

TRABAJO FINAL DE GRADO

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA
TEMPERATURA DE COLOR DE LA
ILUMINACIÓN EN LA MEMORIA
DE LOS ESTUDIANTES
UNIVERSITARIOS**

LORENA GÓMEZ ESCÁMEZ

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
TUTORAS: NURIA CASTILLA CABANES Y M^a CARMEN LLINARES MILLÁN
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA / ETSA / VALÈNCIA 2018-2019



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El siguiente trabajo se basa en el estudio de la influencia de la temperatura de color de la iluminación en la memoria de los estudiantes. La necesidad de que los alumnos se encuentren en un ambiente de confort en el aula hace que sean necesarios estos tipos de estudios.

El estudio de campo que se realiza en el aula de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universitat Politècnica de València, consta con un método basado en la realidad virtual, donde el estudiante puede calificar de manera subjetiva su percepción del escenario que se le muestra. Esta realidad virtual hace que el sujeto se encuentre en el aula de manera virtual, pero que pueda sentir y tener estímulos de la misma manera que si estuviera realmente en el aula.

Para poder realizar el estudio se ha utilizado una muestra de 87 sujetos con equidad de sexo. Estos sujetos calificaban su sensación dentro del espacio virtual de manera subjetiva, y se les realizaba una prueba de concentración y atención para poder captar sus estímulos ante cambios de temperatura de color y la iluminancia en el aula virtual que visualizaban.

Los resultados muestran que cuando el alumno está concentrado y tiene su mejor rendimiento es cuando se encuentra en un aula con iluminancias bajas, es decir, un entorno íntimo para él y cuando la temperatura de color de la iluminación es neutra (5500 K) o fría (superior a 5500K).

PALABRAS CLAVE: iluminancia, temperatura de color, realidad virtual, respuesta del usuario, iluminación artificial.

RESUM I PARAULES CLAU

El següent treball es basa en l'estudi de la influència de la temperatura de color de la il·luminació en la memòria dels estudiants. La necessitat de que els alumnes es troben en un ambient de confort a l'aula fa que siguin necessaris aquests tipus d'estudi.

L'estudi de camp que es realitza a l'aula, de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de la Universitat Politècnica de València, consta amb un mètode basat en la realitat virtual, on l'estudiant pot qualificar de manera subjectiva la seua percepció de l'escenari mostrat. Aquesta realitat virtual fa que el subjecte es trobe a l'aula de manera virtual, però pugua sentir i tindre estímuls de la mateixa manera que si estiguera realment a l'aula.

Per a poder realitzar l'estudi s'ha utilitzat una mostra de 87 subjectes amb equitat de sexe. Aquests subjectes qualificaven la seua sensació dins de l'espai virtual de manera subjectiva, i se'ls realitzava una prova de concentració i atenció per a poder captar els seus estímuls davant canvis de temperatura de color i la il·luminància a l'aula virtual que visualitzaven.

Els resultats mostren que quan l'alumne està concentrat i té el seu millor rendiment és quan es troba en un aula amb il·luminàncies baixes, és a dir, un entorn íntim per a ell i quan la temperatura de color de la il·luminació és neutra (5500 K) o freda (superior a 5500K).

PARAULES CLAU: il·luminància, temperatura de color, realitat virtual, resposta de l'usuari, il·luminació artificial.

SUMMARY AND KEYWORDS

The following work is based on the study of the influence of the color temperature of the illumination on the memory of the students. The need for students to be in a comfortable classroom environment makes these types of studies necessary.

The field study carried out in the classroom of the Higher Technical School of Architecture of the Universitat Politècnica de València. It consists of a method based on virtual reality, where the student can describe his perception of the scene shown. This virtual reality makes the subject is in the classroom in a virtual way, but can feel and react to different stimulus in the same way as if he were really there, in the classroom.

In order to carry out the study, a sample of 87 subjects with in gender equity has been used. These subjects rated their sensation within the virtual space in a subjective way. They were tested for concentration and attention to be able to capture their stimulus before changes in color temperature and the illuminance in the virtual classroom that they visualized.

The results show that when the student is low illuminance, that is to say an intimate environment for him and when the color temperature of the lighting is neutral (5500K) or cold (grated than 5500 K), the student is more concentrated and he gets his best performance.

KEY WORDS: illuminance, colour temperature, virtual reality, user response, artificial illumination.

“La luz no es algo vago y difuso que pueda darse por sentado por el mero hecho de que está siempre ahí. El sol no sale en vano cada día.”

Alberto Campo Baeza.

CONTENIDO

<u>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</u>	7
1.1. ANTECEDENTES.....	7
1.2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	8
1.3. CAPÍTULOS PROPUESTOS.....	8
<u>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO. ESTADO DE LA CUESTIÓN</u>	9
2.1. LA ILUMINACIÓN, EL APRENDIZAJE Y LOS ESPACIOS DOCENTES.....	9
2.2. LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN ESPACIOS DOCENTES.....	10
2.3. FACTORES DE LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL SER HUMANO	13
2.4. LA REALIDAD VIRTUAL COMO TÉCNICA DE VISUALIZACIÓN DE ESTÍMULOS.....	17
2.5. EVALUACIÓN DE LA MEMORIA EN LOS ESTUDIANTES	18
<u>CAPÍTULO 3: OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE PARTIDA</u>	20
3.1. OBJETIVOS.....	20
3.2. HIPÓTESIS DE PARTIDA	20
<u>CAPÍTULO 4: MATERIAL Y MÉTODOS</u>	21
4.1. DEFINICIÓN DE LA MUESTRA	21
4.2. JUSTIFICACIÓN DE LOS ESTÍMULOS.....	21
4.3. MEDICIÓN DE LOS USUARIOS.....	23
4.4. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	25
4.5. TRATAMIENTO DE DATOS	28
<u>CAPÍTULO 5: RESULTADOS</u>	30
5.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA.....	30
5.2. RESULTADOS DE LAS VARIABLES DEL CUESTIONARIO.....	30
<u>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</u>	34
6.1. CONCLUSIONES RELATIVAS AL MARCO TEÓRICO	34
6.2. CONCLUSIONES OBTENIDAS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL	35
6.3. CONCLUSIONES EXTRAIDAS DE LOS RESULTADOS Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.....	36
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	37
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	38

<u>ANEXOS</u>	41
ANEXO 1: ÍNDICE DE FIGURAS	41
ANEXO 2: ÍNDICE DE TABLAS	42
ANEXO 3: LISTADO ADJETIVOS DE LA PRUEBA DE MEMORIA	43

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El uso de la luz natural y artificial en los ambientes docentes es necesario puesto que su influencia en el ser humano tiene mucho significado. No solo se diferencian en sus características, sino que también conviven de manera distinta a lo largo del día o de las estaciones. El diseño de una buena iluminación tanto artificial como natural crea en el ser humano un bienestar y confort a lo largo del día que les permite seguir con sus actividades sin necesidad de tener que realizar un sobre esfuerzo visual.

Las Universidades son un lugar de trabajo en el que la concentración y el rendimiento académico juegan un papel importante. Para lograr estos objetivos es necesario que el espacio este dotado de unas condiciones confortables suficientes y adecuadas dotadas de un confort visual donde el ser humano pueda desarrollar sus actividades. Con una buena iluminación en estas aulas, se podría lograr que los estudiantes no llegasen a perder el interés en las labores docentes. De esta manera se podría llegar a conseguir que no disminuyera su rendimiento.

A parte de la actividad que se vaya a desarrollar en ese espacio también se debe tener en cuenta la edad del estudiante, puesto que la visión del ser humano no actúa ni genera los mismos estímulos según la edad de las personas.

No siempre los espacios docentes poseen una buena iluminación artificial ya que a la hora de proyectar esta iluminación no se tiene en cuenta la actividad o actividades que el alumno puede desarrollar en este espacio.

No obstante, es necesario conocer cómo la iluminación puede afectar a los estímulos de los estudiantes y examinar si los cambios, de temperatura de color o cualquier otro factor variable de la iluminación, hacen que el rendimiento académico del estudiante sea diferente. Estos estudios advierten de que no cualquier tipo de iluminación es la apropiada para desarrollar una actividad específica.

Hay arquitectos que entienden la luz artificial como un objeto con el que se debe intentar lograr el efecto interior que se quiere conseguir y el confort adecuado para las personas que hacen uso de ese espacio. Sin dejar de lado la materia u objetos que hay en dicho espacio. Según la entrevista realizada al arquitecto y docente Josep Ferrando, para él:

“ Materia y luz están unidas (...) porque la luz es invisible hasta el momento en el que toca la materia. Entonces, es nuestra responsabilidad entender si lo que queremos es que la luz sea luz de volumen, luz de superficie o luz puntual. (...) Nosotros no podemos tocar la luz, pero sí que la podemos manipular para transformar la percepción que tenemos del espacio.” (Josep Ferrando, comunicación personal, 12 de junio de 2019).

Gracias a la realización de este estudio y a su posible obtención de datos emocionales, se pueden establecer unas premisas para futuros diseños de iluminación artificial en espacios docentes.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

En el siguiente trabajo se desarrolla el análisis de la relación existente entre el diseño de la iluminación y las percepciones humanas en espacios docentes. Estas percepciones se analizan en un entorno virtual modificando la iluminación y observando como cada pequeño cambio puede afectar en la memoria de los estudiantes.

La experiencia consiste en la realización de tres pruebas de atención y de memoria, repitiéndose cada una de ellas tres veces en cinco escenarios diferentes, mientras que el participante se encuentra en un entorno de realidad virtual.

Para analizarlo, en el siguiente trabajo se desarrolla un marco teórico y un marco experimental. En el marco teórico se estudia la iluminación artificial y como afecta en los espacios docentes; la luz artificial y la aplicación de las distintas fuentes de ésta misma en espacios docentes; cómo afectan los factores de la iluminación artificial en el ser humano, la realidad virtual como técnica de visualización de estímulos y la evaluación de la memoria en los estudiantes. En el marco experimental se analiza la respuesta en la memoria de los estudiantes ante cambios en el ambiente lumínico tipo de un aula. El espacio del aula se recrea virtualmente y en él, el sujeto realiza una serie de pruebas de concentración.

Al finalizar la prueba, se recoge una respuesta psicológica del sujeto ante los diferentes espacios virtuales proyectados.

1.3 CAPÍTULOS PROPUESTOS

El trabajo se divide en seis apartados. El contenido de esos apartados es el siguiente:

- Capítulo primero: Expone la idea de trabajo y sus objetivos, y describe los distintos capítulos en los que se basara el desarrollo del mismo.
- Capítulo segundo: Desarrollo de la información de los cinco bloques del marco teórico, aportando así unas pautas y una información para la comprensión del desarrollo posterior del tema que se trata.
- Capítulo tercero: Detallada los objetivos del trabajo y las hipótesis en las que ha basado para la realización del estudio.
- Capítulo cuarto: Apartado en el cual se reflejan los resultados obtenidos del estudio y un análisis estadístico de los mismos.
- Capítulo quinto: Se exponen las conclusiones referidas al estudio realizado donde se demostrará en qué medida y como afecta la temperatura de color de la iluminación en la memoria de los alumnos.

Por último, se recoge la bibliografía empleada para la redacción del trabajo, otras fuentes consultadas y se aportan los anexos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. LA ILUMINACIÓN, EL APRENDIZAJE Y LOS ESPACIOS DOCENTES

La iluminación puede afectar en el ser humano tanto en la forma de visualizar nuestros entornos y objetos que nos rodean, como en la forma en la que el ser humano desarrolla cualquier actividad dependiente de la iluminación que haya en él.

Dependiendo de la iluminación que tenga el aula el desarrollo de la actividad del ser humano se verá más o menos influenciada, de manera que si el sujeto se encuentra comodo con la iluminación su capacidad para desarrollar la actividad será mucho mayor que si, por el contrario, se encontrase en un espacio donde los destellos y la incomodidad visual estuvieran presentes.

De esta manera la iluminación puede afectar tanto positiva como negativamente dependiendo de cada persona y de las actividades que desarrollen (Colombo, O'Donell, & Kirschbaum, 2006).

El ser humano ha desarrollado tres sistemas donde dependiendo de la actividad que desarrolle cada persona y los problemas visuales que tenga, la iluminación afecta de manera distinta para cada persona. Estos sistemas son: *"El sistema circadiano, el sistema visual y el sistema perceptual"* (Boyce, 2000). Dependiendo de la iluminación del espacio donde se encuentre la persona, estos tres sistemas produzcan un mayor o menor rendimiento en la realización de la actividad.

Para concluir, cabe destacar que estos tres sistemas se analizan individualmente, pero cuando se trata de ponerlos en práctica estos no actúan de manera separada, si no que actúan de manera conjunta, por lo tanto sería necesario realizar un balance entre los tres.

Encontrar un confort único para que el ser humano se encuentre cómodo en el espacio donde desarrolla la actividad, requiere de un estudio de todas las formas en las cuales la iluminación puede afectar de manera positiva y negativa en el rendimiento del ser humano (Colombo et al., 2006).

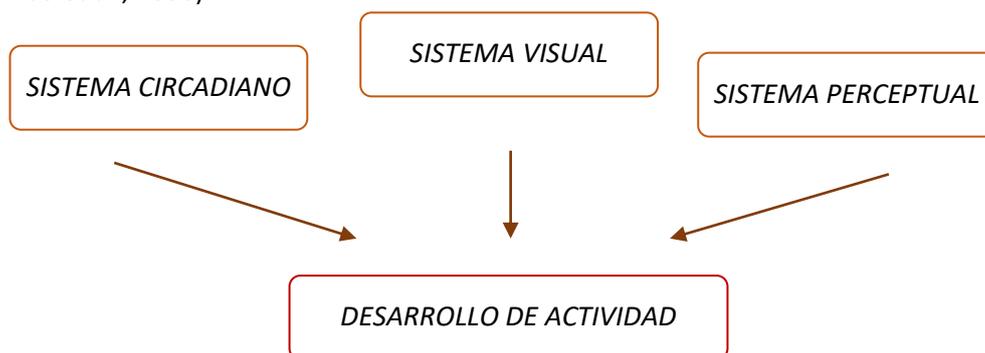


Figura 1. – Imagen de los tres sistemas del ser humano: circadiano, visual y perceptual, mediante los cuales la iluminación afecta al ser humano. Fuente: Colombo, O'Donell, & Kirschbaum, 2006

2.2. LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN ESPACIOS DOCENTES

La iluminación artificial representa hoy en día un papel muy importante en nuestra vida, ya que una vez que la luz del sol se va desvaneciendo a lo largo del día, la encargada de que podamos ver, aun con el sol escondido, es ella. Esta luz la obtenemos mediante lámparas o bombillas y la podemos colocar a nuestro gusto y ajustarla como queramos.

La iluminación artificial procede de la electricidad, es por eso que se puede usar cuando y donde se quiera, tanto para uso propio como para decoración de interiores o incluso para crear espacios donde el ser humano se sienta cómodo.

No obstante, aunque se puede disfrutar de la luz artificial a nuestro antojo, se debe de disfrutar todo lo que podamos de la luz que ofrece nuestro sol.

A lo largo de los años la luz artificial era la protagonista en el día a día, ya que el coste para poder obtenerla era mínimo, hasta tal punto que las escuelas se hacían sin ventanas ya que obtener luz artificial no suponía un gran coste y de esta manera los niños permanecían centrados y sin distracciones del exterior (Castilla, N., 2015).

2.2.1 APLICACIÓN DE ILUMINACIÓN EN ESPACIOS DOCENTES

El modo o la forma en que la iluminación se dispone en los espacios depende del efecto que se quiera conseguir con dicha iluminación, es decir, si se pretende conseguir un efecto decorativo o si se quiere que forme parte del espacio como un elemento simplemente de iluminación.

En el caso de los espacios docentes lo que se pretende es que el sujeto pueda mantenerse concentrado y sienta comodidad y confort visual a la hora de realizar su trabajo, por tanto, la aplicación en estos espacios será (ERCO, 1996-2019):

- **ILUMINACIÓN DIRECTA**: es la que se proyecta sobre nosotros horizontalmente y se puede clasificar tanto en **luz directa dirigida** como en **luz directa difusa**.
 - Luz directa dirigida: hace posible que el ser humano pueda percibir con claridad los objetos en las superficies. Hace que el deslumbramiento sea menor.
 - Luz directa difusa: permite que el ser humano tenga una percepción del espacio suave con poco reflejos y destellos.
- **ILUMINACIÓN INDIRECTA**: este tipo de aplicación de la luz, al contrario que la iluminación directa, usa de su entorno para reflejarse en el objeto, rebotando y proyectándose en el espacio que se quiere iluminar. Puede ser reflejada tanto en la pared como en el techo.



Figura 2. – Luz directa dirigida. Fuente: ERCO Figura 3. – Luz directa difusa. Fuente: ERCO Figura 4. – Luz indirecta. Fuente: ERCO

Cabe destacar que no solo tenemos que tener en cuenta la manera en la que incide la luz en el espacio iluminado, sino que también hay que estudiar la disposición de la iluminación en dicho espacio. Para ello se consideran tres métodos de alumbrado en espacios interiores (Blasco Espinosa, P. A. ,2016).

- **ALUMBRADO GENERAL:** es el alumbrado que otorga al espacio una iluminación uniforme en toda su área. La distribución de este tipo de alumbrado es siempre formando una matriz y es el más usado de los tres métodos.



Figura 5. –Aula con alumbrado general Fuente: La autora Figura 6. – Aula con alumbrado general. Fuente: La autora

- **ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO:** este método de iluminación es similar al general, pero en este caso la iluminación que se produce no es uniforme si no que se concentra de manera general en las áreas de trabajo. Se consigue bien concentrando la luz en la zona de trabajo, o bien, apagando ciertas de las que se disponen en el alumbrado general.

Una desventaja que tiene este método es que produce deslumbramientos si la diferencia de luminancias entre una zona y la otra contigua es muy elevada (Blasco Espinosa, P. A. ,2016).



Figura 7. –Aula con alumbrado general localizado. Fuente: La autora Figura 8. – Aula con alumbrado general localizado. Fuente: La autora

- **ALUMBRADO LOCALIZADO:** Lo que aportan este tipo de alumbrado es una iluminación suplementaria cerca de donde se realiza la tarea, de esta manera sirve de apoyo al alumbrado general.

En este alumbrado también se producen deslumbramientos cuando la luminancia entre el fondo donde se realiza la tarea y la tarea de visualizar son muy elevadas. En este caso se producirá en el sujeto malestar e incomodidad para concentrarse y ejecutar su trabajo (Blasco Espinosa, P. A. ,2016).



Figura 9. – Aula con alumbrado localizado. Fuente: La autora *Figura 10. – Aula con alumbrado localizado. Fuente: La autora*

2.2.2 LÁMPARAS UTILIZADAS EN ESPACIOS DOCENTES

En el mercado existen diferentes tipos de lámparas para iluminar cada espacio dependiendo de la actividad que se vaya a desarrollar en dicho espacio, o dependiendo si con esa luz se quiere realzar o destacar algún objeto que haya en el lugar iluminado. Según esto, las luminarias podrán ser un elemento de configuración independiente o, por el contrario, un elemento integrado en el espacio.

Los tipos de lámparas más utilizados a la hora de iluminar espacios docentes son las siguientes:

- Para un alumbrado general, el cual se distribuye en forma de matricial, las lámparas que se usan son las de tipo **FLUORESCENTE**, éstas entran dentro del grupo de lámparas denominado “*De descarga*” ya que en su interior almacenan algún tipo de gas.

En este caso las fluorescentes son lámparas de descarga bajo presión, y en su interior contienen vapor de mercurio. Cuando generan descarga eléctrica, la radiación UV se convierte en luz debido al polvo fluorescente. La descarga de mercurio que se produce se convierte en luz visible. Mediante distintos fluorescentes son capaces de producir los distintos colores de nuestro alrededor con sus diferentes tonalidades cromáticas.

Cuenta con ventajas como que los colores que representa son más parecidos al color de la realidad, no se calientan con facilidad, tienen unas 7500 h de duración, su consumo es de tres veces menos que el que se haría con una lámpara incandescente y produce mucha más luz que una lámpara incandescente (CEFIRE, 2018).

- En la actualidad la lámpara que más se comercializa y se usa es el LED. Esta lámpara se define como un diodo emisor de luz que emite luz cuando por él circula corriente eléctrica. La palabra LED proviene del inglés: “*Light Emitting Diode*”.

En este tipo de lámparas la luz se genera por electroluminiscencia, esto lo que representa es que se liberan fotones, es decir luz, debido al cambio de desplazamiento que hacen los electrones que hay en el interior por el material conductor. En este caso el material conductor se denomina diodo (CEFIRE, 2018).

2.3. FACTORES DE LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL SER HUMANO

Para conseguir una buena iluminación hay que tener en cuenta las características que hacen que la luz sea agradable para la persona que desempeña una actividad en el espacio iluminado. Los factores que intervienen en el ser humano para conseguir un buen confort visual y por tanto ayudarle a que realice su función correctamente son la cantidad, la calidad y la estabilidad de la luz.

En determinados casos, cuando la luz no es la apropiada puede producir mal estar, cansancio e incluso dolor de cabeza en nuestro organismo. En un espacio donde la luz es inadecuada la efectividad del ser humano a la hora de realizar su tarea no es del 100%, y más si esta luz inadecuada produce destellos e incluso propaga tan poco haz de luz que es imposible ver el espacio de alrededor.

Esta mala iluminación en ocasiones futuras puede causar problemas en el aparato locomotor del ser humano debido a malas posturas o incluso a esfuerzos visuales, generando en la persona una pérdida continua de visión (Restrepo, 2018).

Para poder proporcionar la iluminación adecuada se analiza la temperatura de color de esa iluminación, la iluminancia y la eficacia luminosa que esa luz produce en el sujeto a la hora de iluminar el espacio.

2.3.1 TEMPERATURA DE COLOR

Con temperatura de color nos referimos a la capacidad que tienen los colores del espectro lumínico para dominar respecto del resto. El ser humano percibe esta dominancia mediante una escala de colores que va desde el rojo al azul, pasando por el blanco.

No obstante, también se encuentra definido como: “*Cuerpo negro: Es un objeto o ideal que absorbe completamente todas las radiaciones que inciden sobre él*” (Fallis, 2015).

Se puede afirmar que la temperatura de luz es el resultado de la combinación de longitudes de onda emitidas por una fuente luminosa, que posteriormente se correlaciona con la temperatura térmica, donde el cuerpo negro será el responsable de emitir luz con los mismos valores con los que se ha emitido la fuente luminosa (Fallis, 2015).

Cuando la temperatura del color del cuerpo negro es lo más semejante al color de la fuente, para referirse a la temperatura de color se hará con el término de “**temperatura de color correlacionada**”

Dependiendo de la tonalidad con que se perciba nuestro alrededor referiré a espacios fríos o cálidos. La temperatura de luz que se asemeja al mediodía será la que se corresponde con el color blanco, en este caso la temperatura de color de la que se está hablando es de 5500 K, siendo “ K” la unidad de medida de la temperatura de color: el Kelvin.

Por otro lado, cuando este valor es inferior de 5500 K, la percepción que obtenemos es de tonos amarillos, naranjas y rojizos; en cambio cuando el valor es mayor de 5500K los tonos que se perciben son tonalidades azuladas.



Figura 11. – Lámparas con las diferentes temperaturas de color. Fuente: Factorled



Figura 12. – Visualización de un aula con diferentes temperaturas de color. Fuente: Smart-Lighting 2013.

Cuanto más alta sea la longitud de onda que se produce, el ser humano captará unas temperaturas de color con apariencia cálida, mientras que si, por el contrario, se produce una longitud de onda corta, el ser humano apreciará unas tonalidades frías (Fallis, 2015).

A continuación, se muestra una tabla donde se pueden visualizar las temperaturas de color correlacionada en kelvin y su apariencia de color percibida por el ser humano (UNE-EN 12464-1).

TONALIDAD DE LA LUZ	TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA	PERCEPCIÓN DEL COLOR
Tonalidad azul	> 5300 K	FRÍO
Blanco neutro	3300 a 5300 K	INTERMEDIO-NEUTRO
Tonalidad roja	< 3300 K	CÁLIDO

Tabla 1. Percepción o apariencia de las tonalidades de las lámparas. Fuente: La autora

En estudio realizado en febrero por Manav (Manav, 2007) sobre la evaluación del entorno visual en las oficinas en relación con la temperatura de color y la iluminación, la evaluación de la luz en espacios cerrados se realizó mediante una serie de propuestas de diferentes entornos con distintas temperaturas de color donde los participantes se decantaron por 2000 lx y 500lx para impresiones de amplitud y brillo, 4000 K y 2700K para sensaciones de “comodidad y amplitud” y 2700K para relación y evaluación de saturación. En este trabajo se concluyó que los participantes se decantaban por espacios donde la luz tuviera una tonalidad neutra o “mixta” ya que sentían una sensación de confort y relajación (Manav, 2007).

Según artículo publicado por Ilumínica: “La razón por la que la temperatura de color es tan importante, se debe a la forma en que la luz hace sentir el espacio” (Ilumínica, 2018).

2.3.2 ILUMINANCIA

La iluminancia se define como la magnitud que es capaz de medir la cantidad de flujo luminoso que incide sobre cualquier superficie u objeto por unidad de superficie que tiene el mismo donde se proyecta.

La iluminancia se rige por el cuadrado de la distancia entre la fuente de luz, y esa fuente de luz multiplicada por la superficie.

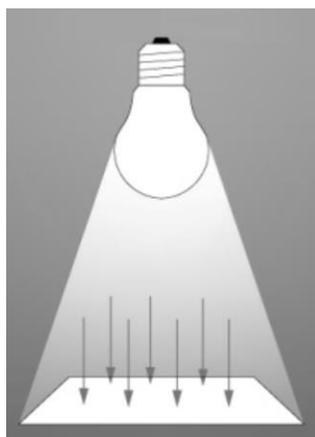


Figura 13. – Proyección de la iluminancia. Fuente: Castilla, N. (2015)

Para medir la iluminancia real se usa el luxómetro, situando este aparato perpendicular a la fuente luminosa. La magnitud con la que se mide la iluminancia es el lux(lx), definido como la iluminancia que se produce por 1 lumen en 1 m². Se representa con la letra E (Blasco Espinosa, P.A. ,2016)

MAGNITUD	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	FÓRMULA MATEMÁTICA
Iluminancia	E	lux (lx) = $\frac{lumen}{m^2}$	$E = \frac{\Phi}{S}$

Tabla 2. Características de la iluminancia. Fuente: Castilla, N. (2015)

ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (lux)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	BAJO	BUENO	EXCELENTE	LUZ FRÍA	BLANCO	LUZ CÁLIDA
Dibujo, industrial y costura	500	700	1000	No recomendable	Recomendable	Recomendable
Gimnasio	150	300	500	No recomendable	Recomendable	No recomendable
Pizarras	300	500	700	No recomendable	Recomendable	Recomendable
Salas de clase y laboratorios	200	500	1000	No recomendable	Recomendable	Recomendable
Salas de conferencias	200	500	1000	No recomendable	Recomendable	Recomendable
Vestíbulos y zonas de paso	150	500	700	No recomendable	Recomendable	Recomendable
Baños	50	100	250	No recomendable	Recomendable	Recomendable

Tabla 3. Niveles de iluminación recomendados Fuente: Blasco Espinosa, P.A. (2016)

2.3.3 EFICACIA LUMINOSA

El termino de eficacia luminosa está asociado a la energía que consume una lámpara ya que no toda lámpara transforma en luz visible el 100% de la energía que contienen. Esta eficacia luminosa lo que nos indica es la cantidad de radiación visible que emite por unidad de potencia eléctrica que consume para su obtención.

Al no transformar toda la energía en luz visible esa energía se pierde de manera que el porcentaje restante se transforma en calor y radiación no visible (infrarrojos IR o ultravioleta UV) (Blasco Espinosa, P. A. ,2016)

La eficacia luminosa viene determinada por la fórmula matemática como la división entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica que se consume (determinada por los W de cada lámpara).

MAGNITUD	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	FÓRMULA MATEMÁTICA
Eficacia luminosa	L	lm / W	$\eta = \frac{\Phi}{W} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$

Tabla 4. Características de la eficacia luminosa Fuente: Castilla, N. (2015)

Cuanto mayor sea esta división mejor será la productividad de la lámpara y menos será el coste necesario para mantenerla. Se expresa con la letra L y la unidad de magnitud en la que se mide es el watt (lm/W).



Figura 14. –Eficacia o rendimiento luminoso. Fuente: La autora

2.4. LA REALIDAD VIRTUAL COMO TÉCNICA DE VISUALIZACIÓN DE ESTÍMULOS

La realidad virtual es una nueva técnica que hoy en día se usa para generar espacios a tu alrededor los cuales no existen en ese momento, es decir, se generan de manera irreal o lo que es lo mismo de manera virtual. En inglés se denomina *“Virtual Reality” (RV)*. (Olguín Carbajal, Rivera Zárate, & Hernández Montañez, 2006). Según Olguín Carbajal, A. Rowell la definió como:

“La realidad virtual es una simulación interactiva por computadora desde el punto de vista del participante, en la cual se sustituye o se aumenta la información sensorial que recibe”

La forma en que la representación de entornos virtuales nos permite interactuar con espacios simulados la califica como la herramienta más poderosa. Esta realidad es capaz de provocar sentimientos y emociones, que pueden ser útiles en un futuro para conocer como cada espacio incide en la vida del ser humano (J. et al., 2013).

Para poder generar estas realidades virtuales se deben de tener en cuenta tres aspectos: *“la simulación interactiva, la interacción implícita y la inmersión sensorial”* (Olguín Carbajal et al., 2006).

A lo largo de los años esta técnica se ha usado para captar en el ser humano sus emociones o estímulos en cuanto a desarrollo de actividades en espacios de oficinas o docentes, donde requiere control, organización, concentración y coordinación para desarrollar su actividad.

De manera tradicional la evaluación de estas funciones puede que no reproduzcan o semejen al 100% la complejidad y naturaleza de las situaciones de la vida real, es por ello que se les dio una oportunidad a los estudios de estas funciones mediante la realidad virtual, donde se puede controlar la forma sistemática de la presentación de estímulos, así como de otras variables (Climent-Martínez et al., 2014).

De esta manera, con la nueva tecnología de la realidad virtual se consiguen respuestas más precisas y ciertas, y que permiten una solución para los problemas actuales del ser humano.

Las características de esta tecnología tan avanzada hoy en día vienen definidas por dos propiedades fundamentales: *“presencia e interacción”*. La *“presencia”* la podemos expresar como la manera en la que está tecnología nos hace estar en el entorno virtual como si de uno real se tratara (Gutiérrez, J. 2002).

Para que el sujeto se sienta en estos entornos virtuales como si estuviera en ellos realmente, se han diseñado unos aparatos o dispositivos cuya finalidad es la de sentir y percibir de manera real el entorno virtual en el que se encuentran. Para poder conseguir esto, los dispositivos se encargan de que toda la información procedente del exterior sea la mínima posible, de esta manera se genera la atención en el sujeto solamente del entorno virtual.

El dispositivo más utilizado en cuanto a la percepción del entorno son las gafas de realidad virtual. (Gutiérrez, J. 2002)

Por otro lado, también existen dispositivos capaces de crear en nosotros la sensación de poder tocar, desplazarse, mover objetos...etc., siendo de esta manera la percepción del sujeto ante el entorno virtual la más parecida a la realidad. (Gutiérrez, J. 2002)



Figura 15. – Gafas de realidad virtual. Fuente: La autora



Figura 16. – Gafas de realidad virtual. Fuente: La autora

En un estudio sobre la realidad virtual como herramienta para la valoración emocional de entornos arquitectónicos realizado por López-Tarruella-Maldonado et al. (López-Tarruella-Maldonado et al., 2016), se analizó la influencia emocional en el sujeto al cambio de paletas de colores en un espacio de realidad virtual. En este trabajo se concluyó que los espacios se podrán generar con una iluminación en la que los criterios de diseño sean adaptados conforme a la necesidad del usuario, pudiendo crear una respuesta emocional y apreciación del mismo lo más cómoda posible.

2.5. EVALUACIÓN DE LA MEMORIA EN LOS ESTUDIANTES

La Real Academia de la Lengua Española (2019) define como “memoria” la facultad psíquica por medio de la cual se retiene y se recuerda el pasado.

Sin darnos cuenta, la memoria es uno de los factores más importante que tiene el ser humano debido a que ésta funciona con tal grado de perfección que no somos capaces de percibir que está en funcionamiento. Esto resulta más difícil para las personas que padecen alguna clase de enfermedad que les afecte al buen funcionamiento de la memoria o incluso cuando no eres capaz de recordar cualquier momento, puede llegar a producirte una alerta o frustración (Ballesteros, 1999).

La memoria junto con el aprendizaje son las funciones elementales de nuestro organismo que nos permiten cometer errores y aprender de ellos, poder adaptarnos a cualquier entorno o situación y sobre todo poder realizar nuestra vida como seres humanos (Loubon & Franco, 2010).

En la actualidad existen sistemas de memoria que trabajan en concordancia. Los expertos dividen la memoria a largo plazo en dos sistemas: declarativa y no declarativa, o también denominadas como memorias explícitas o implícitas.

Por un lado, la memoria declarativa es la que se encarga de que el ser humano se pueda comunicar de persona a persona, ya que le otorga la capacidad de poder recordar acciones como el hecho del lenguaje. Este tipo de memoria se subdivide en otras dos: la memoria

semántica que es la encargada de aportar conocimientos generales, y la episódica utilizada para “¿Qué?, ¿Dónde?, ¿y cuándo?, y para eventos experimentados (conciencia temporal subjetiva). Esta última no es muy usual que se de en humanos (Carrillo-Mora, 2010).

Por otro lado, la memoria no declarativa se divide en otras dos categorías: la memoria que proporciona el aprendizaje asociativo y la memoria que proporciona el aprendizaje no asociativo; la primera está asociada con el conocimiento general y la segunda está vinculada con el hecho de poder saber estar en un entorno o habituarse a él (Carrillo-Mora, 2010).

A lo largo de los años se ha comprobado que no existe un único sistema de memoria, nuestro sistema no reacciona igual cuando aprendemos a leer, a escribir o ante cualquier situación ajena a un espacio docente, y de igual manera sucede con los recuerdos.

Según Bernabèu (Bernabéu, 2017), Cohen, Ivry y Keele, realizaron un estudio en el que evaluaron la memoria de los estudiantes ante unas secuencias de letras sin ningún orden, aunque todas las secuencias proyectadas se adecuaban a una regla determinada. Una vez reproducidas las secuencias los sujetos fueron capaces de darse cuenta de las regularidades sin ser conscientes de ello. Estas situaciones se daban cuando el tiempo de reacción entre los elementos de las secuencias eran más cortos, por el contrario, si se introducía alguna secuencia que incumpliera la regla los tiempos de reacción en el sujeto se prolongaban.

CAPÍTULO 3: OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE PARTIDA

3.1. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es analizar la influencia que puede tener en la memoria de los estudiantes la temperatura de color que presenta la iluminación. A su vez, también se analiza la influencia que tienen los cambios en la iluminancia del aula en la memoria de los estudiantes. Una vez conocidas estas influencias se pueden evitar espacios docentes donde la iluminación no sea la adecuada para que los estudiantes puedan realizar sus tareas docentes.

Los resultados que se obtienen pueden en un futuro conseguir una iluminación que ayude a potenciar la concentración y el rendimiento de los estudiantes en las aulas, aportándoles un mejor confort visual dentro de ella y una sensación más agradable, mejorando de esta manera los espacios lumínicos en las aulas.

Para poder conseguir este objetivo, en este estudio se utiliza la realidad virtual como técnica para poder visualizar esos estímulos, creando diferentes escenarios en una misma aula virtual donde se obtienen sensaciones reales de los estudiantes en el momento de realizarles las experiencias de memoria y concentración.

3.2. HIPÓTESIS DE PARTIDA

Para la redacción del trabajo se tendrán en cuenta:

- La realidad virtual como técnica para poder visualizar los estímulos que se producen en los estudiantes ante cualquier ambiente lumínico con diferentes temperaturas de color.
- Las valoraciones de cada estudiante son diferentes, subjetivas e individuales, por lo que no tienen por qué reaccionar igual ante una misma temperatura de color.
- A través de las diferentes respuestas y estímulos de los estudiantes se puede llegar a una mejora de los resultados de la calidad de iluminación de los espacios docentes.

CAPÍTULO 4: MATERIAL Y MÉTODOS

En el siguiente trabajo se analiza, en un entorno de realidad virtual, la influencia que tiene la temperatura de color de la iluminación en la memoria de los estudiantes universitarios.

Se comienza realizando unas pruebas de memoria y atención a los pacientes ante un aula virtual en la que se modifica la iluminación. De esta manera al finalizar la prueba, se recoge una respuesta psicológica del sujeto ante los diferentes espacios virtuales proyectados.

Una vez obtenidos esos resultados de estímulos, se analizan introduciéndolos en diversos programas informáticos y de esta manera poder obtener los resultados estadísticos del estudio.

4.1. DEFINICIÓN DE LA MUESTRA

La muestra de este estudio son los estudiantes que se encuentran habitualmente ocupando y trabajando en el aula a evaluar.

Las muestras se han escogido con un rango de edad de 18 a 30 años. Finalmente, participaron 87 sujetos.

A ser posible también se requería que el sujeto o paciente tuviese nacionalidad española.

4.2. JUSTIFICACIÓN DE LOS ESTÍMULOS

El espacio que visualizan es un renderizado de un aula sita en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia (ETSA). La visualización de esta aula se genera a través de realidad virtual, donde el sujeto puede visualizar el aula sin estar físicamente en ella.

El dispositivo utilizado es HTC Vive. Son unas gafas de realidad virtual que contienen 32 sensores para poder cubrir un campo de visión de 360 °, lo que permitía al sujeto o paciente poder observar el aula en su totalidad e incluso poder desplazarse por la misma sin que tuviera que estar presente.

Estas gafas también disponen de una resolución de 2160 x 1200 píxeles con un campo de visión de 110 °. La frecuencia de actualización es de 90 Hz.

Para poder visualizar dichos renderizados con las gafas de realidad virtual, éstas estuvieron conectadas al ordenador de la sala de la experiencia, este ordenador es un modelo AcerPredator G6, mediante un DisplayPort 1.2 y USB 3.0.

Los estímulos han podido visualizarse estableciendo previamente un punto donde se va a encontrar el sujeto para garantizar una visión cercana a la realidad.

Lo más importante a la hora de establecer ese punto es la altura del mismo, el cual se establece en la altura aproximada de un sujeto sentado en la silla del pupitre con la mirada en dirección a la pizarra y mesa del profesor. (Figura 15)

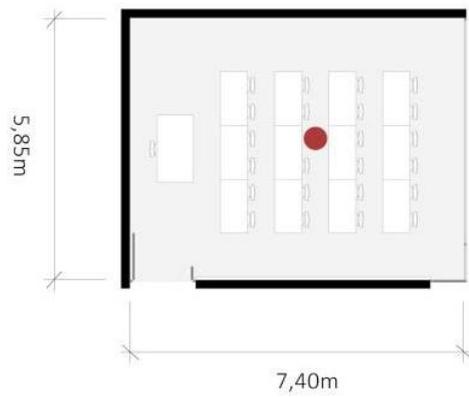


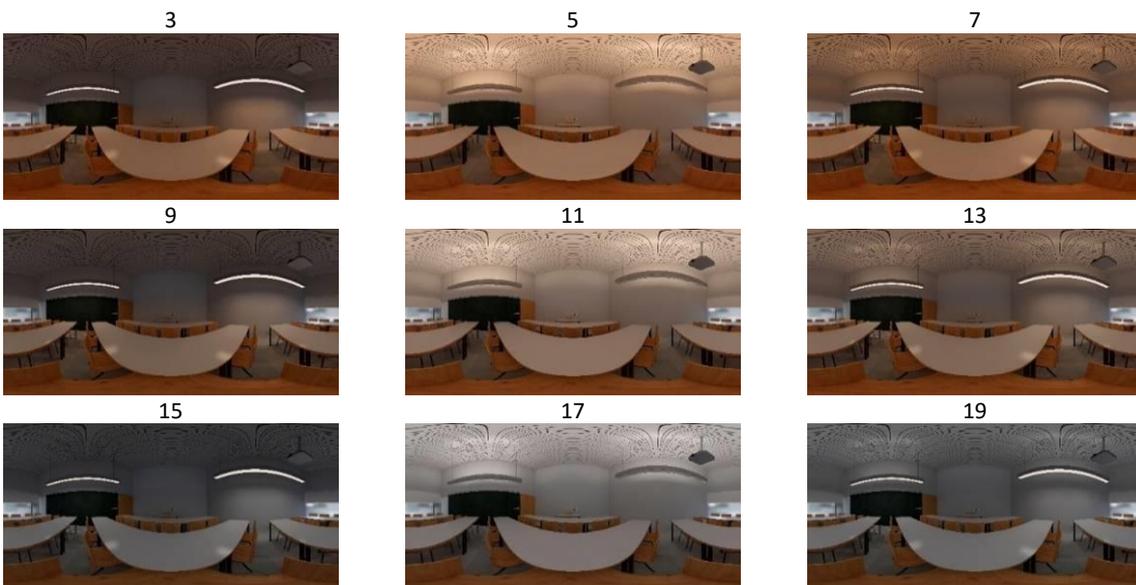
Figura 17. Planta del aula ETSA y situación del sujeto. Fuente: Linares, MC

Para la obtención de estos estímulos, se muestran escenarios virtuales del aula ETSA, empezando por el aula real y aula base, y siguiendo con las otras posibles combinaciones ordenadas según código establecido en la matriz. En la tabla 5 se muestran esas combinaciones.



Figura 18. Renderizado de aula base ETSA. Figura 19. Renderizado de aula real ETSA.

Posibles combinaciones ordenadas:



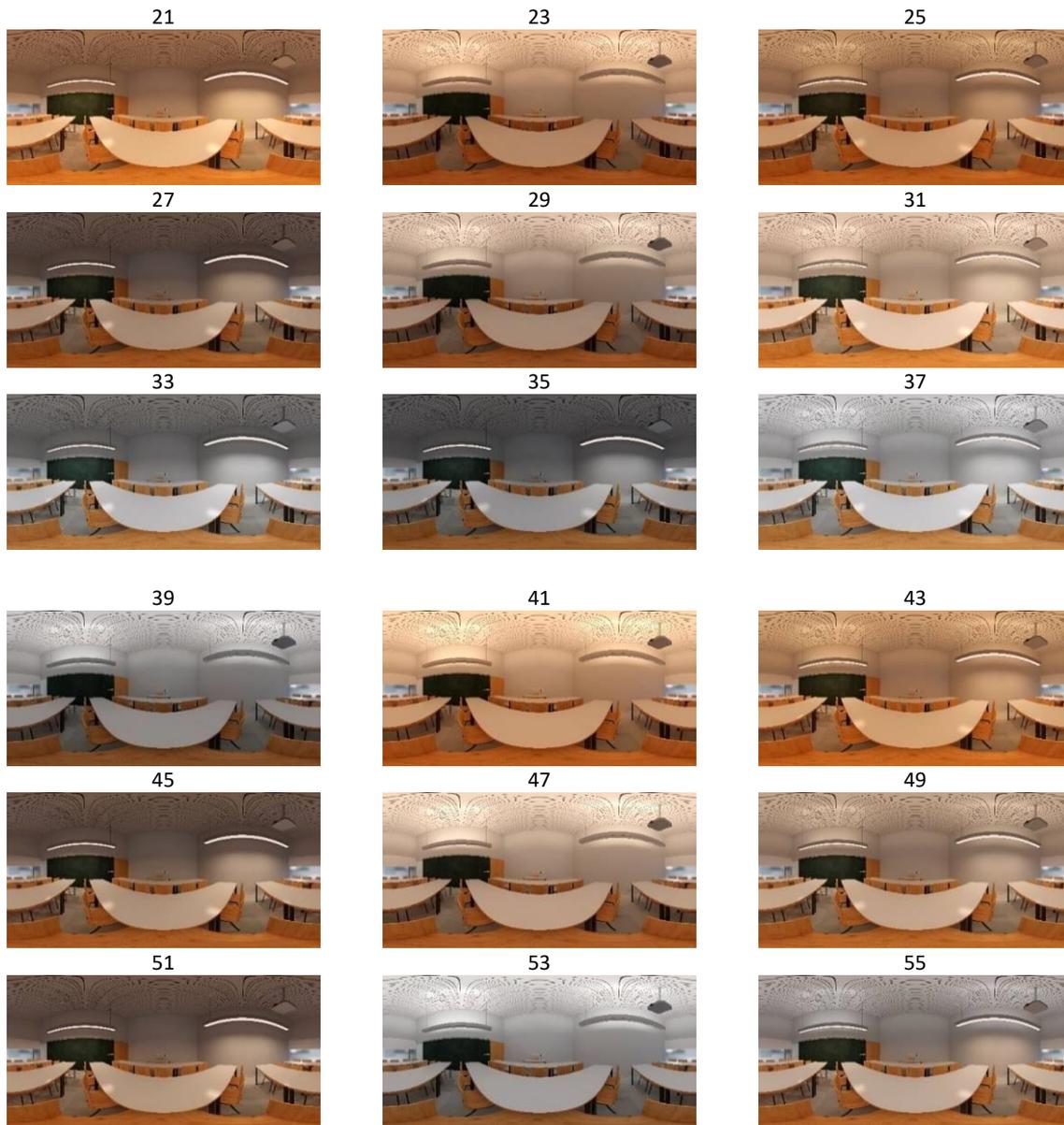


Tabla 5. Combinaciones de luz en el aula. Fuente: Llinares, MC.

4.3. MEDICIÓN DE LOS USUARIOS

Para poder realizar correctamente la medición de los estímulos en los usuarios, las salas debían de contener el material a utilizar de manera ordenada. Antes de que el participante comenzara la experiencia era necesario preparar correctamente los cuestionarios, los escenarios de realidad virtual, y los dispositivos de registro neurofisiológico.

Lo más importante de todo el estudio es la colocación de los dispositivos de registro neurofisiológico **ESU** (Electronic Solutions Ulm GmbH & Co), el cual debe de estar conectado correctamente, y situado en buena orientación respecto del paciente.

Seguidamente se le ajustaba al sujeto en la cabeza y se le conectaba el strip al participante.

Los electrodos (EEG+ECG) debían de estar bien colocados para que los estímulos en el programa de iMotions fueran leídos correctamente. Para que los resultados se pudieran obtener correctamente debían de aparecer todos estos electrodos en color verde.

Por otro lado, se le colocaba el Shimmer, en el brazo no dominante, colocándole los dos electrodos de este aparato en los dedos índice y medio, hacia las yemas. Durante la experiencia se le indica al participante que mueva la mano en la que lo lleva conectado lo menos posible. Para la colocación de las gafas HTC se le aconseja que use solamente su mano dominante.

Una vez colocados todos los dispositivos se comprueba la recepción de los estímulos en b-Albert y Shimmer. Y antes de empezar se asegura que todas las señales se están registrando correctamente.



Figura 20. Sujeto. Fuente: la autora Figura 21. Sujeto. Fuente: la autora Figura 22. Sujeto. Fuente: la autora

Por último, una vez se le realiza la experiencia en iMotions al paciente de las tareas de memoria y de atención, se le indica que valore globalmente el aula indicando los valores de menos cuatro (nada) a cuatro (todo).

-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Nada				Neutro				Todo

Tabla 6. Escala de valoración. Fuente: la autora

- Posteriormente, el sujeto se somete al estudio donde escucha tres audios por cada escenario virtual visualizado, así se realiza la prueba de memoria. Una vez finaliza el audio, el sujeto debe nombrar cada palabra que recuerde en un tiempo de aproximadamente un minuto. El procedimiento de esta tarea ha sido basado en el estudio de Alonso et. al. (2004). Las listas que se les reproducían a los pacientes son las siguientes:

LISTA 1	LISTA 2	LISTA 3	LISTA 4	LISTA 5	LISTA 6
película	fuego	dolor	día	pie	Música
arte	cigarro	daño	luna	cordón	Cuerdas
televisión	chimenea	herida	oscuridad	tacón	Tocar
oscuro	tabaco	rotura	estrellas	bota	Española
visión	gris	fútbol	negra	andar	Eléctrica
actor	incendio	pierna	dormir	zapatilla	Flamenco
teatro	fumar	grave	luz	suela	Canción
mudo	señal	roto	sueño	sandalia	Rock
butaca	olor	accidente	vida	cuero	Concierto
pantalla	leña	fractura	cielo	incomodo	Piano
espectáculo	sucio	corte	fiesta	media	Punteo
video	indio	rodilla	soledad	caminar	Tambor
estreno	hoguera	brazo	larga	apretado	Acordes
proyector	ceniza	enfermedad	juerga	calzado	Acústica
entretenido	aire	rasguño	miedo	betún	Clásica

Tabla 7. Cuestionario de Tareas: Memoria. Fuente: Llinares, C.

LISTA 7	LISTA 8	LISTA 9	LISTA 10	LISTA 11	LISTA 12
sitio	alas	música	amor	soldado	Mauilido
aquí	volar	canto	rojo	militar	Arañazo
parte	colores	melodía	latido	guardia	Ratón
mancha	gusano	cuan	vida	general	Uñas
campo	bonita	voz	sangre	ejercito	Tejado
espacio	belleza	letra	partido	policía	Felino
monte	jardín	ritmo	orégano	mili	Bigotes
punto	efecto	nana	roto	batallón	Liebre
allí	libre	tono	infarto	represión	Persa
éste	insecto	sonata	león	regimiento	Pardo
estar	parque	ópera	bombear	oficial	Mascota
rincón	frágil	guitarra	caliente	infantería	Fiereza
región	larva	armonía	vena	guerra	Cascabel
ciudad	oruga	festival	alma	coronel	Angora
origen	planta	villancico	arteria	aviación	Suave

Tabla 8. Cuestionario de Tareas: Memoria. Fuente: Llinares, C.

LISTA 13	LISTA 14	LISTA 15	LISTA 16	LISTA 17	LISTA 18
alegría	paz	cuello	leer	puerta	Rey
juerga	muerte	alta	lectura	cerradura	Reina
diversión	lucha	zoo	letras	abrir	Espinas
baile	horror	selva	hojas	llavero	Diamantes
marcha	odio	manchas	estudiar	candado	Real
verbena	sangre	África	entretenimiento	iglesia	Oro
noche	violencia	árbol	aprender	cerrojo	Cabeza
guateque	destrucción	Grande	sabiduría	metal	Laurel
grande	fusil	Sabana	página	coche	Funeral
feliz	mal	Larga	estantería	maestra	Princesa
música	batalla	Jungla	enciclopedia	entrar	Dorada
champán	armas	Avestruz	cultura	cerrar	Diadema
feria	fatal	Safari	capítulo	blindada	Aro
disfraces	sucio	Patas	biblioteca	agujero	Patria
confetis	fría	Lechuga	cuento	bolso	Poder

Tabla 9. Cuestionario de Tareas: Memoria. Fuente: Llinares, C.

- A continuación, se le reproducen una serie de sonidos tres veces, para poder estudiar la capacidad de atención y concentración del paciente.

Se adjunta la matriz de combinaciones elaborada para la posterior generación de escenarios virtuales. Los escenarios siguen unos códigos correlativos intercalando las dos aulas del estudio con los mismos parámetros.

MATRIZ COMBINACIONES – Serie Iluminación				
CÓDIGO		ILUMINANCIA	DIRECCIONALIDAD	TEMPERATURA
ETSA				
3		+100 lx	D	3000 K
5		+100 lx	I	3000 K
7		+100 lx	DI	3000 K
9		+100 lx	D	4000 K
11		+100 lx	I	4000 K
13		+100 lx	DI	4000 K
15		+100 lx	D	6500 K
17		+100 lx	I	6500 K
19		+100 lx	DI	6500 K
21		+300 lx	D	3000 K
23		+300 lx	I	3000 K
25		+300 lx	DI	3000 K
27		+300 lx	D	4000 K
29		+300 lx	I	4000 K
31		+300 lx	DI	4000 K
33		+300 lx	D	6500 K
35		+300 lx	I	6500 K
37		+300 lx	DI	6500 K
39		+500 lx	D	3000 K
41		+500 lx	I	3000 K

43		+500 lx	DI	3000 K
45		+500 lx	D	4000 K
47		+500 lx	I	4000 K
49		+500 lx	DI	4000 K
51		+500 lx	D	6500 K
53		+500 lx	I	6500 K
55		+500 lx	DI	6500 K

Tabla 10. Matriz de combinaciones de los parámetros de la iluminación. Fuente: la autora

- Una vez finalizadas las pruebas de los estímulos, se le realiza un cuestionario de presencia (SUS) y demográfico.
- Finalmente, se le retiran los dispositivos, se le agradece su interés y tiempo dedicado a su colaboración en este trabajo

El tiempo dedicado por cada usuario es de 1 hora y 30 minutos a 2 horas, dependiendo de la rapidez de cada uno a la hora de responder a las preguntas y de la eficacia de los aparatos electrónicos para captar los estímulos antes de la experiencia.

4.5. TRATAMIENTO DE DATOS

Para poder realizar un análisis y posteriormente obtener unos resultados, los datos de las experiencias grabadas se registran y se organizan en una tabla Excel, como se muestra a continuación:

El proceso que se ha realizado para el tratamiento de datos en función de la iluminancia es el siguiente:

MEMORIA DE ACIERTOS EN FUNCIÓN DE LA ILUMINANCIA		
Ilum. ILUMINANCIA	N	Mean Rank
Mayor de 100 lx	66	122,00
Mayor de 300 lx	81	110,94
Mayor de 500 lx	63	81,21
TOTAL	210	

Tabla 11. Tabla Excel iluminancia y temperatura de color. Fuente: la autora

- En primer lugar, se analizará si existen diferencias significativas en cuanto al nivel de aciertos de la prueba de memoria en función de la iluminancia donde se obtendrán resultados para iluminancias de 100, 300 y 500 lx. (Tabla 11)
- Para saber si existen esas diferencias entre el nivel de ciertos en función de esos grados de iluminancia se realizará la prueba de Kruskal Wallis Test. Estas diferencias serán significativas si el valor de significación ronda por debajo del 0,05.

TEST STATISTICS	
	memoria_aciertos
Chi-Square	15,583
df	2
Asymp. Sig.	,000

Tabla 12. Tabla Excel resultados prueba Kruskal Wallis. Fuente: la autora

- En segundo lugar, se realiza una segunda prueba de correlaciones, siendo en este caso correlaciones bivariadas (relaciones entre dos variables). Estas dos variables serán las de memoria y aciertos y la de nivel de iluminancia y en cuyo caso se aplicará la prueba de Spearman. Este análisis trata de determinar si las dos variables tienen una relación entre sí que las haga depender una de la otra, y viceversa. Lo que nos acredita es si las correlaciones existentes entre las variables son relevantes o no.

CORRELATIONS				
			memoria_aciertos	Ilum_ILUMINANCIA
Spearman's rho	memoria_aciertos	Correlation Coefficient	1,000	-,262**
		Sig. (2-tailed)		,000
		N	210	210
	Ilum_ILUMINANCIA	Correlation Coefficient	-,262**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	
		N	210	210

** La correlación es significativa en 0,01 (2-tailed)

Tabla 13. Tabla Excel resultados Spearman. Fuente: la autora

En cuanto al tratamiento de datos en función de la temperatura de color el proceso a seguir para obtener los resultados es exactamente igual que el que se realiza para la obtención de los datos en función de la iluminancia, lo único que cambiaremos el valor de la iluminancia por las temperaturas de color de 3000 K, 4000 K y 6500 K como se puede ver en la siguiente tabla:

MEMORIA DE ACIERTOS EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE COLOR		
Ilum. ILUMINANCIA	N	Mean Rank
3000 K	72	111,50
4000 K	66	81,02
6500 K	72	121,94
TOTAL	210	

Tabla 14. Tabla Excel iluminancia y temperatura de color. Fuente: la autora

TEST STATISTICS	
	memoria_aciertos
Chi-Square	16,683
df	2
Asymp. Sig.	,000

Tabla 15. Tabla Excel resultados prueba Kruskal Wallis. Fuente: la autora

CORRELATIONS				
			Ilum TEMPERATURA	memoria_aciertos
Spearman's rho	Ilum_TEMPERATURA	Correlation Coefficient	1,000	,071
		Sig. (2-tailed)		,304
		N	210	210
	memoria_aciertos	Correlation Coefficient	,071	1,000
		Sig. (2-tailed)	,304	
		N	210	210

Tabla 16. Tabla Excel resultados Spearman. Fuente: la autora

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

Para la obtención de los resultados estadísticos aplicando la metodología que anteriormente se ha explicado.

A continuación, se detallan los datos estadísticos de la muestra que se obtienen:

5.1.1 GÉNERO

Este estudio se ha llevado a cabo por la participación de un total de 87 personas, siendo 48 sujetos de sexo femenino y 39 sujetos de sexo masculino. Tras finalizar el estudio se concluyó que hubo bastante equidad entre géneros, obteniendo de esta manera bastante grado de heterogeneidad, es decir, que no se realizó ninguna selección por variable descriptiva como el sexo; pero sí que se estimó un baremo en edad de los pacientes.

Los porcentajes son los siguientes:



Figura 24. Variable de género. Fuente: La autora

5.1.2 EDAD

El rango de edad que se pedía para encuestar a las personas era entre los 18 y 30 años aproximadamente, con una media de 23,5 años al finalizar el estudio.

5.2. RESULTADOS DE LAS VARIABLES DEL CUESTIONARIO

Los resultados que se obtienen para el **tratamiento de datos en función de la iluminancia** son los siguientes:

- Lo que se puede apreciar en la primera de las tablas (Tabla 11), en la casilla donde aparece "Media obtenida", es que el nivel de aciertos aumenta a medida que se reduce el nivel de iluminancia.

Esto quiere decir, que cuanto mayor sea la intensidad de iluminación se haya en el aula el nivel de aciertos, por el contrario, será menor en cuanto a la prueba de memoria.

Estos resultados son **significativos** debido a que en los resultados de la tabla 12 se puede observar que el valor es inferior a 0,005.

En resumen, al tener un valor de 0,000, se está en el caso donde las **diferencias son importantes a nivel de iluminación.**

- Por otra parte, al realizar la segunda prueba del estudio (Tabla 13), si se fijan en el coeficiente de correlación y en el nivel de significación lo que se puede observar es que en el coeficiente de correlación la relación que hay entre las dos variables es una relación significativa y de signo negativo, lo que aclara que esa correlación es de signo inverso, es decir, **que a medida que una de las variables aumenta la otra se reduce.**

En nuestro caso a medida que se aumenta el nivel de iluminancia se reduce el nivel de aciertos de memoria. Al tener una significación menor de 0,005 se dice que esta situación es relevante.

Como conclusión a todos los datos explicados anteriormente se puede afirmar que efectivamente el nivel de iluminancia tiene una relación con el número de aciertos producidos en la prueba.

En cuanto a los resultados obtenidos del **tratamiento de datos en función de la temperatura de color** donde se ejecuta, igual que antes, dos pruebas para la obtención de los resultados:

- Lo que se puede apreciar en la primera de las tablas (Tabla 14) en la casilla donde aparece "*Media obtenida*", es que el nivel de aciertos no aumenta o decrece de manera lineal.

Estos resultados son significativos debido a que en los resultados de la tabla 15 se observa que cuando el valor es inferior a 0,005.

En nuestro caso a tener un valor de 0,000, se está en el caso donde las **diferencias son importantes a nivel de temperatura de color.**

- Si se fijan en la tabla 16 se aprecia, a diferencia del caso anterior, que no hay una correlación entre la variable de temperatura de color y la variable de aciertos de memoria, por lo tanto, al no tener una correlación se puede afirmar que se está en un caso donde la relación entre ambas variables no es lineal.



Figura 25. Relación temperatura de color con los aciertos en prueba de memoria. Fuente: La autora

Este resultado es el más importante de todo el estudio ya que el nivel más elevado de aciertos se está produciendo con la temperatura del color más elevada de 6500 K.

También se aprecia que entre la temperatura de color de 3000 K y 4000 K el salto que se produce no se considera significativo, pero por el contrario cuando la temperatura de color pasa de 4000 K a 6500 K se produce un salto muy significativo. Esto se puede afirmar porque una vez valorados y vistos los resultados se observa que cuando más aciertos se obtienen en la prueba de memoria es con temperaturas de color entre 4000K y 6500 K.

Como conclusión general, **a mayor intensidad de iluminancia menor nivel de aciertos en la prueba de memoria**, esto lleva a pensar que cuando el paciente hace un esfuerzo de concentración o reflexión necesita cierta intimidad en el entorno en el que se encuentra.

Estos resultados obtenidos concuerdan con los de Sletten (Sletten et al., 2017) y Lasauskaite & Cajochen (Lasauskaite & Cajochen, 2018).

En el primero de ellos se realizó un ensayo controlado aleatorio de la eficacia de una intervención de luz enriquecida en azul para mejorar el estado de alerta y el rendimiento en los trabajadores del turno de noche. De este ensayo se obtuvo que cuanto más tonalidad azul tenía la luz mejoraba en los trabajadores su somnolencia y su rendimiento que cuando estaban sometidos a tonalidades de luz más cálidas.

En el segundo de ellos, se realizó un estudio para observar de qué manera la temperatura de color podía influir en la respuesta cardíaca relacionada con el esfuerzo. En este estudio se concluyó que, con temperaturas de color altas, es decir tonalidades frías de color, el ritmo cardíaco de los participantes disminuyó generando en ellos tranquilidad. Estos resultados demuestran que las propiedades de la luz pueden influir en el estado mental del paciente.

Según los estudios citados anteriormente, es evidente que efectivamente el ser humano ante unas temperaturas de luz altas, es decir con colores de luz en tonalidades azules, es capaz

mentalmente de poder sacar mucho más rendimiento de sí mismo y poder realizar mucho mejor sus tareas a lo largo del día en espacios interiores, tanto si es de día como si es de noche, ya que esta temperatura de luz proporciona en él una sensación de tranquilidad, confort visual y seguridad en él, que no es capaz de conseguir con temperaturas de luz bajas, es decir en este caso la luz que se proyecta en el entorno es de tonalidades rojizas.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio y habiendo obtenido unos resultados se concluyen los siguientes aspectos:

6.1. CONCLUSIONES RELATIVAS AL MARCO TEÓRICO

Tras recopilar información acerca del tema tratado en este trabajo las conclusiones obtenidas del marco teórico son las siguientes:

- La iluminación afecta de manera negativa en la productividad diaria del ser humano ya que, si esta iluminación crea destellos o no es la adecuada el sujeto no será capaz de desarrollar la actividad de manera productiva, encontrándose cansado, incómodo y sobre todo sufrirá cansancio visual.

Sin embargo, cuando la luz artificial sea la adecuada para el sujeto -un espacio dónde se encuentre cómodo- será capaz de desarrollar su labor diaria con mucha mayor eficacia.

- Seguidamente, otro aspecto importante es que para conseguir una buena iluminación artificial hay que tener en cuenta tanto el tipo de lámpara como la distribución de la misma en el espacio docente ya que ambos factores influyen para que el sujeto pueda desarrollar su actividad con total comodidad.

Antes de elegir estos factores hay que tener en cuenta la cantidad, calidad y estabilidad de la luz.

- Para poder proporcionar una cantidad, calidad y estabilidad de luz adecuada se analizan las propiedades de temperatura de color, iluminancia y eficacia luminosa. Cada una de estas propiedades aporta una sensación en el sujeto.

La temperatura de color es la propiedad la cual hace que el sujeto se sienta cómodo o no en el entorno, la iluminancia le proporciona el haz de luz que necesitaría para no forzar la visión y de esta manera no producirle cansancio visual y, por último, la eficacia luminosa le otorga al ser humano una visión más clara del plano de la zona de trabajo donde realiza la actividad.

Dependiendo de esta eficacia la zona de trabajo está más o menos iluminada ya que no todas las luminarias transforman el 100 % de su energía en luz visible.

- Finalmente, en este trabajo, la técnica que se usa para la visualización y obtención de los estímulos que provocan en el ser humano estas propiedades en espacios cerrados, es la de la realidad virtual.

Cada vez la confianza depositada en esta técnica es mucho mayor, ya que tras estudios analizados donde se ha usado como técnica para captar estímulos ante ciertas situaciones, la información que llega a proporcionar es mucho más precisa y cierta que la que se haría mediante encuestas en formato papel.

6.2. CONCLUSIONES OBTENIDAS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL

Una vez realizado el estudio experimental y haber obtenido una serie de resultados se sacan las siguientes conclusiones:

- En la relación entre memoria y aciertos y la temperatura de color de la iluminación, el nivel de aciertos de los sujetos no aumenta ni decrece de manera gradual. Se observa que los sujetos tienen más aciertos en la prueba de memoria cuando las temperaturas de color se encuentran entre los 4000 K y 6500 K (tonalidades frías). Cuánto más alta es la temperatura de color más rendimiento saca el sujeto.
- El nivel de aciertos más elevado del sujeto se produce con una temperatura de color de 6500 K, es decir, que el alumno se concentra mucho más en un entorno de luz blanca o que tenga tonalidades frías.
- En la relación entre memoria y aciertos y nivel de iluminancia, se observa que los sujetos son capaces de tener más aciertos en la prueba con iluminancias bajas (100 lx). A mayor iluminancia menos aciertos por parte del sujeto, en cambio, a menor iluminancia más aciertos realiza el sujeto.

6.3. CONCLUSIONES EXTRAIDAS DE LOS RESULTADOS Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Los resultados que se han obtenido van dirigidos a la necesidad de que en el futuro se tenga en cuenta la necesidad de una propuesta de iluminación artificial alternativa a las existentes hoy en día para la elección en el diseño de la iluminación en espacios docentes, de manera que los expertos puedan tener en cuenta la opinión del sujeto para conseguir espacios de mayor confort y comodidad, donde se puedan realizar las actividades con el mayor rendimiento del sujeto posible.

La participación de la tecnología, en este caso la realidad virtual, también aporta un avance para la realización de los cuestionarios y obtención de los resultados de los mismo, de manera que para un futuro el poder realizar a los sujetos los estudios con este tipo de tecnología genera un ahorro de tiempo tanto para el experto como para el sujeto y los resultados que se obtienen son más fiables y eficaces.

A partir de este trabajo podrán generarse otras líneas de investigación relacionadas con la metodología que se ha llevado a cabo, como:

- El estudio de las emociones de los sujetos mediante realidad virtual en espacios exteriores, como jardines.
- El estudio de la iluminación natural en espacios docentes mediante la visualización de estímulos con realidad virtual
- La influencia de la clasificación de las luminarias a la hora de diseñar espacios interiores o exteriores

No obstante, si se quisiera obtener un resultado con mejor precisión se debería de ampliar el número de sujetos y proyectar más de un aula con diferentes distribuciones e incluso con aportación de luz natural en ellas. De esta manera, como se ha comentado anteriormente, los datos que se obtendrían serían mucho más fiables y precisos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, España. (Proyecto BIA2017-86157-R)

BIBLIOGRAFÍA

AENOR, *Iluminación de los espacios de trabajo, UNE-EN 12464-1. (Madrid: AENOR 2012).*

Disponible en: <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0048898>

Anderson, R. (2016). Ishihara a los 100 años – Belleza perdurable de la prueba de daltonismo. [Figura 23].

Disponible en: <https://thechromologist.com/ishihara-100-enduring-beauty-colour-blindness-test/>

Alonso, M. Á., Fernández, Á., Díez, E., & Beato, M. S. (2004). Índices de producción de falso recuerdo y falso reconocimiento para 55 listas de palabras en castellano. *Psicothema*, 16(3), 357-362.

Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: Investigación y teoría. *Psicothema*.

Bernabéu, E. (2017). La atención y la memoria como claves del proceso de aprendizaje. Aplicaciones para el entorno escolar Attention and Memory: critical processes for learning. Applications for educational environments. *REIDOCREA*.

Blanca Giménez, V.; Castilla Cabanes, N.; Martínez Antón, A.; Pastor Villa, RM. (2011).

Magnitudes fotométricas básicas. Disponible en : <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732/L%20U%20M%20I%20N%20O%20T%20E%20C%20N%20I%20A.pdf?sequence=1>

Blasco Espinosa, P. A. (2016). ILUMINACIÓN.

Disponible en : https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION_GIE_3_2en1.pdf?sequence=1

Castilla, N. (2015). La Iluminación Artificial en los Espacios Docentes, 53(9), 1689–1699. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Carrillo-Mora, P. (2010). Sistemas de memoria: Reseña histórica, clasificación y conceptos actuales. Segunda parte: Sistemas de memoria de largo plazo: Memoria episódica, sistemas de memoria no declarativa y memoria de trabajo. *Salud Mental*.

CEFIRE. (2018). Tipos de lámparas [publicación en línea]. Disponible en: http://cefire.edu.gva.es/pluginfile.php/199806/mod_resource/content/0/contenidos/009/luminotecnia/31_tipos_de_lmparas.html

Climent-Martínez, G., Luna-Lario, P., Bombín-González, I., Cifuentes-Rodríguez, A., Tirapu-Ustárriz, J., & Díaz-Orueta, U. (2014). Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. *Revista de Neurología*.

Colombo, E., O'Donell, B., & Kirschbaum, C. (2006). Iluminación Eficaz , Calidad y Factores Humanos. *Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de Iluminación Eficiente*.

- DIAGONAL.32 (2012).** La luz artificial es el tema.
 Disponible en: http://www.revistadiagonal.com/entrevistes/la-luz-es-el-tema/la-luz-artificial-es-el-tema/#_ftn1
- ERCO (1999-2019).** Iluminación de interiores. Tipos de iluminación.
 Disponible en: <https://www.erco.com/guide/indoor-lighting/general-lighting-1631/es/>
- Fallis, A. . (2015).** Summary for Policymakers. In Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis* (pp. 1–30).
 Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ferrando, J. (2019, junio 12).** Entrevista con Laia Quintana. Disponible en:
<http://www.interempresas.net/Iluminacion/Articulos/247063-Entrevista-a-Josep-Ferrando-arquitecto-y-docente.html>
- IDAE. (2001).** Guía Técnica de Eficiencia Energética en iluminación. Disponible en:
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf
- ILUMINICA. (2018).** Entendiendo la temperatura de color en iluminación LED.
 Disponible en: <http://iluminica.com/entendiendo-la-temperatura-de-color-en-iluminacion-led/>
- Jovacho Macho, C. (2018).** La luz en los espacios docentes: diferencias entre luz natural y artificial. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/112607>
- J., R.-Á., F., C. L., R., D.-R., A., M. M., G., C.-M., & J., V. (2013).** Realidad virtual: una herramienta capaz de generar emociones. *Anuario de Psicología Clínica y de La Salud = Annuary of Clinical and Health Psychology*.
- Lasauskaite, R., & Cajochen, C. (2018).** Influence of lighting color temperature on effort-related cardiac response. *Biological Psychology*, 132, 64–70.
 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.11.005>
- López-Tarruella-Maldonado, J., Higuera-Trujillo, J. L., Iñarra-Abad, S., Linares-Millán, C., Guixeres-Provinciales, J., & Alcañiz-Raya, M. (2016).** Realidad Virtual como herramienta para la valoración emocional de entornos arquitectónicos. *Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA 2016)*, 651–658. Fundación General de la Universidad de Alcalá.
- Loubon, C. O., & Franco, J. C. (2010).** Neurofisiología del aprendizaje y la memoria. Plasticidad neuronal. *Archivos de Medicina*, 6(1). Disponible en: <https://doi.org/10.3823/048>
- Manav, B. (2007).** An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance. *Building and Environment*, 42(2), 979–983. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.022>
- Olgúin Carbajal, M., Rivera Zárate, I., & Hernández Montañez, E. (2006).** Introducción a la Realidad Virtual. *Polibits*, 33, 11–15. Disponible en: <https://doi.org/10.17562/pb-33-3>
- Restrepo, E. (2018).** ILUMINACIÓN. In *El torso de Venus*.
 Disponible en: <https://doi.org/10.2307/j.ctv893j2s.33>

Sletten, T. L., Ftouni, S., Nicholas, C. L., Magee, M., Grunstein, R. R., Ferguson, S., ... Rajaratnam, S. M. W. (2017). Randomised controlled trial of the efficacy of a blue-enriched light intervention to improve alertness and performance in night shift workers. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(11), 792–801. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-103818>

ANEXOS

ANEXO 1: ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1. – IMAGEN DE LOS TRES SISTEMAS DEL SER HUMANO: CIRCADIANO, VISUAL Y PERCEPTUAL, MEDIANTE LOS CUALES LA ILUMINACIÓN AFECTA AL SER HUMANO. FUENTE: COLOMBO, O'DONELL, & KIRSCHBAUM, 2006.....</i>	<i>9</i>
<i>FIGURA 2. – LUZ DIRECTA DIRIGIDA. FUENTE: ERCO.....</i>	<i>10</i>
<i>FIGURA 3. – LUZ DIRECTA DIFUSA. FUENTE: ERCO.....</i>	<i>10</i>
<i>FIGURA 4. – LUZ INDIRECTA. FUENTE: ERCO</i>	<i>10</i>
<i>FIGURA 5. –AULA CON ALUMBRADO GENERAL FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>11</i>
<i>FIGURA 6. – AULA CON ALUMBRADO GENERAL. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>11</i>
<i>FIGURA 7. –AULA CON ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>11</i>
<i>FIGURA 8. – AULA CON ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>11</i>
<i>FIGURA 9. – AULA CON ALUMBRADO LOCALIZADO. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>12</i>
<i>FIGURA 10. – AULA CON ALUMBRADO LOCALIZADO. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>12</i>
<i>FIGURA 11. – LÁMPARAS CON LAS DIFERENTES TEMPERATURAS DE COLOR. FUENTE: FACTORLED.....</i>	<i>14</i>
<i>FIGURA 12. – VISUALIZACIÓN DE UN AULA CON DIFERENTES TEMPERATURAS DE COLOR. FUENTE: SMART-LIGHTING 2013.....</i>	<i>14</i>
<i>FIGURA 13. – PROYECCIÓN DE LA ILUMINANCIA. FUENTE: CASTILLA, N. (2015).....</i>	<i>15</i>
<i>FIGURA 14. –EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO. FUENTE: LA AUTORA</i>	<i>16</i>
<i>FIGURA 15. – GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 16. – GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 17. PLANTA DEL AULA ETSA Y SITUACIÓN DEL SUJETO. FUENTE: LINARES, MC</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 18. RENDERIZADO DE AULA BASE ETSA.....</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 19. RENDERIZADO DE AULA REAL ETSA</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 20. SUJETO. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>24</i>
<i>FIGURA 21. SUJETO. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>24</i>
<i>FIGURA 22. SUJETO. FUENTE: LA AUTORA</i>	<i>24</i>
<i>FIGURA 23. TEST DE ISIHARA COMPLETO PARA DETECTAR DALTONISMO. FUENTE: THECHROMOLOGIST</i>	<i>25</i>
<i>FIGURA 24. VARIABLE DE GÉNERO. FUENTE: LA AUTORA</i>	<i>30</i>
<i>FIGURA 25. RELACIÓN TEMPERATURA DE COLOR CON LOS ACIERTOS EN PRUEBA DE MEMORIA. FUENTE: LA AUTORA.....</i>	<i>32</i>

ANEXO 2: ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PERCEPCIÓN O APARIENCIA DE LAS TONALIDADES DE LAS LÁMPARAS. FUENTE: LA AUTORA .	14
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINANCIA. FUENTE: CASTILLA, N. (2015)	15
TABLA 3. NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS FUENTE: BLASCO ESPINOSA, P.A. (2016).....	16
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LA EFICACIA LUMINOSA FUENTE: CASTILLA, N. (2015)	16
TABLA 5. COMBINACIONES DE LUZ EN EL AULA. FUENTE: LLINARES, MC.....	23
TABLA 6. ESCALA DE VALORACIÓN. FUENTE: LA AUTORA	24
TABLA 7. CUESTIONARIO DE TAREAS: MEMORIA. FUENTE: LLINARES, C.....	26
TABLA 8. CUESTIONARIO DE TAREAS: MEMORIA. FUENTE: LLINARES, C.....	26
TABLA 9. CUESTIONARIO DE TAREAS: MEMORIA. FUENTE: LLINARES, C.....	27
TABLA 10. MATRIZ DE COMBINACIONES DE LOS PARÁMETROS DE LA ILUMINACIÓN. FUENTE: LA AUTORA	28
TABLA 11. TABLA EXCEL ILUMINANCIA Y TEMPERATURA DE COLOR. FUENTE: LA AUTORA.....	28
TABLA 12. TABLA EXCEL RESULTADOS PRUEBA KRUSKAL WALLIS. FUENTE: LA AUTORA.....	28
TABLA 13. TABLA EXCEL RESULTADOS SPEARRMAN. FUENTE: LA AUTORA.....	29
TABLA 14. TABLA EXCEL ILUMINANCIA Y TEMPERATURA DE COLOR. FUENTE: LA AUTORA.....	29
TABLA 15. TABLA EXCEL RESULTADOS PRUEBA KRUSKAL WALLIS. FUENTE: LA AUTORA.....	29
TABLA 16. TABLA EXCEL RESULTADOS SPEARRMAN. FUENTE: LA AUTORA.....	29

ANEXO 3: LISTADO ADJETIVOS DE LA PRUEBA DE MEMORIA

LISTA 1	LISTA 2	LISTA 3	LISTA 4	LISTA 5	LISTA 6
película	fuego	dolor	día	pie	Música
arte	cigarro	daño	luna	cordón	Cuerdas
televisión	chimenea	herida	oscuridad	tacón	Tocar
oscuro	tabaco	rotura	estrellas	bota	Española
visión	gris	futbol	negra	andar	Eléctrica
actor	incendio	pierna	dormir	zapatilla	Flamenco
teatro	fumar	grave	luz	suela	Canción
mudo	señal	roto	sueño	sandalia	Rock
butaca	olor	accidente	vida	cuero	Concierto
pantalla	leña	fractura	cielo	incomodo	Piano
espectáculo	sucio	corte	fiesta	media	Punteo
video	indio	rodilla	soledad	caminar	Tambor
estreno	hoguera	brazo	larga	apretado	Acordes
proyector	ceniza	enfermedad	juerga	calzado	Acústica
entretenido	aire	rasguño	miedo	betún	Clásica
LISTA 7	LISTA 8	LISTA 9	LISTA 10	LISTA 11	LISTA 12
sitio	alas	música	amor	soldado	Mauullido
aquí	volar	canto	rojo	militar	Arañazo
parte	colores	melodía	latido	guardia	Ratón
mancha	gusano	cuan	vida	general	Uñas
campo	bonita	voz	sangre	ejercito	Tejado
espacio	belleza	letra	partido	policía	Felino
monte	jardín	ritmo	orégano	mili	Bigotes
punto	efecto	nana	roto	batallón	Liebre
allí	libre	tono	infarto	represión	Persa
éste	insecto	sonata	león	regimiento	Pardo
estar	parque	ópera	bombear	oficial	Mascota
rincón	frágil	guitarra	caliente	infantería	Fiereza
región	larva	armonía	vena	guerra	Cascabel
ciudad	oruga	festival	alma	coronel	Angora
origen	planta	villancico	arteria	aviación	Suave
LISTA 13	LISTA 14	LISTA 15	LISTA 16	LISTA 17	LISTA 18
alegría	paz	cuello	leer	puerta	Rey
juerga	muerte	alta	lectura	cerradura	Reina
diversión	lucha	zoo	letras	abrir	Espinas
baile	horror	selva	hojas	llavero	Diamantes
marcha	odio	manchas	estudiar	candado	Real
verbena	sangre	África	entretenimiento	iglesia	Oro
noche	violencia	árbol	aprender	cerrojo	Cabeza
guateque	destrucción	Grande	sabiduría	metal	Laurel
grande	fusil	Sabana	página	coche	Funeral
feliz	mal	Larga	estantería	maestra	Princesa
música	batalla	Jungla	enciclopedia	entrar	Dorada
champán	armas	Avestruz	cultura	cerrar	Diadema
feria	fatal	Safari	capítulo	blindada	Aro
disfraces	sucio	Patas	biblioteca	agujero	Patria
confetis	fría	Lechuga	cuento	bolso	Poder