



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN



NEUROARQUITECTURA: ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA FORMA DEL AULA EN LAS FUNCIONES COGNITIVAS DEL ALUMNADO

Trabajo Final de Máster en Edificación, Gestión.

Curso: 2018/ 2019

Autora:

Mirele García, Juana Adriana

Tutor Académico:

Montañana Aviñó, Antoni
Linares Millán, M^a Carmen

RESUMEN

El objetivo que se persigue con este trabajo es analizar cómo los parámetros arquitectónicos del aula inciden en la atención y la memoria de los alumnos. Hasta ahora, algunos estudios concluyen que los espacios arquitectónicos influyen en el estado cognitivo-emocional de las personas, por lo que se plantea analizar la forma en que la forma del aula incide en las funciones cognitivas del alumno y en su rendimiento.

Para ello se trabaja con Realidad Virtual con el objeto de poder alterar dichos parámetros arquitectónicos manteniendo constantes otros, así como también se introducen tareas validadas para la medición de la atención y memoria. Este trabajo ha sido desarrollado en el Instituto de Investigación i3B de la Universidad Politécnica de Valencia.

Los resultados de esta investigación, podrían servir de referencia para obtener los mejores resultados a la hora de diseñar espacios destinados a la docencia.

Palabras clave: Forma; Características Físicas; Aulas; Neuro-arquitectura; Realidad Virtual.

RESUM

L'objectiu que es persegueix amb aquest treball és analitzar com els paràmetres arquitectònics de l'aula incideixen en l'atenció i la memòria dels alumnes. Fins ara, alguns estudis conclouen que els espais arquitectònics influeixen en l'estat cognitiu-emocional de les persones, de manera que es planteja analitzar la forma en què la forma de l'aula incideix en les funcions cognitives de l'alumne i en el seu rendiment.

Per a això es treballa amb Realitat Virtual amb l'objecte de poder alterar aquests paràmetres arquitectònics mantenint constants altres, així com també s'introdueixen tasques validades per al mesurament de l'atenció i memòria. Aquest treball ha estat desenvolupat a l'Institut de Recerca I3B de la Universitat Politècnica de València.

Els resultats d'aquesta investigació, podrien servir de referència per obtenir els millors resultats a l'hora de dissenyar espais destinats a la docència.

Paraules clau: Forma; Característiques Físiques; aules; Neuro-arquitectura; Realitat Virtual.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze how the architectural parameters of the classroom affect the attention and memory of the students. So far, some studies conclude that architectural spaces influence the cognitive-emotional state of people, so it is considered to analyze the way in which the form of the classroom affects the cognitive functions of the student and their performance.

To do this, we are working with Virtual Reality in order to be able to alter these architectural parameters while keeping others constant, as well as validated tasks for measuring attention and memory. This work has been developed at the i3B Research Institute of the Polytechnic University of Valencia.

The results of this research could serve as a reference to obtain the best results when designing spaces for teaching.

Keywords: Form; Physical characteristics; Classrooms; Neuro-architecture; Virtual reality.

AGRADECIMIENTOS

Quiero tomarme un instante para expresar mi enorme gratitud:

Al ser superior que guía mi vida y me ha permitido llegar hasta aquí.

A mis tutores, mis profesores y director del máster por su paciencia y entrega, por sus grandes enseñanzas y el deseo ferviente de sacar lo mejor de sus alumnos.

A mi madre por ser mi ejemplo y mi orgullo.

A mis amigas, que se han convertido en mis hermanas, por siempre preocuparse por mí y darme ánimos en todo momento, son mi mayor tesoro.

Y a cada una de las personas que hicieron esto posible.

De todas las cosas, lo que más agradezco es tener personas como ustedes a mi lado.

ÍNDICE

RESUMEN	2
RESUM	3
ABSTRACT	4
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE	6
GLOSARIO.....	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Antecedentes.....	8
1.2. Estructura del trabajo.....	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo general.....	11
2.2 Objetivos específicos	11
3. REVISIÓN TEÓRICA	12
3.1 El Espacio Arquitectónico	12
3.1.1 El Espacio Arquitectónico.....	12
3.1.2 Influencia Del Espacio Arquitectónico En El Ser Humano.....	14
3.2 El Espacio Educativo Y El Alumno	15
3.2.1 El Aula.....	15
3.2.2 El Ambiente Educativo	16
3.2.3 Aula Tradicional Vs. Aula Virtual	18
3.2.4 Funciones Cognitivas Del Alumno (Atención Y Memoria).....	19
3.2.5 Influencia De Las Características Físicas Del Aula En Las Funciones Cognitivas Del Alumno Y Su Rendimiento.	21
3.3 Medición psicológica de la respuesta del ser humano a su entorno.....	21
4. METODOLOGÍA.....	24
4.1 Fase Instrumental	24
4.2 Fase experimental	27
5. RESULTADOS	35
6. CONCLUSIONES.....	55
6. BIBLIOGRAFÍA	57
7. INDICE DE TABLAS	60
8. INDICE DE ILUSTRACIÓN	61
9. INDICE DE GRÁFICOS.....	62
ANEXO I: Protocolo General.....	63
ANEXO II.....	64
ANEXO III.....	68

GLOSARIO

- **ETSIE.** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
- **HTC.** (en inglés High Tech Computer Corporation) nombre de una compañía de telecomunicaciones.
- **i3B.** Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia
- **LENI.** Laboratorio de Neurotecnologías Inmersivas
- **PAD.** el modelo de estado emocional
- **RV.** Realidad Virtual
- **SMB.** Semantisk Miljö Beskrivning
- **SteamVR.** plataforma de distribución digital de videojuegos de Valve
- **SUS.** (en inglés System Usability Scale)
- **3D.** 3 Dimensiones

1. INTRODUCCIÓN

A manera de introducción es preciso resaltar los factores que han servido de motivación para el desarrollo de este estudio que será expuesto a manera de Trabajo Final de Máster, además de la estructura del trabajo.

1.1 Antecedentes

Al escuchar la palabra neuroarquitectura podemos pensar que es una ciencia relativamente joven, y de hecho lo es, pero esta tiene sus bases desde años atrás. A mediados del siglo XX, el investigador Jonas Salk necesitaba fervientemente encontrar la cura contra la poliomielitis. Salk estaba atormentado debido a que la poliomielitis había causado muchas muertes. Mientras Salk trataba de encontrar la solución encontrándose en la Universidad de Pittsburg, California, sentía que sus ideas no fluían con claridad y decidió viajar a Asís, Italia, para despejar su mente, donde el contacto con la naturaleza le iluminó con la solución a su investigación. (*Elizondo Solis, 2017*)

¿Qué había causado esta repentina “iluminación” de Salk? Algo tenía que ver con el ambiente en el que se dedicaba a hacer sus investigaciones y análisis, pero sin dudas fue tan importante que lo motivó a promover el diálogo entre arquitectos y estudiosos del cerebro y esto lo llevó a asociarse con el arquitecto Louis Kahn para construir el Instituto Salk, ubicado en San Diego, California, el cual se considera el primer referente de la neuroarquitectura.

En el año 1998 junto con Peter Eriksson, Fred H. Gage realizó un estudio en el cual se dio a conocer de cómo el cerebro humano es capaz de fabricar nuevas células nerviosas a las que se les llama neuronas y que esto se facilitaría más si la persona convive con un entorno más estimulante y para el 2003 Gage presenta sus ideas en el Instituto Americano de Arquitectura donde expuso que: los cambios en el entorno, cambian el cerebro, por tanto, modifican nuestro comportamiento.

Entonces, ¿se podría decir que la neuroarquitectura es el eslabón perdido entre las ciencias cognitivas y la proyección de espacios? ¿Deben ser los estudios neurológicos las bases para el diseño arquitectónico?

“De entrada, algo si está muy claro: fabricamos más oxitocina y serotonina, relacionadas con la relajación y el disfrute, si nuestros entornos son agradables. Resulta dudoso que el tipo de diseño que llevamos años aplicando a nuestros hogares, escuelas, hospitales o residencias para la tercera edad, por mencionar algunas de las que han sido más castigadas por la falta de espacio y la negación de la necesidad de cualquier elemento de belleza formal, ayuden a las personas que las habitan a sentirse mejor. ¿Cuántos de nosotros vivimos en espacios que reflejan nuestras necesidades vitales, nuestros sueños? Debemos ser racionales y pragmáticos, sin duda, pero sólo hasta un punto, y sin perder de vista que los elementos arquitectónicos de los distintos

espacios, públicos y privados, afectan los ánimos y la forma de pensar de sus moradores”. (ZEISEL, 2006)

Los avances en la neuroarquitectura han permitido la realización de varios estudios en distintos entornos donde se desenlaza la vida cotidiana, hogares, hospitales y centros de estudios son algunos ejemplos.

Es por esto que surge la necesidad de demostrar parámetros que sirvan de pautas para futuros diseños de espacios educativos en los cuales, sea posible el desarrollo de los aspectos cognitivos del alumno y un avance en la dinámica enseñanza-aprendizaje. La universidad de Salford, en su estudio, el impacto holístico de los espacios de clase en el aprendizaje en materias específicas, determinó que el rendimiento de un estudiante puede verse mejorado hasta un 25% al crear variaciones en diversos parámetros del diseño del aula. (P. Barrett, 2015)

Al tratarse de estudios que requieren controlar los elementos de diseño tan detalladamente y además producir las variables del espacio a estudiar para luego hacer las comparaciones pertinentes, es preciso contar con un sistema que permita realizar las modificaciones sin que los resultados se vean afectados por algún error que no se haya podido medir.

Tras estas inquietudes surge la idea de utilizar la Realidad Virtual (RV) para dar respuestas a más eficaces y que sea posible una investigación de esta índole en un espacio limitado. La Realidad Virtual permite proyectar espacios tridimensionales de manera realista.

Esta tecnología ya se ha venido implementado poco a poco en los terrenos de la arquitectura, aunque no se ha hecho con anterioridad en estudios relacionados con la neuroarquitectura al someter a sujetos a la exposición de espacios 3D, Hasta el momento no se ha medido las respuestas psicológicas con pruebas validadas, sino mas bien se ha utilizado la RV como estrategia de marketing inmobiliario.

Motivados por lo expuesto anteriormente, hemos decidido realizar el presente trabajo, el cual pretende analizar la influencia que ejerce el diseño del aula, particularmente la forma, en los estudiantes universitarios, atendiendo a las respuestas psicológicas de estos. Para ello contaremos elementos de la Realidad Virtual para generar escenarios que serán modificados con efecto de estudio, siempre controlando cada una de las variables hasta tener unos resultados.

Este estudio ha sido posible gracias a colaboración del Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B) de la Universitat Politècnica de València, pioneros en la integración de la RV en la Ingeniería Emocional y es parte de un estudio mayor que comprende los aspectos iluminación y color. (Rodríguez, 2011)

1.2. Estructura del trabajo

En cuanto a la estructura del trabajo, éste se encuentra dividido en 6 apartados (Introducción, Objetivos, Revisión Teórica, Metodología y Conclusiones) los cuales serán brevemente descritos a continuación:

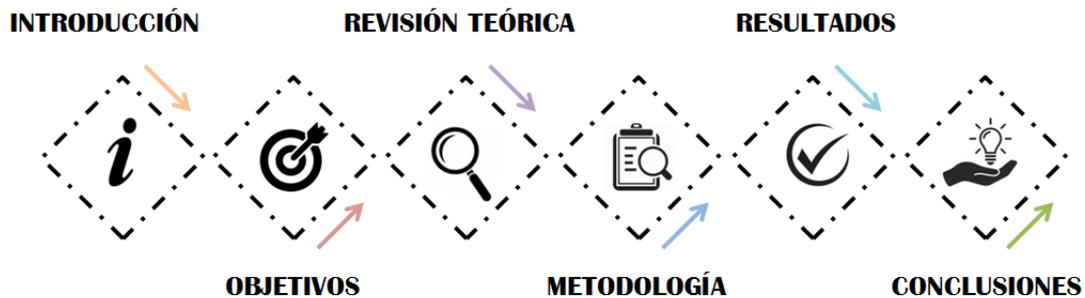


Ilustración 1: Estructura del trabajo. Fuente propia.

El *primer apartado* es el de la introducción donde se presentan los antecedentes y se explica la estructura del trabajo.

El *apartado 2*, comprende objetivos, que está subdividido en objetivo general y otros más específicos. Este se desarrolla en el siguiente apartado.

En el *apartado 3* exponemos la revisión teórica, la cual nos permite tener una visión más clara del tema que vamos a tratar. Hemos querido partir desde lo más general, con conceptos como el aula, el espacio arquitectónico para poder entender mejor, la influencia que tiene el espacio arquitectónico en el comportamiento del ser humano, hasta llegar a los estudios más actuales sobre el tema.

El *apartado 4* nos muestra la metodología que fue utilizada para el desarrollo de este trabajo, exponiendo cada una de las etapas de la investigación, las herramientas utilizadas y la recopilación de los datos.

En el *apartado 5* se analizarán los resultados de la etapa Instrumental y de la etapa experimental.

En el *apartado 6*, tras analizar los resultados, tomando en cuenta la metodología planteada para el trabajo, obtendremos unas conclusiones que serán expuestas en este trabajo. Pretendemos que dichas conclusiones sean tomadas como referencia para mejorar los sistemas que se emplean en la actualidad y que den respuesta a problemáticas de diseño.

En el último apartado se encontrarán las fuentes bibliográficas consultadas para el desarrollo de este estudio y los anexos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Identificar qué configuraciones del diseño arquitectónico del aula son capaces de potenciar los procesos cognitivos del alumnado (atención y memoria).

Aunque existen una variedad de cuestionarios, tareas, y medidas neurofisiológicas capaces de evaluar estas funciones, no están orientadas a analizar la incidencia del espacio. En este sentido, la propuesta pretende desarrollar modelos propios específicos que recojan la relación entre las funciones cognitivas y el espacio.

2.2 Objetivos específicos

A raíz de nuestro objetivo general obtenemos los siguientes objetivos específicos:

1. Virtualizar espacios en los que se alterarán controladamente las condiciones formales mientras se cuantifica la respuesta cognitiva del sujeto.
2. Analizar las respuestas psicológicas de los sujetos estudiados.
3. Determinar las respuestas al variar las características físicas de un mismo ambiente virtual.
4. Contrastar las respuestas de los sujetos con los resultados según las pruebas validadas.

3. REVISIÓN TEÓRICA

Para la realización de este estudio, fue necesario tomar de referencia estudios previos. A partir de una investigación previa se puede tener una mejor comprensión del tema a tratar. Hemos estructurado esta revisión teórica desde lo general a lo más específico, tratando conceptos que creemos servirán de ayuda para tener una mejor idea de los posibles resultados, así como también un mayor entendimiento del desarrollo de la presente investigación.

3.1 El Espacio Arquitectónico

3.1.1 El Espacio Arquitectónico

"utilidad-solidez-belleza" (utilitas-firmitas-venustas).

(Vitruvio)

En su definición más vana, el espacio arquitectónico se podría interpretar como un espacio creado por el hombre, que responde a una necesidad de realizar actividades en condiciones adecuadas.

El espacio en sí mismo, no tiene forma definida, sino que es el resultado de un conjunto de elementos formales (entendiéndose como formales a las características físicas, la forma) y su disposición para crear dicho espacio y definiendo así sus dimensiones, aspecto y cualidades. Por tanto podríamos decir que el espacio arquitectónico es consecuencia de la composición que encierra el vacío a través de los elementos de la forma. *(Gardey, 2011)*

Resulta difícil la definición del espacio arquitectónico sin tomar en cuenta el volumen arquitectónico, puesto que éste es el resultado de la relación entre los volúmenes, es decir el hueco que se crea a través de la disposición de éstos, sin embargo, estos conceptos son independientes. Si bien es cierto que el espacio arquitectónico se delimita a través del volumen arquitectónico, no siempre es así, puesto que el volumen puede variar según la percepción del usuario mediante la proporción, la dimensión visual y su dirección, las cuales dependen de las características físicas del entorno, es decir, el color, texturas, transparencias y dimensiones interiores de los elementos que influyen directamente en el espacio. Por ejemplo, una habitación puede ser de un tamaño y parecer mucho más amplia si es de color claro y tiene huecos grandes, como ventanales acristalados que integran el exterior con el interior.

Pero la influencia de la arquitectura no se limita a la creación de espacios internos, o a al diseño y construcción de edificios que den solución a problemáticas internas, sino que el edificio interactúa con su ambiente creando otros espacios e influyendo sobre estos, ya que el espacio es el vacío y no los elementos, en este caso tomaríamos los edificios como elementos y el espacio exterior estaría limitado a su vez por dichas edificaciones, convirtiéndose en el espacio arquitectónico y mas adecuadamente definido como el espacio urbano.

Según Bruno Zevi (1981), El espacio interno es el protagonista del hecho arquitectónico. Todo edificio colabora en la creación de dos espacios: los espacios internos, definidos completamente por cada obra arquitectónica, y los espacios externos o urbanísticos, que están limitados por cada una de ellos y sus contiguos. (Zevi, 1981)

Lo anterior descrito no significa que el fin único de la arquitectura es crear espacios (vacíos logrados a través de la composición de elementos formales), sino darle sentido a estos, no se centra en la creación de huecos sino en dar soluciones a través del diseño dentro de estos espacios, es decir, la configuración de lo extenso.

Como diría, José Ricardo Morales (1984), en su ensayo "Arquitectura I", sobre crítica y teoría de la arquitectura en el cual explica que: "La Arquitectura no "modela" el espacio, entre otras razones porque el espacio no es una entidad real y perceptible, sino una abstracción que puede efectuarse desde campos muy distintos del pensamiento y a partir de incontables supuestos. Por lo tanto, no se configura el espacio; sino lo espacial o extenso, que es algo muy diferente". (Morales, 1984)

A lo largo de la historia y con la influencia de los avances científicos, la interpretación del espacio arquitectónico ha ido fluctuando, desencadenando diversas interpretaciones a final del siglo XIX y principios del siglo XX, según la corriente filosófica que lo defina.

Para los formalistas (Wölfflin) los elementos formales de la obra arquitectónica tienen absoluta preponderancia, es decir, la forma precede a la función o la función sigue a la forma. Se podría decir que para ellos, la arquitectura busca la estética y armonía visual y no necesariamente una función práctica. Para estos autores es importante que el edificio responda a cuestiones estéticas, buscando armonía, simetría, proporción, etc. Un ejemplo de ello sería la colocación de un pilar, que no necesariamente aporte a la estructura pero que sí mantenga el ritmo y el balance visual del espacio. (Camusisifo, 2012)

Los funcionalistas (Sullivan), por su parte, opinan que la forma sigue a la función, es decir, que la arquitectura debe siempre buscar satisfacer la necesidad para la cual se crea y no verse limitada por los factores estéticos. Para ellos no es necesario el uso de ornamentos, ni buscar elementos como el balance y la armonía, mientras que el edificio cumpla la función para la cual fue creado. (Duke, 2013)

La clave es buscar el balance entre estas corrientes filosóficas para el mejor aprovechamiento de los recursos, y la creación de espacios agradables y funcionales. (Alegre Carvajal & Gómez López, 2017)

3.1.2 Influencia Del Espacio Arquitectónico En El Ser Humano

“Nosotros damos forma a nuestros edificios y ellos, después, nos forman a nosotros”.

Sir Winston Churchill.

El diseño arquitectónico es un proceso complejo que consiste en forjar una solución capaz de satisfacer una serie de necesidades de naturalezas distintas o no, tomando en cuenta unos determinados requerimientos, en un único diseño y con el fin de llevarlo a cabo.

Para cumplir con los requerimientos técnicos, el proyectista toma de base los criterios otorgados por los reglamentos y especificaciones de diseño, de esta manera intenta garantizar el resultado satisfactorio de la obra. Sin embargo, esta forma de diseñar no toma necesariamente la experiencia del usuario, no es posible, con métodos tradicionales, cuantificar en qué medida el resultado final complacerá a los usuarios una vez terminada la obra, apoyándonos únicamente en los valores tradicionales. (Maldonado, 2017)

A raíz de esto surge la neuroarquitectura, la cual utiliza los avances obtenidos en la neurociencia a disposición de arquitectos y diseñadores interiores. De acuerdo con los practicantes de esta disciplina, los espacios tienen un efecto, que puede ser positivo o negativo, en las emociones, el humor y los procesos de pensamiento.

Que el espacio influye, de una manera u otra, sobre el estado anímico los seres humanos, ha sido motivo de discusiones desde tiempos remotos, pero era necesario medir esta influencia con criterios científicos válidos. “Al monitorear los cambios en la actividad cerebral y hormonal de las personas al relacionarse con el espacio, se ha descubierto los efectos que tienen ciertos elementos del diseño en el bienestar de las personas.”

Un ejemplo de ello lo encontraremos en el estudio realizado por la psicóloga Joan Meyer-Levy (2007), donde nos indica que un techo elevado propicia un pensamiento abstracto, en contraste con un techo bajo, el cual promueve mayor concentración en detalles específicos. Este tipo de estudio es de suma importancia a la hora de sacar el mejor provecho a nuestros diseños. Sabiendo claramente nuestros objetivos, podemos estar más cerca de lograrlos con un diseño que comunique e impulse estos fines. (Más Que Negocio, 2017)

Al igual que Meyer-Levy (2007), diversos autores como es el caso de Johnny Gray (2004), decorador de interiores, especializado en cocinas y autor de diversos libros sobre el tema, sugieren el uso de curvas en las superficies o muebles, lo que ayuda a tranquilizar de manera inconsciente. El explica que podría deberse a la visión periférica, que encuentra relajación en las curvas

suaves y se mantiene alerta frente a elementos amenazadores como las esquinas.

También sabemos que la luz y el color influyen en el estado de ánimo de los usuarios y esto es ampliamente utilizado en el marketing, llevando al público a consumir más, excitándolo o relajándolo según la estrategia publicitaria.

Es importante tener en cuenta, sin embargo, que el ser humano como ente individual percibe la realidad de manera diferente, para que un espacio sea exitoso es necesario que los usuarios interactúen con este.

“Nadie puede vivir la experiencia de otros, sólo puede imaginarla. En la experiencia corporal intervienen las relaciones y las percepciones sensoriales. Los sentidos envían al cerebro mensajes diversos. El cuerpo es protagonista de su propia experiencia, la mente la interpreta.”

(Saldarriaga, 2002, 98)

Es por esto que, al momento de diseñar, debemos tener en cuenta el público objetivo y sesgarlo, puesto que entre los muchos aspectos que pueden determinar el estado de ánimo de un individuo, están el lugar donde vive y el ambiente en el que se desenvuelve, la cultura, el rango de edad, entre otros. Analizar la relación que existe entre las personas y su entorno garantiza el buen desarrollo del diseño.

3.2 El Espacio Educativo Y El Alumno

3.2.1 El Aula

“Es lo que creemos que sabemos lo que nos impide aprender.”

(Claude Bernard)

El aula en el sentido más básico de la palabra, es el espacio físico, dispuesto en un centro educativo, en el cual se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje formal. Un centro educativo puede o no disponer de numerosos salones denominados aulas para llevar a cabo su función de enseñar, el aula por tanto es la unidad básica de los recintos educativos.

El salón de clases puede variar en dimensión pero por lo general está separado en dos espacios de trabajos, uno para él o la docente y otro más amplio en el cual los alumnos interactúan y realizan las actividades. *(Pérez Porto & Merino, 2016), (Bembibre, 2009)*

Para que un aula tradicional sea funcional debe contar con una serie de requisitos que garanticen el buen desarrollo de las actividades de enseñanza y la armonía dentro del salón, entre los cuales están:

- Una iluminación y temperatura constante y adecuada.
- Distribución correcta de las sillas, bancos o pupitres, generalmente hacia el frente, donde se encuentra la pizarra y el profesor, aunque puede variar según la actividad que se esté realizando.
- Recursos educativos adecuados y al alcance: Pizarra, mapas, libros, murales, etc.
- Los requerimientos pueden variar según la localidad y los recursos económicos.

(Pérez, 2010)

Las aulas no siempre cumplen con todos los requisitos, pero es necesaria la planificación adecuada de los espacios de enseñanza para lograr el buen desarrollo de los procesos cognitivos en los alumnos independientemente de su edad y rango social al que pertenecen.

3.2.2 El Ambiente Educativo

“El espacio arquitectónico solo cobra vida en correspondencia con la presencia humana que lo percibe”.

(Tadao Ando)

En el ejercicio natural del proceso de enseñanza aprendizaje, se encuentra una marcada relación vertical entre el profesor y los alumnos, donde la autoridad por lo general se concentra en el docente. A medida que avanza la ciencia nos damos cuenta que este no es el modelo más efectivo para el aprendizaje de los alumnos. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede lograr ambientes más flexibles que permitan interacciones más relajadas y un clima del aula propicio para el desarrollo integral de los alumnos.

Todas las aulas deben cumplir con las condiciones adecuadas para que se desarrolle el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero estas varían dependiendo de la cantidad de alumnos, el nivel académico y el método de enseñanza, que afectan de manera directa en el aspecto físico del aula pues requerirán distintas condiciones en esta. (Pérez Porto & Merino, 2016)

El material de apoyo del aula tradicional comprende un llamado pizarrón, que es el elemento más característico, sobre el cual el profesor plasma las lecciones utilizando una tiza, además de los pupitres colocados hacia el frente y el escritorio del educador. Actualmente, el salón de clases ha evolucionando, cada día más se hace uso de las pizarras blancas y con las TIC, además, las pantallas digitales interactivas, proyectores, tabletas y ordenadores.

(Pérez, 2010)

El salón de clases debe contar con mobiliario adecuado para el estudio, sillas o pupitres, que además estén colocados estratégicamente para que cada alumno se sienta cómodo, pero no demasiado relajado y en disposición de aprender con accesibilidad y visualización adecuada.

El color de las paredes del aula debe ser armonioso y que estimule la disposición para el estudio. En la mayoría de los centros educativos son de color blanco y en otros de dos colores de la mitad hacia abajo uno más oscuro o de otra textura para facilitar su limpieza.

Por lo general los criterios de diseño tienen variaciones de acuerdo a la localidad en la que será ejecutado el proyecto. Según el manual de instrucciones para el proyecto y la construcción de centros docentes de la comunidad valenciana, de mayo del 2011, Todos los espacios deberán tener un sistema de ventilación: natural, directo, regulable, que no produzca desequilibrios térmicos (se exceptúan los almacenes, cuartos de limpieza y cuartos de basuras del centro, cuya ventilación puede ser forzada, aunque se recomienda, igualmente, la directa). La superficie mínima de ventilación de cualquier recinto docente será el 7,5% de su superficie útil.

Sobre la iluminación dice que: La superficie de iluminación será al menos el 15% de la superficie en planta de la que al menos el 75% debe estar situada entre 1 y 2 m de altura desde pavimento y en el plano de la fachada. Deberá incidir por la izquierda de los alumnos. La luminosidad garantizada artificialmente será en general: para espacios docentes de 400 lux, con posibilidad de nivel mitad; para espacios de administración de 300 lux, con posibilidad de nivel mitad; para servicios generales de 150 lux y circulaciones de 100 lux.

En cuanto a las dimensiones del aula el instructivo indica para:

-Dimensiones planimétricas.

Profundidad o lado perpendicular a fachada: mínimo en aulas de escuelas de Educación Infantil, colegios de Educación Primaria e institutos de E.S. Obligatoria 5,00 m.

En institutos de Bachillerato: 5,50m (siempre que lo permita un amueblamiento adecuado.)

En institutos de Formación Profesional: 6,00m. (Siempre que lo permita un amueblamiento adecuado.)

Máximo: 7,00m. Esta limitación se puede superar si se garantiza un aporte suficiente de luz desde el corredor o desde patios de iluminación y es necesaria para el mejor aprovechamiento de la parcela.

-Alturas libres.

En general: => 2,85m.

En pasillos, seminarios, despachos, administración, y pequeños locales: => 2,60 m.

En gimnasio primaria altura libre mínima 5.00 y secundaria 7.00m. Algunos talleres de ccff tienen alturas especiales según fichas.

-Huecos y barandillas.

Altura protección: => 1,10 m.

-Ancho mínimo de los corredores:

Con acceso a espacios docentes en ambos lados: => 2.00 m.

Con acceso a espacios docentes en un solo lado: => 1,50 m.

Muy importante es donde dice que: en los espacios docentes, la superficie acristalada de la fachada de cada uno de ellos no superará el 60% del total de la superficie y deberá distribuir de forma uniforme la iluminación y ventilación del aula. Además deberán disponer de protección frente a la radiación solar directa sobre el acristalamiento (preferentemente mediante elementos fijos) no aceptándose para este menester las persianas ni los estores exteriores.

Sin dudas una gran ayuda al momento de proyectar un buen diseño.

El salón de clases de los colegios puede o no beneficiar el proceso de aprendizaje, por lo cual es preciso analizar los agentes internos y externos que influyen en los estudiantes, estos pueden ser desde la colocación de los pupitres o mesas, fomentando la individualidad (colocación en filas) o el compañerismo (creando grupos o parejas), el mobiliario influye de manera directa porque es constantemente utilizado por los alumnos. Cada detalle debe ser meticulosamente planificado y llevar un ritmo para sacar el mayor provecho de acuerdo a las actividades que se realicen en el aula.

3.2.3 Aula Tradicional Vs. Aula Virtual

“El espacio es el reflejo de lo que pensamos, la construcción y organización del entorno habitual, es el espejo de la intencionalidad, sensibilidad y desarrollo de la mente.”

(Bollnow)

Con la creciente globalización, los países están cada vez más preocupados por lograr brindar un sistema educativo más eficiente, que dé respuesta al desarrollo de los estudiantes porque comprenden que de ello depende su futuro de su población.

Para desarrollar un plan educativo eficaz, necesitamos tener en cuenta muchas variables, entre ellas: el nivel profesional de los docentes, el alumnado, las técnicas y herramientas que serán empleadas dentro y fuera del aula, los recursos disponibles, los objetivos de enseñanza y por supuesto el ambiente educativo. (Ávila, 2018)

En los últimos años, con el avance de la tecnología, ha surgido una nueva modalidad de enseñanza, conocidas como las aulas digitales, donde los y las estudiantes interactúan de manera virtual con o sin instructor, debiendo cumplimentar un temario y una serie de actividades para obtener una

calificación final. Este tipo de aulas ofrece una flexibilidad ya que los alumnos pueden acceder desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Las aulas virtuales por lo general cuentan con una interfaz clara e intuitiva, disponen de in chat para interactuar con los sujetos que intervienen en las clases y cuentan con cierta exclusividad, no están abiertas al público en general y de acuerdo a tu rol tienes más o menos funciones disponibles.

Entre sus ventajas es obvio la accesibilidad pero también que por lo general las clases son grabadas, interactivas y puedes acceder en cualquier momento para repasar las lecciones y es excelente a para compaginar el trabajo con los estudios. *(Pérez Porto & Merino, 2016)*

A medida las aulas virtuales sirven de apoyo a las clases tradicionales o incluso pueden utilizarse para cursos formales a distancia.

En contraposición al aula virtual, en el aula tradicional los sujetos están bajo condiciones muy similares. Los alumnos interactúan entre si y a su vez con él o la instructora, de forma directa o indirecta según lo que sea adecuado para el temario de clases.

Además en el aula tradicional intervienen factores ambientales medibles y regulables que influyen de manera claramente observable en los estudiantes, lo que ha sido objeto de estudio entre algunos autores.

Para Bonell (2003) el entorno físico tiene dos elementos principales, la instalación arquitectónica y el ambiente; interactuando entre sí para fortalecer o limitar el aprendizaje de las niñas y los niños. *(Castro Pérez & Morales Ramírez, 2015)*

El uso de las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) es recurrente y muy importante en las aulas modernas.

Es en el aula donde tenemos los primeros contactos con otros seres humanos y establecemos relaciones interpersonales. Sin dudas las aulas tradicionales ofrecen un mayor control sobre los estudiantes pero las aulas virtuales ofrecen grandes ventajas sobre todo en flexibilidad y en casos donde no sea posible la presencia del alumno y es una excelente herramienta de apoyo a clases más tradicionales. *(Pérez, 2010)*

3.2.4 Funciones Cognitivas Del Alumno (Atención Y Memoria)

"El cultivo de la memoria es tan necesario como el alimento para el cuerpo."

(Marco Tulio Cicerón)

Ha quedado atrás el concepto de que la memoria era una simple impresión de huellas que se conservaban y se reanimaban o reproducían de acuerdo con la necesidad. Actualmente, se sabe que es un sistema funcional complejo, activo por su carácter, que se despliega en el tiempo en una serie de escalones sucesivos y que se organiza en diferentes niveles. La memoria se refiere a las experiencias y la información que recordamos. Como proceso de retención de las experiencias aprendidas, está involucrada en todas las actividades mentales.

En la base de la memoria está la capacidad de las células nerviosas para conservar las huellas de sus cambios funcionales, que se originan bajo la acción de nuestras emociones o cuando percibimos, razonamos y realizamos una actividad motora. La mayoría de los seres vivos tiene la posibilidad de responder según su programación genética a los cambios que ocurren en su entorno. Esta capacidad de adaptación les brinda la habilidad necesaria para aprender y recordar.

Se ha definido la memoria como la capacidad del hombre para recordar, conservar y reproducir –en la medida de su necesidad– la información recibida. El aprendizaje es el proceso de adquisición de nueva información, mientras que la memoria se refiere a la persistencia de este aprendizaje en un estado tal que permita su utilización. *(P. Casanova-Sotolongo a, 2004)*

La atención es un proceso cognitivo básico, que se requiere para cualquier actividad; es la capacidad que tiene el ser humano para ser consciente de los sucesos que ocurren tanto fuera (observar, escuchar, oler, etc.), como dentro de sí mismo (pensamiento), es decir, que es la capacidad para concentrar el pensamiento, sobre un determinado objeto. Es un aspecto de la percepción mediante el cual el sujeto se coloca en la situación más adecuada para percibir mejor un determinado estímulo.

La atención se puede intervenir de una forma, voluntaria e involuntaria; voluntaria porque las causas por las que se presta atención a algo no provienen del medio sino del propio sujeto, lo que requiere menos desgaste de energía mental y la atención involuntaria: Aquí la atención depende de los estímulos del medio, a los que se les presta atención sin estar predispuesto a ello. *(Ocampo, enero-julio 2009)*

La percepción es la capacidad de recibir por medio de todos los sentidos, las imágenes, impresiones o sensaciones para conocer. Por la percepción se distinguen y diferencian unas cosas de otras, el ser del mundo, la realidad de las otras cosas, en general la percepción supone una serie de elementos en los que hay que distinguir: algo. Y nos permite conocer el mundo a través de experiencias sensoriales y motrices. *(Garrido Hernández, enero-abril, 2005)*

Así, muchos de los desafíos adaptativos a los que se enfrenta el ser humano tienen connotaciones sociales, pues es la sociedad, con el tinte cultural que en ella predomina, la que va imponiendo ciertas peculiaridades que orientan las necesidades biológicas y las necesidades psicológicas en un determinado

sentido. La finalidad es tratar de relacionar de forma coherente y adaptativa el medio ambiente interno y el medio ambiente externo de un determinado individuo. Las metas dirigen al individuo, dependiendo de las condiciones del estímulo, y la motivación moviliza las acciones pertinentes. (Palmero, 1997)

3.2.5 Influencia De Las Características Físicas Del Aula En Las Funciones Cognitivas Del Alumno Y Su Rendimiento.

Las grandes obras se llevan a cabo no por la fuerza, sino por la perseverancia.

(Samuel Johnson)

Para muchos historiadores y sociólogos el canal conductor entre los docentes y los alumnos desde siempre ha producido mucha curiosidad. Desde tiempos inmemorables cuando los colegios no estaban aun instituidos como en la actualidad, el hombre buscaba entender cómo se producía el aprendizaje y cuales factores influían en este.

La a estas interrogantes ha sido tratada de explicar por Iglesias (1996) el cual plantea que en el aula intervienen factores que influyen en el proceso de aprendizaje de los alumnos, citado por Jaramillo (2007), quien indica que “en el ambiente se interrelacionan los objetos, los olores, las formas, los colores, los sonidos y las personas que ahí permanecen y se relacionan; de ahí que el mobiliario del aula, su distribución, las paredes, los murales, los materiales, la forma como están organizados y la decoración o ambientación, son un reflejo del tipo de actividades realizadas, de las relaciones que se establecen y de los intereses de los niños, niñas y adultos.” (Castro Pérez & Morales Ramírez, 2015), (Pérez, 2010), (Edison, 2012), (Ávila, 2018)

3.3 Medición psicológica de la respuesta del ser humano a su entorno

“La Arquitectura no son cuatro paredes y un tejado sino el espacio y el espíritu que se genera dentro”

(Lao Tsé)

En los estudios realizados a través de los años, relacionados con la influencia de que ejerce el entorno sobre los seres humanos, es comúnmente recurrido el uso de test que recojan respuestas de aspectos psicológicos, debido a que se ha comprobado que tienen mayor efectividad y practicidad, destacando entre estos el modelo de Küller, y el modelo de Menhrabian-Russell.

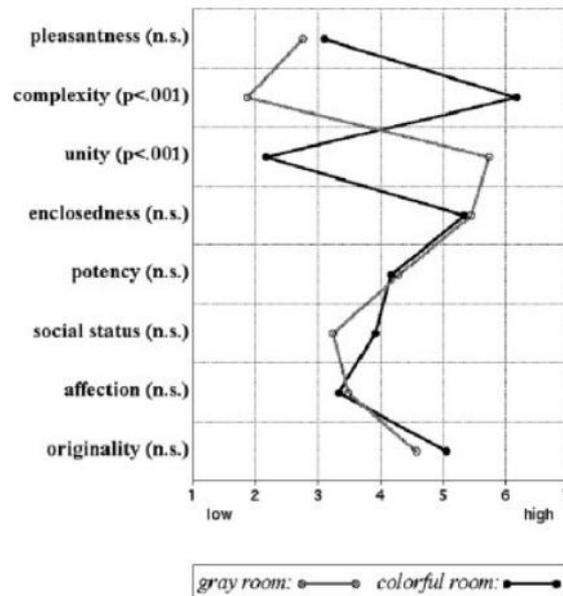


Ilustración 2: Modelo de Küller, donde se compara la interacción de un individuo al encontrarse en una habitación colorida frente a una en escala de grises, 2008. Fuente: Color, Arousal, and Performance. A Comparison of Three Experiments, Oxford Brookes University.

El modelo de Küller, también conocido como *Sematisk Milodeskribing (SMB)* o “descripción semántica de entornos” consiste en una escala de análisis semántico sobre la percepción de entornos, que a su vez toma de referencia el modelo de Osgood y la semántica diferencial. (Rikard, 1975) (Acking, 1967) (Osgood, 1952)

Küller nos propone una escala que tiene como base 8 factores:

- Agrado
- Complejidad
- Unidad
- Demarcación Espacial
- Potencia
- Status Social
- Familiaridad
- Originalidad

Para Mehrabian y Russell los factores significativos para evaluar la relación del individuo con el espacio son 3: Placer, Activación y Dominancia. Estos también partieron de los estudios de Osgood, Suci y Tannenburm, donde proponían la Evaluación (bueno/malo), la Potencia (fuerte/débil) y la Actividad (activo/pasivo), como las 3 dimensiones básicas para la descripción de los entornos. (Osgood C. S., 1957)

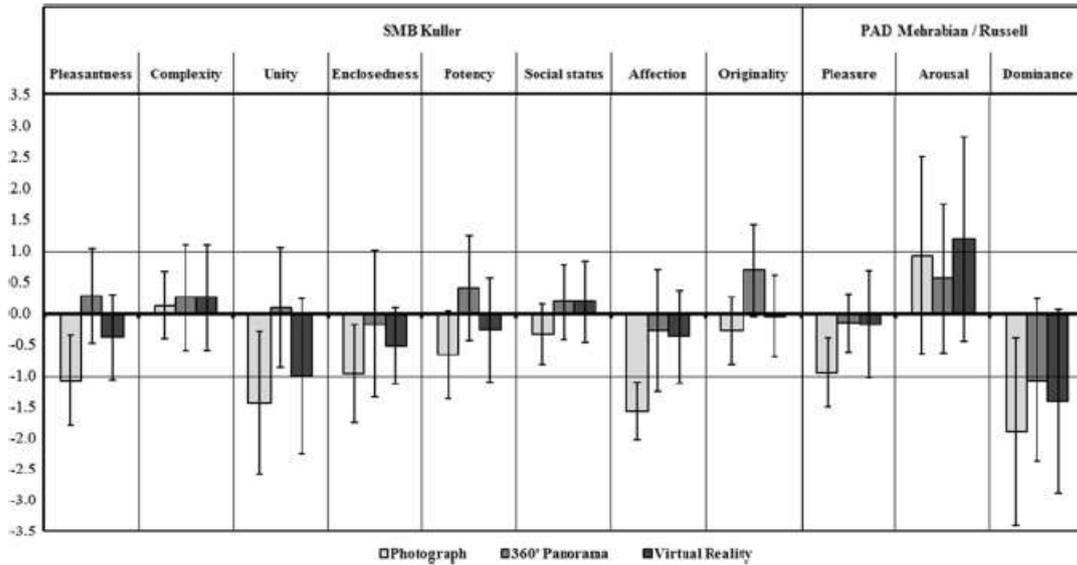


Ilustración 3: Ejemplo de valoración mediante las dimensiones emocionales de Küller y Mehrabian-Russell. Fuente: Higuera-Trujillo et al., 2017.

A este modelo propuesto por Mehrabian y Russell se le conoce como el modelo de estado emocional (PAD). (Russell, 1977)

En cuanto a la valoración del grado de presencia que tiene el individuo durante las pruebas, existen cuestionarios que se realizan al finalizar dichas pruebas en la cual se determina este factor. El uso de estos cuestionarios es recurrente, a pesar de que existen otras formas de determinar el nivel de presencia del participante, debido a que es más práctico y de fácil acceso pero además se ha comprobado su efectividad.

4. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo hemos seguido una metodología dividida en dos procesos los cuales se denominaran a partir de ahora al primero como la fase instrumental y al segundo, que es donde se obtienen y analizan los resultados, como la fase experimental, expuesto de esta manera para la mejor comprensión del estudio.

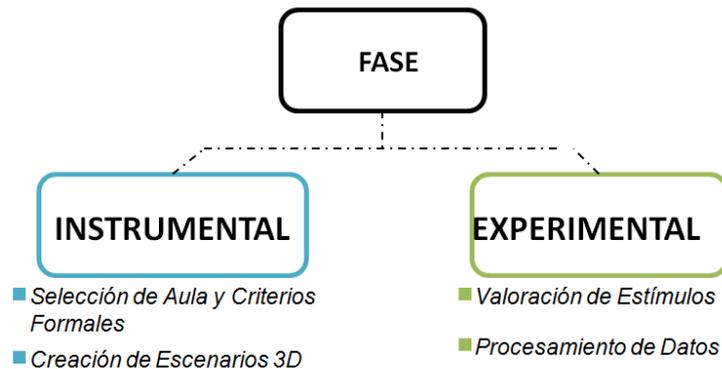


Ilustración 4: Fases de la metodología. Fuente Propia.

La presente investigación es parte de un estudio mucho más amplio y complejo, en el cual se ha tratado los factores de influencia de la iluminación y el color, que a su vez es complementado por este trabajo, el cual lleva por nombre: “El diseño de aula para potenciar los procesos cognitivos del alumnado: una propuesta metodológica para evaluar las variable luz, color y forma” (BIA2017-86157-R, Ministerio de Economía y Competitividad, España).

4.1 Fase Instrumental

En la fase instrumental, la primera etapa, es donde seleccionamos el aula que será objeto de estudio para posteriormente ser representada de manera virtual, esta manera podemos modificar sus condiciones físicas en las cuales basaremos los experimentos.

Como agentes condicionantes hemos tomado, la altura de techo, la distancia a la pizarra y el ancho del aula. Al crear variaciones en los agentes condicionantes creamos una matriz de combinaciones posibles, la cual sirve de referencia para generar los diferentes escenarios virtuales, a partir de una misma aula.

Para la fase instrumental del estudio no fue necesaria la participación de los sujetos a estudiar, sino que se limitó a trabajos del equipo de investigación. Es en esta etapa donde se realiza la elección del aula, la cual debe cumplimentar unos requisitos previos. Con el aula seleccionada, procedemos a la creación de una matriz con los posibles escenarios virtuales, que serán obtenidos tras realizar todas las posibles combinaciones modificando los criterios de forma

que serán estudiados. Dichos escenarios virtuales serán recreados mediante las herramientas de AutoCAD 3D, luego serán renderizados en Autodesk 3ds Max v2015 y Vray v3.00.08, para que sean lo más parecido a la realidad.

4.1.1 Selección del aula

El aula seleccionada debía cumplir con dos criterios importantes: que fuera un aula representativa de los salones de clases universitarios y que sea viable su modificación para el presente estudio.

Por tanto hemos elegido un aula existente en la actualidad que pertenece a la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), concretamente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE), la cual es adecuada para representar virtualmente y realizar modificaciones pertinentes.

4.1.2 Selección de los criterios formales del aula

Para la selección de los criterios o parámetros de la forma del aula nos hemos orientado en los elementos fundamentales de la neuroarquitectura respecto a la configuración de los espacios arquitectónicos.

Hemos jugado con 3 criterios que son: la altura del techo, el ancho del aula y la distancia del estudiante a la pizarra dando como resultado una matriz, que servirá de referencia para la generación de los distintos escenarios virtuales.

- **Altura de techo**

Se parte de una altura de techo base, que es la que tiene el “aula base” y a partir de esta, se obtienen otras 2 variaciones al restar 0,6m y 1,2m.

- **Ancho del aula**

El aula base, que es el aula objeto de estudio, viene condicionada con un ancho determinado, éste ha sido tomado como referencia, así como también 2 variaciones que son obtenidas al disminuir la distancia de las paredes laterales 0,6m y 1,2m respectivamente.

- **Distancia de la pizarra**

El sujeto se encuentra sentado en un punto específico desde donde observa la pizarra y el escritorio del profesor. La distancia desde el observador a la pizarra ha sido modificada para estudiar la influencia que tiene esta sobre el alumno. Para esto hemos alejado la pared donde se encuentra la pizarra, primero 0,6m y luego 1,2m desde el punto 0, y por supuesto tomando la distancia 0, con la que está configurada el “aula base”, también como objeto de estudio.

La siguiente tabla recoge la combinación de los diferentes criterios de forma.

MATRIZ DE COMBINACIONES - SERIE FORMA			
Aula	Techo	Ancho	Pizarra
ETSIE			
58	X – 1'2 m	X m	X
60	X – 1'2 m	X – 0'6 m	X
62	X – 1'2 m	X – 1'2 m	X
64	X – 1'2 m	X m	X – 0'6 m
66	X – 1'2 m	X – 0'6 m	X – 0'6 m
68	X – 1'2 m	X – 1'2 m	X – 0'6 m
70	X – 1'2 m	X m	X – 1,2 m
72	X – 1'2 m	X – 0'6 m	X – 1,2 m
74	X – 1'2 m	X – 1'2 m	X – 1,2 m
76	X – 0'6 m	X m	X
78	X – 0'6 m	X – 0'6 m	X
80	X – 0'6 m	X – 1'2 m	X
82	X – 0'6 m	X m	X – 0'6 m
84	X – 0'6 m	X – 0'6 m	X – 0'6 m
86	X – 0'6 m	X – 1'2 m	X – 0'6 m
88	X – 0'6 m	X m	X – 1,2 m
90	X – 0'6 m	X – 0'6 m	X – 1,2 m
92	X – 0'6 m	X – 1'2 m	X – 1,2 m
28	X m	X m	X
94	X m	X – 0'6 m	X
96	X m	X – 1'2 m	X
98	X m	X m	X – 0'6 m
100	X m	X – 0'6 m	X – 0'6 m
102	X m	X – 1'2 m	X – 0'6 m
104	X m	X m	X – 1,2 m
106	X m	X – 0'6 m	X – 1,2 m
108	X m	X – 1'2 m	X – 1,2 m

Tabla 1: Matriz de combinaciones de criterios de forma. Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Generación de escenarios

Para la evaluación acertada de los criterios o parámetros de la forma del aula, esta ha pasado por una adaptación en la cual los escenarios virtuales son modificados para que sean percibidos de manera adecuada por los sujetos. A esta aula adaptada le llamaremos “aula base”, que es la que tomaremos de punto de partida para crear los diferentes escenarios virtuales. Debe distinguirse del “aula real” que es el aula (ETSIE) que existe en la realidad.



Ilustración 5: Aula Base ETSIE, Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración 6: Aula Real ETSIE, Fuente: Elaboración Propia.

Por supuesto, para garantizar que el sujeto se sienta familiarizado con el aula virtual, hemos elegido un punto específico donde está “situado”, desde el cual observa la pizarra y el escritorio del profesor. Al estar el sujeto en la realidad sentado y apoyado a una mesa, se siente mucho más real, puesto que puede “palpar” en cierta forma el escenario.

4.2 Fase experimental

Es en la fase experimental donde se obtienen las respuestas psicológicas de los sujetos. Hemos realizado la selección de una muestra que será sometida a una serie de tareas para luego analizar los resultados y obtener las conclusiones pertinentes.

4.2.1 Muestra

Para la presente estudio necesitábamos una muestra lo más homogénea posible que cumpliera los criterios establecidos al principio de la investigación.

Nos hemos enfocado en la población universitaria, por tanto todos los sujetos involucrados son estudiantes universitarios españoles, con edades de entre 18 a 36 años, que resultó en una edad promedio de 23,5 años.

Al mismo tiempo se ha intentado tener una cantidad equitativa entre géneros, resultando al final en un 45% de sujetos masculinos y 55% de sujetos femeninos. En total se contó con la colaboración de 87 participantes (39 de sexo masculino y 48 de sexo femenino).

4.2.2 Protocolo de la Investigación

Para el estudio era necesario contar con un protocolo que sirviera de guía al realizar los experimentos, de esta manera garantizar que todos los sujetos fueran sometidos a los mismos pasos, en el tiempo establecido y las mismas condiciones, para no contaminar los resultados.

Cada uno de los sujetos evaluados fue sometido a un total de 6 escenarios distintos, en algunos casos incluyendo el “aula base”, de la que hemos hablado anteriormente.

El protocolo está dividido en 4 fases para el mejor entendimiento y cada una de estas tiene asignado un tiempo aproximado. A continuación se presenta el protocolo utilizado durante la experimentación.

	CONCEPTO	TIEMPO
Preparación	INICIO CON EL PARTICIPANTE Recepción, indicaciones básicas, firma del consentimiento y cuestionario demográfico.	≈9
	TEST DE ISHIHARA El entrevistador muestra las 21 imágenes, y apunta si acierta o no la solución.	≈1
	PRUEBA ESCENARIO BASE Visión del escenario “BA”. Para ajustar las HTC y acostumbrar al participante. <i>“Visualiza el espacio, y cuando te sientas cómodo continuamos. Durante la prueba verás este tipo de estímulos. Llegado el momento te preguntaré valoraciones sobre el espacio, que tendrás que valorar mediante una escala como esta”.</i> Tras esto, el entrevistador retira las gafas al sujeto con cuidado.	≈1
Pre-experiencias	INSTRUCCIONES GENERALES <i>“A continuación escucharás un audio. Después te verás inmerso en un espacio. Imagina que es un aula universitaria en la que recibes clase. Obsérvala durante 90 segundos. Después realizarás una serie de tareas y cuestionarios. En los cuestionarios no hay respuestas correctas ni incorrectas. No emplees demasiado tiempo, y da la que mejor describa cómo te sientes. Esto se repetirá seis veces”.</i>	≈1
	COLOCAR HTC EN PARTICIPANTE El entrevistador ajusta las gafas al participante, con cuidado de no interferir con los electrodos.	≈1

Experiencias	AUDIO DE DESCANSO El entrevistador lanza el escenario "NE" en la aplicación VisorHTC360. Es un escenario negro. <i>"Por favor, escucha este audio e intenta relajarte mientras lo haces".</i>	1
	EXPERIENCIA DEL AULA El entrevistador lanza el escenario elegido.	1
	TAREA DE MEMORIA <i>"A continuación escucharás una lista de palabras. Intenta recordarlas. Después se te pedirá que las repitas sin importar su orden en un tiempo de 30 segundos. Esto se repetirá tres veces".</i> El entrevistador lanza tres listas en audio .Tras su reproducción, pide que repita las palabras. El entrevistador apunta todas. Después las filtra en acierto o error.	3
	TAREA DE ATENCIÓN <i>"A continuación escucharás una serie sonidos. Debes reaccionar lo antes posible ante un estímulo haciendo un solo clic de ratón, y evitar hacerlo con otros. El estímulo al que debes reaccionar es este...; y el estímulo al que no, es este..."</i> El entrevistador ejecuta la aplicación.	4
	VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA	≈1
Post-experiencias	CUESTIONARIO DE PRESENCIA Cuestionario SUS, para todas las experiencias en general.	≈1
	FINAL CON EL PARTICIPANTE Retirada de dispositivos, acompañamiento a la salida.	≈1

Tabla 2: Protocolo General de la Investigación Fuente I3B

4.2.3 Visualización de Estímulo

Para que la visualización de los escenarios fuera posible, nos hemos auxiliado de sistemas de simulación virtual como el dispositivo HTC Vive que son un tipo de gafas de realidad virtual, equipado con SteamVR, para crear visualizar imágenes más fieles a la realidad.

Las gafas de realidad virtual que fueron utilizadas cuentan con una resolución de 2160x1200 píxeles con un campo de visión de 110°. Dichas gafas son muy prácticas para los experimentos de realidad virtual, debido a que cuentan con 32 sensores para cubrir los 360° que el sujeto podría intentar observar, como lo haría naturalmente.



Ilustración 7: HTC-Vive. Fuente: www.vive.com/eu/product/



Ilustración 8: HTC-Vive. Fuente: www.vive.com/eu/product/

Para monitorizar lo que los participantes estaban observando los dispositivos de visualización estuvieron conectados a un ordenador (Hacer Predator G6) que se encontraba en la sala de experiencia, con la ayuda del DisplayPort 1.2 y USB 3.0. La frecuencia de actualización de los dispositivos de realidad virtual era de 90 Hz.



Ilustración 9: Participante realizando las pruebas. Fuente Propia.

Cada participante tenía un tiempo de adaptación en el cual podían mover la cabeza y prestar atención libremente por el “salón”.

4.2.4 Registros Psicológicos

La primera parte de la experimentación recoge respuestas psicológicas de los participantes. Las pruebas consistían en una serie de tareas y cuestionarios guiadas por un entrevistador y registradas en un ordenador a través del software iMotions (v.6.1).

Cuestionarios

A continuación se muestran los 3 tipos de cuestionarios que fueron pautados en el protocolo general. Estos debían ser contestados por los participantes. El cuestionario de presencia y el de autoevaluación era leído por el entrevistador/a mientras el sujeto seguía con las gafas de RV para que pudiese apreciar el entorno, mientras que el cuestionario del ambiente debía ser contestado por los participantes directamente en el formulario, sin la intervención del miembro del equipo de la investigación, a este punto se retiraban las gafas de RV.

- **Presencia**

Era de vital importancia determinar el grado de presencia de los participantes, puesto que de esto dependía el buen resultado de las pruebas, debido a que nuestro objetivo es determinar los estímulos que tendría cada sujeto en escenarios lo más cercanos a la realidad.

Para determinar este factor, se tomó como referencia el test System Usability Scale (SUS questionnaire), que fue desarrollado por John Brooke en 1986.

El SUS questionnaire permite evaluar 6 aspectos que determinan el nivel de inmersión o presencia en los escenarios virtuales, con una valoración del 1 al 7, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo. Una sensación de presencia total sería igual a 42 puntos, pero se estima como altamente favorable a partir de 30.

A continuación se muestra el test:

ASPECTOS	1 a 7
Tuve la sensación de estar ahí en el aula	
Hubo momentos durante la experiencia en que el aula era real para mí	
Al pensar en el aula lo recuerdo más como un sitio en el que he estado	
Mi mayor sensación fue la de estar en el aula	
El recuerdo que tengo de estar en otro sitio parecido es totalmente igual	
Durante la experiencia solía pensar que estaba en el aula	

Tabla 3: Cuestionario de presencia. Fuente: i3b.

- **Autoevaluación**

El siguiente test es una autoevaluación que consiste en un total de 5 preguntas relacionadas con la memoria, y la atención. A cada interrogante se le ha asignado valores ente -4 (totalmente en desacuerdo) a 4 (totalmente de acuerdo), según la percepción del sujeto del entorno durante el desarrollo de las tareas de atención y memoria, descritas en el siguiente apartado.

La siguiente tabla muestra el test de autoevaluación empleado:

	-4 a 4
Me parece apropiada esta aula para potenciar la MEMORIA	
Me parece apropiada esta aula para potenciar la ATENCIÓN	
En general, ME GUSTA	

Tabla 4: Cuestionario de autoevaluación. Fuente: i3b.

- **Valoración del Ambiente**

Para la valoración del ambiente, que es el último test, se recurrió a un cuestionario de 6 preguntas, con valoraciones desde -4 (puntuación más baja) a 4 (puntuación más favorable), donde se tratan cuestiones de la percepción del ambiente de los escenarios visualizados.

Cabe destacar que en este test era rellenado por los propios participantes, sin que el entrevistador/a interviniera y es el único que se realiza sin llevar las gafas de RV colocadas, esto se determinó de esta manera para que el sujeto no se saturase y basara sus respuestas en la experiencia vivida, como si de un aula en la realidad se tratase.

A continuación podemos ver la tabla tal y como era entregada a los participantes:

El aula tiene un diseño...	-4 a 4
Funcional, está bien distribuida	
Cálido y agradable	
Que permite concentrarse	
Actual	
Con buena iluminación natural	
Con buena iluminación artificial	

Tabla 5: Cuestionario de valoración del ambiente. Fuente: i3b.

Tareas

- **Memoria**

Esta tarea consistía en escuchar un total de 3 audios distintos, pero uno a la vez, cada uno de estos audios consistía en una lista de 15 palabras

relacionadas entre sí, que el sujeto debía memorizar. Al finalizar el audio, el participante trataba de repetir las palabra que podía recordar, sin ningún orden específico, pero en un tiempo de 1.5 minutos.

La siguiente tabla muestra las listas de palabras utilizadas durante el estudio.

LISTA					
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	incómodo	piano
espectáculo	sucio	corte	fiesta	media	punteo
vídeo	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	maullido
aquí	volar	canto	rojo	militar	arañazo
parte	colores	melodía	latido	guardia	ratón
mancha	gusano	cuan	vida	general	uñas
campo	bonita	voz	sangre	ejército	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

Tabla 6: Lista de palabras de la Tarea de Memoria. Fuente I3B

- *Atención*

Para examinar el grado de atención de los sujetos, se les instruía a realizar una tarea explicada por el entrevistador/a. La tarea consistía en una serie de sonidos aleatorios, 120 en total.

El objetivo del participante era clicar únicamente cuando escuchase el sonido objetivo (explicado al inicio del experimento) y evitar los sonidos distractores, que eran 4 diferentes. Todo esto en el menor tiempo de reacción posible.

Esta tarea tiene sus bases en un estudio realizado por Seidman et al. (1998).

5. RESULTADOS

5.1 Resultados de la Fase Instrumental

En la fase instrumental se obtiene como resultado la matriz que recopila todas las posibles combinaciones al utilizar las diferentes configuraciones de la forma del aula, y es dicha matriz el punto de partida para recopilar las respuestas psicológicas de los sujetos. Con esto se pretende recoger una serie de datos que nos permita analizarlos y extraer las conclusiones al culminar el estudio.

En la siguiente tabla se observan los escenarios virtuales obtenidos a través de las diferentes combinaciones establecidas en la matriz.

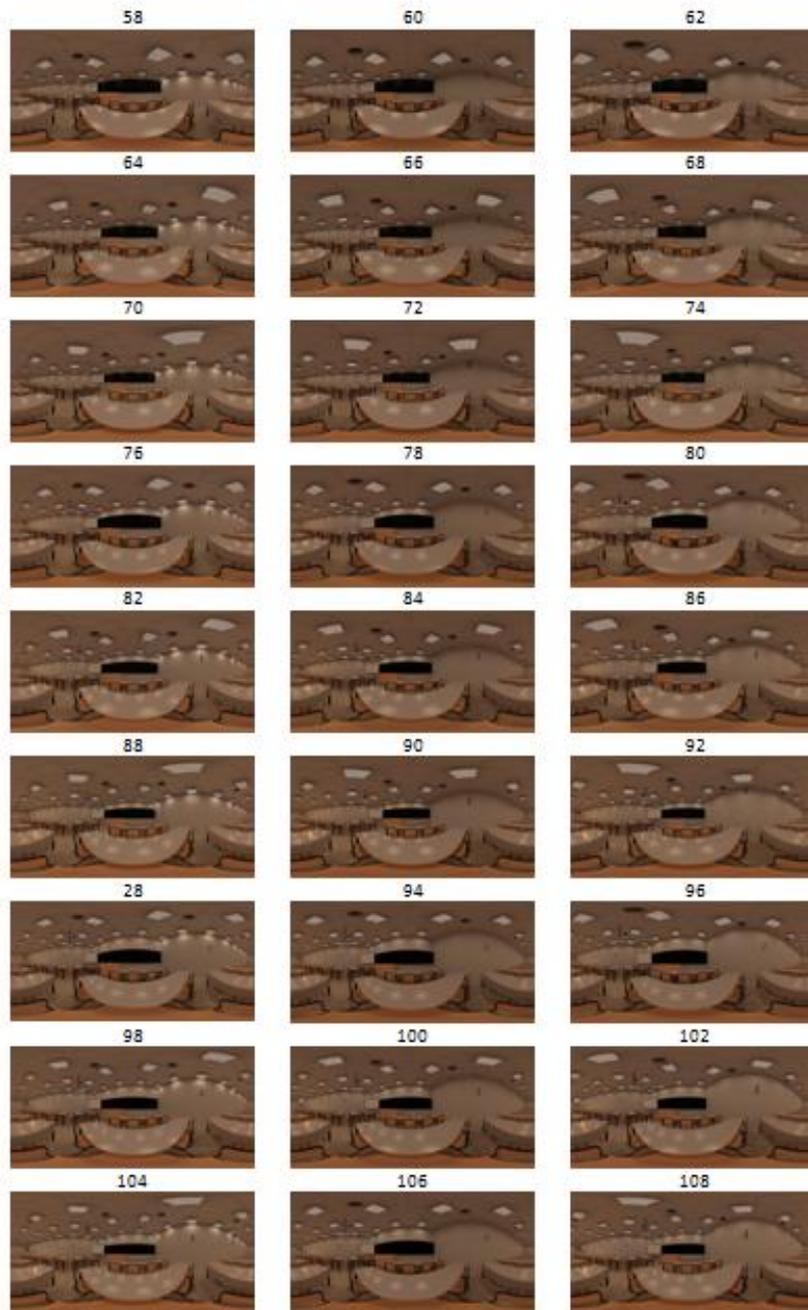


Tabla 7: Escenarios aula ETSIE. Fuente Propia

El escenario 28 es común a todos los criterios estudiados (iluminación, forma y color).

5.2 Resultados de la Fase Experimental

5.2.1 Análisis de la Sensación de presencia

Para el análisis de la sensación de presencia de los sujetos hemos recurrido a una gráfica con la valoración del aula.

En el gráfico se observa que la variable *Presencia _Sum* es la suma de las 6 variables de presencia (las variables van de 1-7 de forma que el máximo nivel de presencia se alcanza en el valor 42). Excepto casos muy concretos los valores son bastante elevados, luego consideramos que en general los escenarios transmitían la sensación de presencia.

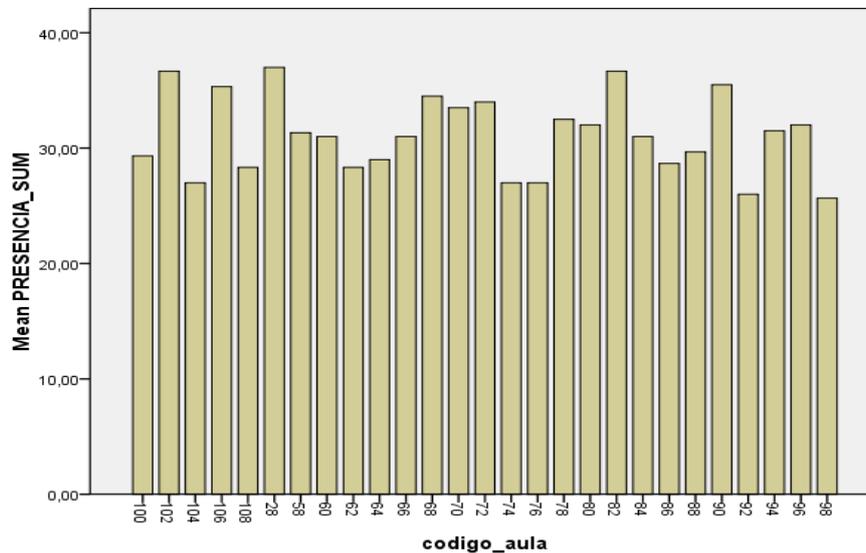


Ilustración 10: Análisis de la sensación de presencia de los escenarios ETSIE. Fuente propia.

Todas las valoraciones se observan con una sensación de presencia bastante positiva, todas por encima de 25 puntos, que se considera de valor elevado de acuerdo a estudios anteriores. Lo que significa que el nivel de sensación de presencia en los escenarios virtuales fue muy positivo.

5.2.2 Análisis de la Valoración del Ambiente

En este apartado se recogen los resultados de la encuesta de evaluación realizada sobre las características de diseño del aula. Como ya se comentó en material y métodos, en el cuestionario se le preguntaba al encuestado sobre la sensación que tenían de la funcionalidad, calidez, sensación de concentrarse, que parecía que el espacio era actual, incluso preguntas de valoración global como si les gustaba o no el espacio. Además, se le preguntaba directamente por la percepción de atención y de memoria en ese espacio. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

- **Funcionalidad**

En primer lugar, tenemos las características de funcionalidad. Como vemos en general, parece que las aulas que se han evaluado dan sensación de funcional.

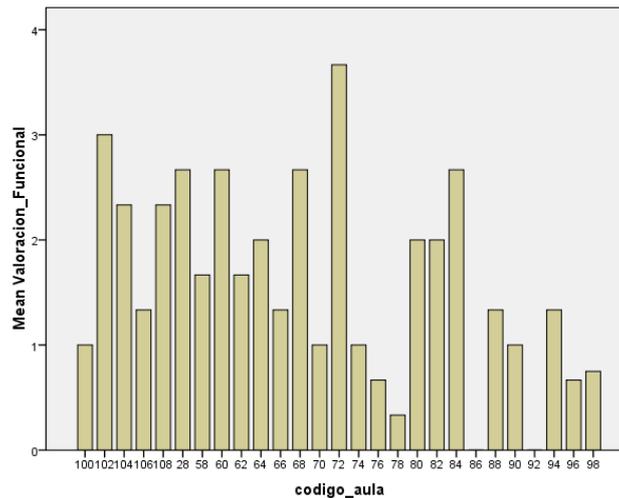


Ilustración 11: Gráfico de la valoración del ambiente, variable funcionalidad. Fuente propia.

- **Calidez**

La siguiente característica es la calidez. La sensación que dio en cuanto a la calidez, parece que existe una mayor dispersión en las respuestas, puesto que hay aulas que parecen muy cálidas y, sin embargo, otras aulas menos cálidas. Hay que tener en cuenta que cada aula tiene una altura y una anchura de techo distinta, entonces si vemos que hay variedad en las respuestas, lo que me está diciendo es que la altura y la anchura, incluso la distancia a la pizarra influye enormemente en la sensación de calidez.

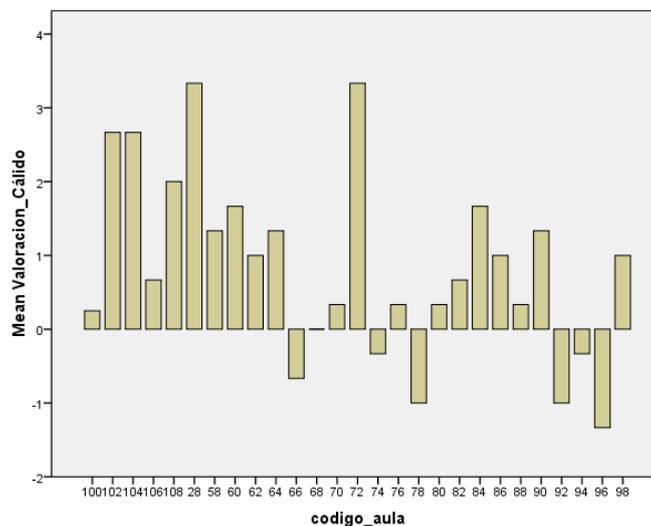


Ilustración 12: Gráfico de la valoración del ambiente, variable calidez. Fuente propia.

- **Permite Concentrarse**

Si el espacio permite concentrarse o si el diseño del espacio permite concentrarse en general vemos que casi todas están valoradas de manera positiva, aunque hay algunas aulas que no.

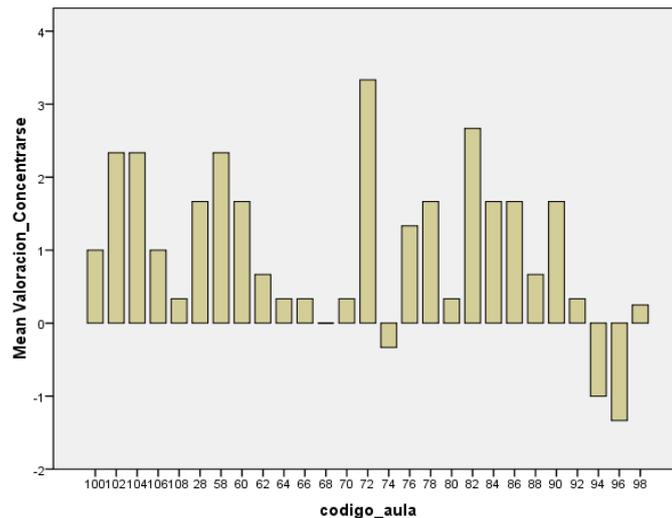


Ilustración 13: Gráfico de la valoración del ambiente, variable permite concentrarse. Fuente propia.

- **Actual**

En cuanto al diseño si les parece actual o no, quizás es la variable en la que existe una mayor dispersión, una mayor variación en las respuestas. Esto lo que me está diciendo de nuevo, es el hecho de que teniendo en cuenta que cada uno de los números en el código de aula corresponde a una imagen que tiene una altura de techo, una anchura distinta, es decir, que las características de altura y anchura influyen mucho en la sensación de que se trate de un espacio actual o moderno.

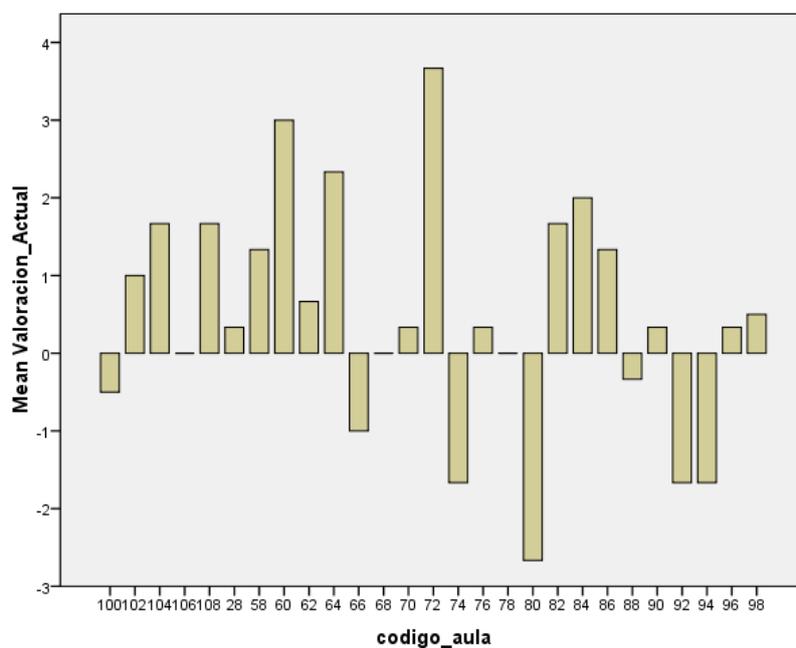


Ilustración 14: Gráfico de la valoración del ambiente, variable Actual. Fuente propia.

- **Me gusta**

En cuanto a la valoración del atributo me gusta sucedería algo parecido, pues es que también los elementos analizados influyen en gran medida en la sensación de me gusta.

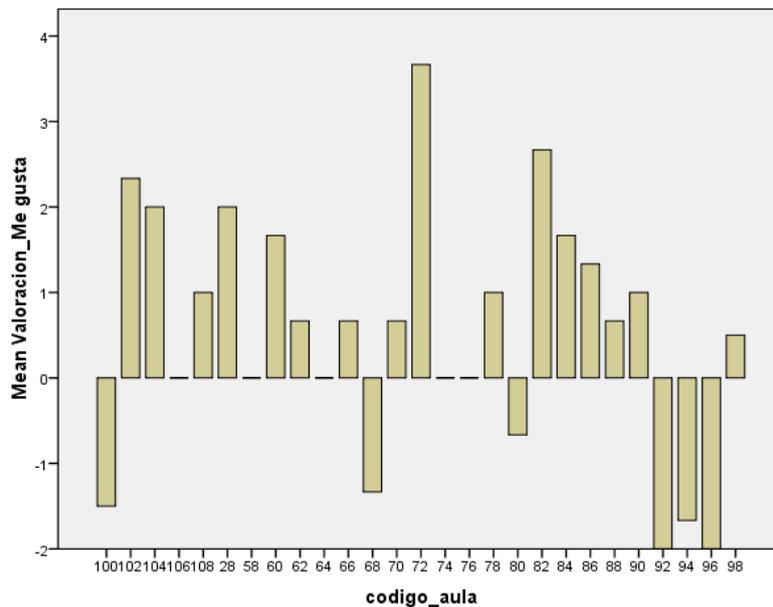


Ilustración 15: Gráfico de la valoración del ambiente, variable me gusta. Fuente propia.

- **Atención y Memoria**

Finalmente, la valoración de atención y memoria, que como vemos, también hay una gran variación en cuanto a atención y memoria de unos espacios a otros. Estas dos respuestas de atención y memoria es obtenida preguntando directamente al sujeto por la sensación de atención o de memoria en esos espacios, a continuación, los vamos a ver con los test validados de psicología y luego observaremos si hay alguna correlación entre ambas.

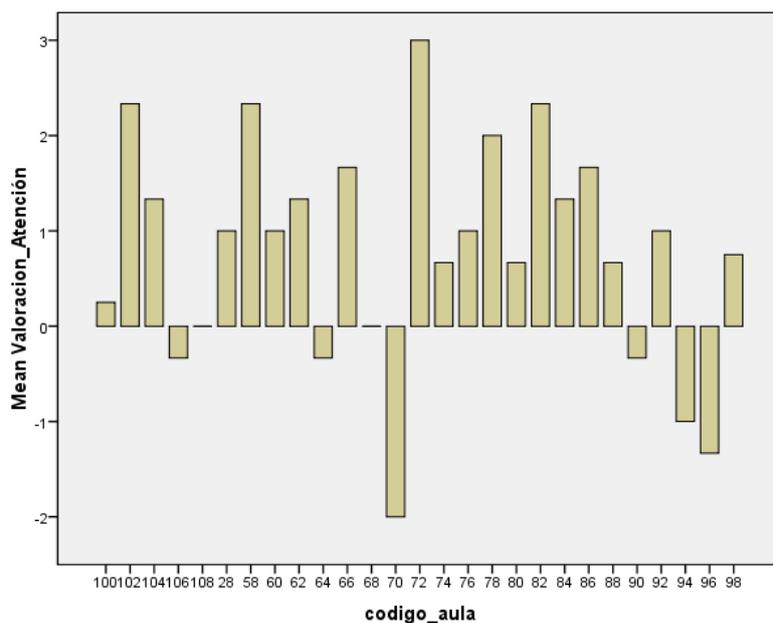


Ilustración 16: Gráfico de la valoración del ambiente, variable atención. Fuente propia.

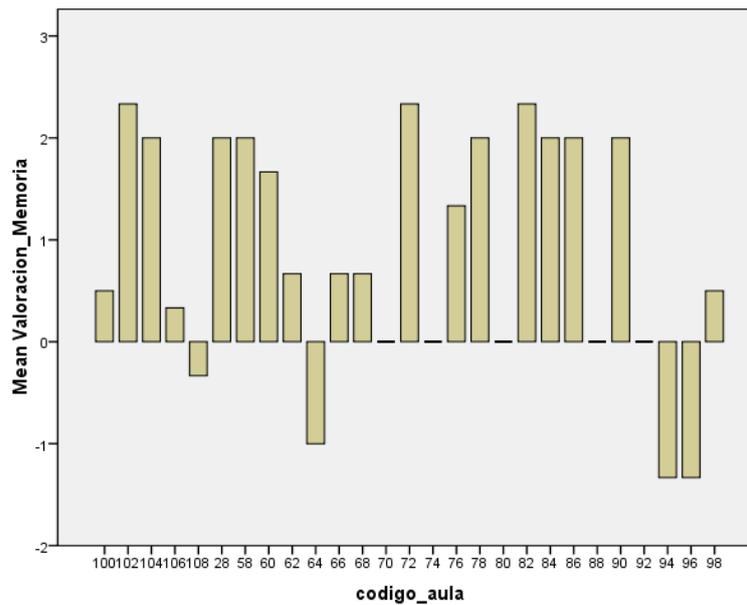


Ilustración 17: Gráfico de la valoración del ambiente, variable memoria. Fuente propia.

5.4 Análisis de los resultados de los test de atención y memoria

En el siguiente apartado vamos a analizar los resultados en cuanto a los test que se han validados en psicología de atención y memoria, las tareas que se han realizado en estos espacios virtuales diferenciando por una parte los resultados de atención y luego veremos los de memoria.

Atención

- *Correlaciones entre las variables de estudio y la atención*

El primer análisis que se realizó es ver si existían correlaciones significativas entre los elementos de diseño, altura, anchura y la distancia a la pizarra y la variable a analizar de atención. Hemos utilizado la prueba de Spearman, considerando correlación a partir de un nivel de significación menor a 0,05.

Empezamos con la variable de atención más relevante, que es la de atención-tiempo de reacción. Es el tiempo que tardan los sujetos en reaccionar a la tarea de atención.

En primer lugar, nos fijamos si el nivel de significación es inferior a 0.05 y esto me estaría diciendo que existe una correlación significativa. Vemos que efectivamente es inferior a 0.05 para la variable altura de techo y para la variable distancia a la pizarra, lo que indica que en principio la anchura del aula no influye en la atención en el tiempo de reacción, mientras, que las otras dos sí.

Correlations			Atención_ Tiempo_ medio Objet
Spearman's rho	ALTO	Correlation Coefficient	,216**
		Sig. (2-tailed)	,001
		N	222
	ANCHO	Correlation Coefficient	-,096
		Sig. (2-tailed)	,154
		N	222
	Forma_DISTANCIA_ PIZARRA	Correlation Coefficient	,151*
		Sig. (2-tailed)	,025
		N	219

Tabla 8: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables: alto, ancho y distancia la pizarra y el tiempo de reacción.

La altura como tiene una correlación muy potente y es como vemos: positiva, me estaría diciendo que a mayor altura de techo mayor tiempo de reacción en esas tareas de atención, o de la misma forma, menor altura de techo menor tiempo de reacción, es decir mejor atención. Por tanto es mejor que la altura del techo sea baja.

En cuanto a la distancia a la pizarra, veríamos que a mayor distancia a la pizarra mayor tiempo de reacción en esas tareas de atención, es decir, que a menor distancia menor tiempo de reacción, por tanto mejor atención. Es decir, que parece que en principio cuanto más bajo sea la altura de techo del aula mejor y cuanto más cerca de la pizarra se encuentre el alumno mejor.

- ***Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción***

Apoyándonos en el test de Kruskal-Wallis, vamos a analizar si existen diferencias significativas, a través de una prueba no paramétrica que permite ver los saltos que existen entre cada uno de los grupos, esta será realizada en los 3 criterios, tanto en la anchura del aula, como en la altura de techo y la distancia a la pizarra. Cuando el estudio arroje un resultado menor a 0,05 es porque es significativo.

Anchura Aula

Ranks

Forma	ANCHO	N	Mean Rank
Atención_Tiempo_ medio_Objeto	X-1.2m	69	128,65
	X-0.6m	78	95,58
	Xm	75	112,28
	Total	222	

Test Statistics^{a,b}

	Atención_ Tiempo_ medio_Objeto
Chi-Square	9,727
df	2
Asymp. Sig.	,008

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Forma_ANCHO

Tabla 9: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable del tiempo de reacción en cuanto a la anchura del aula.

Como podemos observar en el gráfico el nivel de significación es de 0,008 y es inferior a 0,05, por tanto existe una diferencia significativa en el tiempo de reacción que tienen los sujetos en función a la anchura **x**, la **x-0,6m** o la **x-1,2m**.

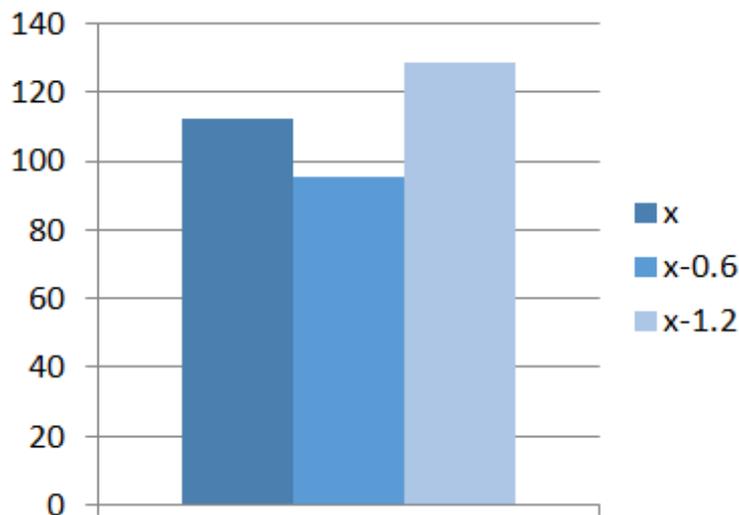


Gráfico 1: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la anchura del aula. Fuente propia.

El gráfico muestra que hay un cambio de tendencia en los tres casos, esta es la razón por la cual no resultó significativa en el estudio anterior, puesto que no se ve un crecimiento o decrecimiento claro sino que se produce un salto en dos sentidos distintos. Por lo tanto se requería un estudio a mayor profundidad para determinar cuál ha sido la causa y cuál sería la tendencia, así como también comprobar dichas desviaciones.

Altura Techo

En cuanto a la altura de techo el nivel de significación es de 0,001, es decir que es inferior a 0,05 y por tanto existe una diferencia significativa en el tiempo de reacción que tienen los sujetos en función a la anchura x , la $x-0,6m$ o la $x-1,2m$.

Forma	TECHO	N	Mean Rank
Atención_Tiempo_ medio_Objeto	X-1.2m	66	100,18
	X-0.6m	78	99,44
	Xm	78	133,13
Total		222	

	Atención_ Tiempo_ medio_Objeto
Chi-Square	13,650
df	2
Asymp. Sig.	,001

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Forma_TECHO

Tabla 10: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable del tiempo de reacción en cuanto a la altura de techo del aula.

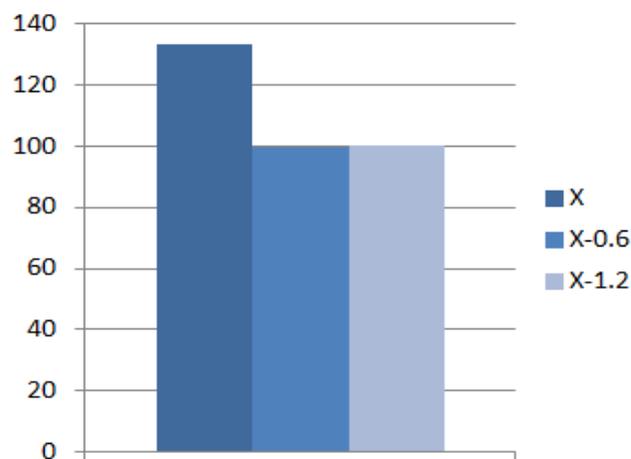


Gráfico 2: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la altura de techo. Fuente propia.

Al representar gráficamente los resultados vemos de una manera más clara que la altura $X-1,2$ y la $X-0,6m$, es similar, la diferencia más notable es en la variable Xm , lo que indica que cuando la altura de techo es mayor el tiempo de reacción también es mayor.

Lo descrito anteriormente coincide con los resultados obtenidos en el análisis de los resultados obtenidos en las correlaciones, que indicaba que a mayor altura de techo es peor de cara a la atención.

Distancia Pizarra

Ranks

Atención_Tiempo_ medio_Objeto	Forma DISTANCIA PIZARRA	N	Mean Rank
	X-1.2m	81	102,56
	X-0.6m	78	112,60
	Xm	63	121,64
	Total	222	

Test Statistics^{a,b}

	Atención_ Tiempo_ medio_Objeto
Chi-Square	3,165
df	2
Asymp. Sig.	,205

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Forma DISTANCIA_
PIZARRA

Tabla 11: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable del tiempo de reacción en cuanto a la distancia a la pizarra.

En cuanto a la distancia a la pizarra vemos que no existen resultados significativos puesto que el valor es de 0,205 por tanto mayor que 0,05. Sin embargo al representar las variables gráficamente se ve que, aunque leve, existe una tendencia, que a mayor distancia a la pizarra mayor tiempo de reacción, por tanto, peor la atención, lo cual coincide con el estudio de las correlaciones.

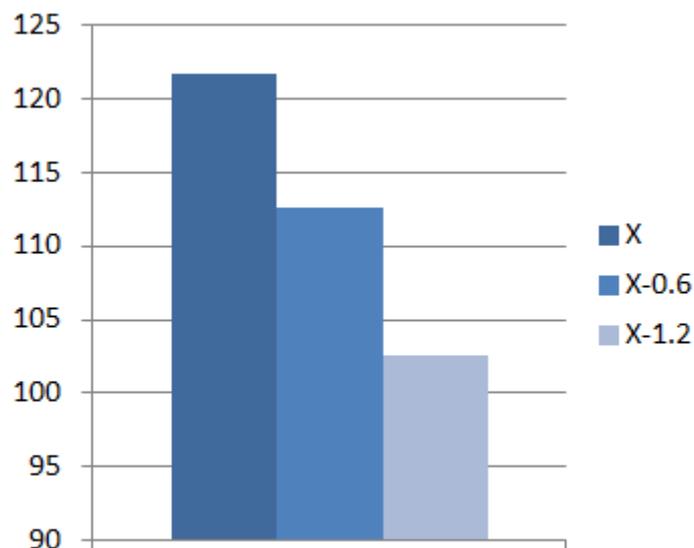


Gráfico 3: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la distancia a la pizarra. Fuente propia.

- *Diferencias significativas analizando la variable que recoge los errores cometidos en la prueba de atención*

En el siguiente estudio también hemos tomado de referencia el test de Kruskal Wallis, donde a través de una prueba no paramétrica, vamos a analizar si existen diferencias significativas comparando las 3 variables, tanto en la anchura del aula, como en la altura de techo y la distancia a la pizarra, siendo los resultados menor a 0,05 de valor significativo.

Anchura Aula

Al analizar los resultados de las pruebas, vemos que existen diferencias significativas en cuanto a los errores que se cometen en la prueba de atención en función a la anchura del aula, debido a que el valor es de 0,011 y como hemos visto será significativo siempre que sea menor a 0,05.

	Forma ANCHO	N	Mean Rank
Errores	X-1.2m	78	113,12
	X-0.6m	84	110,54
	Xm	78	138,62
	Total	240	

	Errores
Chi-Square	8,986
df	2
Asymp. Sig.	,011

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Forma_ANCHO

Tabla 12: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de errores que se cometen en cuanto a la anchura del aula.

En el gráfico observamos que cuando la anchura del aula es mayor existen más errores en la prueba de atención. Lo que parece indicar que cuanto mayor es la anchura es peor para la atención. En esta ocasión se ve más claramente que en el ejercicio anterior, basado en el tiempo de reacción.

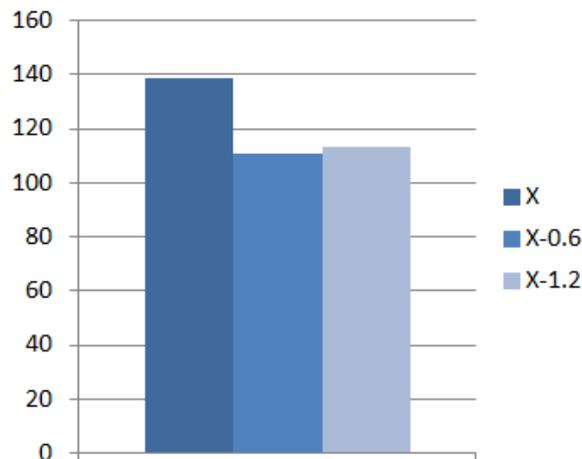


Gráfico 4: Diferencias significativas analizando la variable de errores cometidos en la prueba de atención para la anchura del aula. Fuente propia.

Altura Techo

En cuanto a la altura de techo también observamos que existe diferencias significativas ($0,018 < 0,05$). Por tanto podemos afirmar que existen diferencias significativas en los errores que se cometen en la prueba de atención en función a la altura de techo del aula.

Forma TECHO	N	Mean Rank
Errores X-1.2m	78	121,08
X-0.6m	75	104,54
Xm	87	133,74
Total	240	

	Errores
Chi-Square	8,090
df	2
Asymp. Sig.	,018

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Forma_TECHO

Tabla 13: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de errores que se cometen en cuanto a la altura de techo del aula.

Así mismo, se observa que los mayores errores ocurren también cuando la altura del techo es mayor. Es importante destacar que hay un salto importante, entre la altura de **X-1,2m** y **X-0,6m** frente a la más alta que sería **Xm**. Esto

indica que existe un incremento de los errores en la prueba de atención a medida que aumenta la altura del techo, a pesar del cambio de tendencia.

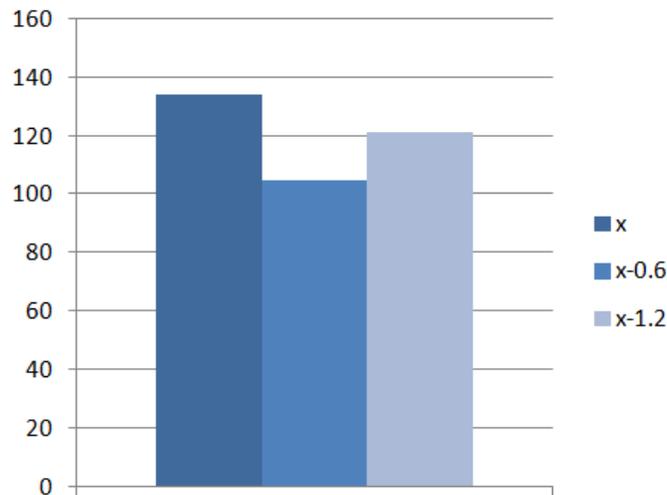


Gráfico 5: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la altura de techo del aula. Fuente propia.

Distancia Pizarra

En cuanto a la distancia a la pizarra vemos que no existen resultados significativos puesto que el nivel de significación (0,300) es mayor que 0,05.

Forma	DISTANCIA PIZARRA	N	Mean Rank
Errores	X-1.2m	72	118,50
	X-0.6m	87	113,98
	Xm	81	129,28
	Total	240	

	Errores
Chi-Square	2,406
df	2
Asymp. Sig.	,300

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Forma_ DISTANCIA_ PIZARRA

Tabla 14: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de errores que se cometen en cuanto a la distancia a la pizarra.

Sin embargo, de nuevo se observa que existe una tendencia, que los mayores errores ocurren cuando el alumno está más alejado de la pizarra, por tanto, peor la atención, como se observa en el gráfico.

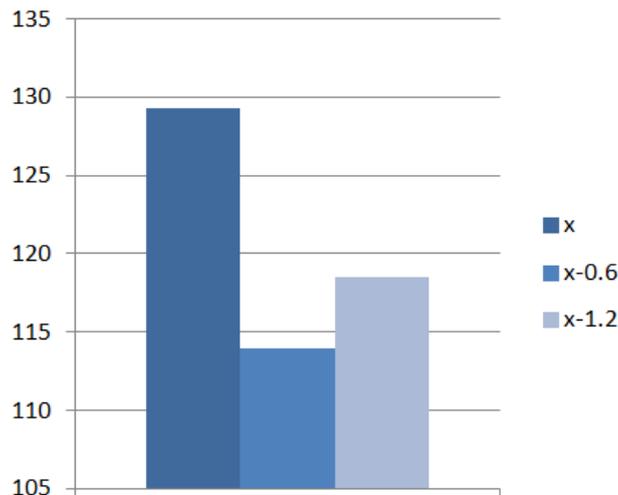


Gráfico 6: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la distancia a la pizarra. Fuente propia.

Memoria

- **Correlaciones entre las variables de estudio y la memoria**

De la misma forma que se ha analizado la atención, procedemos con la variable Memoria. Para determinar las correlaciones que existen entre las variables de altura de techo, anchura del aula y distancia a la pizarra hemos utilizado la prueba de Spearman la cual detecta correlación a partir de un nivel de significación menor a 0,05.

Se observa que existe una correlación significativa para la variable “anchura del aula”, siendo el nivel de significación de 0,017 que es inferior a 0,05, mientras que el coeficiente de correlación es de -0,151. Esto es importante destacarlo porque al obtener un número con signo negativo, nos indica que la relación entre las dos variables es inversa. Cuando uno aumente el otro se reduce y viceversa. Por tanto, indica que a mayor ancho de aula, menor número de aciertos en la tarea que valora la memoria de los sujetos, o lo que es lo mismo, medida que se reduce el ancho del aula, aumentan los aciertos.

Correlations			memoria_ aciertos
Spearman's rho	ALTO	Correlation Coefficient	,086
		Sig. (2-tailed)	,175
		N	249
	ANCHO	Correlation Coefficient	-,151*
		Sig. (2-tailed)	,017
		N	249
	Forma DISTANCIA_ PIZARRA	Correlation Coefficient	,026
		Sig. (2-tailed)	,677
		N	249

Tabla 15: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables: alto, ancho y distancia la pizarra y los aciertos en la prueba de memoria.

- **Diferencias significativas analizando la variable que recoge los aciertos en la prueba de memoria**

Para la mejor comprensión de este apartado, también hemos tomado de referencia el test de Kruskal Wallis, donde a través de una prueba no paramétrica vamos a analizar si existen diferencias significativas comparando las medias de las 3 variables, tanto en la anchura del aula, como en la altura de techo y la distancia a la pizarra, siendo los resultados menor a 0,05 de valor significativo.

Anchura Aula

Al analizar los resultados de las pruebas, observamos que aunque el valor significativo supera los 0,05, es muy poco para la diferencia, por ende podríamos decir que sí que existen diferencias significativas en cuanto a los aciertos al realizar las pruebas de memoria en función a la anchura del aula.

Ranks			
	Forma ANCHO	N	Mean Rank
memoria_aciertos	X-1.2m	81	137,22
	X-0.6m	84	127,63
	Xm	84	110,59
	Total	249	

Test Statistics ^{a,b}	
	memoria_aciertos
Chi-Square	5,808
df	2
Asymp. Sig.	,055

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Forma_ANCHO

Tabla 16: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de aciertos en la prueba de memoria en cuanto a la anchura del aula.

Si representamos gráficamente las medias podemos observar que a medida que aumenta el ancho del aula existe una reducción de los aciertos en la prueba de memoria, de igual forma, se produce mayor número de aciertos cuando la anchura del aula es menor.

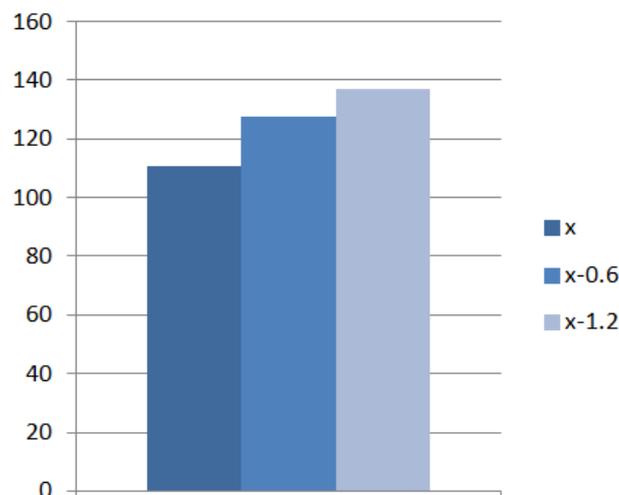


Gráfico 7: Diferencias significativas analizando la variable que recoge los aciertos en la prueba de memoria para la anchura del aula. Fuente propia.

Altura Techo

En cuanto a la altura del techo vemos que no existen resultados significativos puesto que el nivel de significación es de 0,327, por lo que, es mayor que 0,05.

Ranks			
	Forma_TECNO	N	Mean Rank
memoria_aciertos	X-1.2m	81	115,22
	X-0.6m	81	128,83
	Xm	87	130,53
	Total	249	

Test Statistics ^{a,b}	
	memoria_aciertos
Chi-Square	2,236
df	2
Asymp. Sig.	,327

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Forma_TECNO

Tabla 17: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de aciertos en la prueba de memoria en cuanto a la altura de techo del aula.

Distancia Pizarra

En cuanto a la distancia de la pizarra el nivel de significación es de 0,003, es decir que es inferior a 0,05, por lo que podemos ver que sí existe una diferencia significativa en cuanto a los aciertos al realizar las pruebas de memoria.

Ranks			
	Forma_DISTANCIA_PIZARRA	N	Mean Rank
memoria_aciertos	X-1.2m	81	111,17
	X-0.6m	87	146,36
	Xm	81	115,89
	Total	249	

Test Statistics ^{a,b}	
	memoria_aciertos
Chi-Square	11,940
df	2
Asymp. Sig.	,003

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Forma_DISTANCIA_PIZARRA

Tabla 18: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de aciertos en la prueba de memoria en cuanto a la distancia a la pizarra.

Al representar gráficamente vemos que se produce un pico, en el tramo de **X-0,6m**, esto lo que podría indicar es que los resultados en cuanto a la distancia a la pizarra y la memoria no quedan del todo claros, lo que hace necesario profundizar en esta relación en futuros trabajos. Esto tendría que ver con que la distancia que existe entre el alumno y la pizarra es más significativa en cuanto a la atención y no tanto en cuanto a la memoria.

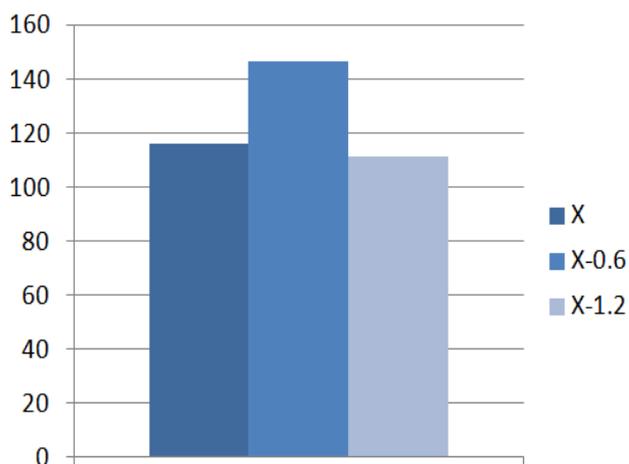


Gráfico 8: Diferencias significativas analizando la variable que recoge los aciertos en la prueba de memoria para la distancia a la pizarra. Fuente propia.

- **Relación entre la respuesta directa del sujeto y el resultado de los test.**

Memoria

En la siguiente tabla podemos observar la relación que tiene la respuesta directa del sujeto de *Memoria* con los resultados del test de memoria. Podemos observar que el nivel de significación no es inferior a 0,05, es decir que no hay relación entre la respuesta que ha dado el sujeto directamente de *Memoria* y lo que se obtiene como resultados en el test de evaluación.

Correlations				
			Valoracion_Memoria	memoria_aciertos
Spearman's rho	Valoracion_Memoria	Correlation Coefficient	1,000	-,044
		Sig. (2-tailed)	.	,526
		N	207	207
	memoria_aciertos	Correlation Coefficient	-,044	1,000
		Sig. (2-tailed)	,526	.
		N	207	207

Tabla 19: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables de valoración de los sujetos en cuanto a la memoria y los aciertos en la prueba de memoria

Atención

En la tabla que se muestra a continuación, podemos observar la relación que tiene la respuesta directa del sujeto de *Atención* con los resultados de la prueba de atención. Podemos observar que tampoco existe una correlación entre estas, ni la variable que recoge el tiempo de reacción, ni para la variable que recoge los errores.

Correlations					
			Atención_ Tiempo_ medio_Objeto	Errores	Valoracion_ Atención
Spearman's rho	Atención_Tiempo_ medio_Objeto	Correlation Coefficient	1,000	,431**	,001
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,988
		N	249	249	249
	Errores	Correlation Coefficient	,431**	1,000	-,057
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,369
		N	249	249	249
	Valoracion_Atención	Correlation Coefficient	,001	-,057	1,000
		Sig. (2-tailed)	,988	,369	.
		N	249	249	249

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabla 20: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables de valoración de los sujetos en cuanto a la atención y los aciertos en las pruebas que se realizaron para determinar la atención, en sus variables de errores cometidos y tiempo de reacción.

Lo anterior demuestra la importancia de los test validados utilizados en esta investigación. Observamos claramente que preguntar directamente al sujeto la percepción que ha tenido en cuanto al nivel de atención y el nivel de memoria, al juzgar un aula, no es adecuado.

Por lo cual deducimos que si se quiere medir el grado de atención o de memoria en un aula, debe hacerse a través de los test validados, porque el sujeto no es capaz de valorarlo directamente.

6. CONCLUSIONES

Llegados a este punto recordemos que iniciamos este Trabajo de Final de Máster con el objetivo fundamental de identificar las configuraciones del diseño arquitectónico del aula capaces de potenciar los procesos cognitivos del alumnado (atención y memoria) y tras analizar los resultados obtenidos a través de las pruebas validadas hemos obtenido una serie de conclusiones que expondremos en a continuación:

A nivel metodológico:

En primer lugar importante destacar que tras analizar los datos de correlaciones entre los resultados de los test validados y las respuestas de los sujetos en relación a la atención y memoria, se comprobó que no existía correlación y por tanto no parece adecuado preguntar directamente a los sujetos por su sensación de la atención o la memoria, tal y como se ha hecho en algunos estudios. Este aspecto es de gran relevancia a nivel metodológico, puesto que refleja la necesidad de utilizar test o tareas validados previamente para analizar estas funciones cognitivas.

La Realidad Virtual parece un medio adecuado para la realización de este tipo de estudios puesto que tras analizar los test de presencia resultaron de nivel elevado, lo que garantiza la efectividad de los estudios con escenarios virtuales. Su ventaja radica en su portabilidad y su facilidad de modificación y monitorización de las variables.

A nivel de resultados:

En cuanto a la memoria, parece que la variable más significativa según el estudio es la anchura del aula. Los resultados muestran que existe una relación inversamente proporcional entre la anchura del aula y la memoria, de manera que se produce una reducción en los aciertos de los alumnos a medida que aumenta el ancho del aula. Por consiguiente a mayor anchura del aula menos capacidad de memoria de los alumnos.

En cuanto a la atención, parece más relevante la altura del techo. Así a mayor altura de techo peor atención, por lo tanto se recomienda techos más bajos para mejorar la atención en el aula.

Por otra parte, también respecto a la atención, parece que la anchura del aula es capaz de incidir en la atención. Los resultados muestran que cuanto mayor es la anchura peor la atención, por tanto se requeriría menor anchura para las pruebas de atención.

Otra de las variables físicas ha sido la distancia a la pizarra, con relación a la atención, en la cual, la relación es directamente proporcional partiendo de una distancia X a la pizarra, que indica que a mayor proximidad mayor atención. Esto es interesante porque introduce un nuevo aspecto en cuanto al aspecto del aula, independientemente de cómo sea la configuración del aula, cuando el alumno se acerca a la pizarra mejorará su atención.

Por otra parte, se detectan incongruencias en algunos resultados que obligan a seguir profundizando en dicha relación, así por ejemplo entre las variables anchura del aula y tiempo de reacción de la atención se observa un cambio de tendencia en su correlación, lo que podría indicar que a partir de un determinado nivel de anchura del aula la atención cambia completamente.

Es necesario recordar que este trabajo forma parte de un proyecto de investigación más complejo, un proyecto del Plan Nacional de I+D, Retos Investigación 2017 titulado: “El diseño de aula para potenciar los procesos cognitivos del alumnado: una propuesta metodológica para evaluar las variables luz, color y forma” que incluyen los estudios de las variables de iluminación y color, que son complementarios a éste.

6. BIBLIOGRAFÍA

Acking, C. y. (1967). Factors in the perception of human environment: Semantic ratings of interiors from colour slides,. *Lund Institute of Technology, Department of Theoretical and Applied Aesthetics*. .

Alegre Carvajal, E., & Gómez López, C. (2017). *StuDocu*. Obtenido de StuDocu: <https://www.studocu.com/es/document/uned/ordenes-y-espacio-en-la-arquitectura-de-los-siglos-xv-al-xviii/resumenes/1-el-concepto-de-espacio-arquitectonico/1531479/view>

Ávila, E. (2018). *Educapeques*. Obtenido de Familia y Niños: <https://www.educapeques.com/familia-y-ninos/innovacion-en-las-aulas.html>

Bembibre, C. (Julio de 2009). *DefiniciónABC*. Obtenido de DefiniciónABC: <https://www.definicionabc.com/general/aula.php>

Camusisifo. (29 de septiembre de 2012). Obtenido de Camusisifo: <https://camusisifo.wordpress.com/2012/09/29/formalismo-h-wolfflin/>

Castro Pérez, M., & Morales Ramírez, M. E. (01 de Septiembre de 2015). *Revista Electrónica Educare*. Obtenido de Los ambientes de aula que promueven el aprendizaje, desde la: <https://pdfs.semanticscholar.org/2de7/6d652fd963fa8468e8248aa0561c48678e3a.pdf>

CERDÁN, A. G. (21 de Septiembre de 2017). *CogniFit*. Obtenido de Todo sobre la neuroeducación: Qué es, para qué sirve, y cómo aplicarla en la escuela y en casa: <https://blog.cognifit.com/es/neuroeducacion-que-es-y-para-que-sirve/>

Conidi, M. C. (19 de Diciembre de 2014). *La Relación Maestro-Alumno y su influencia en el aprendizaje, la actitud y el crecimiento profesional del alumno*. Obtenido de La Relación Maestro-Alumno y su influencia en el aprendizaje, la actitud y el crecimiento profesional del alumno: https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/2976/MariaChiara_Conidi.pdf

Duke, F. (27 de Mayo de 2013). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/ferchoduke9/forma-y-funcion-22009678>

Edison, A. T. (2012). *Tipos de aula y ambiente social en el proceso de aprendizaje, en el nivel de educación básica estudio realiz*. Obtenido de Tipos de aula y ambiente social en el proceso de aprendizaje, en el nivel de educación básica estudio realiz: https://www.academia.edu/3193878/_Tipos_de_aula_y_ambiente_social_en_el_proceso_de_aprendizaje_en_el_nivel_de_educaci%C3%B3n_b%C3%A1sica_estudio_realizado_en_la_escuela_fiscal_mixta_Babahoyo_y_el_colegio_

Elizondo Solis, R. H. (2017). El espacio físico y la mente: Reflexión sobre la Neuroarquitectura.

Equipo de Investigación Neurocognitiva. (s.f.). Obtenido de Teoría de Inteligencia PASS: <https://sites.google.com/site/equiponeurocognitivouprp/descripcion-general>

Finch, G. (31 de Mayo de 2018). *View Sonic*. Obtenido de Tendencia De Diseño De Salones De Clases: Actualización Del Diseño De Salón De Clases Para Mejorar La Participación - Miniatura: <https://www.viewsonic.com/la/Biblioteca/Educaci%C3%B3n/classroom-design-trends-layout>

- Gardey, J. P. (2011). *Definición.de*. Obtenido de Definición.de: <https://definicion.de/espacio-arquitectonico/>
- Garrido Hernández, G. B. (enero-abril, 2005). La percepción táctil: consideraciones anatómicas. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*.
- Guillén, J. C. (26 de Febrero de 2015). *Escuela con Cerebro*. Obtenido de Aprendizaje en el aula: siete ideas clave: <https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2015/02/26/aprendizaje-en-el-aula-siete-ideas-clave-2/>
- KDoce Soluciones Educativas. (9 de Mayo de 2017). Obtenido de Cómo el Diseño del Aula afecta el Aprendizaje: <https://kdoce.cl/disenio-del-aula-afecta-aprendizaje/>
- Maldonado, J. L.-T. (Septiembre de 2017). *Diseño Arquitectónico Centrado En El Usuario*. Obtenido De Diseño Arquitectónico Centrado En El Usuario: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89099/L%C3%93PEZ-TARRUELLA%20-%20Dise%C3%B1o%20arquitect%C3%B3nico%20centrado%20en%20el%20usuario%20mediante%20neurotecnolog%C3%ADas%20inmersivas.pdf?sequence=1>
- Maria, P. (2016). *Formando Formadores*. Obtenido de Gestión de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula: <http://www.formandoformadores.org.mx/colabora/grupos/gestion-de-los-procesos-de-ensenanza-y-aprendizaje-en-el-aula>
- Más Que Negocio. (2 de Mayo de 2017). Obtenido de Cómo afecta el diseño de una habitación a tus emociones, según la neurociencia: <https://www.masquenegocio.com/2017/05/02/disenio-emociones-neurociencia/>
- Montero, A. (5 de Febrero de 2017). *AIKA*. Obtenido de El diseño se cuele en las aulas: <http://www.aikaeducacion.com/tendencias/disenio-se-cuela-las-aulas/>
- Ocampo, L. P. (enero-julio 2009). La atención: un proceso básico. *Revista de la Facultad de Psicología Cooperativa de Colombia*.
- Osgood, C. (1952). "The nature and measurement of meaning". *Psychological Bulletin*, vol.49 issue3, p.227.
- Osgood, C. S. (1957). *The Measurement of Meaning*. Urbana, USA: University of Illinois Press.
- P. Barrett, Y. Z. (2015). The Holistic Impact of Classroom Spaces on Learning in Specific Subjects. *University of Salford, Salford, UK*.
- P. Casanova-Sotolongo a, P. C.-C.-C. (2004). *Revista Neurológica*. Obtenido de La memoria. Introducción al estudio de los trastornos cognitivos: http://extension.uned.es/archivos_publicos/webex_actividades/4773/alzheimer11.pdf
- Palmero, F. (1997). *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*. Obtenido de MOTIVACIÓN: CONDUCTA Y PROCESO: <http://reme.uji.es/articulos/numero20/1-palmero/reme.numero.20.21.motivacion.conducta.y.proceso.pdf>
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2016). *Definición.de*. Obtenido de Definición.de: <https://definicion.de/aula/>
- Pérez, Z. P. (30 de Julio de 2010). *Revista Electrónica@ Educare*. Obtenido de The interactive dynamics in the university context: the classroom environment: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/1524>
- Prada, S. (10 de Diciembre de 2018). *UnirRevista*. Obtenido de El "tercer maestro", espacio que ayuda al aprendizaje:

<https://www.unir.net/educacion/revista/noticias/el-tercer-maestro-espacio-que-ayuda-al-aprendizaje/549203664113/>

Rikard, K. (1975). "Semantisk milobeskriving (SMB)". in *Semantic Descriptions of Environments*.

Rodríguez, A. R. (2011). Immersive virtual environments for emotional engineering: Description and preliminary results. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine vol. 9, nº 1* , 161-164.

Russell, J. y. (1977). "Evidence for a three-factor theory of emotions". *Journal of Research in Personality, vol.11 issue3* , 273-294.

Saldarriaga. (2002).

ZEISEL, J. (2006). Inquiry by design: Environment/behavior/neuroscience in architecture, interiors, landscape, and planning.

7. INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de combinaciones de criterios de forma. Fuente: Elaboración Propia.....	26
Tabla 2: Protocolo General de la Investigación Fuente I3B	29
Tabla 3: Cuestionario de presencia. Fuente: i3b.	31
Tabla 4: Cuestionario de autoevaluación. Fuente: i3b.	32
Tabla 5: Cuestionario de valoración del ambiente. Fuente: i3b.....	32
Tabla 6: Lista de palabras de la Tarea de Memoria. Fuente I3B.....	33
Tabla 7: Escenarios aula ETSIE. Fuente Propia	36
Tabla 8: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables: alto, ancho y distancia la pizarra y el tiempo de reacción.	42
Tabla 9: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable del tiempo de reacción en cuanto a la anchura del aula.	43
Tabla 10: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable del tiempo de reacción en cuanto a la altura de techo del aula.	44
Tabla 11: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable del tiempo de reacción en cuanto a la distancia a la pizarra. ...	45
Tabla 12: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de errores que se cometen en cuanto a la anchura del aula. .	46
Tabla 13: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de errores que se cometen en cuanto a la altura de techo del aula.	47
Tabla 14: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de errores que se cometen en cuanto a la distancia a la pizarra.	48
Tabla 15: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables: alto, ancho y distancia la pizarra y los aciertos en la prueba de memoria.	50
Tabla 16: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de aciertos en la prueba de memoria en cuanto a la anchura del aula.....	51
Tabla 17: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de aciertos en la prueba de memoria en cuanto a la altura de techo del aula.	52
Tabla 18: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis diferencias significativas para la variable de aciertos en la prueba de memoria en cuanto a la distancia a la pizarra.....	52
Tabla 19: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables de valoración de los sujetos en cuanto a la memoria y los aciertos en la prueba de memoria	53
Tabla 20: Resultados de la prueba de Spearman entre las variables de valoración de los sujetos en cuanto a la atención y los aciertos en las pruebas que se realizaron para determinar la atención, en sus variables de errores cometidos y tiempo de reacción.	54

8. INDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1: Estructura del trabajo. Fuente propia.	10
Ilustración 2: Modelo de Küller, donde se compara la interacción de un individuo al encontrarse en una habitación colorida frente a una en escala de grises, 2008. Fuente: Color, Arousal, and Performance. A Comparison of Three Experiments, Oxford Brookes University.	22
Ilustración 3: Ejemplo de valoración mediante las dimensiones emocionales de Küller y Mehrabian-Russell. Fuente: Higuera-Trujillo et al., 2017.....	23
Ilustración 4: Fases de la metodología. Fuente Propia.	24
Ilustración 5: Aula Base ETSIE, Fuente: Elaboración Propia.	27
Ilustración 6: Aula Real ETSIE, Fuente: Elaboración Propia.	27
Ilustración 7: HTC-Vive. Fuente: www.vive.com/eu/product/	30
Ilustración 8: HTC-Vive. Fuente: www.vive.com/eu/product/	30
Ilustración 9: Participante realizando las pruebas. Fuente Propia.....	30
Ilustración 10: Análisis de la sensación de presencia de los escenarios ETSIE. Fuente propia.	37
Ilustración 11: Gráfico de la valoración del ambiente, variable funcionalidad. Fuente propia.	38
Ilustración 12: Gráfico de la valoración del ambiente, variable calidez. Fuente propia.	38
Ilustración 13: Gráfico de la valoración del ambiente, variable permite concentrarse. Fuente propia.....	39
Ilustración 14: Gráfico de la valoración del ambiente, variable Actual. Fuente propia.	39
Ilustración 15: Gráfico de la valoración del ambiente, variable me gusta. Fuente propia.	40
Ilustración 16: Gráfico de la valoración del ambiente, variable atención. Fuente propia.	40
Ilustración 17: Gráfico de la valoración del ambiente, variable memoria. Fuente propia.	41

9. INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la anchura del aula. Fuente propia.	43
Gráfico 2: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la altura de techo. Fuente propia.	44
Gráfico 3: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la distancia a la pizarra. Fuente propia.	45
Gráfico 4: Diferencias significativas analizando la variable de errores cometidos en la prueba de atención para la anchura del aula. Fuente propia.....	47
Gráfico 5: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la altura de techo del aula. Fuente propia.....	48
Gráfico 6: Diferencias significativas analizando la variable del tiempo de reacción para la distancia a la pizarra. Fuente propia.	49
Gráfico 7: Diferencias significativas analizando la variable que recoge los aciertos en la prueba de memoria para la anchura del aula. Fuente propia.....	51
Gráfico 8: Diferencias significativas analizando la variable que recoge los aciertos en la prueba de memoria para la distancia a la pizarra. Fuente propia.	53

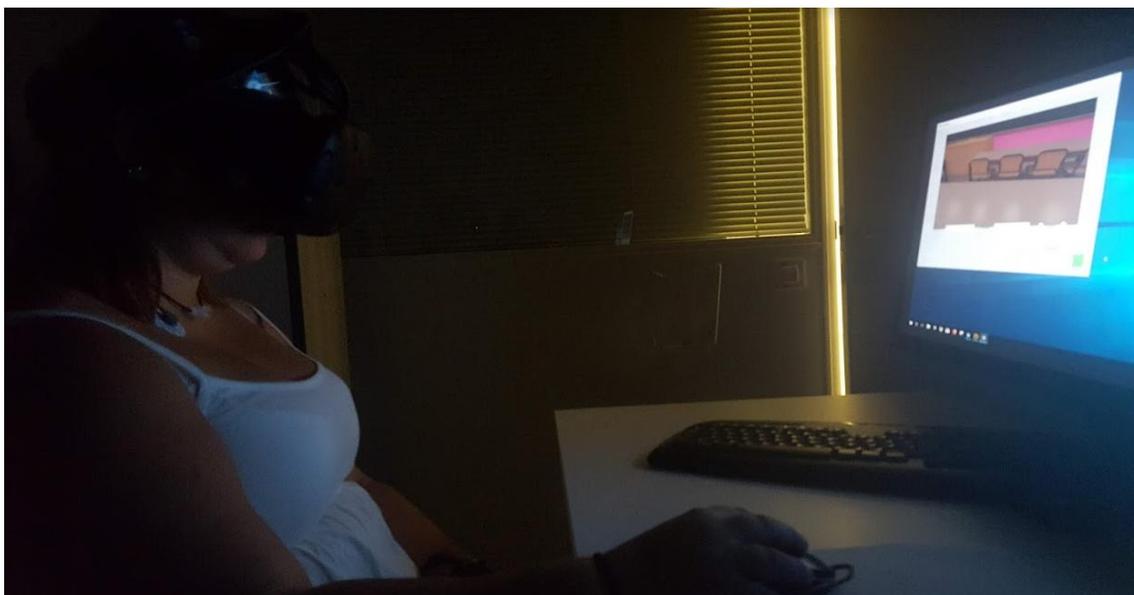
ANEXO I: Protocolo General

CONCEPTO		TIEMPO
Preparación	INICIO CON EL PARTICIPANTE Recepción, indicaciones básicas, firma del consentimiento y cuestionario demográfico.	≈9
	TEST DE ISHIHARA El entrevistador muestra las 21 imágenes, y apunta si acierta o no la solución.	≈1
	PRUEBA ESCENARIO BASE Visión del escenario "BA". Para ajustar las HTC y acostumbrar al participante. <i>"Visualiza el espacio, y cuando te sientas cómodo continuamos. Durante la prueba verás este tipo de estímulos. Llegado el momento te preguntaré valoraciones sobre el espacio, que tendrás que valorar mediante una escala como esta"</i> . Tras esto, el entrevistador retira las gafas al sujeto con cuidado.	≈1
Pre-experiencias	INSTRUCCIONES GENERALES <i>"A continuación escucharás un audio. Después te verás inmerso en un espacio. Imagina que es un aula universitaria en la que recibes clase. Obsérvala durante 90 segundos. Después realizarás una serie de tareas y cuestionarios. En los cuestionarios no hay respuestas correctas ni incorrectas. No emplees demasiado tiempo, y da la que mejor describa cómo te sientes. Esto se repetirá seis veces"</i> .	≈1
	COLOCAR HTC EN PARTICIPANTE El entrevistador ajusta las gafas al participante, con cuidado de no interferir con los electrodos.	≈1
Experiencias	AUDIO DE DESCANSO El entrevistador lanza el escenario "NE" en la aplicación VisorHTC360. Es un escenario negro. <i>"Por favor, escucha este audio e intenta relajarte mientras lo haces"</i> .	1
	EXPERIENCIA DEL AULA El entrevistador lanza el escenario elegido.	1
	TAREA DE MEMORIA <i>"A continuación escucharás una lista de palabras. Intenta recordarlas. Después se te pedirá que las repitas sin importar su orden en un tiempo de 30 segundos. Esto se repetirá tres veces"</i> . El entrevistador lanza tres listas en audio. Tras su reproducción, pide que repita las palabras. El entrevistador apunta todas. Después las filtra en acierto o error.	3
	TAREA DE ATENCIÓN <i>"A continuación escucharás una serie sonidos. Debes reaccionar lo antes posible ante un estímulo haciendo un solo clic de ratón, y evitar hacerlo con otros. El estímulo al que debes reaccionar es este...; y el estímulo al que no, es este..."</i> . El entrevistador ejecuta la aplicación.	4
	VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA	≈1
Post-experiencias	CUESTIONARIO DE PRESENCIA Cuestionario SUS, para todas las experiencias en general.	≈1
	FINAL CON EL PARTICIPANTE Retirada de dispositivos, acompañamiento a la salida.	≈1

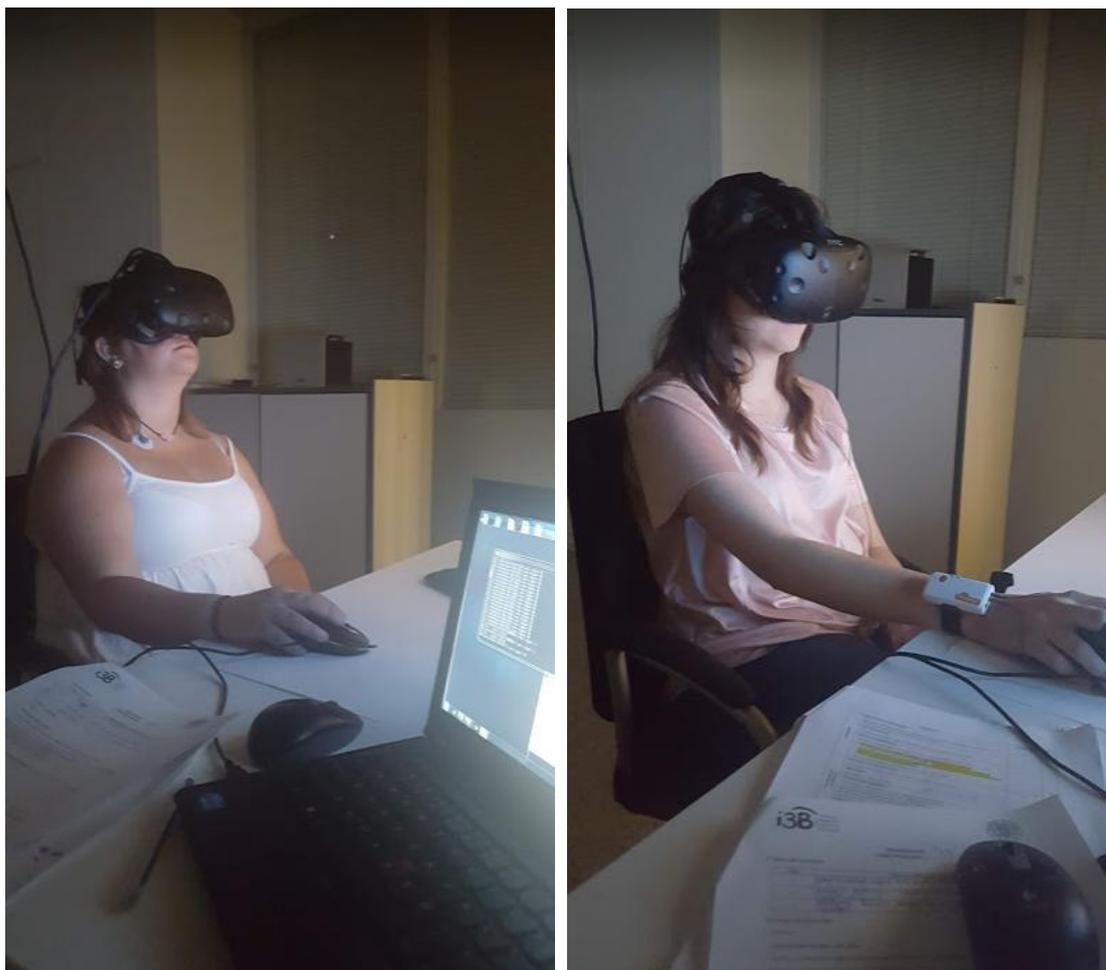
ANEXO II: Concerniente a la muestra y participantes



Participante durante la fase de experimentación. Fuente propia.



Participante durante la fase de experimentación. Fuente propia.



Participantes durante la fase de experimentación. Fuente propia.



Participante durante la fase de experimentación. Fuente propia.



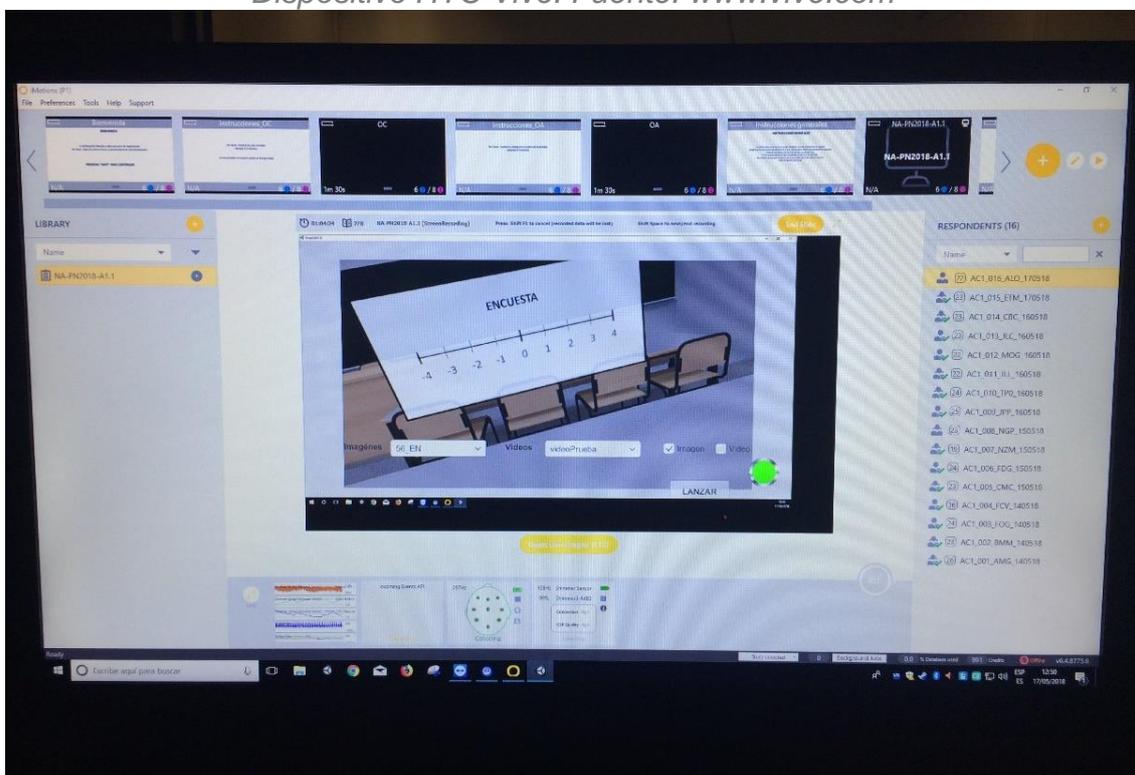
Participante durante la fase de experimentación. Fuente propia.



Preparación de participante izq. Participante durante la fase de experimentación der. Fuente propia.

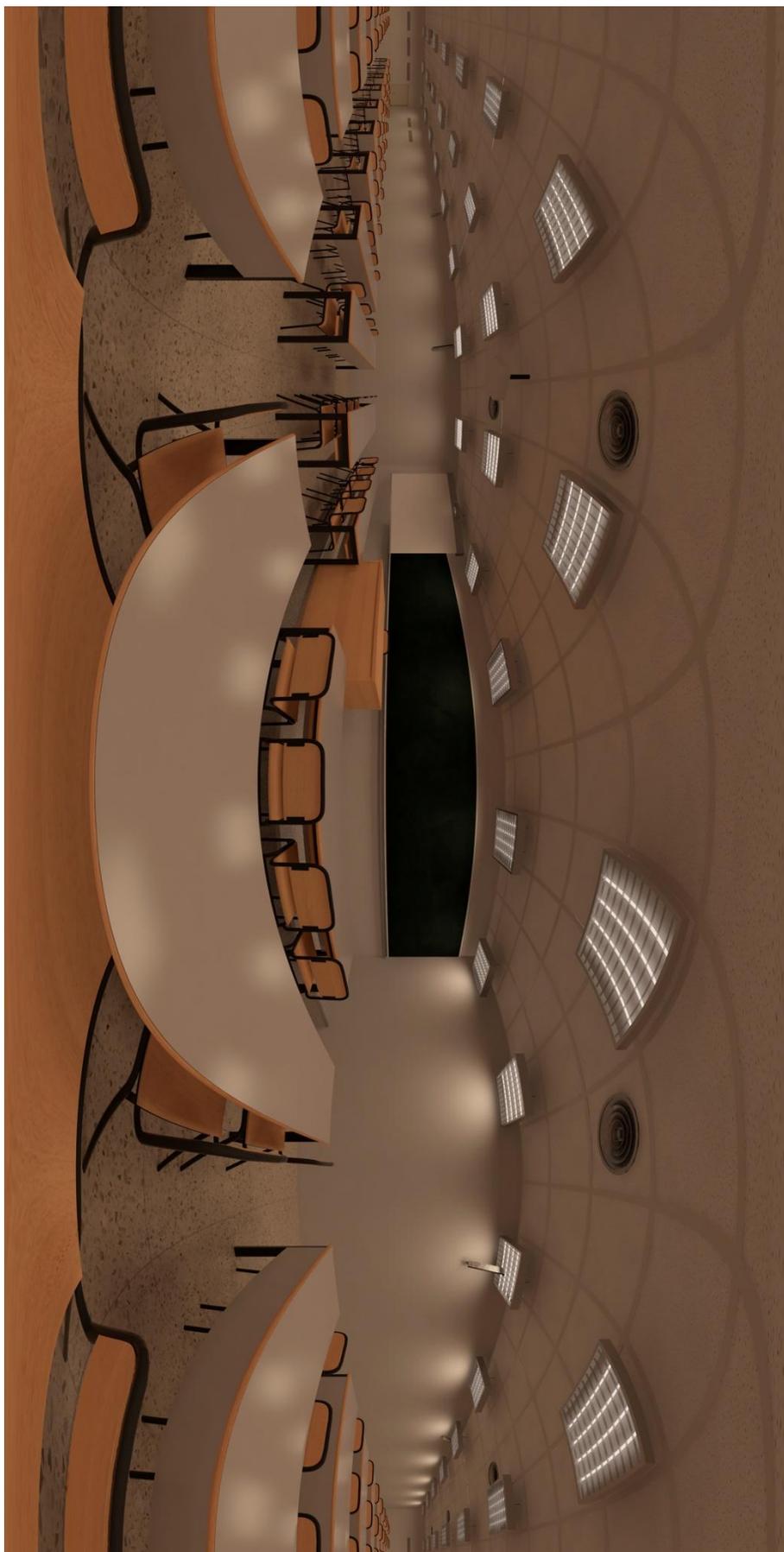


Dispositivo HTC Vive. Fuente: www.vive.com

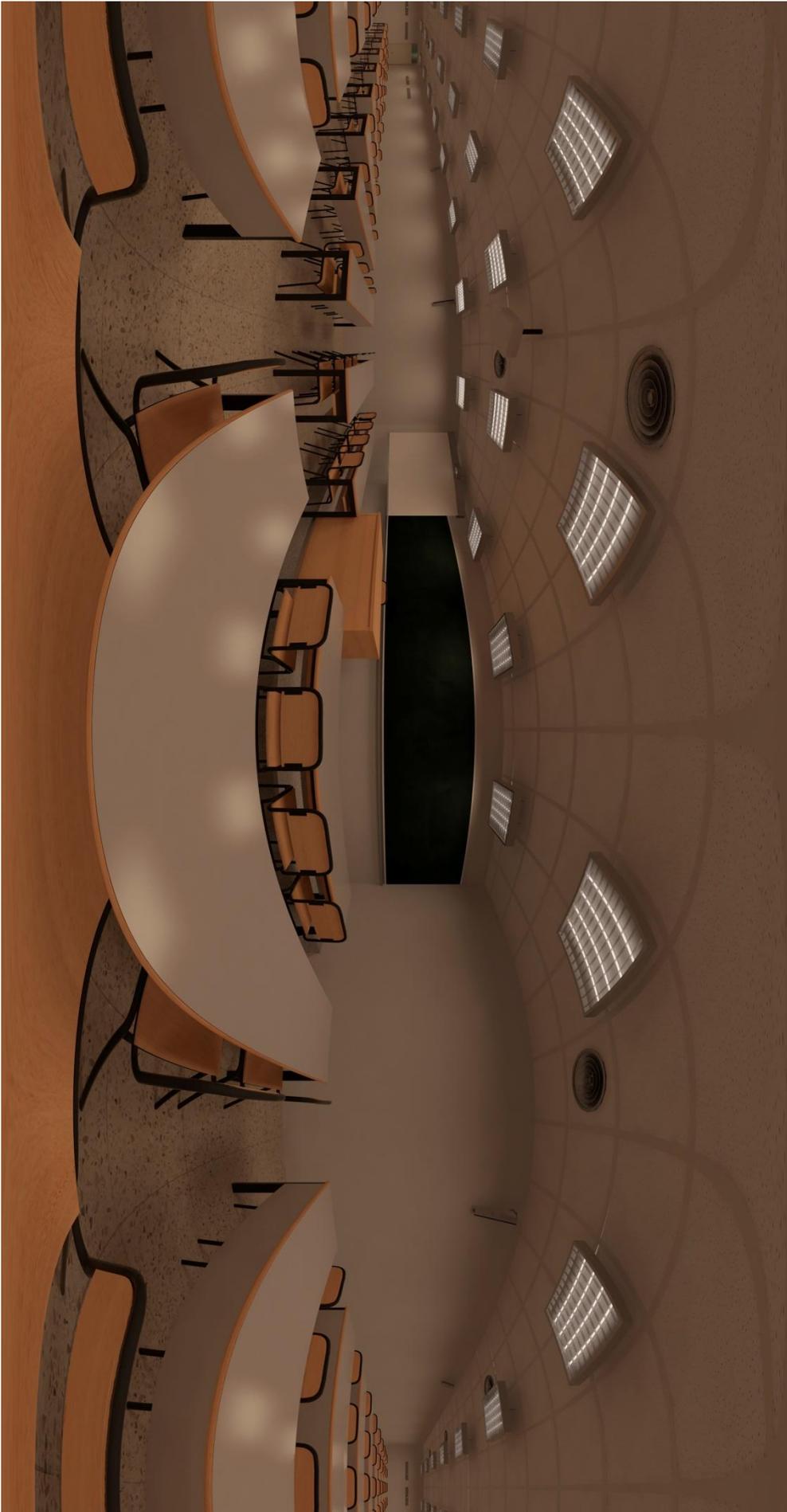


Pantalla de registro. Fuente propia.

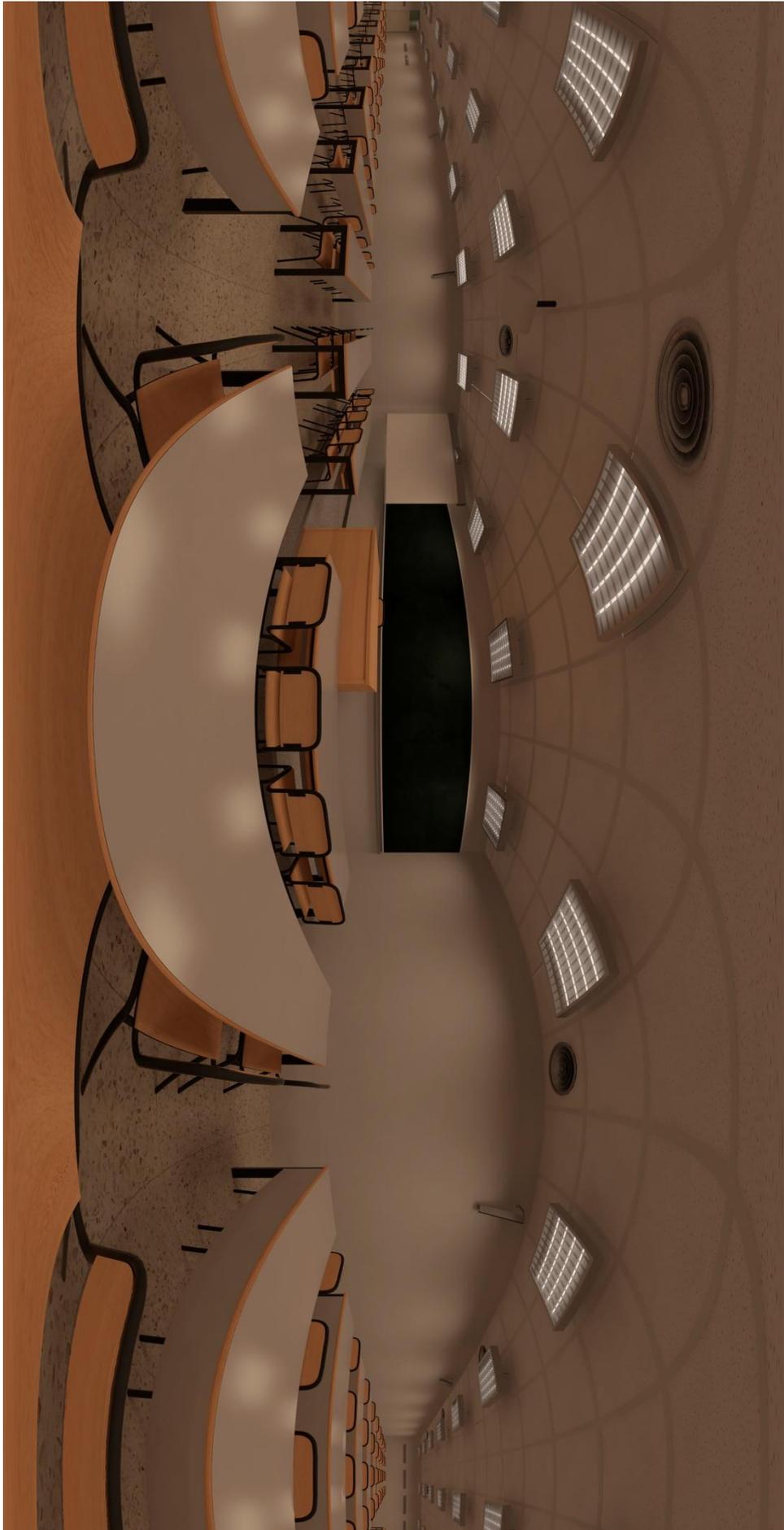
ANEXO III: Imágenes 360° aula ETSIE



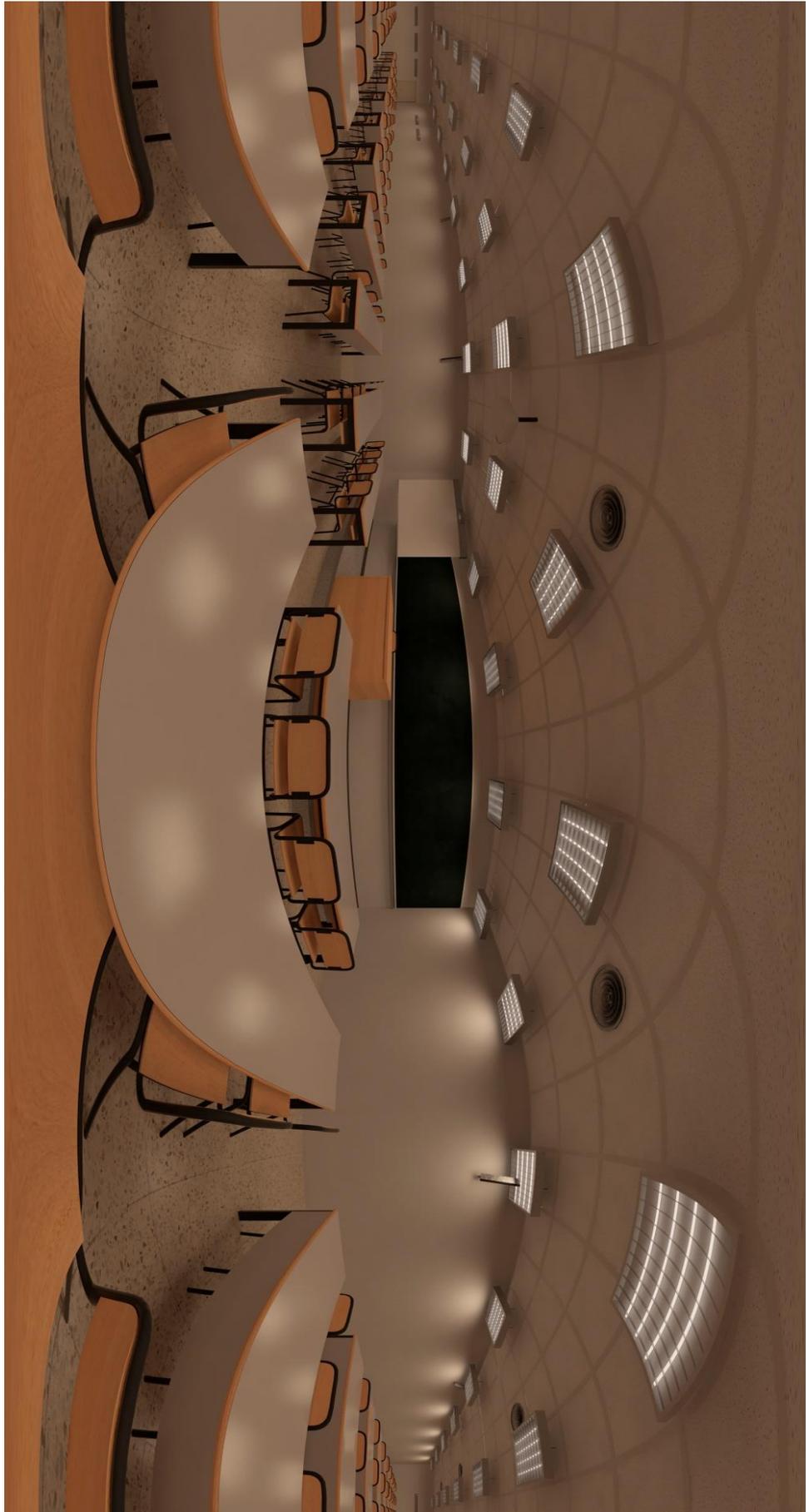
Escenario 58



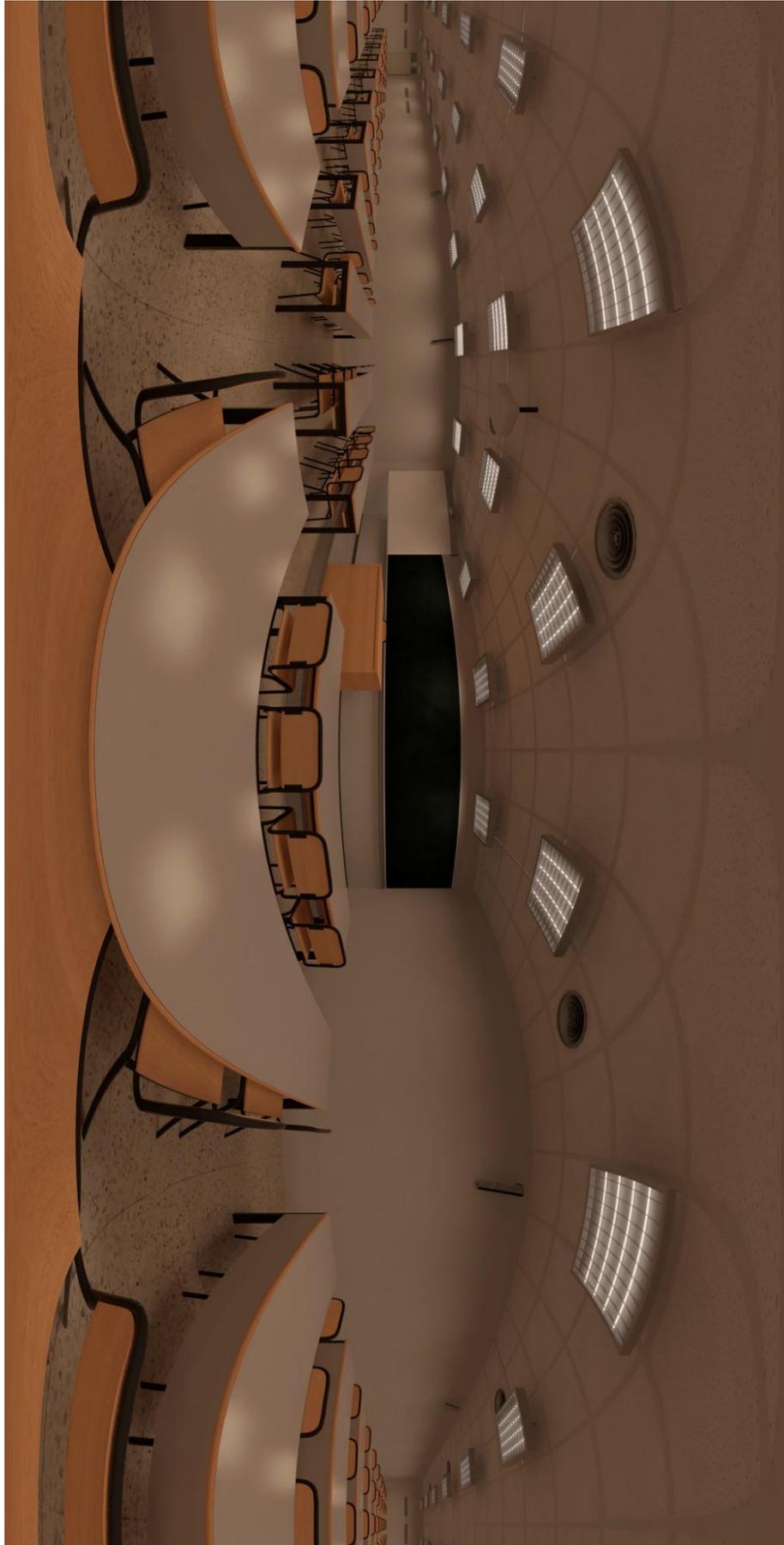
Escenario 60



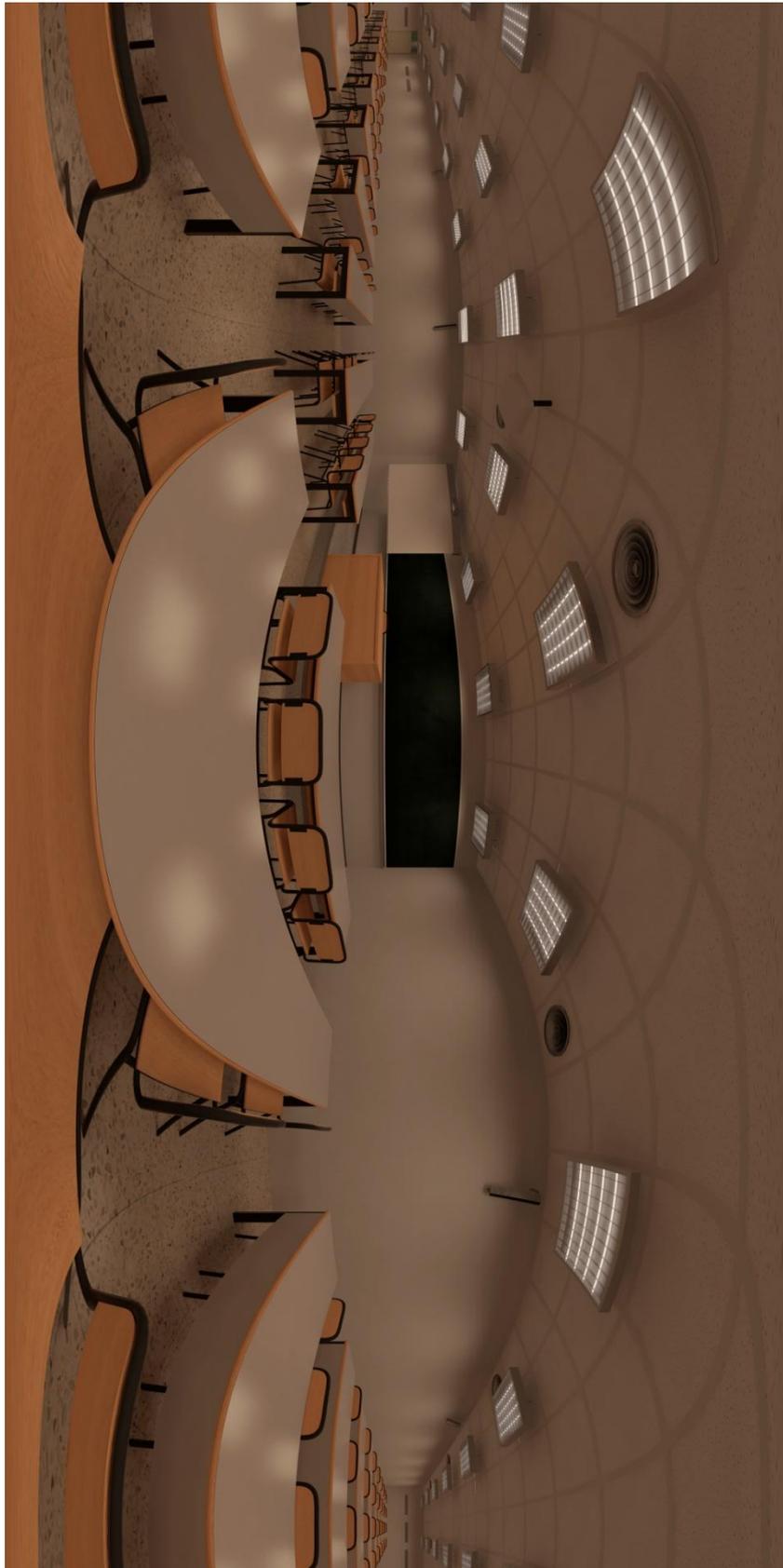
Escenario 62



Escenario 64



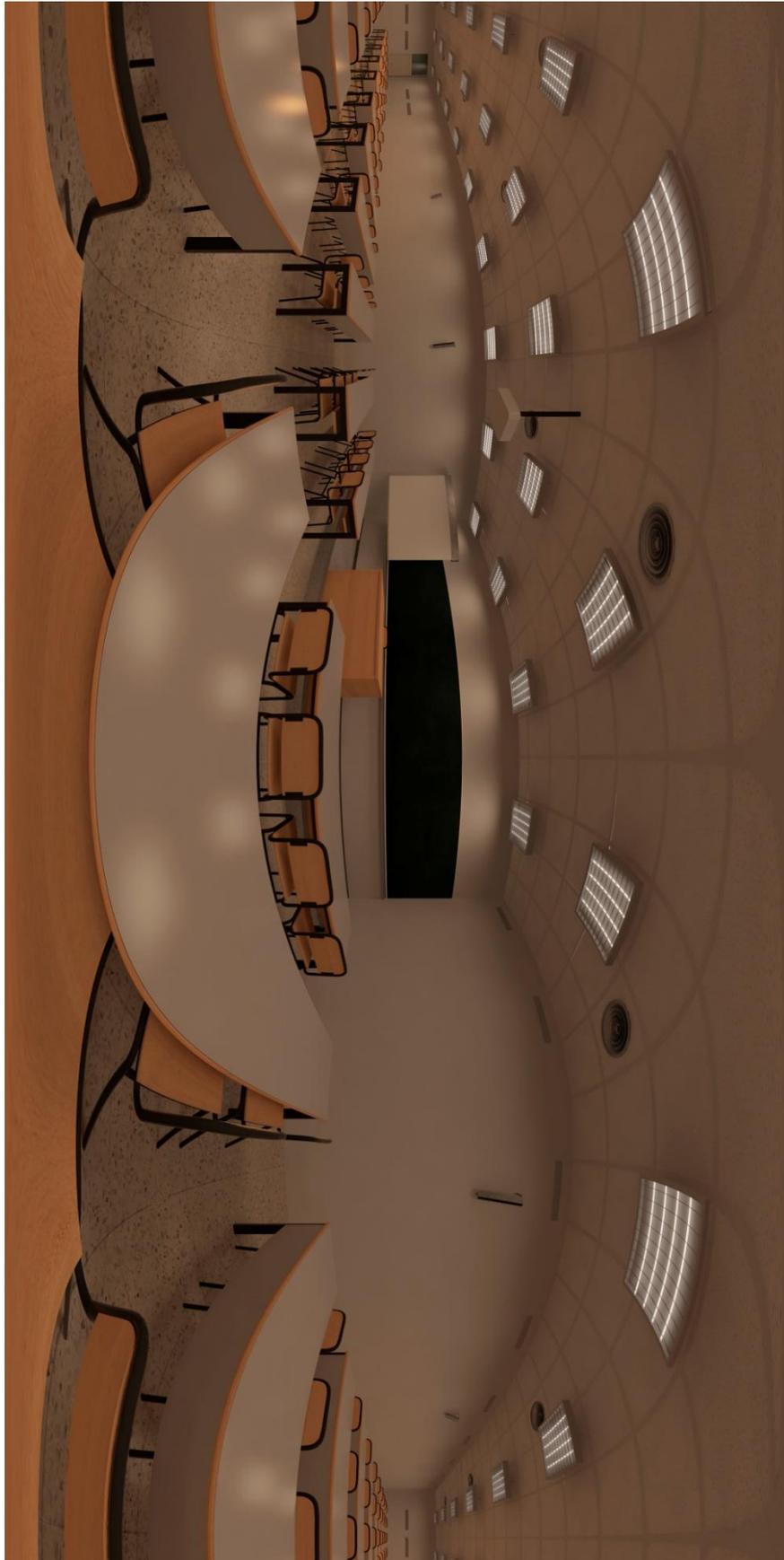
Escenario 66



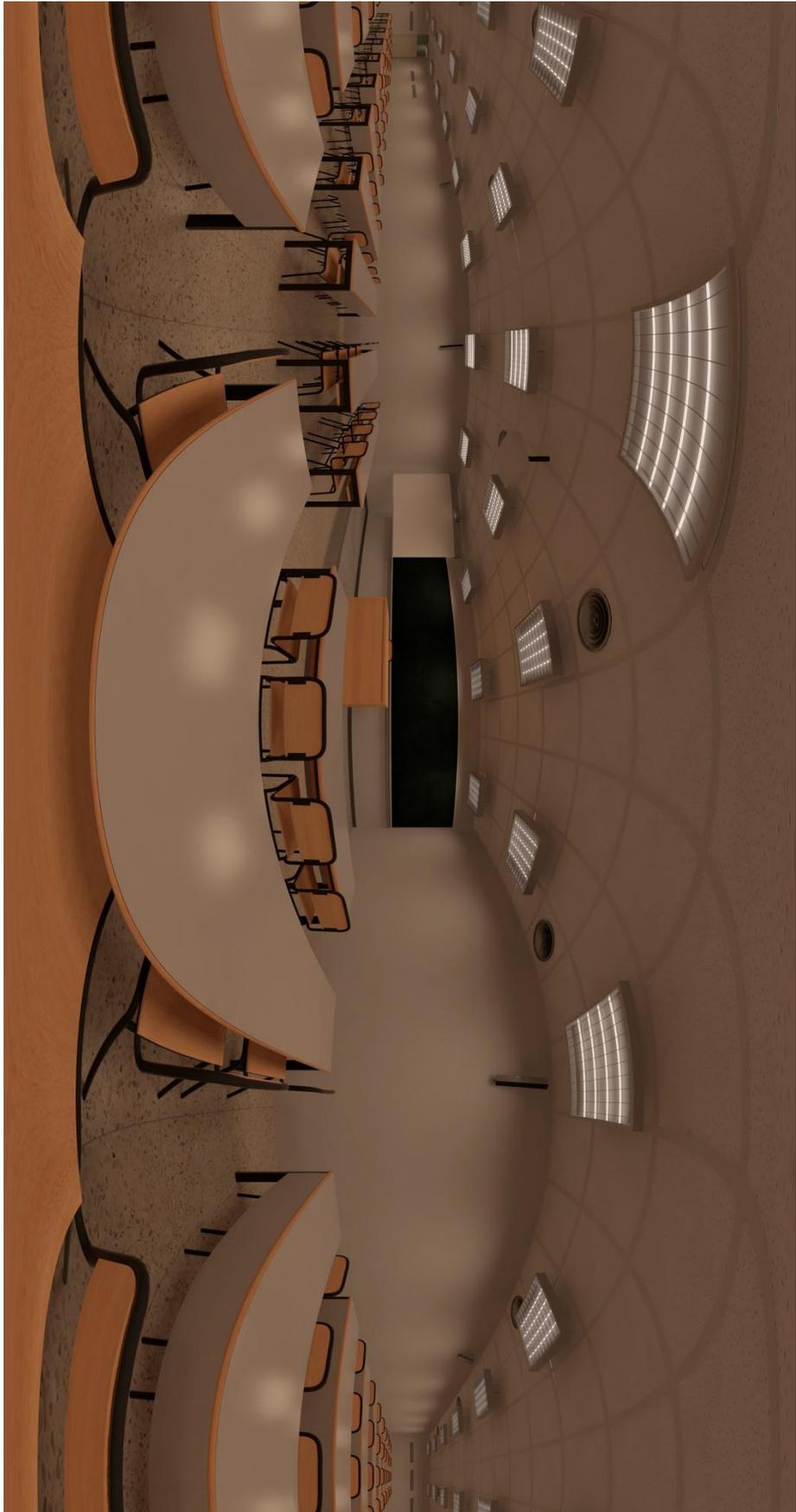
Escenario 68



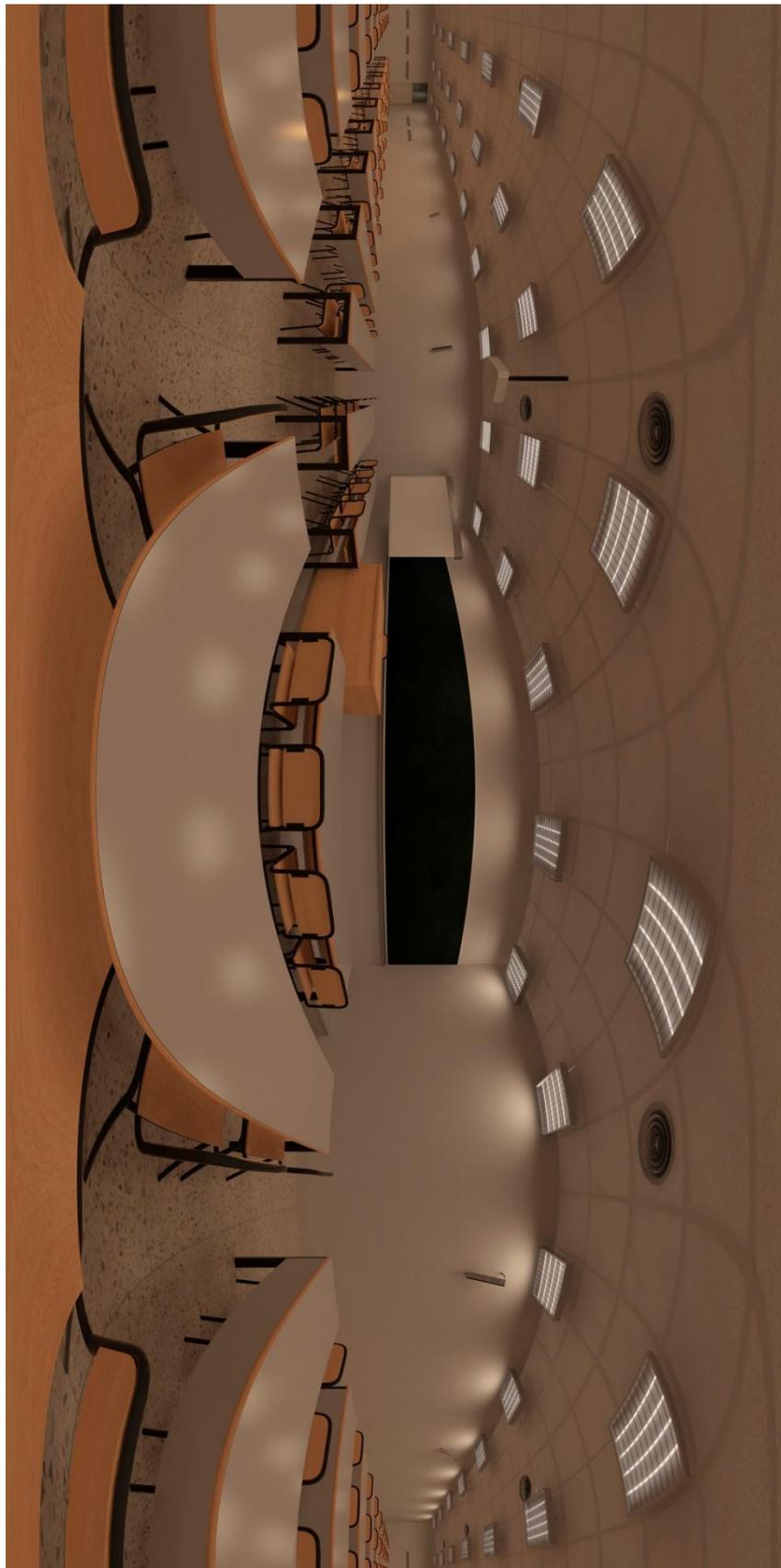
Escenario 70



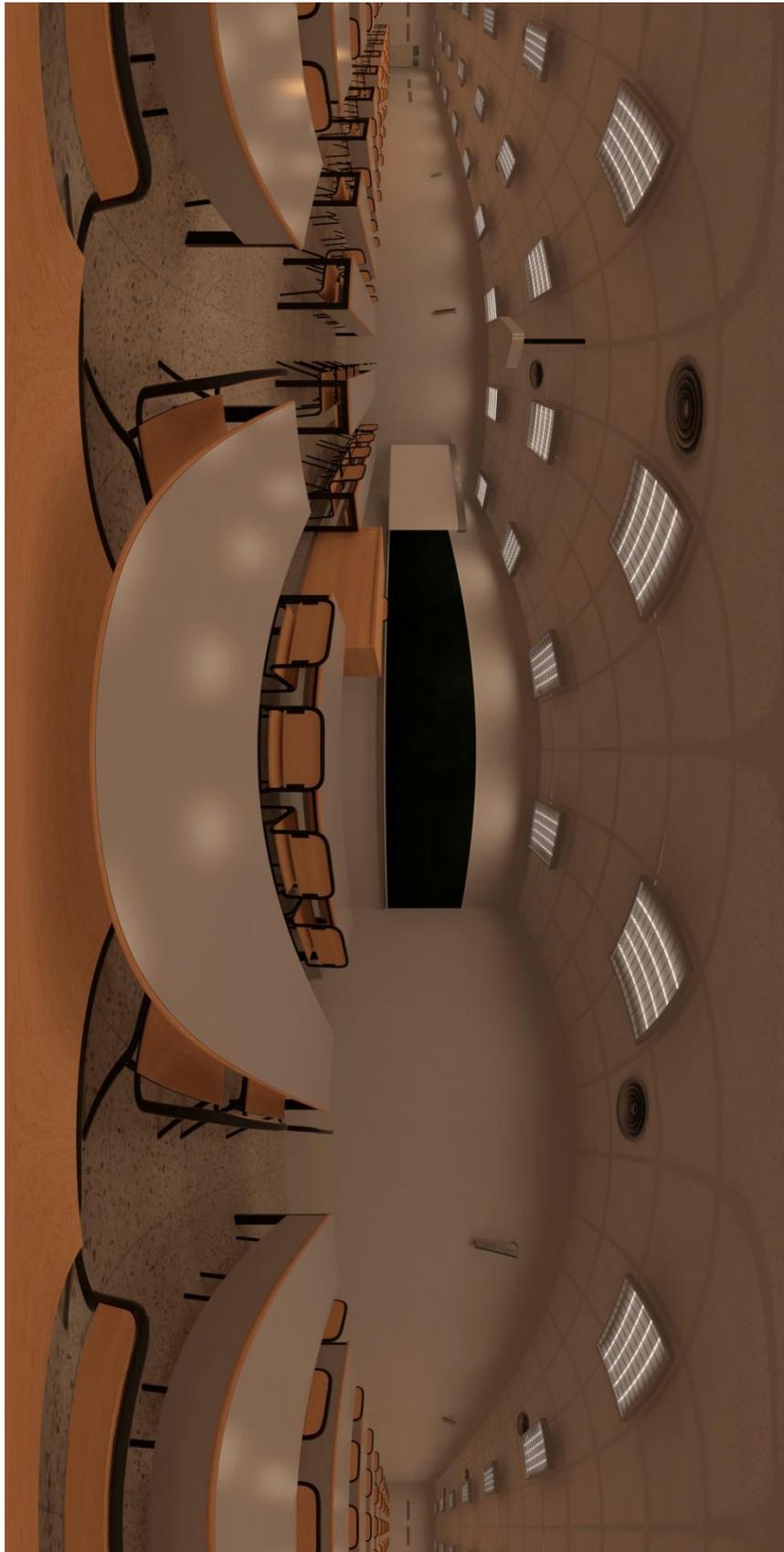
Escenario 72



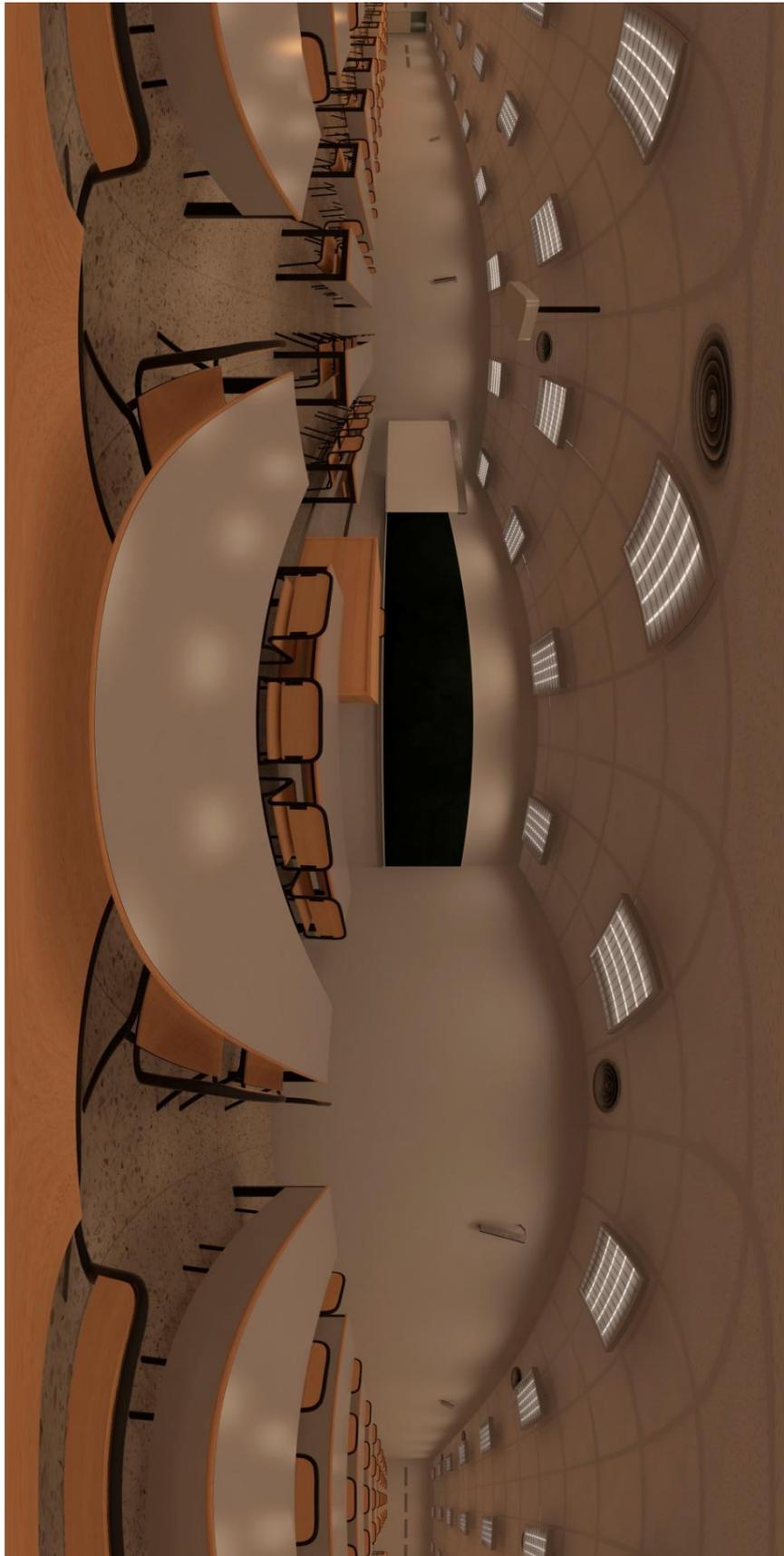
Escenario 74



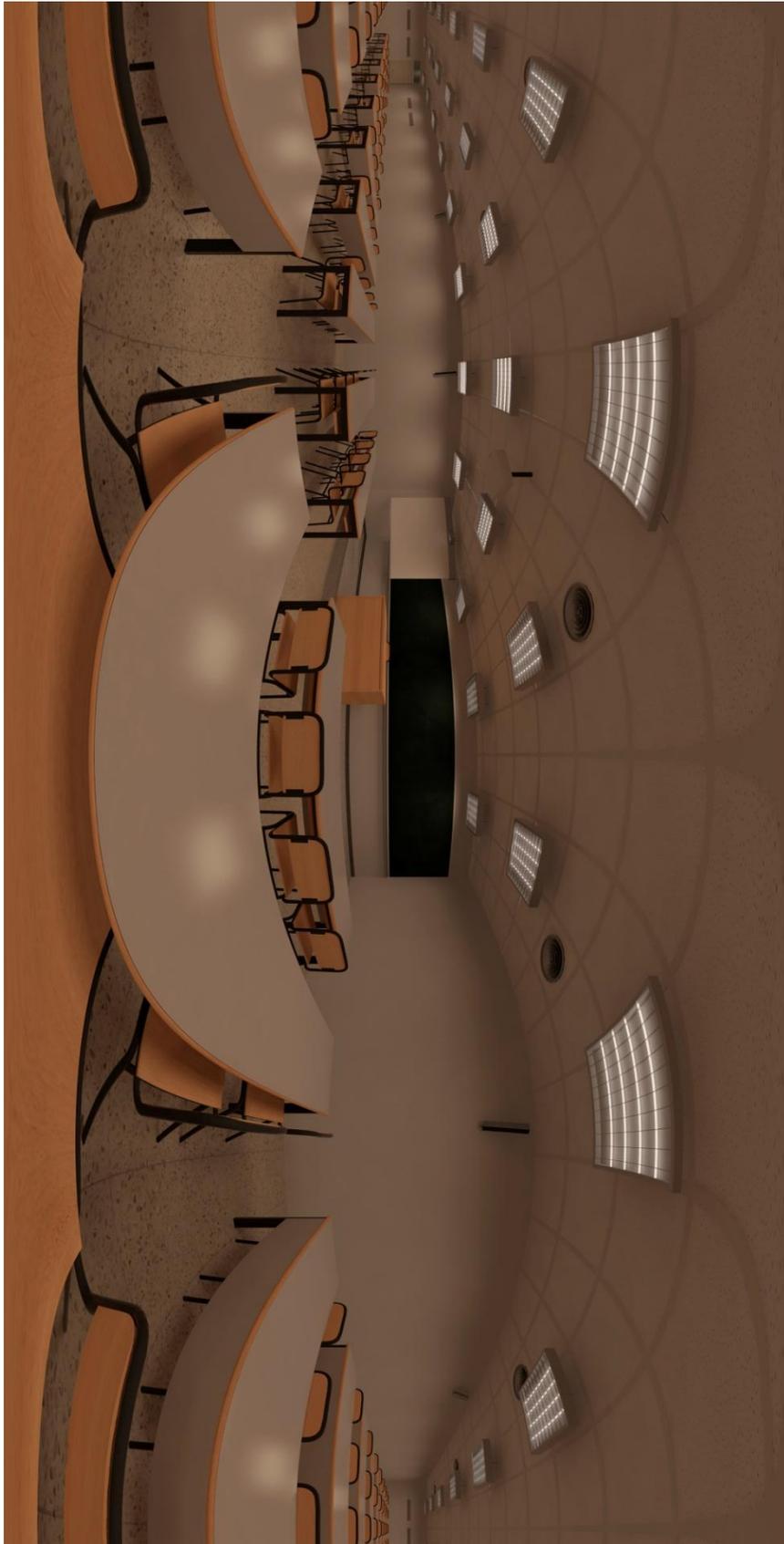
Escenario 76



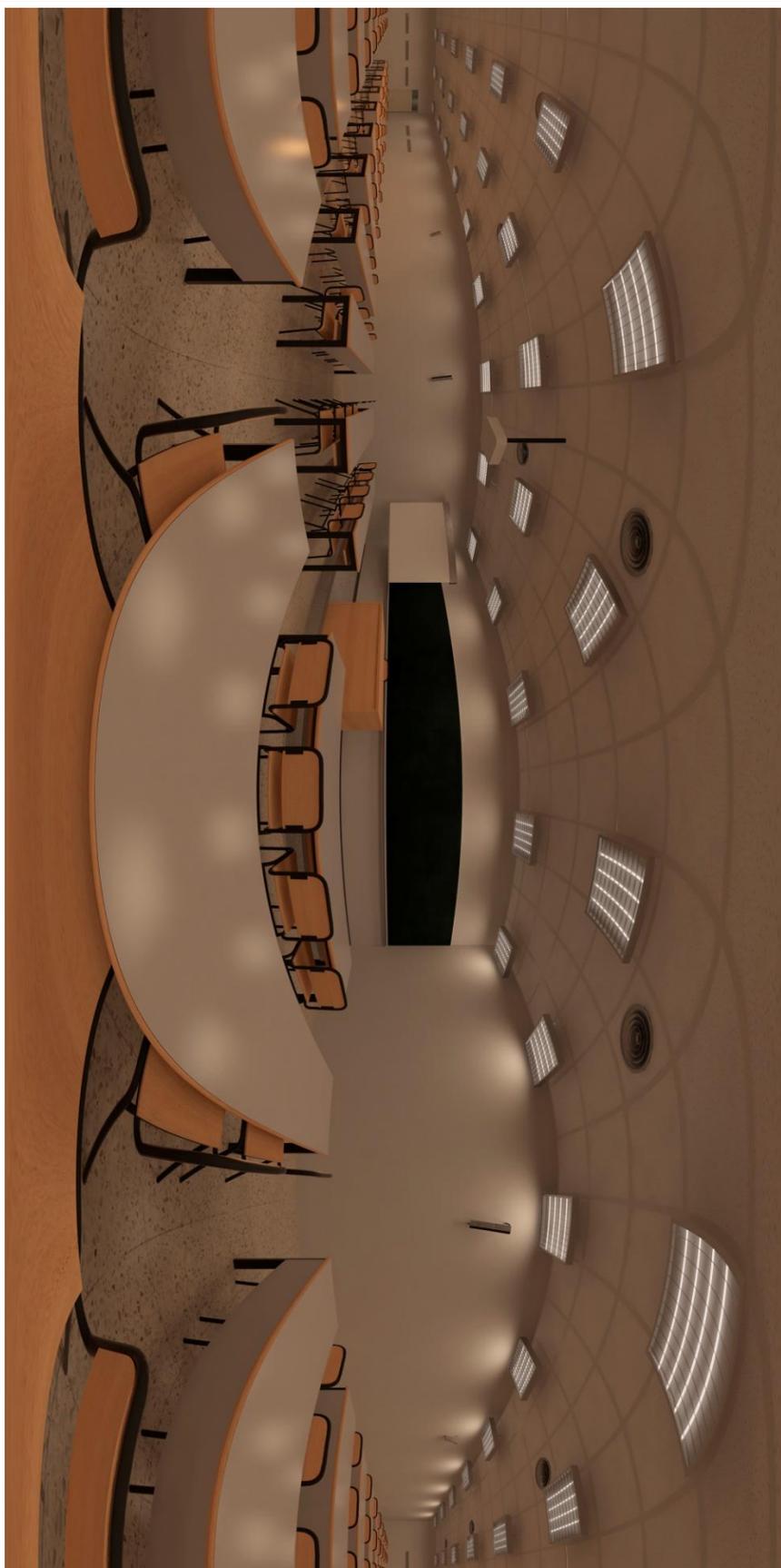
Escenario 78



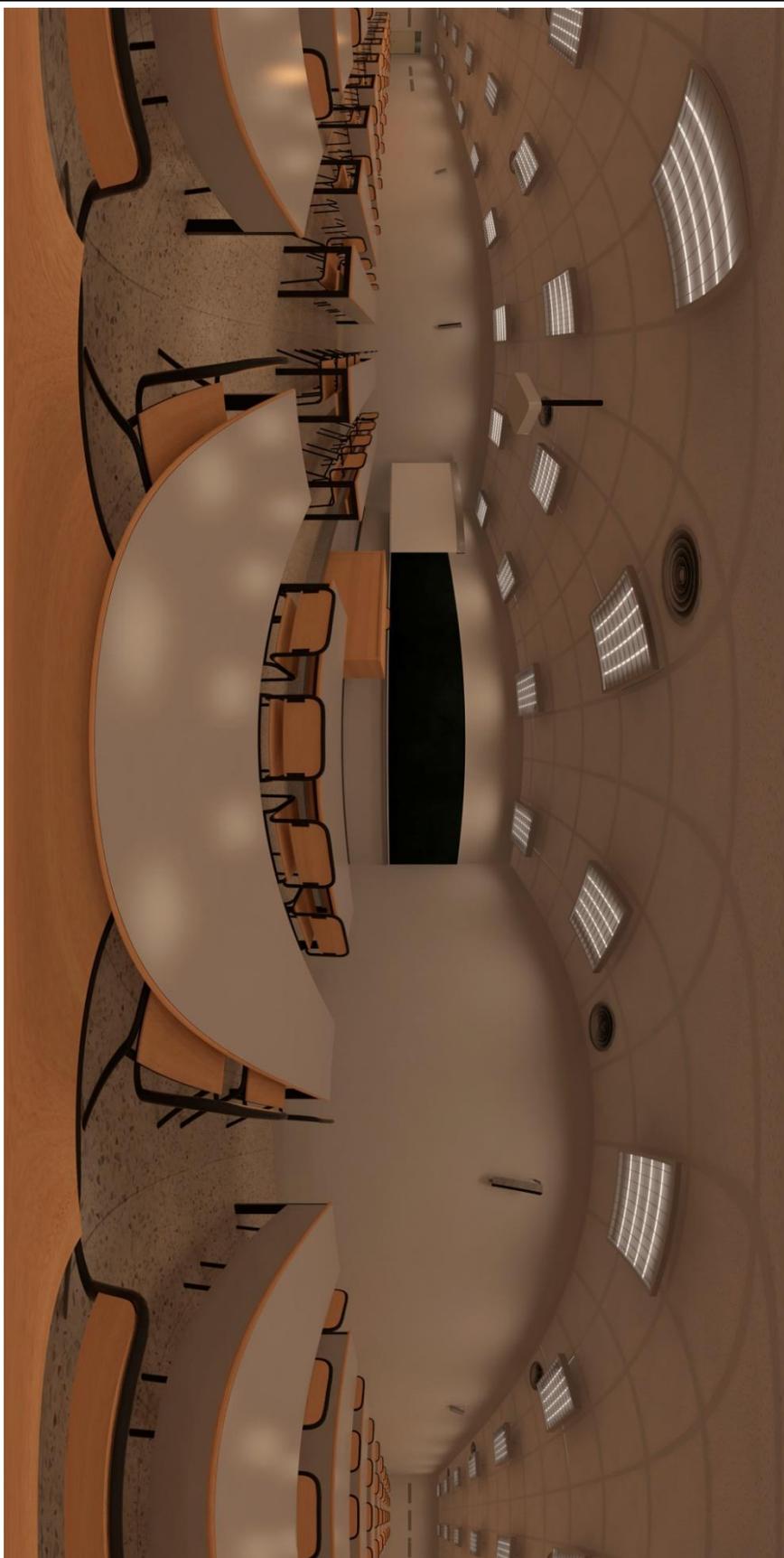
Escenario 80



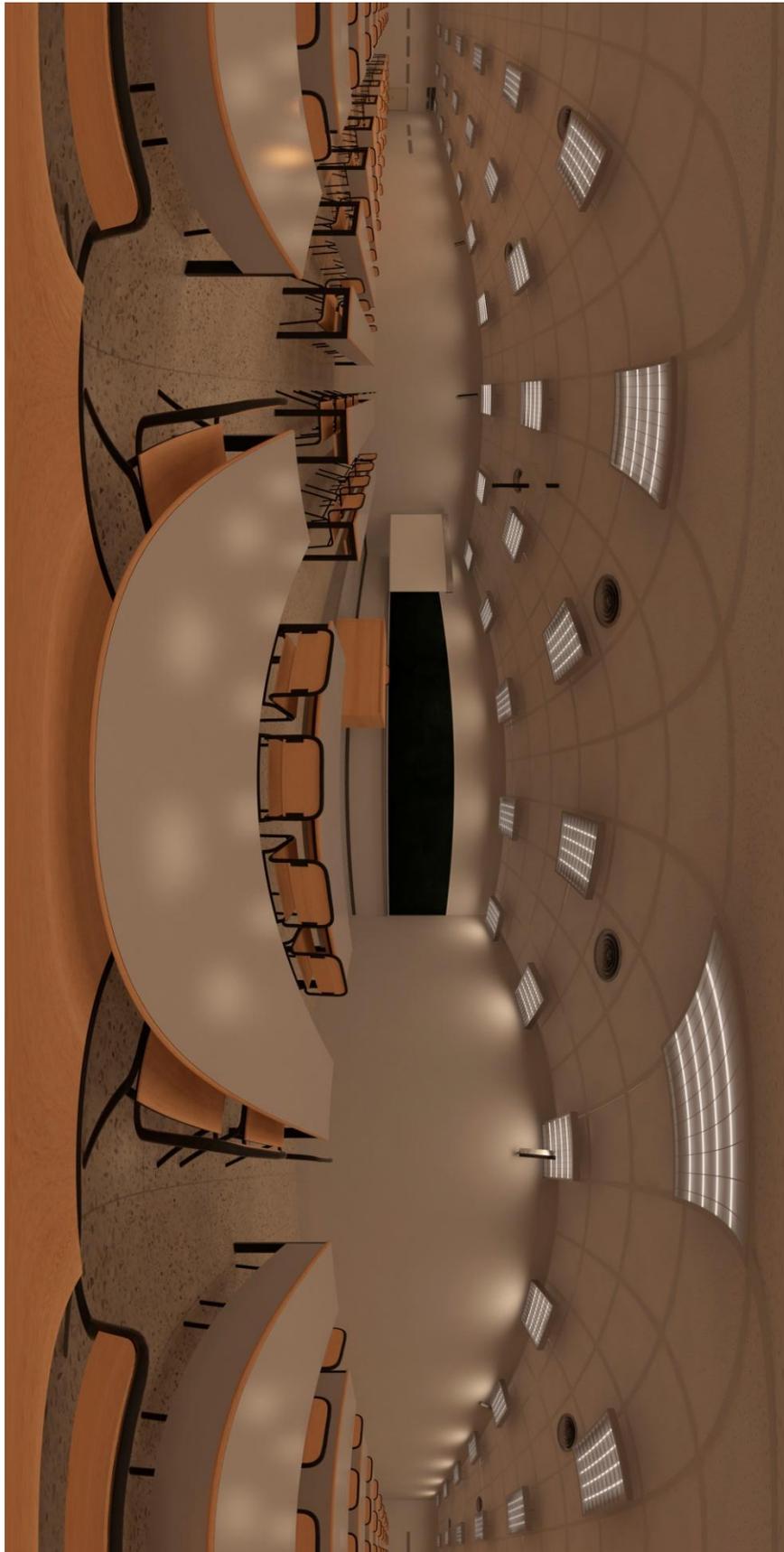
Escenario 82



Escenario 84



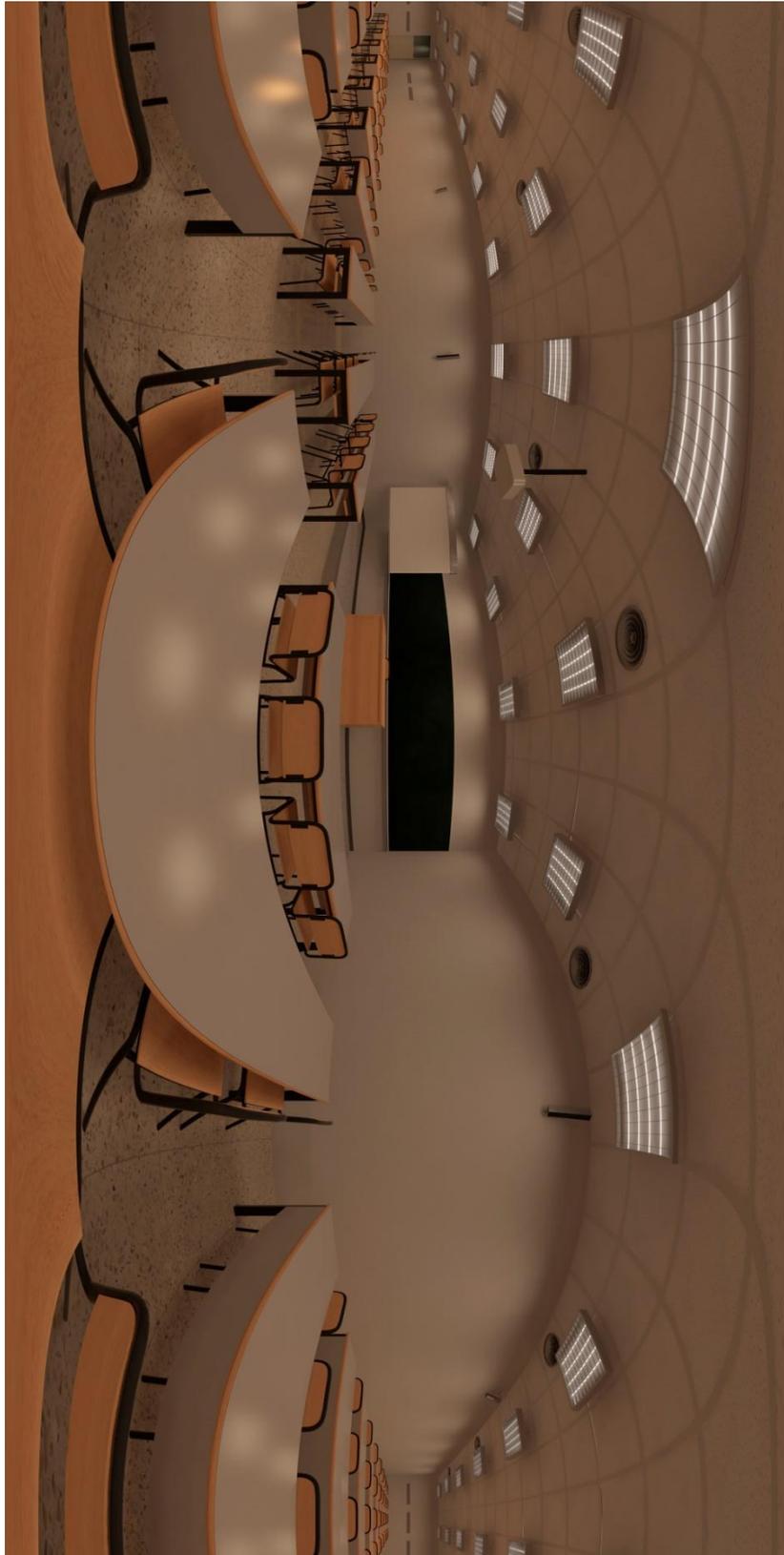
Escenario 86



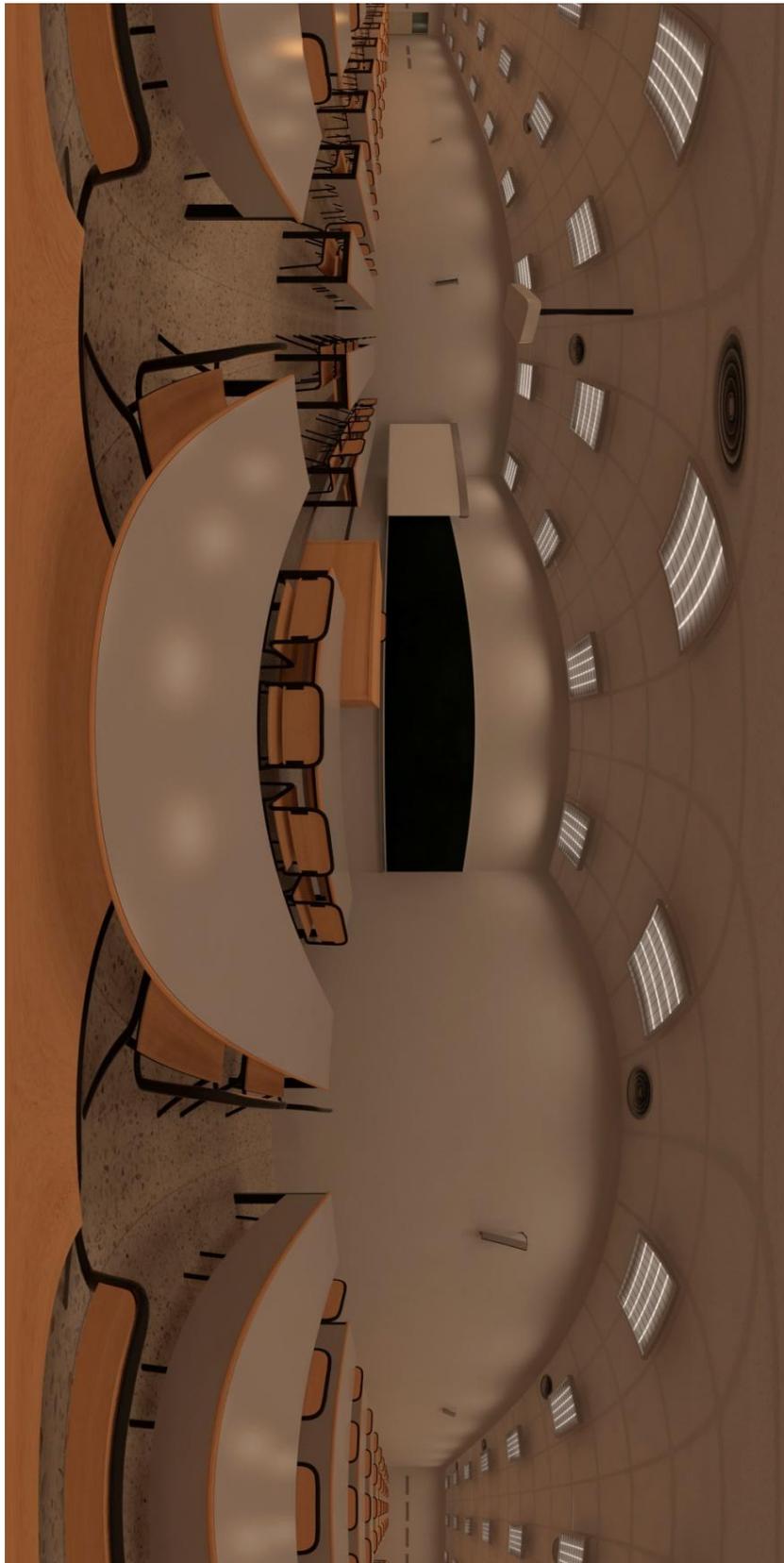
Escenario 88



Escenario 90



Escenario 92



Escenario 94



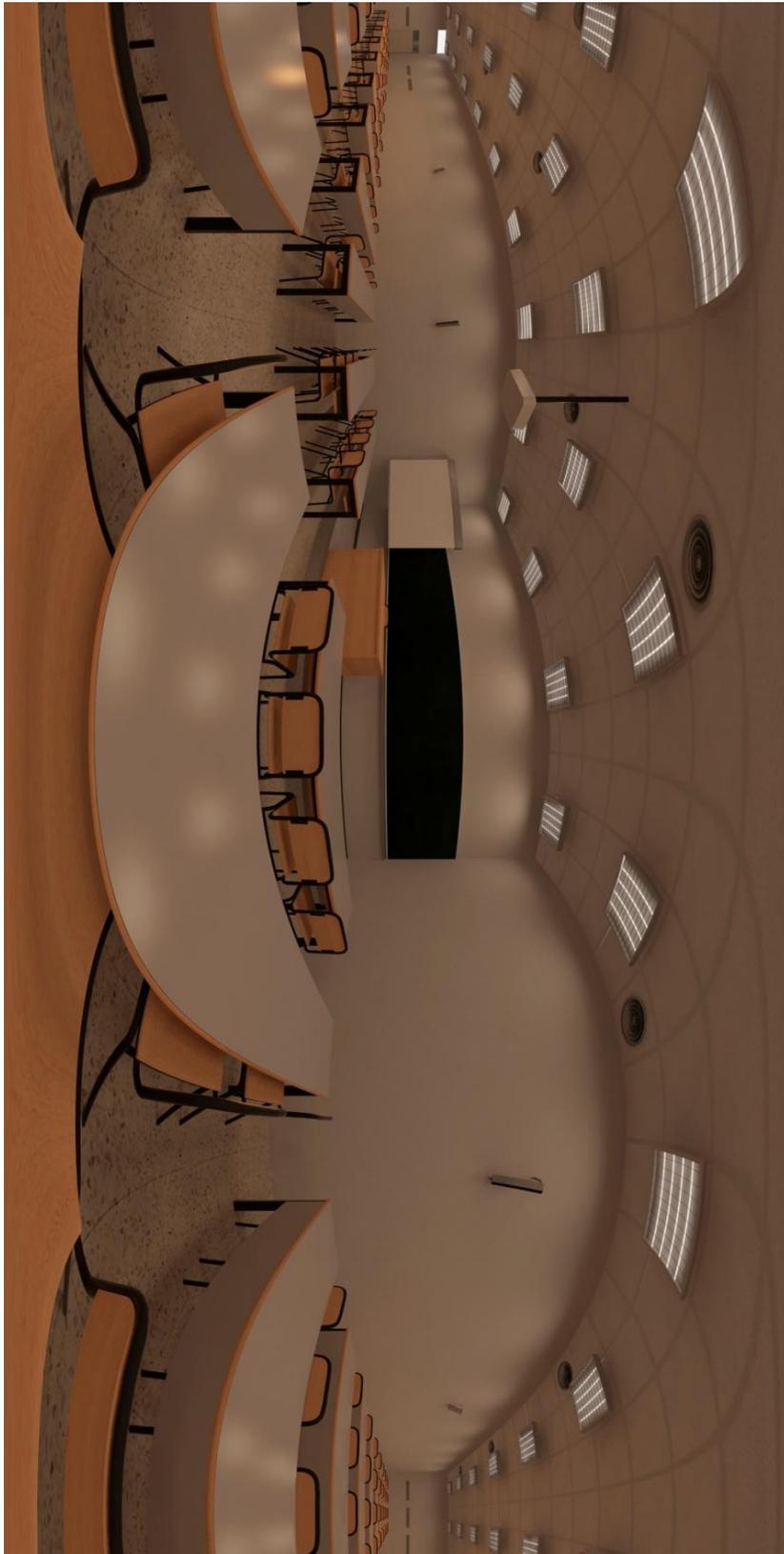
Escenario 96



Escenario 98



Escenario 100



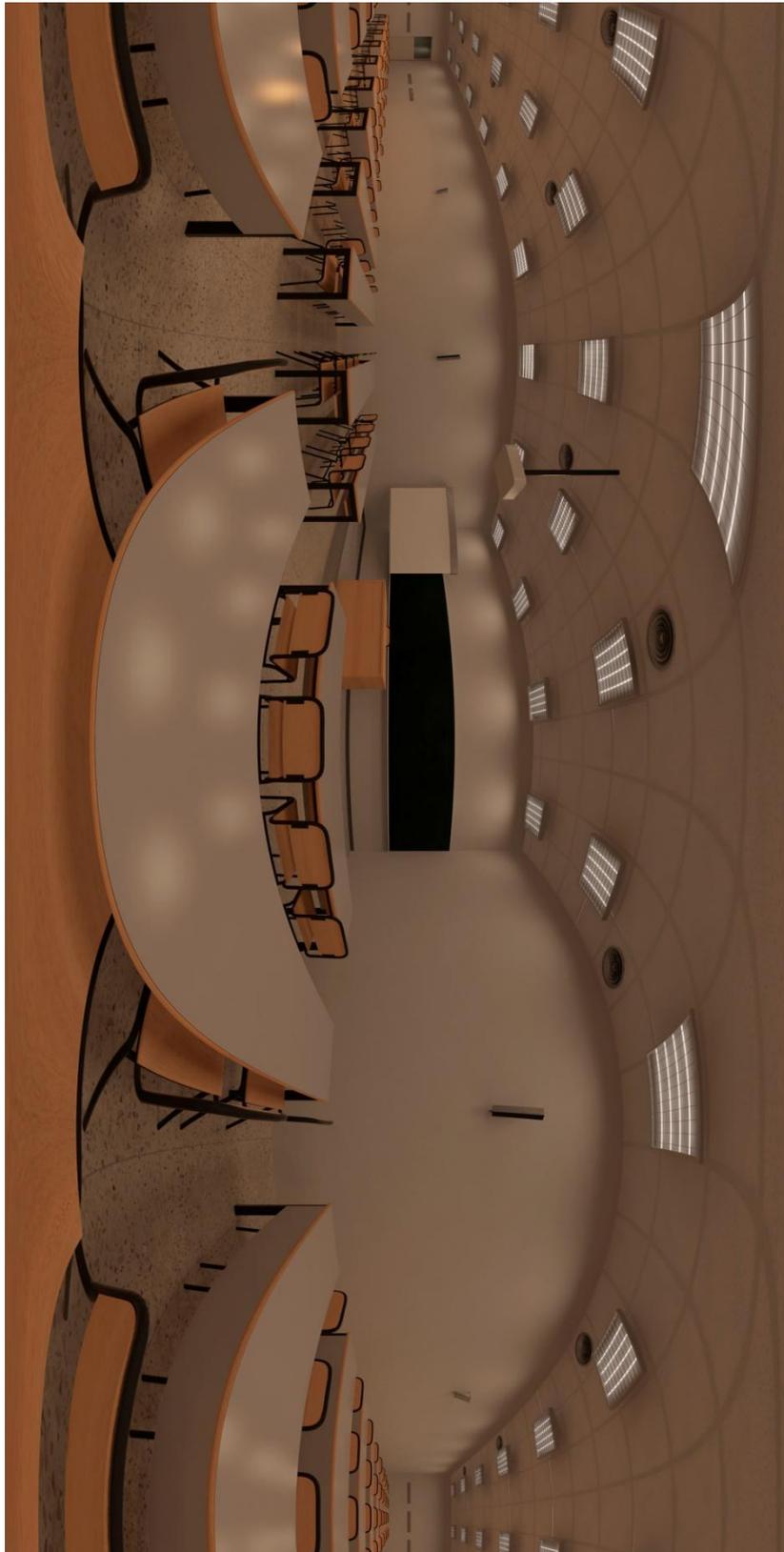
Escenario 102



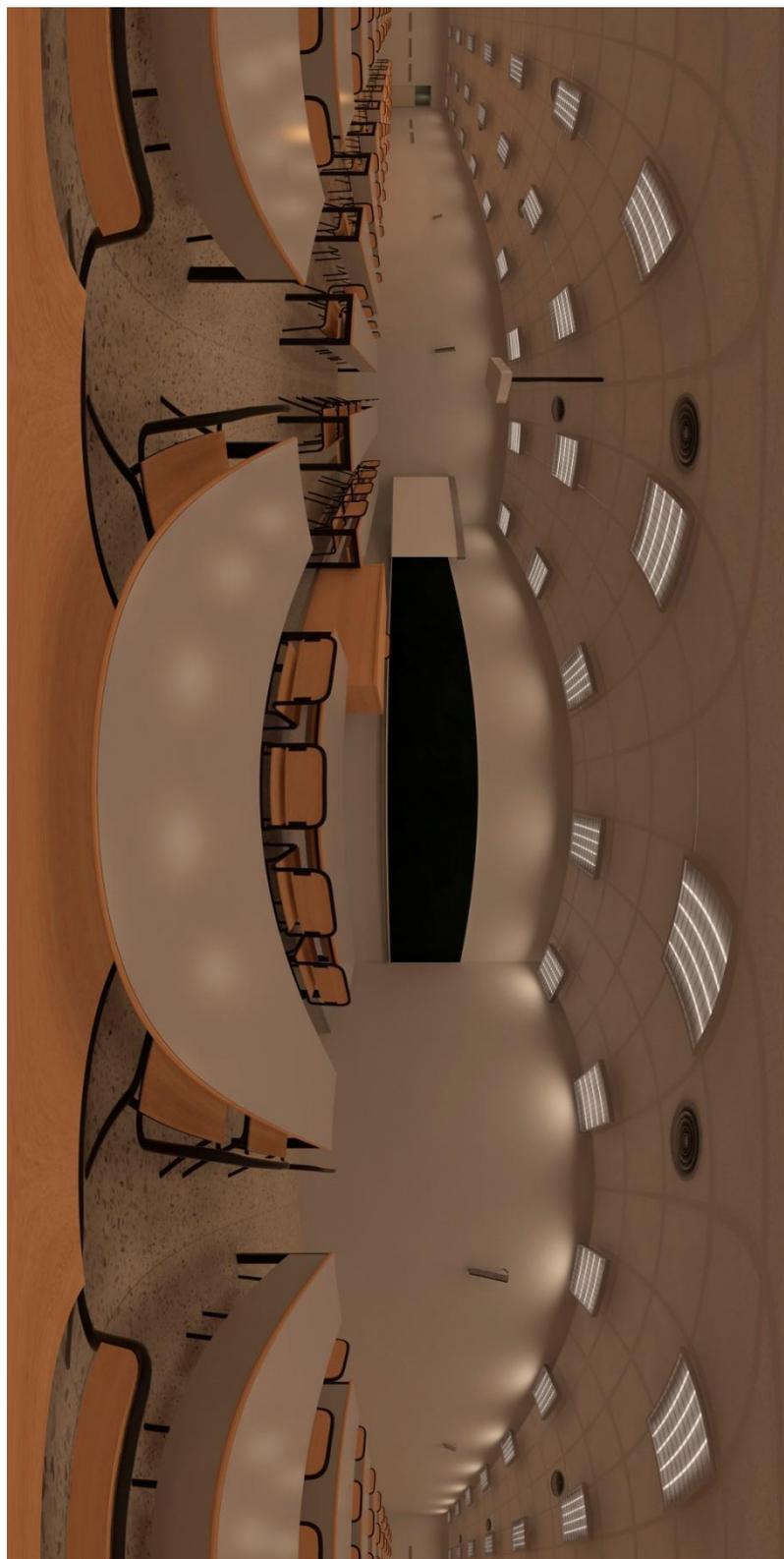
Escenario 104



Escenario 106



Escenario 108



Escenario 28

