>	<p>LaGiusa, F. F., Perney, L. R.</p>	<p>La falta de atención fue dos veces mayor en el grupo de control que cuando se empleó la técnica de la caja de luz. La técnica de mayor iluminación incrementó la atención de los alumnos.</p> <p>Las diferencias en el nivel de atención se producían en función del número y de las condiciones de las presentaciones.</p> <p>La reacción de atención a las ayudas visuales se puede mejorar mediante el refuerzo de los patrones de brillo.</p> <p>Además demuestra que tales técnicas de manipulación de la iluminación pueden ser un medio eficaz para mejorar la atención de alumnos, mientras se usen a largo plazo en un ambiente real.</p>
<p>1974</p>	<p>Mayron, L. W., Ott, J. N., Nations, R., Mayron, E.L.</p>	<p>Demostraron que el uso de la (FSFL) y protección contra la radiación disminuyó el comportamiento hiperactivo de los alumnos en las dos aulas de primer grado, en comparación con los estudiantes de las dos aulas de control con iluminación blanco frío (CWFL).</p> <p>El rendimiento académico también demostró ser significativamente diferente entre las cuatro aulas, pero de tal manera que no quedaba claro si las diferencias fueron resultado de las condiciones experimentales o de las diferencias de profesor. No parecía haber ninguna relación entre el rendimiento académico y la disminución en el comportamiento hiperactivo.</p> <p>Encontraron mejoras similares en la hiperactividad en niños escolares con lámparas de espectro continuo con protección contra la radiación. Los balastos electrónicos mejoraron notablemente la eficiencia energética, pero son caros, la protección también incurre en costos adicionales.</p> <p>Concluyeron que el comportamiento hiperactivo disminuye en los escolares expuestos, en su aula, a los tubos de luz del día, en comparación con los tubos blanco frío (CWFL). No se observaron diferencias por sexo. Se compararon datos de absentismo y se encontró que no hubo diferencias entre las aulas.</p>

		<p>Se registraron también las referencias de comportamiento y viajes a la enfermería. Se encontró que estos datos no fueron concluyentes debido a que cada maestro trató la tarea de manera diferente.</p> <p>Sus resultados indican que no hay diferencias significativas en el rendimiento académico en condiciones de iluminación alternativas según el género de los sujetos.</p>
<p>1973</p>	<p>Kleiber, D. A., Musick, P. L., Jayson, J. K.</p>	<p>El efecto diferencial de las condiciones de iluminación en el estado de ánimo, el rendimiento escolar, la interacción en el aula fue insignificante.</p> <p>Sin embargo, encontraron una clara diferencia en las características cualitativas de las condiciones cuando se realizan observaciones y evaluaciones directas.</p> <p>Vita-Lite se caracterizaba en su apariencia por ser más brillante, más fuerte, más emocionante, viva y estimulante, así como más clara y más pura.</p> <p>Por el contrario, la luz blanco frío (CWFL) fue percibida como más cálida, más suave, más silencioso y más agradable, tranquila y discreta que la de Vita-Lite.</p> <p>La Vita-Lite (FSFL) fue descrita como más molesta e irritante que la luz blanco frío que se consideró más aburrida. No hayaron diferencias entre las dos fuentes de luz en términos de comportamiento en la clase real.</p>
<p>1973</p>	<p>Serafica, F. C.</p>	<p>Evaluó los cambios en los niveles de funcionamiento en las conductas de apego a través de los cambios en las puntuaciones de la proporción de cada tipo de conducta de apego.</p> <p>Puso de manifiesto que hay una tendencia genéticamente programada en los bebés de mantener la proximidad y el contacto con sus madres con una iluminación baja.</p> <p>La exposición a un nivel de iluminación más bajo que la iluminación diurna normal dio lugar a un incremento en los comportamientos de apego. Cuando el cambio era a un nivel más alto, el resultado podría haber sido un incremento de la exploración.</p>

<p>1940</p>	<p>Luckiesh, M., Moss, F. K.,</p>	<p>Estudiaron la influencia de la moderna iluminación de la escuela en el progreso educativo y en el bienestar de los alumnos.</p> <p>Concluyeron que la mejora de la iluminación definitiva y significativamente aumenta el progreso educativo. En el estado de la iluminación de la escuela, en aquel momento, en el que prevalecían niveles bajos de iluminación, el hecho de que se obtuviera un aumento decisivo en el progreso educativo mediante una mejora moderada en la iluminación les parecía ser de mayor importancia que la magnitud exacta de la ganancia educativa.</p> <p>Una mayor edad educativa solamente revelaba algunas de las influencias beneficiosas de mejores condiciones de visión.</p> <p><u>Exámenes oculares:</u> los alumnos en aulas experimentales realizaron un progreso educativo mayor que aquellos en aulas control durante un periodo de prueba de dos años. Este hecho sugiere que los alumnos en aulas mejor iluminadas pueden haber estudiado más tiempo o tal vez con una concentración mayor que aquellos en las aulas de control.</p> <p>Estas reacciones de los sujetos tenderían a producir los cambios detectados en los estados de refracción de los ojos.</p> <p><u>Eficiencia Visual:</u> varió durante el curso escolar. El mayor grado de eficiencia visual se obtuvo durante los meses de invierno. La misma tendencia se reveló en las cuatro clases de quinto grado y en tres de las cuatro clases de sexto grado. Encontraron variaciones estacionales en la eficiencia visual.</p>
<p>1939</p>	<p>Tinker, M. A.</p>	<p><u>Parte I y II:</u> El contraste de los resultados de las partes I y II enfatiza la importancia de proporcionar una adecuada adaptación visual a la intensidad de iluminación bajo la que el ojo debe de trabajar.</p> <p>Encontró que la velocidad de lectura aumentaba con el incremento de la intensidad de la iluminación hasta un punto entre 3,1 y 10,3 fotocandelas (33 a 111 lux) cuando el ojo se adaptaba durante sólo 2 minutos a la luminosidad de la luz utilizada.</p>

		<p>Cuando el ojo se adaptaba adecuadamente (15 minutos de tiempo de adaptación) el nivel crítico para la visión efectiva era de aproximadamente 3 fotocandelas (32 lux) o ligeramente por debajo.</p> <p>La claridad de visión se redujo en dos horas de lectura bajo intensidades de menos de 3,1 fotocandelas (33 lux).</p> <p><u>Parte III:</u> el nivel crítico de intensidad de iluminación para la lectura un tipo de diez puntos era de aproximadamente 3 fotocandelas (32 lux).</p> <p>Con un trabajo prolongado a bajas intensidades, la claridad de visión de los detalles críticos se reducía notablemente. Con intensidades que iban desde 3,1 hasta 53,3 fotocandelas (33 a 574 lux), la claridad de visión se veía poco afectada por un trabajo visual prolongado.</p> <p>Su conclusión es que de 10 a 15 fotocandelas (108 a 162 lux) deberían proporcionar condiciones higiénicas cuando los ojos son normales y la impresión es legible.</p> <p>Discriminaciones finas requerían entre 20 y 25 fotocandelas (215 a 269 lux) para una visión adecuada.</p>
--	--	--

ANEXO 4. TEXTO ORIGINAL DE BOYCE, P.

Todas las citas que provienen de artículos en inglés son traducción propia de la autora del presente trabajo. Debido a su gran número, adjuntarlas en un anexo propio duplicaría el trabajo en extensión.

A continuación, a modo de ejemplo, se adjunta la cita de Boyce⁵²⁹ que aparece en las páginas 12-13:

Electric lighting began in the 1890s with the introduction of various forms of incandescent and arc lighting. Progress since then can be divided into three phases.

- 1. The decades from 1890 to about 1920 can be considered as the pioneer years. Over this time, a whole system for quantifying and measuring light was developed, the incandescent lamp was refined, the necessary electrical networks were built, the basic calculation methods were introduced, and the use of electric lighting spread from the few to the many. [...] The pages of *The Illuminating Engineer*, founded by Leon Gaster in 1908, are replete with concerns about putting light on the task and not in the eye, with the effect of illumination on the surface brightness, and with what illumination was actually in use.*
- 2. The decades from about 1920 to 1970 can be considered as the reign of the illuminating engineer. The themes of these years were a devotion to technology and quantification and a drive for higher illuminances, exemplified by the slogan 'More light, better sight.' Over these decades, many new light sources were introduced, the fluorescent lamp in 1938, the tungsten halogen lamp in 1959, the high pressure sodium lamp in 1962, and the metal halide lamp in 1964.*

⁵²⁹ Boyce, P.R., 2006, Education: the key to the future of lighting practice: The Trotter-Paterson memorial lecture presented to the Society of Light and Lighting, London, 21 February 2006, *Lighting Research and Technology*, 38, p. 283

Over the same period, lighting recommendations grew in number and complexity through the introduction of multiple lighting criteria. Two of the most notable were the CIE General Colour Rendering Index and the Glare Index, both attempts to reduce complex phenomena to a single number. These developments, together a reduction in the real cost of electricity, led to a steady increase in the amount of light considered acceptable and a narrowing of the type of installation that could meet all the published criteria. [...]

3. *The decades from about 1970 to the present day have seen the rise of the lighting designer and the decline of the illuminating engineer, a transformation associated with a shift in emphasis from the science to the art of lighting. One reason for this change in emphasis may have been the limitations on the type of lighting considered as good practice caused by attempts to meet multiple lighting criteria simultaneously. Man's need for variety in life is again cogently expressed by Dr Johnson who remarked, 'The great source of pleasure is variety. Uniformity must tire at last, though it be the uniformity of excellence. We love to expect: and, when expectation is disappointed or gratified, we want to be again expecting'. The rise of the lighting designer has resulted in a pattern of lighting practice that is divided into two parts. In applications where the appearance of the space is important to the impression given eg, for shops, for hotels, for the foyers of offices, the lighting designer is allowed free reign to use lighting to deliver the required 'message'. In applications where function is the main consideration, as in the working parts of offices, simple quantitative lighting criteria are dominant and lighting design is largely a matter of routine.*

ANEXO 5. DATOS ESTADÍSTICOS

A.5.1. EXPERIENCIA 1

A.5.1.1. LISTADO PRELIMINAR DE ADJETIVOS

A.5.1.2. CUESTIONARIO

A.5.1.3. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

A.5.1.1. LISTADO PRELIMINAR DE ADJETIVOS

ADJETIVOS SOBRE EL AULA			
1	ADECUADA	44	TRANQUILA
2	APTA	45	CALMADA
3	FAVORABLE	46	RELAJADA
4	ACEPTABLE	47	APACIBLE
5	CORRECTA	48	INQUIETANTE
6	AGRADABLE	49	CONFORTABLE
7	GRANDE	50	CÓMODA
8	ADORABLE	51	SATISFACTORIA
9	BONITA	52	DESLUMBRANTE
10	CURIOSA	53	IRREGULAR
11	ATRACTIVA	54	DESCONCERTANTE
12	HERMOSA	55	LUMINOSA
13	ALEGRE	56	CLARA
14	DIVERTIDA	57	SOMBRÍA
15	ANIMADA	58	MOLESTA
16	DINÁMICA	59	SILENCIOSA
17	AMIGABLE	60	AMPLIA
18	SERIA	61	CÁLIDA
19	FORMAL	62	FRÍA
20	DE CALIDAD	63	INTERESANTE
21	POBRE	64	COLORIDA
22	ASOMBROSA	65	RUIDOSA
23	DE BUEN DISEÑO	66	NATURAL
24	CON BUEN MOBILIARIO	67	EFICIENTE
25	IMPRESIONANTE	68	FUNCIONAL
26	PEQUEÑA	69	MAGNÍFICA
27	EMOCIONANTE	70	INMEJORABLE
28	HÚMEDA	71	EXCEPCIONAL
29	SORPRENDENTE	72	ÚNICA
30	ESTRECHA	73	SINGULAR
31	ESTIMULANTE	74	DIFERENTE
32	EXCITANTE	75	INCOMPARABLE
33	ME GUSTA	76	ACOGEDORA
34	ORIGINAL	77	ESTRECHA
35	PROTECTORA	78	ENCANTADORA
36	BIEN COMUNICADA	79	NÍTIDA
37	TRADICIONAL	80	CALUROSA
38	CON BUEN EQUIPAMIENTO	81	CON SENSACIÓN DE PAZ
39	NEUTRA	82	INCÓMODA
40	MONÓTONA	83	DESENFADADA
41	UNIFORME	84	INFORMAL
42	REGULAR	85	SOBRIA
43	BIEN ORDENADA	86	AUSTERA

ADJETIVOS SOBRE EL AULA			
87	EQUILIBRADA	124	CON ELEGANCIA
88	INNOVADORA	125	EXTRAORDINARIA
89	MODERNA	126	LIMPIA
90	CLÁSICA	127	CONFUSA
91	SILENCIOSA Y QUE PERMITE CONCENTRARSE	128	CON BUENA ILUMINACIÓN NATURAL
92	DESPROPORCIONADA	129	BUENA
93	MUY HUMANA	130	SENCILLA
94	TECNOLÓGICA	131	NUEVA
95	FLEXIBLE	132	ESPECIAL
96	MODULAR	133	PROPORCIONADA
97	PRÁCTICA	134	LIMPIA
98	EXQUISITA	135	ESPACIOSA
99	AGOBIANTE	136	ACTUAL
100	EXTRESANTE	137	EXCLUSIVA
101	DISTRAYENTE	138	EQUIPADA
102	SEGURA	139	DE CATEGORÍA
103	ANTIGUA	140	ABIERTA
104	CON BUENA VENTILACIÓN	141	CON BUENA TEMPERATURA
105	DEFICIENTE	142	HUMANA
106	DESAGRADABLE	143	CERRADA
107	CON BUENA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	144	SILENCIOSA Y QUE PERMITE CONCENTRARSE
108	DURA	145	COLORIDA
109	BIEN ILUMINADA	146	BIEN UBICADA
110	ECOLÓGICA	147	VERSÁTIL
111	FEA	148	SALUDABLE
112	EXTERIOR	149	ESPECTACULAR
113	OSCURA	150	LÚGUBRE
114	INTIMA	151	RECARGADA
115	PERFECTA	152	ECOLÓGICA
116	ACEPTABLE	153	SOSEGADA
117	SIN ARTIFICIOS	154	TRISTE
118	COMÚN	155	BIEN DISTRIBUIDA
119	INTEMPORAL	156	MARAVILLOSA
120	SATURADA	157	SE VE CLARAMENTE
121	ANGUSTIOSA	158	EXCELENTE
122	MALA	159	DISTINGUIDA
123	ABURRIDA	160	ASFIXIANTE

A.5.1.2. CUESTIONARIO

CUESTIONARIO SOBRE VALORACIÓN DE AULAS

AULA			
FECHA		HORA	

INFORMACIÓN OBJETIVA DEL SUJETO

SEXO	<input type="checkbox"/> HOMBRE	<input type="checkbox"/> MUJER	EDAD	
FORMACIÓN/TITULACIÓN				
PERMANENCIA EN EL AULA DURANTE ESE DÍA	<input type="checkbox"/> < 2 HORAS	<input type="checkbox"/> 2-4 HORAS	<input type="checkbox"/> 4- 6 HORAS	<input type="checkbox"/> > 6 HORAS

ACTIVIDADES O TAREAS QUE REALIZA EN EL AULA

Valore de 1-10 las siguientes tareas que desempeña en el aula **SEGÚN EL TIEMPO QUE DEDICA A ELLAS (1: no dedica tiempo a dicha actividad, 10: dedica prácticamente todo su tiempo a realizar esa tarea)**

1	Leer textos en un papel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Escribir a mano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Dibujar a mano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Leer en la pantalla del ordenador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Escribir con el ordenador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Dibujar con el ordenador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Atender a las explicaciones en la pizarra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Atender a las explicaciones en el proyector	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Repasar los apuntes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Dialogar con los compañeros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Reflexionar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Curiosear	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	Meditar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	Charlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	Mirar por la ventana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Deambular por la clase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Consultar el teléfono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Corregir con el profesor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	Preguntar al profesor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTORES SOBRE LAS SENSACIONES DEL SUJETO

Teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Valore las siguientes afirmaciones: “EN ESTOS MOMENTOS ME CONSIDERO UNA PERSONA...”

1	Responsable, trabajadora, disciplinada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	11	Me gusta la seguridad, prefiero seguir normas a improvisar o a buscar sensaciones nuevas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
2	Honesta, leal, sincera	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	12	Exigente, perfeccionista	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
3	Competente, capacitado	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	13	Elegante, sofisticado	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
4	De mentalidad abierta, tolerante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	14	Práctica, me gusta más lo funcional que la estética	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
5	Optimista y alegre	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	15	Reservada, introvertida	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
6	Imaginativa, creativa	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	16	Me preocupa la ecología	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
7	Me gusta conocer otras opiniones para tomar una decisión	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	17	Me gusta destacar, que se fijen en mi	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
8	Reflexiva, analítica	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	18	Moderada, comedida	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
9	Afectuosa, familiar, amable	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	19	Aseada, limpia	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
10	Seguidora de tendencias, vanguardista	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E				

FACTORES SOBRE LAS IMPRESIONES EMOCIONALES O EMOCIONES QUE ME SUGIERE EL AULA

Teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Valore las siguientes afirmaciones: "ME PARECE UN AULA..."

1	Con buena iluminación natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
2	Bien comunicada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
3	De buen diseño	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
4	Con buen mobiliario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
5	Silenciosa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
6	Con buena temperatura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
7	Confortable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
8	Húmeda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
9	Con buen equipamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
10	Bien distribuida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
11	Con buena ventilación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
12	Silenciosa y que permite concentrarse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
13	Bien ordenada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
14	Con buena iluminación artificial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
15	Intima	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
16	Antigua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
17	Nueva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
18	Amplia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
19	Exterior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
20	Bien iluminada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
21	Bien ubicada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
22	Agobiante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
23	Segura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
24	Alegre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
25	Cálida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
26	Agradable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E

Valore las siguientes afirmaciones: "EN TÉRMINOS GENERALES, ME PARECE UN AULA ADECUADA PARA..."

1	Leer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
2	Escribir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
3	Dibujar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
4	Formular cuestiones al profesor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
5	Atender a la pizarra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
6	Atender	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
7	Ver el proyector	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
8	Repasar los apuntes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
9	Dialogar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
10	Trabajar con el ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
11	Corregir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E
12	Reflexionar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B	C	D	E

VALORACIÓN DEL DISEÑO DEL AULA

Valore su grado de satisfacción respecto a los siguientes elementos de diseño de su aula:

1	Pavimento (suelo)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	11	Condiciones térmicas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
2	Ventanas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	12	Condiciones acústicas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
3	Condiciones de ventilación	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	13	Condiciones de humedad	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
4	Revestimientos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	14	Puertas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
5	Iluminación artificial	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	15	Iluminación natural	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
6	Paredes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	16	Techo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
7	Decoración	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	17	Nivel de ruido	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
8	Dimensiones	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	18	Mobiliario	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
9	Equipamiento (ordenadores, pizarra...)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	19	Distribución instalaciones (ubicación tomas de luz, teléfono, rejillas de ventilación...)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
10	Distribución mobiliario	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	20	Ubicación y accesos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E

VALORACIÓN GLOBAL DEL AULA

Teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Valore las siguientes afirmaciones:

1	En términos generales, me parece un aula adecuada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
2	En términos generales, me parece un aula adecuada para impartir clases de teoría	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
3	En términos generales, me parece un aula adecuada para impartir clases de prácticas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E

A.5.1.3. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

ETAPA 2: OBTENCIÓN Y EXTRACCIÓN DE LOS EJES SEMÁNTICOS DEL AULA

1. EXTRACCIÓN DE LOS EJES SEMÁNTICOS DEL AULA

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	7,851	30,197	30,197	4,195	16,135	16,135
2	2,543	9,779	39,976	2,645	10,172	26,307
3	1,640	6,309	46,285	2,641	10,159	36,465
4	1,335	5,133	51,418	2,153	8,282	44,747
5	1,233	4,742	56,161	2,147	8,259	53,006
6	1,145	4,403	60,564	1,613	6,205	59,211
7	0,907	3,490	64,054	1,259	4,843	64,054
8	0,829	3,188	67,242			
9	0,810	3,114	70,356			
10	0,749	2,881	73,237			
11	0,682	2,624	75,862			
12	0,667	2,566	78,428			
13	0,634	2,437	80,865			
14	0,577	2,219	83,084			
15	0,557	2,143	85,227			
16	0,502	1,932	87,159			
17	0,449	1,727	88,887			
18	0,434	1,671	90,558			
19	0,392	1,508	92,065			
20	0,368	1,416	93,481			
21	,351	1,352	94,833			
22	,305	1,173	96,006			
23	,285	1,097	97,103			
24	,283	1,087	98,190			
25	,271	1,041	99,232			
26	,200	,768	100,000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

2. MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS DEL AMBIENTE LUMINOSO DEL AULA

Matriz de componentes rotados^a

	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
AS10 Bien distribuida	0,761						
AS13 Bien ordenada	0,688						
AS18 Amplia	0,677						
AS4 Con buen mobiliario	0,642			0,368			
AS9 Buen equipamiento	0,607						
AS2 Bien comunicada	0,573				0,350	0,365	
AS22 Agobiante	-0,531						0,436
AS21 Bien ubicada	0,501					0,469	
AS3 De buen diseño	0,476			0,405	0,372		
AS11 Buena ventilación	0,463				0,420		
AS25 Cálida		0,809					
AS24 Alegre		0,740			0,327		
AS26 Agradable	0,358	0,664					
AS23 Segura		0,585					
AS5 Silenciosa			0,745				
AS12 Permite concentrarse			0,699				
AS6 Buena temperatura			0,697				
AS7 Confortable	0,379	0,349	0,583				
AS15 Íntima			0,456				0,423
AS16 Antigua				-0,868			
AS17 Nueva				0,846			
AS1 Con buena iluminación natural					0,738		
AS19 Exterior					0,712		
AS14 Con buena iluminación artificial						0,760	
AS20 Bien iluminada					0,461	0,582	
AS8 Húmeda							0,778
Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.							
a. La rotación ha convergido en 11 iteraciones.							

ETAPA 4: OBTENCIÓN Y EXTRACCIÓN DE LOS FACTORES DE PROPIEDADES DEL AULA

1. EXTRACCIÓN DE LOS EJES SEMÁNTICOS DE PROPIEDADES DEL AULA

Varianza total explicada

Compo- nente	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	6,422	32,111	32,111	3,305	16,523	16,523
2	2,449	12,243	44,354	3,025	15,125	31,648
3	1,372	6,859	51,214	2,733	13,667	45,315
4	1,092	5,462	56,676	2,272	11,360	56,676
5	,994	4,969	61,645			
6	,903	4,516	66,161			
7	,755	3,775	69,937			
8	,711	3,554	73,490			
9	,671	3,356	76,846			
10	,597	2,987	79,833			
11	,531	2,655	82,488			
12	,499	2,496	84,984			
13	,488	2,438	87,422			
14	,471	2,354	89,776			
15	,405	2,024	91,800			
16	,383	1,913	93,712			
17	,360	1,800	95,512			
18	,309	1,546	97,058			
19	,299	1,495	98,553			
20	,289	1,447	100,000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

2. MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS DE LAS PROPIEDADES DEL AULA

Matriz de componentes rotados^a

	Componente			
	1a	2a	3a	4a
AD4_Revestimientos	0,797			
AD6_Paredes	0,785			
AD5_Techo	0,739			
AD7_Decoración	0,622			
AD3_Puertas	0,570			
AD1_Pavimento	0,552			
AD10_Distribución mobiliario		0,832		
AD8_Dimensiones		0,823		
AD9_Mobiliario		0,764		
AD20_Ubicación accesos		0,619		
AD12_Condiciones acústicas			0,758	
AD17_Nivel de ruido			0,697	
AD16_Iluminación artificial			0,561	
AD13_Condiciones humedad			0,500	0,406
AD18_Equipamiento		0,442	0,472	
AD19_Distribución instalaciones		0,335	0,447	
AD15_Iluminación natural				0,797
AD2_Ventanas	0,436			0,699
AD14_Condiciones ventilación			0,310	0,662
AD11_Condiciones térmicas			0,475	0,483
Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.				
a. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.				

ETAPA 5: OBTENCIÓN Y EXTRACCIÓN DE LOS FACTORES DE TAREAS

1. EXTRACCIÓN DE LOS EJES SEMÁNTICOS DE TAREAS

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,561	38,012	38,012	2,774	23,113	23,113
2	1,435	11,962	49,973	2,607	21,723	44,835
3	1,355	11,294	61,268	1,972	16,432	61,268
4	,791	6,595	67,862			
5	,767	6,391	74,253			
6	,672	5,600	79,853			
7	,629	5,241	85,094			
8	,499	4,158	89,253			
9	,474	3,949	93,201			
10	,381	3,172	96,373			
11	,244	2,031	98,404			
12	,191	1,596	100,000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

2. MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS DE LAS PROPIEDADES DEL AULA

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1t	2t	3t
VT1_Leer	0,848		
VT2_Escribir	0,844		
VT8_Repasar los apuntes	0,683		
VT3_Dibujar	0,558		
VT6_Atender		0,847	
VT5_Atender a la pizarra		0,829	
VT7_Ver el proyector		0,764	
VT4_Formular cuestiones al profesor	0,323	0,594	
VT9_Dialogar			0,709
VT10_Trabajar con el ordenador			0,699
VT11_Corregir	0,314		0,652
VT12_Reflexionar	0,358		0,567

A.5.2. EXPERIENCIA 2

A.5.2.1. LISTADO PRELIMINAR DE ADJETIVOS

A.5.2.2. CUESTIONARIO

A.5.2.3. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

A.5.2.1. LISTADO PRELIMINAR DE ADJETIVOS

ADJETIVOS SOBRE EL AMBIENTE LUMINOSO DEL AULA			
1	ADECUADO	44	TRANQUILO
2	APTO	45	CALMADO
3	FAVORABLE	46	RELAJADO
4	ACEPTABLE	47	APACIBLE
5	CORRECTO	48	INQUIETANTE
6	AGRADABLE	49	CONFORTABLE
7	PLACENTERO	50	CÓMODO
8	ADORABLE	51	SATISFACTORIO
9	BONITO	52	DESLUMBRANTE
10	ARMONIOSO	53	BRILLANTE
11	ATRACTIVO	54	RESPLANDECIENTE
12	HERMOSO	55	LUMINOSO
13	ALEGRE	56	CLARO
14	DIVERTIDO	57	SOMBRÍO
15	ANIMADO	58	MOLESTO
16	DINÁMICO	59	PESADO
17	AMIGABLE	60	CANSINO
18	SERIO	61	CÁLIDO
19	FORMAL	62	FRÍO
20	DE CALIDAD	63	INTERESANTE
21	POBRE	64	COLORIDO
22	ASOMBROSO	65	VISTOSO
23	TENUE	66	NATURAL
24	SUAVE	67	EFICIENTE
25	IMPRESIONANTE	68	FUNCIONAL
26	FASCINANTE	69	MAGNÍFICO
27	EMOCIONANTE	70	INMEJORABLE
28	INTENSO, POTENTE, CON FUERZA	71	EXCEPCIONAL
29	SORPRENDENTE	72	ÚNICO
30	SUGERENTE	73	SINGULAR
31	ESTIMULANTE	74	DIFERENTE
32	EXCITANTE	75	INCOMPARABLE
33	ME GUSTA	76	ACOGEDOR
34	ORIGINAL	77	VIVO
35	PROTECTOR	78	ENCANTADOR
36	FAVORECEDOR	79	NÍTIDO
37	DE AHORRO ENERGÉTICO	80	ADECUADA GESTIÓN ENERGÉTICA
38	DEFINIDO	81	PAUSADO
39	HOMOGÉNEO	82	INCÓMODO
40	MONÓTONO	83	DESENFADADO
41	UNIFORME	84	INFORMAL
42	REGULAR	85	SOBRIO
43	ORDENADO	86	AUSTERO

**ADJETIVOS SOBRE EL
AMBIENTE LUMINOSO DEL AULA**

87	EQUILIBRADO	133	CON ELEGANCIA
88	INNOVADOR	134	EXTRAORDINARIO
89	MODERNO	135	LIMPIO
90	CLÁSICO	136	CONFUSO
91	VIVO	137	DEFICIENTE
92	VITAL	138	TRANSPARENTE
93	MUY HUMANO	139	SENCILLO
94	BELLO	140	NUEVO
95	FLEXIBLE	141	ESPECIAL
96	MODULAR	142	GENIAL
97	PRÁCTICO	143	FRÍVOLO
98	EXQUISITO	144	ESCANDALOSO
99	AGOBIANTE	145	ACTUAL
100	EXTRESANTE	146	EXCLUSIVO
101	DISTRAYENTE	147	SOFISTICADO
102	SEGURO	148	DE CATEGORÍA
103	ANTIGUO	149	FINO
104	DIFUSO	150	TRADICIONAL
105	DÉBIL	151	HUMANO
106	DESAGRADABLE	152	VITAL
107	NO CLARO	153	SIMPÁTICO
108	DURO	154	COLORISTA
109	FUERTE	155	BUENO
110	APAGADO	156	VERSÁTIL
111	ATENUADO	157	SALUDABLE
112	CONCENTRADO	158	ESPECTACULAR
113	OSCURO	159	LÚGUBRE
114	INTIMO	160	FEO
115	PERFECTO	161	ECOLÓGICO
116	BASTANTE ACEPTABLE	162	SOSEGADO
117	SIN ARTIFICIOS	163	TRISTE
118	COMÚN	164	EXTERIOR
119	PRÓXIMO	165	MARAVILLOSO
120	MAREANTE	166	PLANO
121	ANGUSTIOSO	167	DESPROPORCIONADO
122	MALO	168	IRREGULAR
123	ABURRIDO	169	BIEN DISTRIBUIDO
124	DISTINGUIDO	170	LINEAL
125	AUSTENTE DE MOLESTIAS	171	CON SENSACIÓN DE PAZ
126	SE VE CLARAMENTE	172	INSULSO
127	EXCELENTE	173	NEUTRO
128	MUY BUENO	174	SUBLIME
129	NO ÍNTIMO	175	LLANO
130	DIRECTO	176	RECARGADO
131	EXPRESIVO	177	LIGERO
132	PODEROSO	178	SUTIL

A.5.2.2. CUESTIONARIO

CUESTIONARIO SOBRE VALORACIÓN DE LA ILUMINACIÓN

AULA			
FECHA		HORA	

INFORMACIÓN OBJETIVA DEL SUJETO

SEXO	<input type="checkbox"/> HOMBRE	<input type="checkbox"/> MUJER	EDAD		
Basándote sólo en tus preferencias, si tuviese que elegir entre una iluminación con cual se quedaría:			<input type="checkbox"/> Cálida	<input type="checkbox"/> Neutra	<input type="checkbox"/> Fría
Indique con una cruz si padece alguno de los siguientes problemas visuales:	<input type="checkbox"/> Uso gafas	<input type="checkbox"/> Miopía	<input type="checkbox"/> Daltónico	<input type="checkbox"/> Operado	<input type="checkbox"/> Otros
	<input type="checkbox"/> Uso lentillas	<input type="checkbox"/> Hipermetropía	<input type="checkbox"/> Astigmatismo	<input type="checkbox"/> Vista cansada	

INFORMACIÓN SUBJETIVA DEL SUJETO

Teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

¿Cuál es su opinión acerca de cómo está iluminada el aula?

1	El techo está bien iluminado	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E	6	Los objetos están bien iluminados	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E
2	Las paredes están bien iluminadas	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E	7	Las personas están bien iluminadas	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E
3	El suelo está bien iluminado	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E	8	Los rostros están bien iluminados	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E
4	Mi zona de trabajo está bien iluminada	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E	9	Los colores se ven bien	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E
5	La pizarra está bien iluminada	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E	10	Tengo sensación de confort visual	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E

Valore las siguientes afirmaciones: “EN TÉRMINOS GENERALES, ME PARECE UNA ILUMINACIÓN ADECUADA PARA...”

11	Leer	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	17	Ver el proyector	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
12	Escribir	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	18	Repasar los apuntes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
13	Dibujar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	19	Dialogar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
14	Preguntar al profesor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	20	Trabajar con el ordenador	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
15	Atender a la pizarra	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	21	Corregir	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
16	Atender	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	22	Reflexionar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E

Valore las siguientes afirmaciones: “SIENTO QUE EN ESTOS MOMENTOS LA ILUMINACIÓN DE ESTE AULA ESTÁ AFECTANDO A MI...”

23	Estado de ánimo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	27	Sensación de bienestar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
24	Nivel de estrés	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	28	Rendimiento como alumno	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
25	Capacidad de atención	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	29	Estado de salud	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
26	Nivel de concentración	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	30	Nivel de cansancio	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E

¿Cuál es su opinión acerca del ambiente luminoso del aula?

El ambiente luminoso del aula me parece...

31	ADECUADO (apto, favorable, aceptable, correcto)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	51	HOMOGÉNEO (monótono, regular)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
32	CÁLIDO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	52	ORDENADO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
33	CLARO (nada sombrío)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	53	IMPRESIONANTE (fascinante, emocionante)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
34	DE CALIDAD (rico)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	54	FAVORECEDOR	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E
35	DESLUMBRANTE (resplandeciente)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E	55	ALEGRE (divertido)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A B C D E

36	PROTECTOR	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	56	SUGERENTE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
37	AGRADABLE (placentero, adorable, sin molestias)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	57	TRANQUILO (relajado, apacible)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
38	NATURAL	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	58	FUNCIONAL	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
39	NÍTIDO (definido)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	59	BONITO (atractivo, hermoso, armonioso)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
40	EFICIENTE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	60	CONFORTABLE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
41	TENUE (sutil, ligero)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	61	INTENSO (potente, con fuerza)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
42	ORIGINAL	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	62	COLORIDO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
43	INTERESANTE (atrayente)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	63	BRILLANTE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
44	LUMINOSO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	66	SUAVE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
45	ASOMBROSO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	65	UNIFORME	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
46	SORPREN- DENTE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	66	EQUILIBRADO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
47	ESTIMULANTE (excitante)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	67	ANIMADO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
48	CALMADO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	68	DINÁMICO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
49	CÓMODO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	69	AMIGABLE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
50	SATISFACTORIO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E	70	ME GUSTA	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E

VALORACIÓN GLOBAL DE LA ILUMINACIÓN DEL AULA

71	En términos generales, me parece que el aula está BIEN ILUMINADA	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
72	En términos generales, la ILUMINACIÓN NATURAL del aula es adecuada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
73	En términos generales, la ILUMINACIÓN ARTIFICIAL del aula es adecuada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
74	En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E
75	En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A B C D E

A.5.2.3. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

ETAPA 2: ESTUDIO DEL UNIVERSO SEMÁNTICO DEL AMBIENTE LUMINOSO DEL AULA

1. EXTRACCIÓN DE LOS EJES SEMÁNTICOS DEL AMBIENTE LUMINOSO DEL AULA

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	11,977	32,370	32,370	5,609	15,161	15,161
2	3,874	10,469	42,839	4,496	12,152	27,313
3	3,220	8,702	51,541	3,808	10,292	37,605
4	1,437	3,883	55,424	3,151	8,517	46,122
5	1,069	2,888	58,312	2,801	7,571	53,694
6	1,057	2,857	61,169	2,766	7,476	61,169
7	,835	2,256	63,425			
8	,798	2,157	65,582			
9	,755	2,039	67,621			
10	,717	1,939	69,560			
11	,685	1,851	71,411			
12	,653	1,765	73,176			
13	,610	1,648	74,824			
14	,589	1,591	76,415			
15	,570	1,540	77,955			
16	,539	1,456	79,411			
17	,538	1,454	80,865			
18	,506	1,367	82,231			
19	,488	1,319	83,550			
20	,475	1,284	84,835			
21	,443	1,198	86,032			
22	,431	1,165	87,198			
23	,392	1,059	88,257			
24	,383	1,034	89,291			
25	,380	1,027	90,319			
26	,365	,986	91,305			
27	,358	,967	92,272			
28	,346	,935	93,207			
29	,336	,908	94,115			
30	,330	,892	95,007			
31	,306	,826	95,833			
32	,301	,814	96,646			
33	,287	,776	97,422			
34	,281	,759	98,181			
35	,267	,720	98,901			
36	,222	,601	99,502			
37	,184	,498	100,000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

2. MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS DEL AMBIENTE LUMINOSO DEL AULA

Matriz de componentes rotados^a

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
SORPRENDENTE	,853					
ASOMBROSO	,826					
IMPRESIONANTE	,727		,337			
ORIGINAL	,718					
INTERESANTE	,717					
ESTIMULANTE	,709					
SUGERENTE	,589		,446			
EFICIENTE		,698				
NÍTIDO		,683				
CLARO		,649			,329	
DE CALIDAD		,645				,360
LUMINOSO		,613			,357	
FUNCIONAL		,568		,431		
CÓMODO		,555			-,328	,310
CONFORTABLE		,501	,465			
ANIMADO	,379		,667			
DINÁMICO	,361		,636			
AMIGABLE	,323		,633			
ALEGRE	,430		,609			
COLORIDO	,441		,532			
BONITO	,471		,477			
FAVORECEDOR	,386	,390	,454			
UNIFORME				,778		
HOMOGÉNEO				,741		
EQUILIBRADO		,349		,671		
ORDENADO		,368		,671		
DESLUMBRANTE					,739	
BRILLANTE			,360		,634	
INTENSO					,600	
CALMADO				,314	-,441	,347
TRANQUILO				,358	-,437	
SUAVE			,306	,355	-,422	,402
CÁLIDO						,712
PROTECTOR						,599
AGRADABLE		,525				,531
NATURAL		,335				,517
TENUE					-,379	,487

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.
a. La rotación ha convergido en 11 iteraciones.

3. ANÁLISIS DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE DE SUBSEGMENTOS DE LA MUESTRA

3.1. Anova ejes semánticos - variable 'sexo'

		6Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
SORPRESA	Between Groups	2,443	1	2,443	2,445	0,118
	Within Groups	764,444	765	0,999		
	Total	766,887	766			
CLARIDAD	Between Groups	1,146	1	1,146	1,144	0,285
	Within Groups	766,607	765	1,002		
	Total	767,753	766			
COLORIDO	Between Groups	0,224	1	0,224	0,223	0,637
	Within Groups	768,561	765	1,005		
	Total	768,785	766			
UNIFORMIDAD	Between Groups	2,834	1	2,834	2,843	0,092
	Within Groups	762,633	765	0,997		
	Total	765,467	766			
BRILLO	Between Groups	0,021	1	0,021	0,021	0,885
	Within Groups	767,661	765	1,003		
	Total	767,682	766			
CALIDEZ	Between Groups	0,008	1	0,008	0,008	0,931
	Within Groups	767,560	765	1,003		
	Total	767,567	766			

3.2. Anova ejes semánticos - variable 'edad'

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
SORPRESA	Between Groups	1,529	4	0,382	0,386	0,819
	Within Groups	705,991	713	0,990		
	Total	707,521	717			
CLARIDAD	Between Groups	6,867	4	1,717	1,709	0,146
	Within Groups	716,197	713	1,004		
	Total	723,063	717			
COLORIDO	Between Groups	8,939	4	2,235	2,219	0,065
	Within Groups	718,195	713	1,007		
	Total	727,134	717			
UNIFORMIDAD	Between Groups	2,761	4	0,690	0,681	0,605
	Within Groups	723,016	713	1,014		
	Total	725,777	717			
BRILLO	Between Groups	3,769	4	0,942	0,931	0,445
	Within Groups	721,882	713	1,012		
	Total	725,652	717			
CALIDEZ	Between Groups	5,235	4	1,309	1,283	0,275
	Within Groups	727,534	713	1,020		
	Total	732,769	717			

3.3. Anova ejes semánticos - variable 'problemas visuales'

Anova

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
SORPRESA	Between Groups	0,294	1	0,294	0,294	0,588
	Within Groups	769,306	768	1,002		
	Total	769,600	769			
CLARIDAD	Between Groups	1,521	1	1,521	1,520	0,218
	Within Groups	768,469	768	1,001		
	Total	769,990	769			
COLORIDO	Between Groups	1,507	1	1,507	1,506	0,220
	Within Groups	768,282	768	1,000		
	Total	769,789	769			
UNIFORMIDAD	Between Groups	1,351	1	1,351	1,350	0,246
	Within Groups	768,185	768	1,000		
	Total	769,020	769			
BRILLO	Between Groups	1,020	1	1,020	1,020	0,313
	Within Groups	768,000	768	1,000		
	Total	769,020	769			
CALIDEZ	Between Groups	0,928	1	0,928	0,928	0,336
	Within Groups	768,399	768	1,001		
	Total	769,328	769			

3.4. Anova ejes semánticos - variable 'Escuela'

Anova

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
SORPRESA	Between Groups	28,158	7	4,023	4,137	0,000
	Within Groups	741,842	763	0,972		
	Total	770,000	770			
CLARIDAD	Between Groups	69,866	7	9,981	10,877	0,000
	Within Groups	700,134	763	0,918		
	Total	770,000	770			
COLORIDO	Between Groups	21,248	7	3,035	3,093	0,003
	Within Groups	748,752	763	0,981		
	Total	770,000	770			
UNIFORMIDAD	Between Groups	38,316	7	5,474	5,708	0,000
	Within Groups	731,242	763	0,959		
	Total	770,000	770			
BRILLO	Between Groups	38,758	7	5,537	5,777	0,000
	Within Groups	731,242	763	0,958		
	Total	770,000	770			
CALIDEZ	Between Groups	12,042	7	1,720	1,732	0,098
	Within Groups	757,958	763	0,993		
	Total	770,000	770			

4. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS TAREAS EN LA VALORACIÓN DE LA ILUMINACIÓN

4.1. Obtención y extracción de los factores de tareas

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,262	43,849	43,849	3,411	28,423	28,423
2	1,481	12,340	56,189	2,194	18,287	46,710
3	1,041	8,678	64,867	2,179	18,157	64,
4	,847	7,060	71,927			
5	,702	5,852	77,779			
6	,571	4,756	82,535			
7	,515	4,299	86,824			
8	,422	3,520	90,344			
9	,402	3,350	93,694			
10	,301	2,507	96,201			
11	,279	2,327	98,528			
12	,177	1,472	100,00			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1	2	3
ESCRIBIR	,894		
LEER	,873		
REPASAR LOS APUNTES	,758	,314	
DIBUJAR	,757		
CORREGIR	,583	,461	
REFLEXIONAR		,743	
DIALOGAR	,312	,723	
TRABAJAR CON EL ORDENADOR		,658	
ATENDER A LA PIZARRA			,866
ATENDER	,323		,785
PREGUNTAR AL PROFESOR		,383	,594
VER EL PROYECTOR		,401	,438

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

A.5.3. EXPERIENCIA 3

A.5.3.1. CUESTIONARIOS

A.5.3.2. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

A.5.3.3. DATOS MEDIOS DE LA ILUMINACIÓN INTERIOR DE LAS AULAS

A.5.3.1. CUESTIONARIOS

CUESTIONARIO PRELIMINAR

Nombre	
---------------	--

Teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

1 ¿Qué opinión tienes sobre la iluminación con fluorescentes?

Es una iluminación...

1	De vanguardia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4	Estimulante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E				A	B	C	D	E	
2	Atractiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5	Confortable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E				A	B	C	D	E	
3	Eficiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6	Cálida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E				A	B	C	D	E	

7	En términos generales, me parece un tipo de iluminación adecuada para un aula	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E	

2 ¿Qué opinión tienes sobre la iluminación con LED?

8	Conozco este tipo de iluminación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E	

Es una iluminación...

9	De vanguardia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12	Estimulante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E				A	B	C	D	E	
10	Atractiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		13	Confortable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E				A	B	C	D	E	
11	Eficiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		14	Cálida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E				A	B	C	D	E	

15	En términos generales, me parece un tipo de iluminación adecuada para un aula	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E	

3 Según tu propia experiencia:

16	La iluminación del aula de teoría me parece adecuada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E	
17	La iluminación del aula de prácticas me parece adecuada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		A	B	C	D	E	

CUESTIONARIO FLUORESCENTES

Nombre	
---------------	--

Teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

¿Cuál es tu opinión acerca del ambiente luminoso del aula que proporcionan las lámparas FLUORESCENTES?

El ambiente luminoso del aula me parece....

1	ADECUADO (apto, favorable, aceptable, correcto, satisfactorio)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
2	SORPRENDENTE (asombroso, impresionante, fascinante, emocionante, atrayente, original, interesante, estimulante, excitante, sugerente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
3	CLARIDAD/NITIDEZ (definido, nada sombrío, luminoso, eficiente, funcional, cómodo, confortable, de calidad, rico)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
4	INTENSIDAD (deslumbrante, resplandeciente, brillante, potente, con fuerza)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
5	ANIMADO/COLORIDO (dinámico, amigable, alegre, divertido, , favorecedor, bonito, atractivo, hermoso, armonioso)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
6	UNIFORMIDAD (homogéneo, monótono, regular, ordenado, equilibrado, tranquilo, relajado, apacible)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
7	CALIDEZ (protector, agradable, natural, tenue, suave, calmado, placentero, adorable, sin molestias, sutil, ligero)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
8	ME GUSTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

VALORACIÓN GLOBAL DE LA ILUMINACIÓN DEL AULA CON LÁMPARAS FLUORESCENTES

9	En términos generales, me parece que el aula con lámparas LED está BIEN ILUMINADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
10	En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
11	En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
12	El ambiente luminoso del aula o la CANTIDAD DE LUZ que percibo de iluminación en el aula es la adecuada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

¿Cuál es tu opinión acerca de cómo está iluminada el aula con lámparas FLUORESCENTES?

13	El techo está bien iluminado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
14	Las paredes están bien iluminadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
15	El suelo está bien iluminado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
16	Mi zona de trabajo está bien iluminada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
17	La pizarra está bien iluminada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
18	Los objetos están bien iluminados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
19	Los rostros están bien iluminados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
20	Los colores se ven bien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
21	Las personas están bien iluminadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
22	Tengo sensación de confort visual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

Valora las siguientes afirmaciones: “EN TÉRMINOS GENERALES, ME PARECE LA ILUMINACIÓN CON LÁMPARAS FLUORESCENTES ME PARECE UNA ILUMINACIÓN ADECUADA PARA...”

23	Leer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
24	Escribir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
25	Dibujar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
26	Preguntar al profesor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
27	Atender a la pizarra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
29	Ver el proyector	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
30	Repasar los apuntes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
31	Dialogar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
32	Trabajar con el ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
33	Corregir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

CUESTIONARIO LED

Nombre	
---------------	--

Teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración

A	B	C	D	E
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

¿Cuál es tu opinión acerca del ambiente luminoso del aula que proporcionan las lámparas LED?

El ambiente luminoso del aula me parece....

1	ADECUADO (apto, favorable, aceptable, correcto, satisfactorio)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
2	SORPRENDENTE (asombroso, impresionante, fascinante, emocionante, atrayente, original, interesante, estimulante, excitante, sugerente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
3	CLARIDAD/NITIDEZ (definido, nada sombrío, luminoso, eficiente, funcional, cómodo, confortable, de calidad, rico)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
4	INTENSIDAD (deslumbrante, resplandeciente, brillante, potente, con fuerza)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
5	ANIMADO/COLORIDO (dinámico, amigable, alegre, divertido, , favorecedor, bonito, atractivo, hermoso, armonioso)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
6	UNIFORMIDAD (homogéneo, monótono, regular, ordenado, equilibrado, tranquilo, relajado, apacible)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
7	CALIDEZ (protector, agradable, natural, tenue, suave, calmado, placentero, adorable, sin molestias, sutil, ligero)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
8	ME GUSTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

VALORACIÓN GLOBAL DE LA ILUMINACIÓN DEL AULA CON LÁMPARAS LED

9	En términos generales, me parece que el aula con lámparas LED está BIEN ILUMINADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
10	En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
11	En términos generales, me parece una ILUMINACIÓN adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
12	El ambiente luminoso del aula o la CANTIDAD DE LUZ que percibo de iluminación en el aula es la adecuada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

¿Cuál es tu opinión acerca de cómo está iluminada el aula con lámparas LED?

13	El techo está bien iluminado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
14	Las paredes están bien iluminadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
15	El suelo está bien iluminado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
16	Mi zona de trabajo está bien iluminada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
17	La pizarra está bien iluminada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
18	Los objetos están bien iluminados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
19	Los rostros están bien iluminados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
20	Los colores se ven bien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
21	Las personas están bien iluminadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
22	Tengo sensación de confort visual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

Valora las siguientes afirmaciones: “EN TÉRMINOS GENERALES, ME PARECE LA ILUMINACIÓN CON LÁMPARAS LED ME PARECE UNA ILUMINACIÓN ADECUADA PARA...”

23	Leer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
24	Escribir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
25	Dibujar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
26	Preguntar al profesor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
27	Atender a la pizarra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
29	Ver el proyector	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
30	Repasar los apuntes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
31	Dialogar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
32	Trabajar con el ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E
33	Corregir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		A	B	C	D	E

CUESTIONARIO FINAL

COMPARACIÓN GLOBAL DE LA ILUMINACIÓN DEL AULA CON LÁMPARAS FLUORESCENTES Y LED

Nombre	
---------------	--

Elige entre una iluminación con lámparas **FLUORESCENTES** o **LED**, basándote sólo en tus preferencias:

1	En términos generales, me parece que la ILUMINACIÓN más adecuada para impartir CLASES DE TEORÍA es:	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED
2	En términos generales, me parece que la ILUMINACIÓN más adecuada para impartir CLASES DE PRÁCTICAS	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED
3	El ambiente luminoso del aula o la CANTIDAD DE LUZ que percibo de iluminación en el aula es más adecuada	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED
4	En términos generales, si tuviera que elegir entre una iluminación con FLUORESCENTE o con LED , me quedaría con:	<input type="checkbox"/> Fluorescente	<input type="checkbox"/> LED

Valora de 1-10 la iluminación proporcionada por estos tipos de lámparas **SEGÚN TUS PREFERENCIAS**

(0-2: mi valoración es muy mala, 9-10: mi valoración es muy buena)

5	Valora, según tus preferencias, la iluminación con FLUORESCENTES	<input type="checkbox"/> 0-2	<input type="checkbox"/> 3-4	<input type="checkbox"/> 5-6	<input type="checkbox"/> 7-8	<input type="checkbox"/> 9-10
6	Valora, según tus preferencias, la iluminación con LED	<input type="checkbox"/> 0-2	<input type="checkbox"/> 3-4	<input type="checkbox"/> 5-6	<input type="checkbox"/> 7-8	<input type="checkbox"/> 9-10

A.5.3.2. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

ETAPA 2: ANÁLISIS PRELIMINAR FLUORESCENTE - LED

1. **Análisis de diferencias significativas entre fluorescentes y LED:** ANOVA para cada uno de los adjetivos del cuestionario preliminar

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pre_ vanguardia	Inter-grupos	69,168	1	69,168	103,448	0,000
	Intra-grupos	166,489	249	0,669		
	Total	235,657	250			
pre_ atractiva	Inter-grupos	91,020	1	91,020	117,718	0,000
	Intra-grupos	192,526	249	0,773		
	Total	283,546	250			
pre_ eficiente	Inter-grupos	0,371	1	,371	,556	0,457
	Intra-grupos	167,581	251	0,668		
	Total	167,953	252			
pre_ estimulante	Inter-grupos	21,682	1	21,682	29,688	0,000
	Intra-grupos	183,307	251	0,730		
	Total	204,988	252			
pre_ confortable	Inter-grupos	9,433	1	9,433	13,572	0,000
	Intra-grupos	173,754	250	0,695		
	Total	183,187	251			
pre_ cálida	Inter-grupos	58,390	1	58,390	75,380	0,000
	Intra-grupos	194,425	251	0,775		
	Total	252,814	252			
pre_ valoración _global	Inter-grupos	3,281	1	3,281	4,225	0,041
	Intra-grupos	193,317	249	0,776		
	Total	196,598	250			

2. Análisis de medias y desviaciones típicas de fluorescentes y LED:

		Descriptivos							
		N	Me- dia	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín.	Máx.
						Límite inf.	Límite sup.		
pre_ vanguar- dia	FLUORES- CENTE	125	-,29	,869	,078	-,44	-,13	-2	2
	LED	126	,76	,763	,068	,63	,90	-2	2
	Total	251	,24	,971	,061	,12	,36	-2	2
pre_ atractiva	FLUORES- CENTE	126	-,45	,926	,083	-,62	-,29	-2	2
	LED	125	,75	,829	,074	,61	,90	-2	2
	Total	251	,15	1,065	,067	,02	,28	-2	2
pre_ eficiente	FLUORES- CENTE	127	,65	,858	,076	,50	,80	-2	2
	LED	126	,73	,774	,069	,59	,87	-2	2
	Total	253	,69	,816	,051	,59	,79	-2	2
pre_ estimula- nte	FLUORES- CENTE	127	-,23	,919	,082	-,39	-,07	-2	2
	LED	126	,36	,784	,070	,22	,50	-2	2
	Total	253	,06	,902	,057	-,05	,17	-2	2
pre_ confor- table	FLUORES- CENTE	127	-,31	,861	,076	-,47	-,16	-2	2
	LED	125	,07	,805	,072	-,07	,21	-2	2
	Total	252	-,12	,854	,054	-,23	-,02	-2	2
pre_ cálida	FLUORES- CENTE	127	-,94	,949	,084	-1,10	-,77	-2	2
	LED	126	,02	,805	,072	-,12	,17	-2	2
	Total	253	-,46	1,002	,063	-,58	-,33	-2	2
pre_ val. global	FLUORES- CENTE	124	,35	,929	,083	,18	,51	-2	2
	LED	127	,12	,832	,074	-,03	,26	-2	2
	Total	251	,23	,887	,056	,12	,34	-2	2

ETAPA 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ILUMINACIÓN CON FLUORESCENTE Y LED

1. Comparación de la valoración de los ejes semánticos

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sorprendente	Inter-grupos	6,576	1	6,576	6,909	0,009
	Intra-grupos	273,182	287	0,952		
	Total	279,758	288			
Claridad / nitidez	Inter-grupos	10,467	1	10,467	12,748	0,000
	Intra-grupos	235,644	287	0,821		
	Total	246,111	288			
Intensidad	Inter-grupos	10,540	1	10,540	12,047	0,001
	Intra-grupos	249,349	285	0,875		
	Total	259,889	286			
Animado / colorido	Inter-grupos	6,372	1	6,372	8,714	0,003
	Intra-grupos	209,128	286	0,731		
	Total	215,500	287			
Uniformidad	Inter-grupos	9,426	1	9,426	13,622	0,000
	Intra-grupos	197,904	286	0,692		
	Total	207,330	287			
Calidez	Inter-grupos	0,111	1	0,111	0,144	0,705
	Intra-grupos	219,924	285	0,772		
	Total	220,035	286			

2. Comparación de la valoración global de la iluminación

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Adecuado	Inter-grupos	5,482	1	5,482	9,093	0,003
	Intra-grupos	173,003	287	0,603		
	Total	178,484	288			
Me gusta	Inter-grupos	11,421	1	11,421	17,908	0,000
	Intra-grupos	182,409	286	0,638		
	Total	193,830	287			
VG bien iluminada	Inter-grupos	16,355	1	16,355	29,391	0,000
	Intra-grupos	159,707	287	0,556		
	Total	176,062	288			
VG clase de teoría	Inter-grupos	10,554	1	10,554	16,528	0,000
	Intra-grupos	183,266	287	0,639		
	Total	193,820	288			
VG clase de práctica	Inter-grupos	12,910	1	12,910	20,396	0,000
	Intra-grupos	181,664	287	0,633		
	Total	194,574	288			
VG luz adecuada	Inter-grupos	3,782	1	3,782	5,476	0,020
	Intra-grupos	198,218	287	0,691		
	Total	202,000	288			

3. Comparación de valoración de la iluminación de los elementos del aula

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
E_Techo	Inter-grupos	8,717	1	8,717	10,945	0,001
	Intra-grupos	212,666	267	0,797		
	Total	221,383	268			
E_Paredes	Inter-grupos	6,761	1	6,761	11,378	0,001
	Intra-grupos	159,239	268	0,594		
	Total	166,000	269			
E_Suelo	Inter-grupos	4,067	1	4,067	6,429	0,012
	Intra-grupos	168,914	267	,633		
	Total	172,981	268			
E_Zona Trabajo	Inter-grupos	16,883	1	16,883	25,062	0,000
	Intra-grupos	179,868	267	0,674		
	Total	196,751	268			
E_Pizarra	Inter-grupos	16,251	1	16,251	20,421	0,000
	Intra-grupos	212,477	267	0,796		
	Total	228,729	268			
E_Objetos	Inter-grupos	10,805	1	10,805	21,187	0,000
	Intra-grupos	136,680	268	0,510		
	Total	147,485	269			
E_Rostros	Inter-grupos	6,827	1	6,827	10,874	0,001
	Intra-grupos	168,269	268	0,628		
	Total	175,096	269			
E_Personas	Inter-grupos	6,455	1	6,455	11,139	0,001
	Intra-grupos	155,308	268	0,580		
	Total	161,763	269			
E_Colores	Inter-grupos	13,075	1	13,075	25,338	0,000
	Intra-grupos	138,292	268	0,516		
	Total	151,367	269			
E_Confort visual	Inter-grupos	3,138	1	3,138	4,312	0,039
	Intra-grupos	194,312	267	0,728		
	Total	197,450	268			

4. Comparación de la valoración de la iluminación de las actividades o tareas

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
T_Escribir	Inter-grupos	8,801	1	8,801	15,363	0,000
	Intra-grupos	153,529	268	0,573		
	Total	162,330	269			
T_Dibujar	Inter-grupos	16,177	1	16,177	22,899	0,000
	Intra-grupos	189,323	268	0,706		
	Total	205,500	269			
T_Preguntar al profesor	Inter-grupos	3,654	1	3,654	5,506	0,020
	Intra-grupos	176,536	266	0,664		
	Total	180,190	267			
T_Atender pizarra	Inter-grupos	8,636	1	8,636	6,970	0,009
	Intra-grupos	332,031	268	1,239		
	Total	340,667	269			
T_Atender	Inter-grupos	6,236	1	6,236	9,101	0,003
	Intra-grupos	183,631	268	0,685		
	Total	189,867	269			
T_Ver el proyector	Inter-grupos	1,630	1	1,630	1,148	0,285
	Intra-grupos	378,980	267	1,419		
	Total	380,610	268			
T_Repasar apuntes	Inter-grupos	4,550	1	4,550	8,665	0,004
	Intra-grupos	140,208	267	0,525		
	Total	144,758	268			
T_Dialogar	Inter-grupos	,032	1	0,032	0,043	0,835
	Intra-grupos	197,291	267	0,739		
	Total	197,323	268			
T_Trabajar ordenador	Inter-grupos	6,803	1	6,803	8,492	0,004
	Intra-grupos	213,089	266	0,801		
	Total	219,892	267			
T_Corregir	Inter-grupos	4,954	1	4,954	7,576	0,006
	Intra-grupos	174,578	267	0,654		
	Total	179,532	268			
T_Reflexionar	Inter-grupos	2,982	1	2,982	2,756	0,098
	Intra-grupos	288,884	267	1,082		
	Total	291,866	268			
T_leer	Inter-grupos	8,052	1	8,052	13,549	0,000
	Intra-grupos	159,267	268	0,594		
	Total	167,319	269			

ETAPA 6: COMPARACIÓN ENTRE AMBOS TIPOS DE ILUMINACIÓN SEGÚN EL ORDEN DE PRESENTACIÓN DEL ESTÍMULO

1. Análisis de la valoración de los fluorescentes según el orden de presentación del estímulo

Se marcan en gris aquellos valores que son significativos según el ANOVA.

a. Valoración global de la iluminación de los ejes semánticos

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sorprendente	Inter-grupos	0,134	1	0,134	0,159	0,691
	Intra-grupos	118,384	141	0,840		
	Total	118,517	142			
Claridad Eficiencia	Inter-grupos	0,328	1	0,328	0,457	0,500
	Intra-grupos	101,336	141	0,719		
	Total	101,664	142			
Brillo Intensidad	Inter-grupos	0,939	1	0,939	1,112	0,294
	Intra-grupos	118,244	140	0,845		
	Total	119,183	141			
Colorido Animado	Inter-grupos	0,265	1	0,265	0,401	0,528
	Intra-grupos	92,418	140	0,660		
	Total	92,683	141			
Uniformidad	Inter-grupos	0,546	1	0,546	0,825	0,365
	Intra-grupos	92,700	140	0,662		
	Total	93,246	141			
Calidez	Inter-grupos	1,201	1	1,201	1,680	0,197
	Intra-grupos	100,130	140	0,715		
	Total	101,331	141			

b. Análisis de la valoración global de la iluminación

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Adecuado	Inter-grupos	0,108	1	0,108	0,168	0,683
	Intra-grupos	90,368	141	0,641		
	Total	90,476	142			
Me gusta	Inter-grupos	1,014	1	1,014	1,804	0,181
	Intra-grupos	78,648	140	0,562		
	Total	79,662	141			
VG bien iluminada	Inter-grupos	1,232	1	1,232	2,212	0,139
	Intra-grupos	78,503	141	0,557		
	Total	79,734	142			
VG clase de teoría	Inter-grupos	2,672	1	2,672	4,300	0,040
	Intra-grupos	87,608	141	0,621		
	Total	90,280	142			
VG clase de práctica	Inter-grupos	0,468	1	0,468	0,745	0,389
	Intra-grupos	88,511	141	0,628		
	Total	88,979	142			
VG luz adecuada	Inter-grupos	0,836	1	0,836	1,218	0,272
	Intra-grupos	96,772	141	0,686		
	Total	97,608	142			

c. Valoración de la iluminación de los elementos del aula con fluorescente

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
E_Techo	Inter-grupos	13,581	1	13,581	15,416	0,000
	Intra-grupos	110,120	125	0,881		
	Total	123,701	126			
E_Paredes	Inter-grupos	11,986	1	11,986	21,570	0,000
	Intra-grupos	70,014	126	0,556		
	Total	82,000	127			
E_Suelo	Inter-grupos	7,631	1	7,631	13,456	0,000
	Intra-grupos	70,888	125	0,567		
	Total	78,520	126			
E_Zona de trabajo	Inter-grupos	6,837	1	6,837	9,933	0,002
	Intra-grupos	86,045	125	0,688		
	Total	92,882	126			
E_Pizarra	Inter-grupos	8,650	1	8,650	10,498	0,002
	Intra-grupos	103,003	125	0,824		
	Total	111,654	126			
E_Objetos	Inter-grupos	9,395	1	9,395	20,857	0,000
	Intra-grupos	56,306	125	0,450		
	Total	65,701	126			
E_Rostros	Inter-grupos	8,247	1	8,247	12,663	0,001
	Intra-grupos	81,407	125	0,651		
	Total	89,654	126			
E_Personas	Inter-grupos	7,837	1	7,837	13,515	0,000
	Intra-grupos	72,478	125	0,580		
	Total	80,315	126			
E_Colores	Inter-grupos	7,142	1	7,142	12,624	0,001
	Intra-grupos	70,717	125	0,566		
	Total	77,858	126			
E_Confort visual	Inter-grupos	11,138	1	11,138	16,901	0,000
	Intra-grupos	81,719	124	0,659		
	Total	92,857	125			

d. Valoración de la iluminación con fluorescente del aula en función de las tareas

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
T_leer	Inter-grupos	0,515	1	0,515	00,797	0,374
	Intra-grupos	81,477	126	0,647		
	Total	81,992	127			
T_Escribir	Inter-grupos	0,704	1	0,704	1,095	0,297
	Intra-grupos	81,015	126	0,643		
	Total	81,719	127			
T_Dibujar	Inter-grupos	0,012	1	0,012	0,016	0,900
	Intra-grupos	95,480	126	0,758		
	Total	95,492	127			
T_Preguntar al profesor	Inter-grupos	3,575	1	3,575	5,657	0,019
	Intra-grupos	78,369	124	0,632		
	Total	81,944	125			
T_Atender a la pizarra	Inter-grupos	5,222	1	5,222	7,111	0,009
	Intra-grupos	92,520	126	0,734		
	Total	97,742	127			
T_Atender	Inter-grupos	4,371	1	4,371	6,919	0,010
	Intra-grupos	79,598	126	0,632		
	Total	83,969	127			
T_Ve el proyector	Inter-grupos	,007	1	0,007	0,004	0,950
	Intra-grupos	234,235	126	1,859		
	Total	234,242	127			
T_Reparar los apuntes	Inter-grupos	3,884	1	3,884	8,296	0,005
	Intra-grupos	58,991	126	0,468		
	Total	62,875	127			
T_Dialogar	Inter-grupos	7,668	1	7,668	12,260	0,001
	Intra-grupos	78,801	126	0,625		
	Total	86,469	127			
T_Trabajar con el ordenador	Inter-grupos	2,024	1	2,024	2,653	0,106
	Intra-grupos	96,094	126	0,763		
	Total	98,117	127			
T_Corregir	Inter-grupos	7,049	1	7,049	12,976	0,000
	Intra-grupos	68,451	126	0,543		
	Total	75,500	127			
T_Reflexionar	Inter-grupos	9,292	1	9,292	9,333	0,003
	Intra-grupos	125,450	126	0,996		
	Total	134,742	127			

2. Análisis de la valoración de los LED según el orden de presentación del estímulo

Se marcan en gris aquellos valores que son significativos según el ANOVA.

a. Valoración global de la iluminación de los ejes semánticos

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sorprendente	Inter-grupos	11,179	1	11,179	11,219	0,001
	Intra-grupos	143,486	144	0,996		
	Total	154,664	145			
Claridad	Inter-grupos	1,244	1	1,244	1,349	0,247
	Intra-grupos	132,736	144	0,922		
	Total	133,979	145			
Brillo	Inter-grupos	2,354	1	2,354	2,634	0,107
	Intra-grupos	127,812	143	0,894		
	Total	130,166	144			
Colorido	Inter-grupos	6,973	1	6,973	9,172	0,003
	Intra-grupos	109,472	144	0,760		
	Total	116,445	145			
Uniformidad	Inter-grupos	3,909	1	3,909	5,587	0,019
	Intra-grupos	100,749	144	0,700		
	Total	104,658	145			
Calidez	Inter-grupos	0,329	1	0,329	,398	0,529
	Intra-grupos	118,264	143	0,827		
	Total	118,593	144			

b. Análisis de la valoración global de la iluminación con LED

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Adecuado	Inter-grupos	1,725	1	1,725	3,074	0,082
	Intra-grupos	80,802	144	0,561		
	Total	82,527	145			
Me gusta	Inter-grupos	3,075	1	3,075	4,442	0,037
	Intra-grupos	99,672	144	0,692		
	Total	102,747	145			
VG bien iluminada	Inter-grupos	2,202	1	2,202	4,077	0,045
	Intra-grupos	77,771	144	0,540		
	Total	79,973	145			
VG clase de teoría	Inter-grupos	7,380	1	7,380	12,415	0,001
	Intra-grupos	85,606	144	0,594		
	Total	92,986	145			
VG clase de práctica	Inter-grupos	3,449	1	3,449	5,566	0,020
	Intra-grupos	89,236	144	0,620		
	Total	92,685	145			
VG luz adecuada	Inter-grupos	5,854	1	5,854	8,896	0,003
	Intra-grupos	94,756	144	0,658		
	Total	100,610	145			

c. Valoración de la iluminación de los elementos del aula con LED

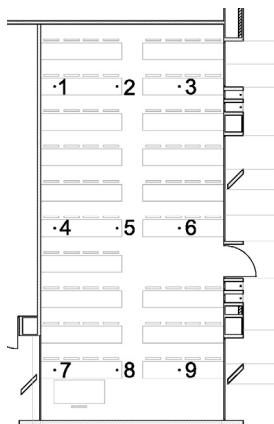
ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
E_Techo	Inter-grupos	0,155	1	0,155	0,245	0,621
	Intra-grupos	88,809	140	0,634		
	Total	88,965	141			
E_Paredes	Inter-grupos	0,046	1	0,046	0,084	0,772
	Intra-grupos	77,193	140	0,551		
	Total	77,239	141			
E_Suelo	Inter-grupos	0,408	1	0,408	0,634	0,427
	Intra-grupos	89,987	140	0,643		
	Total	90,394	141			
E_Zona de trabajo	Inter-grupos	2,532	1	2,532	4,198	0,042
	Intra-grupos	84,453	140	0,603		
	Total	86,986	141			
E_Pizarra	Inter-grupos	0,031	1	0,031	0,043	0,835
	Intra-grupos	100,793	140	0,720		
	Total	100,824	141			
E_Objetos	Inter-grupos	1,301	1	1,301	2,632	0,107
	Intra-grupos	69,678	141	0,494		
	Total	70,979	142			
E_Rostros	Inter-grupos	0,625	1	0,625	1,130	0,290
	Intra-grupos	77,990	141	0,553		
	Total	78,615	142			
E_Personas	Inter-grupos	0,014	1	0,014	0,027	0,870
	Intra-grupos	74,979	141	0,532		
	Total	74,993	142			
E_Colores	Inter-grupos	0,180	1	0,180	0,421	0,518
	Intra-grupos	60,254	141	0,427		
	Total	60,434	142			
E_Confort visual	Inter-grupos	0,903	1	0,903	1,266	0,262
	Intra-grupos	100,552	141	0,713		
	Total	101,455	142			

d. Valoración de la iluminación con LED del aula en función de las tareas

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
T_leer	Inter-grupos	1,087	1	1,087	1,997	0,160
	Intra-grupos	76,188	140	0,544		
	Total	77,275	141			
T_Escribir	Inter-grupos	2,456	1	2,456	4,958	0,028
	Intra-grupos	69,354	140	0,495		
	Total	71,810	141			
T_Dibujar	Inter-grupos	9,538	1	9,538	15,842	0,000
	Intra-grupos	84,293	140	0,602		
	Total	93,831	141			
T_Preguntar al profesor	Inter-grupos	,211	1	0,211	0,313	0,577
	Intra-grupos	94,380	140	0,674		
	Total	94,592	141			
T_Atender a la pizarra	Inter-grupos	,167	1	0,167	0,100	0,752
	Intra-grupos	234,122	140	1,672		
	Total	234,289	141			
T_Atender	Inter-grupos	2,850	1	2,850	4,121	0,044
	Intra-grupos	96,812	140	0,692		
	Total	99,662	141			
T_Ve el proyector	Inter-grupos	1,760	1	1,760	1,712	0,193
	Intra-grupos	142,977	139	1,029		
	Total	144,738	140			
T_Repasar los apuntes	Inter-grupos	1,741	1	1,741	3,202	0,076
	Intra-grupos	75,592	139	0,544		
	Total	77,333	140			
T_Dialogar	Inter-grupos	0,004	1	0,004	0,004	0,947
	Intra-grupos	110,819	139	0,797		
	Total	110,823	140			
T_Trabajar con el ordenador	Inter-grupos	0,978	1	0,978	1,184	0,278
	Intra-grupos	113,994	138	0,826		
	Total	114,971	139			
T_Corregir	Inter-grupos	1,572	1	1,572	2,240	0,137
	Intra-grupos	97,507	139	0,701		
	Total	99,078	140			
T_ Reflexionar	Inter-grupos	5,294	1	5,294	4,944	0,028
	Intra-grupos	148,848	139	1,071		
	Total	154,142	140			

A.5.3.3. DATOS MEDIOS DE LA ILUMINACIÓN INTERIOR DE LAS AULAS

Fig. 202. Localización de los puntos medios utilizados para la medición



Al principio y al final de cada sesión de prácticas se ha controlado la iluminancia y la luminancia tanto de luz natural como artificial, midiendo en un plano horizontal a la altura de todos los pupitres.

Por no extender en exceso el anexo, a continuación se muestra un resumen de los valores medios tanto de las iluminancias como las luminancias medias obtenidas por los fluorescentes y los LED en el aula A y en el aula B.

Posición	Iluminancia media (lux)		Luminancia media (cd/m ²)	
	Punto	Fluorescente	LED	Fluorescente
1	242	240	0.09	0.09
2	290	437	0.08	0.08
3	227	250	0.08	0.08
4	145	236	0.08	0.08
5	293	400	0.08	0.08
6	350	300	0.06	0.08
7	240	146	0.08	0.08
8	408	280	0.08	0.07
9	350	220	0.08	0.09

Aula A. Iluminancias y luminancias medias en los pupitres. Valores de luz artificial medidos en ausencia de luz natural

Posición	Iluminancia media (lux)		Luminancia media (cd/m ²)	
	Punto	Fluorescente	LED	Fluorescente
1	304	307	0.08	0.09
2	210	337	0.08	0.08
3	305	250	0.08	0.08
4	160	236	0.06	0.08
5	280	350	0.06	0.08
6	250	285	0.06	0.08
7	150	147	0.08	0.08
8	250	285	0.08	0.07
9	180	195	0.08	0.09

Aula B. Iluminancias y luminancias medias en los pupitres. Valores de luz artificial medidos en ausencia de luz natural


ANEXO 6. FICHAS TÉCNICAS DE LAS AULAS ESTUDIADAS

**EXPERIENCIA 1 -
Aulas utilizadas**


LISTADO DE AULAS UTILIZADAS EN LA EXPERIENCIA 1

Nº	Escuela o Facultad	Aula
1	UPV-ETSAV	C04
2	UPV-ETSAV	B04
3	UPV-ETSAV	404
4	UPV-ETSAV	523
5	UPV-ETSICCP	B1
6	UPV-ETSICCP	D1
7	UPV-ETSIINF	Laboratorio D.S.I.C. 3
8	UPV-BBAA	A-1-3
9	UPV-BBAA	A-4-6
10	UPV-ETSIT	B2
11	UPV-ETSIT	Lab. física
12	UPV-ETSIT	B3
13	UPV-ETSIT	B4
14	UPV-ETSIT	B5
15	UPV-ETSIE	Salón actos II
16	UPV-ETSIE	I.6
17	UPV-ETSIE	E.G.A
18	UPV-ETSIE	Laboratorio 1
19	UPV-ETSIE	Aula de gestión
20	UPV-ETSIE	I.2
21	UPV-ETSIE	Sala de juntas
22	UPV-ETSIE	A.3
23	UPV-ETSIE	I.4
24	UPV-ETSII	421
25	UPV-ETSII	423
26	UPV-ETSIA	A. informática dpto. ciencia animal
27	UPV-ETSIA	Laboratorio Fitotecnia Gen.
28	UPV-ETSIA	Aula 0.12
29	UPV-ETSIA	Aula N1
30	UA ETSA	12-M


EXPERIENCIA 1 - AULA 1

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: C04. Planta baja Uso: Aula de prácticas</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,42 m Largo: 11,75 m Alto: 2,98 m Sup.: 64,61 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores Sup. Ventanas: 18,57 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica sin rejilla N° de luminarias: 12 3 filas x 4 luminarias x 1 lámparas por luminaria N° de lámparas: PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

EXPERIENCIA 1 - AULA 2

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: B04. Planta baja Uso: Aula de prácticas</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 5,42 m Largo: 11,75 m Alto: 2,98 m Sup.: 64,61 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores Sup. Ventanas: 18,57 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica sin rejilla N° de luminarias: 12 3 filas x 4 luminarias x 1 lámparas por luminaria N° de lámparas: PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

EXPERIENCIA 1 - AULA 3

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 404. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 8,90 m Largo: 17,53 m Alto: 2,90 m Sup.: 157,98 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Si, interiores Sup. Ventanas: 10,26 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica sin rejilla Nº de luminarias: 36 3 filas x 12 luminarias x 1 lámparas por luminaria Nº de lámparas: PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 4

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 523. Planta segunda Uso: Aula de proyectos</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 8,88 m Largo: 35,75 m Alto: 4,75 m Sup.: 317,46 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí.</p>		<p>Características de la iluminación artificial Luminaria: Downlight pendular Nº de luminarias: 22 2 filas x 11 luminarias x 1 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 22 Halogenuros metálicos OSRAM HQI-T 150W WDL/730; TCC=3.000K; IRC=77</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Alta flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 5

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula B1. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 17,80 m Largo: 8,84 m Alto: 3m Sup.: 157,35 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 164 Nº de encuestados: 50</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 4G - ETSICCP E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos </p>	<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con estores opacos Sup. ventanas: 33,18 m²</p>	<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 15 3 filas x 5 luminarias x 4 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 60 PHILIPS MASTER TLD-36W/840</p>
	<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>	<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
	<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>	<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 6

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula D1. Planta segunda Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 4G - ETSICCP E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos </p>	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 12,00 m Largo: 17,70 m Alto: 3 m Sup.: 212,40 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores opacos Sup. ventanas: 33,18 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 15 3 filas x 5 luminarias x 4 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 60 PHILIPS MASTER TLD-36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 7

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula Laboratorio D.S.I.C. 3. Planta baja Uso: Aula de informática</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1B - ETSI Inf. E.T.S. de Ingeniería Informática </p>	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 6,04 m Largo: 10,50 m Alto: 3,55 m Sup.: 63,42 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con lamas Sup. ventanas: 3,84 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 12 3 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria Nº de lámparas: PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía Ordenadores</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 8

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A1-3. Planta Baja Uso: Aula de pintura</p> 	
	Edificio: 3M - BB AA Facultad de Bellas Artes	<p>Dimensiones: Ancho: 5,33 m Largo: 13,00 m Alto: 3 m Sup.: 69,29 m²</p>
	<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con estores. Sup. de ventanas: 0 m²</p>	<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 10</p> <p>Nº de lámparas: 24 PHILIPS MASTER TL5 HE 14W/840 1SL</p>
	<p>Climatización (HVAC): Climatización central con termostato</p>	<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
	<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>	<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 9

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A4-6. Planta 4ª Uso: Aula de teoría</p>	
		
Edificio: 3M - BB AA Facultad de Bellas Artes	<p>Dimensiones: Ancho: 5,35 m Largo: 8,48 m Alto: 3 m Sup.: 45,37 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 37 Nº de encuestados: 24</p>
	<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores. Sup. ventanas: 9,12 m²</p>	<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 6 2 filas x 3 luminarias x 4 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 24 PHILIPS MASTER TL5 HE 14W/840 1SL</p>
	<p>Climatización (HVAC): Climatización central con termostato</p>	<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
	<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>	<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 10

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula B.2. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 4D - ETSIT E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación </p>	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 9,05 m Largo: 18,37 m Alto: 3,18 m Sup.: 166,25 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con lamas Sup. ventanas: 19,76 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>N° de luminarias: 10 10 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>N° de lámparas: 30 PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 11

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula Laboratorio Física. Planta baja Uso: Laboratorio</p>	
		
Edificio: 4D - ETSIT E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 11,81 m Largo: 11,84 m Alto: 2,94 m Sup.: 139,83 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 28 N° de encuestados: 5</p>
	<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con lamas Sup. ventanas: 21,39 m²</p>	<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla N° de luminarias: 4 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria N° de lámparas: 48 PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
	<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>	<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
	<p>Mobiliario: Sin flexibilidad</p>	<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 12

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula B.3. Planta baja Uso: Aula de teoría	
		
Edificio: 4D - ETSIT E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación	Dimensiones: Ancho: 9,05 m Largo: 18,37 m Alto: 3,18 m Sup.: 166,25 m ²	Capacidad: Total: 120 Nº de encuestados: 24
	Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con lamas Sup. ventanas: 19,76 m ²	Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 10 10 luminarias x 3 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 30 PHILIPS MASTER TL-D 36W/840
	Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato	Ventilación Mecánica y natural
	Mobiliario: Poca flexibilidad	Tecnología: Proyector Megafonía


EXPERIENCIA 1 - AULA 13

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula B.4. Planta baja Uso: Aula de teoría	
		
Edificio: 4D - ETSIT E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación	Dimensiones: Ancho: 9,05 m Largo: 18,37 m Alto: 3,18 m Sup.: 166,25 m ²	Capacidad: Total: 120 Nº de encuestados: 7
	Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con lamas Sup. ventanas: 19,76 m ²	Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 10 10 luminarias x 3 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 30 PHILIPS MASTER TL-D 36W/840
	Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato	Ventilación Mecánica y natural
	Mobiliario: Poca flexibilidad	Tecnología: Proyector Megafonía


EXPERIENCIA 1 - AULA 14

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula B.5. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 4D - ETSIT E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 11,85 m Largo: 14,96 m Alto: 2,94 m Sup.: 177,28 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con lamas Sup. ventanas: 24,80 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>N° de luminarias: 16 4 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>N° de lámparas: 48 PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafoía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 15

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Salón de actos II Uso: Aula con ordenadores</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 11,95 m Largo: 17,95 m Alto: 3,98 m Sup.: 214,50 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con cortinas Sup. Ventanas: 57,80 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla N° de luminarias: 18 3 filas x 6 luminarias x 3 lámparas por luminaria N° de lámparas: PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 16

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula I.6 Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 11,90 m Largo: 10,58 m Alto: 3,55 m Sup.: 125,90 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 96 N° de encuestados: 20</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: interiores Sup. ventanas: 21,20 m²</p> <p>Lucernarios: 4 Sup. lucernarios: 8,23 m²</p>	<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>N° de luminarias: 16 16 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>N° de lámparas: PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
	<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>	<p>Ventilación Mecánica</p>
	<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>	<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 17

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula E.G.A. Uso: Aula con ordenadores</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 10,50 m Largo: 7,50 m Alto: 3,58 m Sup.: 78,75 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 40 N° de encuestados: 28</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: No al exterior.</p> <p>Lucernarios: 3 cubiertos (1,40 x 1,40 m) Sup. Lucernarios: 5,88 m²</p>	<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>N° de luminarias: 12 3 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>N° de lámparas: MASTER PHILIPS TL-D 36W/840</p>
	<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>	<p>Ventilación No</p>
	<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>	<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 18

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Laboratorio 1 Uso: Aula con ordenadores</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1C - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 15 m Largo: 7,00 m Alto: 2,8 m Sup.: 105,00 m Sup. de ventanas: 0 m</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: No</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 12 2 filas x 6 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: Fluorescente MASTER OSRAM F14W/840 HE</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central con termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 19

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula de Gestión Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1C - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 11,55 m Largo: 14,14 m Alto: 2,80 m Sup.: 163,32 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con estores. Sup. de ventanas: 48,44 m² Ventanas con estores: 16,38 m² Ventanas con estores y lamas: 32,06 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 30 5 filas x 6 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 90 fluorescente OSRAM T14W/840-HE</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central con termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 20

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula I.2 Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 10,40 m Largo: 10,60 m Alto: 3,55 m Sup.: 110,24 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, interiores Sup. ventanas: 21,20 m²</p> <p>Lucernarios: 3 Sup. lucernarios: 5,88 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 12 4 filas x 3 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 36 MASTER PHILIPS TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 21

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula Sala de juntas Uso: Aula de teoría	
		
Edificio: 1C - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación	Dimensiones: Ancho: 7,80 m Largo: 25,4 m Alto: 2,80 m Sup.: 198,12 m ²	Capacidad: Total: 23 Nº de encuestados: 5
	Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores. Sup. Ventanas: 54,88 m ²	Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 36 3 filas x 12 luminarias x 3 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 108 fluorescente OSRAM 14W/840 - HE
	Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato	Ventilación Mecánica
	Mobiliario: Alta flexibilidad	Tecnología: Proyector Megafonía


EXPERIENCIA 1 - AULA 22

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A.3 Uso: Aula de teoría	
		
Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación	Dimensiones: Ancho: 10,41 m Largo: 12,00 m Alto: 4,06 m Sup.: 124,92 m ²	Capacidad: Total: 104 Nº de encuestados: 50
	Características de la iluminación natural Ventanas: Si pero interiores Sup.: 8,38 m ²	Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 28 4 filas x 7 luminarias x 3 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 84 fluorescente PHILIPS TL-D 36W/840
	Climatización (HVAC): Climatización central con termostato	Ventilación Mecánica
	Mobiliario: Baja flexibilidad	Tecnología: Proyector Megafonía


EXPERIENCIA 1 - AULA 23

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula I.4 Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 10,40 m Largo: 10,60 m Alto: 3,55 m Sup.: 110,24 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, interiores Sup. ventanas: 21,20 m²</p> <p>Lucernarios: 6 Sup. lucernarios: 11,76 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 12 4 filas x 3 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 36 fluorescente MASTER PHILIPS TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 24

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 421. Planta primera Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 5C - ETSII Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 8,84 m Largo: 11,82 m Alto: 2,98 m Sup.: 104,50 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con estores opacos Sup. ventanas: 21,60 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica sin rejilla</p> <p>N° de luminarias: 24 4 filas x 6 luminarias x 1 lámpara por luminaria</p> <p>N° de lámparas: 24 PHILIPS MASTER 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 25

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 423. Planta primera Uso: Aula de ordenadores	
		
Edificio: 5C - ETSII Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales	Dimensiones: Ancho: 5,90 m Largo: 10,07 m Alto: 3,01 m Sup.: 59,41 m ²	Capacidad: Total: 26 Nº de encuestados: 10
	Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores opacos Sup. ventanas: 6,35 m ²	Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica sin rejilla Nº de luminarias: 12 3 filas x 4 luminarias x 1 lámpara por luminaria Nº de lámparas: 12 PHILIPS MASTER 36W/840
	Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato	Ventilación Mecánica y natural
	Mobiliario: Baja flexibilidad	Tecnología: Proyector Megafonía


EXPERIENCIA 1 - AULA 26

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula de informática. Dpto. Ciencia Animal Uso: aula de informática</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 3J - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,10 m Largo: 6,91 m Alto: 2,80 m Sup.: 35,24 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con rejillas. Sup. ventanas: 2,10 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>N° de luminarias: 4 2 filas x 2 luminarias x 4 lámparas por luminaria</p> <p>N° de lámparas: 16 Fluorescente PHILIPS TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 27

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Laboratorio Fitotecnia General Uso: Laboratorio</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 3H - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 7,5 m Largo: 14,96 m Alto: 2,99 m Sup.: 112,22 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con estores. Sup. ventanas: 28,17 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 8 2 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 24 OSRAM 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Sin flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


EXPERIENCIA 1 - AULA 28

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula O.12. Planta Baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 3H - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 8,71 m Largo: 5,68 m Alto: 3,48 m Sup.: 49,47 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí. Sup: 32,76 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica sin rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 12 3 filas x 4 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 24 PHILIPS TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

EXPERIENCIA 1 - AULA 29

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula N1. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 3C- ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,9 m Largo: 10,06 m Alto: 2,90 m Sup.: 59,35 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí Sup. Ventanas: 2,09 x 5,09 = 10,64 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>N° de luminarias: 2 filas x 3 luminarias x 4 lámparas por luminaria</p> <p>N° de lámparas: OSRAM 18W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

EXPERIENCIA 1 - AULA 30

<p>Universidad: U.A. Universidad de Alicante</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 12-M. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Edificio: Escuela Politécnica Superior IV Escuela de Arquitectura</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 11,88 m Largo: 6,75 m Alto: 2,75 Sup.: 133,01 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí Sup. Ventanas: 5,50 x 3,16 = 17,38 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 16 1 fila x 4 columnas x 4 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 32 OSRAM L36W/840 Lumilux Cool White</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización con termostato</p>		<p>Ventilación Natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector</p>

**EXPERIENCIA 1 -
Aulas utilizadas
para la validación**


Aulas utilizadas para la validación de la experiencia 1:

- Aula 1: ETSIE aula I. 8
- Aula 2: ETSIA aula N6
- Aula 3: ETSICCP aula B.6
- Aula 4: ETSII aula 422


Aulas utilizadas para la comparación de perfiles de la experiencia 1:

- Aula 5: ETSA aula 422
- Aula 6: BB AA aula A4-5


VALIDACIÓN EXPERIENCIA 1 - AULA 1V

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula I.8 Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 10,40 m Largo: 10,40 m Alto: 3,55 m Sup.: 125,90 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con estores opacos</p> <p>Sup. ventanas interiores: 10,40 m²</p> <p>Lucernarios: 2 Sup. lucernarios: 4,12 m²</p>		<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 16 4 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 48 fluorescente PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central con termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 1 - AULA 2

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula N6. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 3C- ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 8,88 m Largo: 8,73 m Alto: 2,90 m Sup.: 77,52 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí Sup. Ventanas: 9,62 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial</p> <p>Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 12 3 filas x 3 luminarias x 4 lámparas por luminaria + 1 fila x 3 luminarias x 4 lámparas por luminaria</p> <p>Nº de lámparas: 48 fluorescente OSRAM 18W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


VALIDACIÓN EXPERIENCIA 1 - AULA 3

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula B6. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 17,80 m Largo: 8,84 m Alto: 3,00 m Sup.: 157,35 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 168 N° de encuestados: 46</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 4G - ETSICCP E. T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos </p>	<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores opacos Sup. ventanas: 33,18 m²</p>	<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla N° de luminarias: 15 3 filas x 5 luminarias x 4 lámparas por luminaria N° de lámparas: 60 PHILIPS MASTER TLD-36W/840</p>
	<p>Climatización (HVAC): Climatización central con termostato</p>	<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
	<p>Mobiliario: Baja flexibilidad</p>	<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>


VALIDACIÓN EXPERIENCIA 1 - AULA 4

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 422. Planta primera Uso: Aula de informática</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 5C - ETSII Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales </p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,90 m Largo: 10,07 m Alto: 3,01 m Sup.: 59,41 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural</p> <p>Ventanas: Sí, con estores opacos</p> <p>Sup. ventanas: 6,35 m²</p>		<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 12 básica sin rejilla 3 filas x 4 luminarias x 1 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 12 fluorescentes PHILIPS MASTER 36W/840</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central con termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Nula flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 1 - AULA 5

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 422. Planta segunda Uso: Aula de proyectos</p> 	
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>Dimensiones: (en cm) Ancho: 8,88 m Largo: 35,75 m Alto: 4,75 m Sup.: 317,46 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí. Sup. Ventanas: 107,06 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Luminaria: Downlight pendular Nº de luminarias: 22 2 filas x 11 luminarias x 1 lámparas por luminaria Nº de lámparas: 22 Halogenuros metálicos OSRAM HQI-T 150W WDL/730; TCC=3.000K; IRC=77</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Alta flexibilidad</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 1 - AULA 6


<p>Universidad: U.A. Universidad de Alicante</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A4-5. Planta 4ª Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Edificio: Escuela Politécnica Superior IV Escuela de Arquitectura</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,62 m Largo: 8,56 m Alto: 3,00 m Sup.: 48,11 m²</p>
<p>Características de la iluminación natural Ventanas: Sí, con estores. Sup. de ventanas: 14,93 m²</p>		<p>Características de la iluminación artificial Tipo de luminaria: Básica con rejilla</p> <p>Nº de luminarias: 7 2 filas x 2 luminarias x 3 lámparas + 1 fila x 3 luminarias x 3 lámparas</p> <p>Nº de lámparas: 21 fluorescente PHILIPS MASTER TL5 HE 14W/840 1SL</p>
<p>Climatización (HVAC): Climatización central sin termostato</p>		<p>Ventilación Mecánica y natural</p>
<p>Mobiliario: Flexibilidad media</p>		<p>Tecnología: Proyector Megafonía</p>

**EXPERIENCIA 2 -
Aulas utilizadas**

LISTADO DE AULAS UTILIZADAS EN LA EXPERIENCIA 2

Nº	Escuela o Facultad	Aula
1	UPV-ETSAV	C04
2	UPV-ETSAV	B04
3	UPV-ETSAV	513
4	UPV-ETSAV	521
5	UPV-ETSAV	524
6	UPV-ETSICCP	B1
7	UPV-ETSICCP	D1
8	UPV-BBAA	A-0-1
9	UPV-BBAA	A-1-3
10	UPV-BBAA	A-4-6
11	UPV-BBAA	E-1-3
12	UPV-ETSID	Bruno Munari
13	UPV-ETSID	Japón
14	UPV-ETSID	Alemania
15	UPV-ETSIE	Salón actos II
16	UPV-ETSIE	I.6
17	UPV-ETSIE	Tecnología
18	UPV-ETSIE	Laboratorio 1
19	UPV-ETSIE	Gestión
20	UPV-ETSII	421
21	UPV-ETSII	423
22	UPV-ETSIA	Laboratorio Gabinet
23	UPV-ETSIA	Laboratorio Fitotecnia Gen.
24	UPV-ETSIA	Aula 0.7
25	UPV-ETSIA	Aula 1.02
26	UPV-ETSIA	Aula 2.12
27	UPV-ETSIA	Aula 1.03
28	UA ETSA	12-M
29	UA ETSA	17-D


EXPERIENCIA 2 - AULA 1

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: C04 Uso: Aula de prácticas</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 5,42 m Largo: 11,92 m Alto: 2,97 m Sup.: 64,61 m² Sup. de ventanas: 18,57 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 76 N° de encuestados: 88 (36+19+33)</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES: Grupo C1: 13/03/13 Presión: 1005 Temperatura exterior: 16°C Humedad exterior: 27% Temperatura interior: 24°C Humedad interior: 32%</p> <p>Grupo C2: 13/03/13 Presión: 1005 Temperatura exterior: 16°C Humedad exterior: 27% Temperatura interior: 24°C Humedad interior: 32%</p> <p>Grupo C3: 13/03/13 Presión: 1005 Temperatura exterior: 16°C Humedad exterior: 27% Temperatura interior: 24°C Humedad interior: 32%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Tipo de luminaria: Básica Tipo de lámpara: LED</p> <p>Grupo C1: Iluminación natural: 10058 lx Iluminación artificial: 352 lx</p> <p>Grupo C2: Iluminación natural: 10058 lx Iluminación artificial: 352 lx</p> <p>Grupo C3: Iluminación natural: 10058 lx Iluminación artificial: 352 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 2

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: B04 Uso: Aula de prácticas</p> 	
<p>Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,42 m Largo: 11,92 m Alto: 2,97 m Sup.: 64,61 m² Sup. de ventanas: 18,57 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 76 N° de encuestados: 43 (7+24+12)</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES: Grupo D1: 13/03/13 Presión: 1005 Temperatura exterior: 16°C Humedad exterior: 27% Temperatura interior: 24°C Humedad interior: 32%</p> <p>Grupo D2: 13/03/13 Presión: 1005 Temperatura exterior: 16°C Humedad exterior: 27% Temperatura interior: 24°C Humedad interior: 32%</p> <p>Grupo D3: 13/03/13 Presión: 1005 Temperatura exterior: 16°C Humedad exterior: 27% Temperatura interior: 24°C Humedad interior: 32%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Tipo de luminaria: Básica Tipo de lámpara: Fluorescente</p> <p>Grupo D1: Iluminación natural: 10058 lx Iluminación artificial: 352 lx</p> <p>Grupo D2: Iluminación natural: 10058 lx Iluminación artificial: 352 lx</p> <p>Grupo D3: Iluminación natural: 10058 lx Iluminación artificial: 352 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 3

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 513. Planta primera Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 8,92 m Largo: 17,97 m Alto: 2,90 m Sup.: 155,29 m² Sup. de ventanas: 17,97 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 136 Nº de encuestados: 21</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 26/03/13 Hora: 12:00</p> <p>Presión: 1.008</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,6°C Humedad: 44%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,5°C Humedad: 42%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminarias: 33 Básica sin rejilla 3 filas x 11 luminarias x 1 lámpara por luminaria</p> <p>Lámparas: 33 fluorescentes PHILIPS TLD 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 11.660 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 352 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 4

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 521. Planta 2ª Uso: Aula de proyectos</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 8,88 m Largo: 35,75 m Alto: 4,75 m Sup.: 317,46 m² Sup. Ventanas: 107,06 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 80 Nº de encuestados: 19</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 25/03/13 Hora: 14:05</p> <p>Presión: 1.011</p> <p>Exterior: Temperatura: 22,8°C Humedad: 38%</p> <p>Interior: Temperatura: 24,5°C Humedad: 41%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 22 Luminaria pendular 2 filas x 11 luminarias x 1 lámpara por luminaria</p> <p>Lámpara: 22 Halogenuros metálicos OSRAM HQI-T 150W WDL/730; TCC=3.000K; IRC=77</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 22.500 lx</p> <p>Interior: Iluminación natural: 1.632 lx Iluminación artificial: 0 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 5

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 524. Planta segunda Uso: Aula de teoría</p> 	
Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia	<p>Dimensiones: Ancho: 6 m Largo: 12 m Alto: 4,75 m Sup.: 72 m² Sup. de ventanas: 0 m</p>	<p>Capacidad: Total: 60 N° de encuestados: 16</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 16/04/13 Hora: 18:30</p> <p>Presión: 1.024</p> <p>Exterior: Temperatura: 20,1°C Humedad: 62%</p> <p>Interior: Temperatura: 23,3°C Humedad: 49%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminarias: 6 Luminaria pendular 2 filas x 3 luminarias x 1 lámpara por luminaria</p> <p>Lámpara: 22 Halogenuros metálicos OSRAM HQI-T 150W WDL/730; TCC=3.000K; IRC=77</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 9.770 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 252 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 6

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula B1. Planta Baja Uso: Aula de teoría</p> 	
Edificio: 4G - ETSICCP E. T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	<p>Dimensiones: Ancho: 17,80 m Largo: 8,84 m Alto: 3m Sup.: 157,35 m² Sup. ventanas: 33,18 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 164 Nº de encuestados: 38</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 25/03/13 Hora: 18:15</p> <p>Presión: 1.011</p> <p>Exterior: Temperatura: 20,3°C Humedad: 42%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,9°C Humedad: 40%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 15 Básica con rejilla 3 filas x 5 luminarias x 4 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 60 fluorescentes PHILIPS MASTER TLD-36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 2.200 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 242 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 7

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula D1. Planta Baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 12,00 m Largo: 17,70 m Alto: 3 m Sup.: 212,40 m² Sup. ventanas: 33,18 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 228 Nº de encuestados: 53</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 4G - ETSICCP E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 15/04/13 Hora: 12:05</p> <p>Presión: 1.026</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,0°C Humedad: 47%</p> <p>Interior: Temperatura: 23,7°C Humedad: 44%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 15 Básica con rejilla 3 filas x 5 luminarias x 4 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 60 fluorescente PHILIPS MASTER TLD-36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 48.000 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 228 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 8

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A-0-2. Planta Baja Uso: Aula de prácticas</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 5,37 m Largo: 17,15 m Alto: 3,93 m Sup.: 92,10 m Sup. de ventanas: 25,85 m con estores opacos</p>	<p>Capacidad: Total: 40 Nº de encuestados: 38</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 3M - BB AA Facultad de Bellas Artes </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 9/04/13 Hora: 8:50</p> <p>Presión: 1.012</p> <p>Exterior: Temperatura: 18,3°C Humedad: 42%</p> <p>Interior: Temperatura: 13,0°C Humedad: 63%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 21 básica sin rejilla Lámpara: 42 fluorescente 3 filas x 7 luminarias x 2 lámparas PHILIPS 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 7.250 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 306 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 9

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A1-3. Planta 1ª Uso: Aula de dibujo</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 5,33 m Largo: 13,00 m Alto: 3 m Sup.: 69,29 m² Sup. de ventanas: 0 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 60 Nº de encuestados: 35</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 3M - BB AA Facultad de Bellas Artes </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 26/03/13 Hora: 10:00</p> <p>Presión: 1.008</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,1°C Humedad: 44%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,9°C Humedad: 44%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 10 básica con rejilla Lámpara: 40 fluorescente PHILIPS MASTER TL5 HE 14W/840 1SL</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 14.600 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 174 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 10

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A4-6 . Planta 4ª Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>2Edificio: 3M - BB AA Facultad de Bellas Artes</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,35 m Largo: 8,48 m Alto: 3 m Sup.: 45,37 m² Sup. de ventanas: 9,12 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 30 Nº de encuestados: 12</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 22/03/13 Hora: 17:15</p> <p>Presión: 1.006</p> <p>Exterior: Temperatura: 25,3°C Humedad: 34%</p> <p>Interior: Temperatura: 23,5°C Humedad: 34%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 6 básica con rejilla Lámpara: 24 fluorescente 2 filas x 3 luminarias x 4 lámparas PHILIPS MASTER TL5 HE 14W/840 1SL</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 1.089 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 242 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 11

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula E1-3. Planta primera Uso: Aula de ordenadores</p> 	
<p>Edificio: 3M - BB AA Facultad de Bellas Artes</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 9,60 m Largo: 12,70 m Alto: 3,4 m Sup.: 121,92 m² Sup. de ventanas: 2 x 3 = 6 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 34 Nº de encuestados: 27</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 27/03/13 Hora: 12:15</p> <p>Presión: 1.007</p> <p>Exterior: Temperatura: 23,0°C Humedad: 38%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,5°C Humedad: 34%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: Básica con rejilla 3 filas x 6 luminarias x 2 lámparas por luminaria Lámpara: 36 fluorescentes PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 53.300 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 306 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 12

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula Bruno Munari. Planta 1ª Uso: Aula de ordenadores</p> 	
<p>Edificio: 7B - ETSID E.T.S. de Ingeniería del Diseño</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 9,41 m Largo: 16,81 m Alto: 3,85 m Sup.: 158,18 m² Sup. de ventanas: 35,36 m² Ventanas con estores</p>	<p>Capacidad: Total: 60 Nº de encuestados: 6</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 25/03/13 Hora: 20:35</p> <p>Presión: 1.009</p> <p>Exterior: Temperatura: 19,0°C Humedad: 44%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,6°C Humedad: 42%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: Básica sin rejilla Nº de luminarias: 24 3 filas x 8 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 48 fluorescentes PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 59.700 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 353 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 13

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula Japón. Planta 1ª Uso: Aula de ordenadores</p> 	
<p>Edificio: 7B - ETSID E.T.S. de Ingeniería del Diseño</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 9,57 m Largo: 16,67 m Alto: 3,85 m Sup.: 159,54m² Sup. de ventanas: 35,36 m² Ventanas con estores</p>	<p>Capacidad: Total: 80 Nº de encuestados: 46</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 26/03/13 Hora: 8:30</p> <p>Presión: 1.008</p> <p>Exterior: Temperatura: 19,4°C Humedad: 44%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,7°C Humedad: 43%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: Básica sin rejilla Nº de luminarias: 24 3 filas x 8 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 48 fluorescentes PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 10.700 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 305 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 14

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula Alemania. Planta 1ª Uso: Aula de ordenadores</p> 	
<p>Edificio: 7B - ETSID E.T.S. de Ingeniería del Diseño</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 7,17 m Largo: 16,68 m Alto: 3,85 m Sup.: 119,60 m² Sup. de ventanas: 35,36 m² Ventanas con estores</p>	<p>Capacidad: Total: 72 Nº de encuestados: 13</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 18/04/13 Hora: 15:15</p> <p>Presión: 1.023</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,6°C Humedad: 62%</p> <p>Interior: Temperatura: 23,2°C Humedad: 52%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: Básica sin rejilla Nº de luminarias: 24 3 filas x 8 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 48 fluorescentes PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 43.500 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 221 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 15

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Salón de actos II Uso: Aula con ordenadores</p> 	
<p>Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 11,95 m Largo: 17,95 m Alto: 3,98 m Sup.: 214,50 m² Ventanal con cortinas opacas Sup. ventanal: 57,80 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 79 Nº de encuestados: 22</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 27/03/13 Hora: 11:10</p> <p>Presión: 1007</p> <p>Exterior: Temperatura: 23,8°C Humedad: 40%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,7°C Humedad: 40%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: Básica con rejilla Nº de luminarias: 18 3 filas x 6 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 54 fluorescente PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 53.300 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 223 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 16

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula I.6 Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 11,90 m Largo: 10,58 m Alto: 3,55 m Sup.: 125,90 m² Sup. ventanas: 21,20 m² Lucernarios: 4 Sup. lucernarios: 8,23 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 96 Nº de encuestados: 20</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 22/04/13 Hora: 9:10</p> <p>Presión: 1021</p> <p>Exterior: Temperatura: 19,2°C Humedad: 45%</p> <p>Interior: Temperatura: 20,3°C Humedad: 45%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 16, básica con Lámpara: 48, fluorescente 16 luminarias x 3 lámparas por luminaria PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 14.750 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 339 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 17

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula de Tecnología Uso: Aula de teoría</p> 	
Edificio: 1C - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación	<p>Dimensiones: Ancho: 7,68 m Largo: 14,88 m Alto: 2,80 m Sup.: 114,28 m² Sup. de ventanas: 29,58 m² Ventanas con estores: 8.58 m² Ventanas con estores y lamas: 21 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 36 Nº de encuestados: 21</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 27/03/13 Hora: 18:25</p> <p>Presión: 1004</p> <p>Exterior: Temperatura: 23,4°C Humedad: 42%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,8°C Humedad: 41%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 18 con rejilla 3 filas x 6 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 54 fluorescente OSRAM F14W/840 HE</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 5.300 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 238 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 18

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Laboratorio 1 Uso: Aula con ordenadores</p> 	
Edificio: 1C - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación	<p>Dimensiones: Ancho: 15 m Largo: 7,00 m Alto: 2,8 m Sup.: 105,00 m Sup. de ventanas: 0 m</p>	<p>Capacidad: Total: 26 Nº de encuestados: 12</p>
Edificio: 1C - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 14/03/13 Hora: 15:10</p> <p>Presión: 1008</p> <p>Exterior: Temperatura: 16,8°C Humedad: 25%</p> <p>Interior: Temperatura: 18,7°C Humedad: 28%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 12 con rejilla 2 filas x 6 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 36 fluorescente OSRAM F14W/840 HE</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 62.000 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 257 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 19

Universidad: UPV Universitat Politècnica de València	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula de Gestión Uso: Aula de teoría</p> 	
Edificio: ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación	<p>Dimensiones: Ancho: 11,55 m Largo: 14,14 m Alto: 2,80 m Sup.: 163,32 m² Sup. de ventanas: 48,44 m² Ventanas con estores: 16,38 m² Ventanas con estores y lamas: 32,06 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 73 Nº de encuestados: 13</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 13/03/13 Hora: 15:25</p> <p>Presión: 1004</p> <p>Exterior: Temperatura: 16,8°C Humedad: 27%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,2°C Humedad: 29%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 30 con rejilla 5 filas x 6 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 90 fluorescente OSRAM T14W/840-HE</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 866 lx</p> <p>Interior: Iluminación natural: 355 lx Iluminación artificial: 171 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 20

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 421. Planta primera Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>Edificio: 5C - ETSII Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 8,84 m Largo: 11,82 m Alto: 2,98 m Sup.: 104,50 m² Sup. ventanas: 21,60 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 120 Nº de encuestados: 42</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 23/04/13 Hora: 12:10</p> <p>Presión: 1026</p> <p>Exterior: Temperatura: 20,1°C Humedad: 54%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,7°C Humedad: 49%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 24 básica sin rejilla 4 filas x 6 luminarias x 1 lámpara por luminaria</p> <p>Lámparas: 24 fluorescentes PHILIPS MASTER 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 56.900 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 296 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 21

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 423. Planta primera Uso: Aula de informática</p> 	
<p>Edificio: 5C - ETSII Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,90 m Largo: 10,07 m Alto: 3,01 m Sup.: 59,41 m² Sup. ventanas: 6,35 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 26 Nº de encuestados: 10</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 18/04/13 Hora: 17:15</p> <p>Presión: 1024</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,3°C Humedad: 62%</p> <p>Interior: Temperatura: 24,3°C Humedad: 53%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 12 Básica sin rejilla 3 filas x 4 luminarias x 1 lámpara por luminaria</p> <p>Lámparas: 12 fluorescente PHILIPS MASTER 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 72.000 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 444 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 22

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Laboratorio Gabinet Uso: Laboratorio</p> 	
<p>Edificio: 3J - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 5,50 m Largo: 14,80 m Alto: 3,55 m Sup.: 81,40 m² Sup. de ventanas exteriores: 41,74 m² Sup. de ventanas interiores: 14,3 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 43 Nº de encuestados: 12</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 17/04/13 Hora: 19:05</p> <p>Presión: 1024</p> <p>Exterior: Temperatura: 22,1°C Humedad: 53%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,2°C Humedad: 58%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 20 básica sin rejilla Lámparas: 40 fluorescentes 5 filas x 4 luminarias x 2 lámparas por luminaria OSRAM L36W/840 LUMILUX COOL WHITE</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 10.800 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 449 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 23

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Laboratorio Fitotecnia General Uso: Laboratorio</p> 	
<p>Edificio: 3H - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 7,50 m Largo: 14,96 m Alto: 2,99 m Sup.: 112,2 m² Sup. de ventanas: 44,13 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 31 Nº de encuestados: 4</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 26/03/13 Hora: 15:30</p> <p>Presión: 1006</p> <p>Exterior: Temperatura: 22,8°C Humedad: 46%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,3°C Humedad: 42%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: Con rejilla Lámparas: Fluorescente 2 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria 24 Philips TLD 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 13.810 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 231 lx</p>


EXPERIENCIA 2 - AULA 24

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 0-7. Planta Baja Uso: Aula de prácticas</p> 	
<p>Edificio: 3H - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 8,87 m Largo: 11,68 m Alto: 3,00 m Sup.: 103,60 m² Sup. de ventanas: 7,50 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 84 alumnos Nº de encuestados: 42</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 21/03/13 Hora: 17:15</p> <p>Presión: 1016</p> <p>Exterior: Temperatura: 20,3°C Humedad: 51%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,6°C Humedad: 52%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: Con rejilla Lámparas: Fluorescente 2 filas x 4 luminarias x 2 lámparas por luminaria 8 Philips TLD 58W/840 8 Philips TLD 58W/54-765</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 0 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 271 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 25

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 1.02. Planta primera Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>Edificio: 3P - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 8,78 m Largo: 12,73 m Alto: 3,23 m Sup.: 111,77 m² Sup. de ventanas: 6,45 m</p>	<p>Capacidad: Total: 96 Nº de encuestados: 46</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 26/03/13 Hora: 10:30</p> <p>Presión: 1009</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,3°C Humedad: 45%</p> <p>Interior: Temperatura: 23,1°C Humedad: 43%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 21 con rejilla Lámparas: 42 Fluorescente 3 filas x 7 luminarias x 2 lámparas por luminaria SYLVANIA lux lineplus F 36W/840 Luxline plus</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 15.580lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 466lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 26

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 2.12. Planta segunda Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>Edificio: 3P - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 6,45 m Largo: 10,24 m Alto: 3,30 m Sup.: 66,05 m² Ventanas con estores opacos Sup. de ventanas: 28,26 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 40 Nº de encuestados: 23</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 27/03/13 Hora: 10:30</p> <p>Presión: 1005</p> <p>Exterior: Temperatura: 23,8°C Humedad: 40%</p> <p>Interior: Temperatura: 23,1°C Humedad: 55%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminarias: 15 con rejilla 3 filas x 5 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 30 Fluorescente SYLVANIA F 36W/840 Luxline plus</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 53.300 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 351lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 27

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 1.03. Planta primera Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>Edificio: 3P - ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 7,64 m Largo: 8,75 m Alto: 3,26 m Sup.: 66,85 m² Sup. de ventanas: 0,60 x 7,64 = 4,58 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 50 alumnos Nº de encuestados: 38</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 26/03/13 Hora: 13:50</p> <p>Presión: 1007</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,50°C Humedad: 46%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,5°C Humedad: 45%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminarias: 14 con rejilla 2 filas x 7 luminarias x 2 lámparas</p> <p>Lámparas: 28 fluorescentes Sylvania 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 10.930 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 459 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 28

<p>Universidad: U.A. Universidad de Alicante</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 12-M. Planta baja Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 11,88 m Largo: 6,75 m Alto: 2,75 Sup.: 133,01 m² Sup. Ventanas: 37,48 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 60 Nº de encuestados: 25</p>
<p>Edificio: Escuela Politécnica Superior IV Escuela de Arquitectura</p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 27/03/13 Hora: 10:35</p> <p>Presión: 1.005</p> <p>Exterior: Temperatura: 20,0°C Humedad: 46%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,0°C Humedad: 45%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminarias: 16 básica con rejilla 1 fila x 4 columnas x 4 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 32 fluorescentes OSRAM L36W/T8/840 Lumilux Cool White</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 49.700 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 324 lx</p>

EXPERIENCIA 2 - AULA 29

Universidad: U.A. Universidad de Alicante	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 17-D. Planta Baja Uso: Aula de dibujo</p> 	
Edificio: Escuela Politécnica Superior IV Escuela de Arquitectura	<p>Dimensiones: Ancho: 9,42 m Largo: 14,12 m Alto: 2,75 Sup.: 133,01 m² Sup. de ventanas: 16,58 m</p>	<p>Capacidad: Total: 38 Nº de encuestados: 35</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 25/03/13 Hora: 11:45</p> <p>Presión: 1.005</p> <p>Exterior: Temperatura: 19,2°C Humedad: 43%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,0°C Humedad: 45%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 24 con rejilla 3 filas x 8 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 48 fluorescente F36W/T8/840/POLYLUX XLR</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 59.700 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 353 lx</p>

**EXPERIENCIA 2 -
Aulas utilizadas
para la validación**

Aulas empleadas para la validación de la experiencia 2:

- Aula 1: ETSID aula Francia - París
- Aula 2: BB AA aula A-4-5
- Aula 3: ETSIE aula I.8
- Aula 4: ETSA aula A04

Aulas utilizadas para la comparación de perfiles de la experiencia 2:

- Aula 5: ETSA aula 421
- Aula 6: ETSII aula 424

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 2 - AULA 1

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula Francia-París. Planta 1ª Uso: Aula de ordenadores</p> 	
<p>Edificio: 7B - ETSID E.T.S. de Ingeniería del Diseño</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 7,17 m Largo: 19,60 m Alto: 3,85 m Sup.: 140,53 m² Sup. de ventanas: 44,20 m² Ventanas con estores</p>	<p>Capacidad: Total: 90 Nº de encuestados: 17</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 25/05/13 Hora: 19:35</p> <p>Presión: 1.009</p> <p>Exterior: Temperatura: 19,0°C Humedad: 44%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,6°C Humedad: 42%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 24 básica sin rejilla 3 filas x 8 luminarias x 2 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 48 fluorescentes PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 49.700 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 353 lx</p>


VALIDACIÓN EXPERIENCIA 2 - AULA 2

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula A4-5. Planta 4ª Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 5,62 m Largo: 8,56 m Alto: 3,00 m Sup.: 48,11 m² Sup. de ventanas: 14,93 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 40 Nº de encuestados: 16</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> 2Edificio: 3M - BB AA Facultad de Bellas Artes </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 22/05/13 Hora: 17:15</p> <p>Presión: 1.007</p> <p>Exterior: Temperatura: 25,8°C Humedad: 36%</p> <p>Interior: Temperatura: 23,5°C Humedad: 34%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 7 básica con rejilla 2 filas x 2 luminarias x 3 lámparas + 1 fila x 3 luminarias x 3 lámparas</p> <p>Lámpara: 21 fluorescente PHILIPS MASTER TL5 HE 14W/840 1SL</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 2.098 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 245 lx</p>

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 2 - AULA 3

<p>Universidad: UPV Universitat Politècnica de València</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula I.8 Uso: Aula de teoría</p> 	
<p>Edificio: 1B - ETSIE Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación</p>	<p>Dimensiones: Ancho: 10,40 m Largo: 10,40 m Alto: 3,55 m Sup.: 125,90 m² Sup. ventanas interiores: 10,40 m² Lucernarios: 2 tapados Sup. lucernarios: 4,12 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 96 Nº de encuestados: 25</p>
	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 23/05/13 Hora: 15:10</p> <p>Presión: 1021</p> <p>Exterior: Temperatura: 18,3°C Humedad: 43%</p> <p>Interior: Temperatura: 21,3°C Humedad: 46%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 16 básica con rejilla 4 filas x 4 luminarias x 3 lámparas por luminaria</p> <p>Lámpara: 48 fluorescente PHILIPS MASTER TL-D 36W/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 24.750 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 339 lx</p>

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 2 - AULA 4

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: A04 Uso: Aula de prácticas</p> 	
	<p>Dimensiones:: Ancho: 5,43 m Largo: 11,77 m Alto: 2,99 m Sup.: 63,91 m² Sup. de ventanas: 15,00 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 72 Nº de encuestados: 12</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 24/05/13 Hora: 9:10</p> <p>Presión: 1021</p> <p>Exterior: Temperatura: 19,2°C Humedad: 54%</p> <p>Interior: Temperatura: 20,7°C Humedad: 50%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 16 básica sin rejilla Lámpara: 16 fluorescente 4 filas x 4 luminarias x 1 lámpara por luminaria OSRAM L36W/840 Lumilux</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 14.750 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 339 lx</p>

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 2 - AULA 5

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 421. Planta 2ª Uso: Aula de proyectos</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 8,88 m Largo: 35,75 m Alto: 4,75 m Sup.: 317,46 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 80 N° de encuestados: 24</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 2F - ETSAV Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 25/05/13 Hora: 14:05</p> <p>Presión: 1.011</p> <p>Exterior: Temperatura: 22,8°C Humedad: 38%</p> <p>Interior: Temperatura: 24,5°C Humedad: 41%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminarias: 22 pendulares 2 filas x 11 luminarias x 1 lámpara por luminaria</p> <p>Lámparas: 22 Halogenuros metálicos OSRAM HQI-T 150W WDL/730; TCC=3.000K; IRC=77</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 23.500 lx</p> <p>Interior: Iluminación natural: 1.832 lx Iluminación artificial: 0 lx</p>

VALIDACIÓN EXPERIENCIA 2 - AULA 6

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Universidad: UPV Universitat Politècnica de València </p>	<p>CARACTERÍSTICAS DEL AULA: Aula: Aula 424. Planta primera Uso: Aula de teoría</p> 	
	<p>Dimensiones: Ancho: 8,75 m Largo: 11,73 m Alto: 3,01 m Sup.: 102,64 m² Sup. ventanas: 12,63 m²</p>	<p>Capacidad: Total: 108 Nº de encuestados: 48</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Edificio: 5C - ETSII Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales </p>	<p>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:</p> <p>Fecha: 23/05/13 Hora: 13:10</p> <p>Presión: 1027</p> <p>Exterior: Temperatura: 21,1°C Humedad: 45%</p> <p>Interior: Temperatura: 22,3°C Humedad: 43%</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN</p> <p>Luminaria: 12 básica sin rejilla 3 filas x 4 luminarias x 4 lámparas por luminaria</p> <p>Lámparas: 48 fluorescentes PHILIPS MASTER 36W/T8/840</p> <p>Exterior: Iluminación natural: 66.750 lx</p> <p>Interior: Iluminación artificial: 301 lx</p>