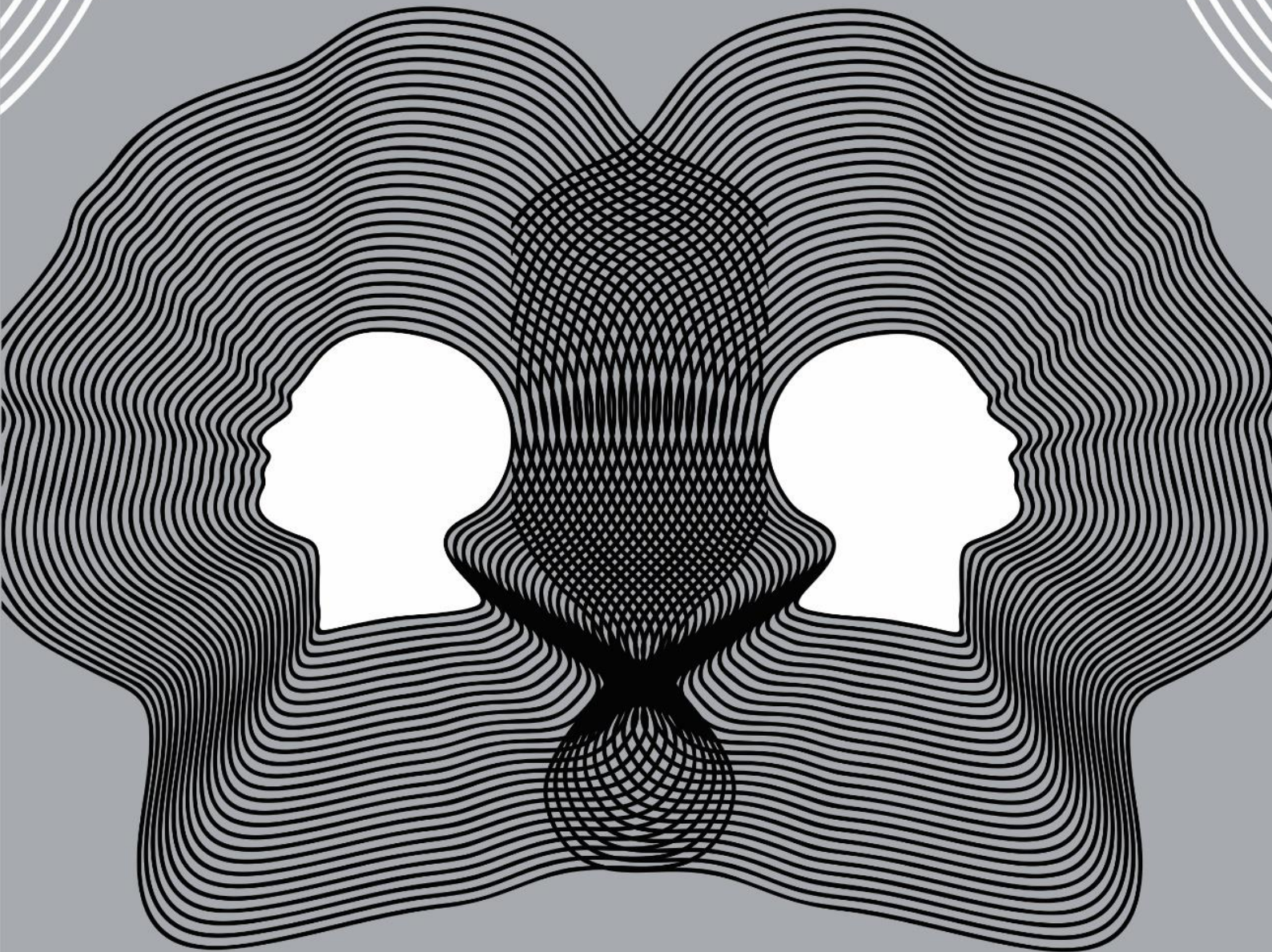


DISEÑO ARQUITECTÓNICO CENTRADO EN EL USUARIO



Navarro, María Julieta

PROYECTO FINAL DE CARRERA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO FINAL DE CARRERA

DISEÑO ARQUITECTÓNICO CENTRADO EN EL USUARIO

Autora

Navarro, María Julieta

Profesor

Ing. Vilches, Roberto Daniel

Mg. Ing. Reviglio, Hugo Alfredo

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



DICIEMBRE 2021

SAN RAFAEL, MENDOZA - ARGENTINA

RESUMEN

“Que tu espacio se viva más que con la vista”, Juan Luis Higuera Trujillo.

El proceso de diseño arquitectónico es una tarea compleja consistente en cristalizar una solución única que satisfaga, simultáneamente, una serie de requisitos de muy distinta naturaleza.

Para acometer los requerimientos técnicos, el profesional está acostumbrado a respaldarse bajo criterios objetivos que garanticen la idoneidad de las soluciones propuestas. No obstante, otros aspectos más subjetivos o dependientes del usuario, como la funcionalidad o la estética, suelen ser abordados de una forma personal e intuitiva por el proyectista.

Sin embargo, esta forma de diseñar no permite conocer las necesidades y preferencias del usuario, ni su respuesta ante los diseños, de tal forma, que no es posible cuantificar en qué medida lo proyectado satisfará al futuro usuario.

El objetivo de este trabajo es sumarse, con total convicción, a la propuesta de crear un cambio de concepción en el proceso de diseño arquitectónico, mediante una visión integral que aporte valor al mismo, con foco en la respuesta de los usuarios ante el entorno que los rodea.

Recordando que la arquitectura es mucho más que una *“vivencia visual”*, se busca fomentar la sensibilidad en el diseño para crear ambientes vitales que favorezcan la respuesta emocional positiva de sus usuarios.

Con base en la ciencia, podemos confirmar que todo aquello que sentimos, es mucho más que una experiencia fugaz, y que tiene sus raíces en lo más profundo de nuestra identidad.

Para ello, numerosos profesionales interdisciplinarios estudian y analizan metodologías experimentales que han encontrado, de una manera científica y metódica, mediante la combinación de herramientas de la Psicología Ambiental, el Diseño Basado en la Evidencia y la Neuroarquitectura, la respuesta de los usuarios ante el espacio arquitectónico en el que se encuentran inmersos.

“Comprender cómo funciona el cerebro humano en la percepción y en la navegación por el espacio, nos permitirá incluir estrategias de diseño que van más allá de la necesidad de funcionalidad, confort, rentabilidad, estética [...]”.

El abordaje de este Proyecto Final de Carrera puede ser de utilidad para aquellos profesionales interesados en hacer partícipe al usuario en el proceso de diseño arquitectónico, fundando las bases de un diseño holístico, sensible, humano, que trate, desde la concepción del proyecto, a la persona como centro y principal actor, como un ser vivo con necesidades definidas pero cambiantes, trabajando en lo que *“no se ve”* para crear *“espacios vitales”*, proyectando aquello que requiere mucho más que organizar unos cuantos metros cuadrados.

ABSTRACT

'May your space be lived more than with sight', Juan Luis Higuera Trujillo.

The architectural design process is a highly complex task based on crystallizing a unique solution which will satisfy simultaneously a series of requirements of a very diverse nature.

In order to meet the technical requirements, the professional is guided by objective criteria based on empirical science, which guarantees the properly outcomes. Nevertheless, some other more subjective aspects in accordance with the client's particular preferences and demands, such as functionality or aesthetic, are usually tackled in a personal and intuitive manner by the professional. This practice does not allow the designer to meet the real customer's needs, or how they will respond to their designs. Therefore, it is not possible to quantify what the customer's degree of satisfaction with the elaborated project will be.

The aim of this work is to join, with total conviction, the proposal to create a change of conception in the architectural design process, through a comprehensive vision that adds value to it, with a focus on the response of users to the environment that surrounds them.

Remembering that architecture is much more than a *'visual experience'*, it seeks to promote sensitivity in design to create vital environments that favor the positive emotional answer of its users.

Based on science, it can be confirmed that everything that human beings feels is much more than a fleeting experience, and that it has its roots in the depths of our identity.

'Understanding how the human brain works in perception and navigation through space will allow us to include design strategies that go beyond the need for functionality, comfort, profitability, aesthetic [...]'.

The approach of this thesis can be useful for those professionals interested in involving the user in the architectural design process, laying the foundations of a holistic, sensitive, human design that treats, from the conception of the project, the person as center and main actor.

AGRADECIMIENTOS

“El tiempo. Nada más abundante, nada más escaso”.

Cuánto tiempo dedicado apasionadamente, pero a costa de cuánto tiempo robado a los seres queridos.

A todo ellos les debo, por unas u otras razones, mi más sincero agradecimiento.

Corresponder a los primeros, *aquellos con quien he compartido mi tiempo.*

Me llevaría a nombrar un número de personas que sobrepasa el espacio aquí disponible, pero intentaré incluirlos a todos. En primer lugar, debo dar las gracias a todas las personas de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Desde el primero hasta el último. Aquellos que se desempeñaron en rol de profesor, acompañando y alentando cada paso dado, Ing. Roberto Vilches, Ing. Juan Guillermo Díaz, Ing. Antonio Salleme, Teacher Marina Morales. A quienes brindaron su ayuda en temas no relacionados con una cátedra en particular, pero sí, en cuestiones igualmente necesarias, becas, papeleos. Y cómo no mencionar a Raúl Narvaez y Olga Rivas (la tan querida “Olquita”), quienes siempre estaban dispuestos a una charla en el buffet, pasillo o biblioteca (con raspadita y mates de por medio por supuesto). A mis compañeros, por los recuerdos y horas compartidas, y a mis amigos, Noelia Reveco, Josefina Larghi, Alina Sat, Tobías Serrano, por el camino recorrido, por la ayuda, apoyo y aliento para seguir adelante durante todo este tiempo.

Por otro lado, agradecer *a los que les he robado tiempo.*

A mi familia, la banda que me aguanta el corazón. A mi madre y padre; mis hermanos, Paula, Catalina y Matías; Abuelos. Simplemente, *¿qué haría sin ustedes?...* A Gonzalo, un pilar fundamental en mi vida (entre risas debo decir que sin vos seguramente habría acabado este proyecto unos cuantos años antes, pero *¿quién nos quita lo bailado?*). Gracias por tu ayuda y apoyo día a día, gracias por tu entusiasmo, prácticamente paralelo al mío, en verme alcanzar mis objetivos.

Mi más sincera e infinita gratitud con todos ustedes.

Y sin mucho más, decirles que los quiero.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
Antecedentes	8
Motivaciones y justificaciones	11
Objetivo central	12
Estructura del proyecto final de carrera	12
SECCIÓN 1	14
CAPÍTULO 1 - ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	14
Diseño centrado en el usuario	20
Estudio de la relación entre la persona y el entorno	23
Psicología Ambiental	23
Diseño Basado en la Evidencia	28
Neuroarquitectura.....	44
CAPÍTULO 2 – SISTEMAS DE SIMULACIÓN	97
Definiciones y contexto	98
Representación de la arquitectura.....	99
Entorno virtual	101
Formato panorámico 360º.....	106
Estudios comparativos entre sistemas	107
CAPÍTULO 3 – MEDICIÓN DE LA RESPUESTA DEL USUARIO.....	109
Introducción.....	110
Análisis desde la Psicología	111
Análisis desde la Psicofisiología.....	115
La estructura del cerebro	115
Medida de la actividad cerebral	116
Aplicación en el ámbito de la arquitectura	119
SECCIÓN 2	120
CAPÍTULO 1 - PRINCIPALES ACTORES EN INVESTIGACIÓN.....	121
Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería, i3B	121
Academia de Neurociencia para la Arquitectura, ANFA	127
Instituto de Neuroarquitectura y Diseño, NAD	137
Neuroarq Academy	138
Instituto de Neurociencia para la Arquitectura y el Diseño, INPAD MÉXICO	138
CAPÍTULO 2 – ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN	140
Estudio 1 - Identificación de los factores afectivos de un espacio.....	140
Estudio de López - Tarruella	140
Introducción	140

Objetivo	141
Estímulos.....	141
Participantes.....	142
Obtención de la respuesta del usuario.....	142
Análisis de datos.....	143
Discusión y conclusiones.....	143
Estudio 2 - Evaluación de un espacio en función de su color	145
Estudio de López – Tarruella.....	145
Introducción	145
Marco conceptual	145
Objetivo	148
Estímulos.....	148
Participantes.....	149
Obtención de la respuesta del usuario.....	150
Análisis de datos.....	150
Discusión y conclusiones.....	150
Estudio 3 - Respuesta emocional y psicofisiológica ante un espacio en función de su color	151
Estudio de López - Tarruella	151
Introducción	151
Marco conceptual	152
Objetivo	155
Estímulos.....	155
Participantes.....	155
Obtención de la respuesta del usuario.....	155
Análisis de datos.....	156
Discusión y conclusiones.....	156
Estudio 4 - Respuesta emocional y psicofisiológica ante un espacio en función de la presencia de la naturaleza	157
Estudio de López – Tarruella.....	157
Introducción	157
Objetivo	158
Estímulos.....	158
Participantes.....	161
Obtención de la respuesta del usuario.....	161
Desarrollo de la experiencia.....	162
Discusión y conclusiones.....	162

CONCLUSIONES	164
PROYECTO A FUTURO	166
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	168

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, diversas definiciones de Arquitectura han sido y son expresadas, destacando, por sólo hacer una breve selección, la de algunos grandes maestros:

“La arquitectura abraza una idea recóndita: intenta crear un paraíso. Si no tuviéramos esa aspiración, todas las casas parecerían más pobres, más banales y la vida sería..., en fin, ¿sería vida, en realidad?”, Alvar Aalto (1898-1976).

“Lo inesperado, lo irregular, la sorpresa, lo maravilloso..., forman parte esencial y característica de la belleza. He aquí lo que yo puedo decir sobre la arquitectura”. Oscar Niemeyer (1907-2012).

“Para mí, cada edificio es una circunstancia única que requiere una acción particular de creación. Es el encuentro entre toda la información que recibimos y mis sentimientos en ese momento”, César Pelli (1926-2019).

“Nuestras emociones viven en la arquitectura. Por consiguiente, el arquitecto debe respetar al ser humano, amarlo. ¿Cómo? Dándolo todo de sí mismo, aportando todo su saber y sus cualidades en la obra que se construye”, Santiago Calatrava (1951-).

Antecedentes

El descubrimiento de una copia manuscrita del libro *“De Architectura”*, de Vitruvio Polión, despertó un gran interés dentro del mundo de la Arquitectura y del humanismo.

Vitruvio, arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del siglo I a. C, compuso su obra *“De Architectura”*, probablemente escrita entre los años 27 a. C. y 23 a. C., como un compendio de todos los saberes arquitectónicos de su tiempo.

Es el tratado más antiguo sobre arquitectura que se conserva y el único de la Antigüedad clásica.

La obra, estructurada en diez libros, expone todos los conocimientos de su época sobre la teoría y la práctica arquitectónica, entendiendo por tal, no solo el arte de la construcción de edificios, a los que dedica los siete primeros libros, sino también las obras públicas y los diseños de máquinas para la construcción de edificios. Trata sobre órdenes, materiales, técnicas decorativas, construcción, tipos de edificios, hidráulica, colores, mecánica y gnomónica.

Vitruvio, estudia en el libro primero los principios de la arquitectura en general, así como la elección de los lugares propicios para edificar una ciudad o una casa. El volumen segundo lo dedica a los diferentes materiales utilizados en la construcción, como el ladrillo, la piedra, la cal, o la madera. En el tercer y cuarto libro, trata los templos y los órdenes arquitectónicos, pasando en el quinto ejemplar, a hablar de los edificios públicos. En el sexto, estudia los edificios privados y sus medidas, y el séptimo, lo dedica a la decoración y ornamentación de los edificios. El octavo libro está dedicado a la hidráulica con explicaciones sobre procedimientos para encontrar y conducir el agua. El noveno volumen es un tratado de Gnomónica, y el décimo, versa sobre el estudio de las máquinas de la construcción.

“De Architectura”, ofreció al artista del Renacimiento, imbuido de la admiración por las virtudes de la cultura clásica, tan propio de la época, un canal privilegiado mediante el cual reproducir las formas arquitectónicas de la antigüedad greco-latina, sentando las bases de la Arquitectura Renacentista. Posteriormente, se publicó en la mayor parte de los países y todavía, hoy, constituye una fuente documental insustituible, también por la información que aporta sobre la pintura y la escultura griega y romana.

El reconocido dibujo de Leonardo da Vinci “*El Hombre de Vitruvio*”, considerado durante siglos un canon de las proporciones del hombre, está basado en las expresiones matemáticas fijadas por Vitruvio para definir al “*hombre perfecto*”.

Entre las traducciones de su tratado, podemos oír a Vitruvio expresar: “*La arquitectura es una ciencia adornada de otras muchas disciplinas y conocimientos, por el juicio de la cual, pasan las obras de las otras artes.*”.

Y, admirados por su extraordinaria visión en aquellos tiempos, desde entonces, se evidencia la mirada hacia la Arquitectura como una ciencia interdisciplinaria, abierta, mutante.

Sostiene Vitruvio tan sabiamente entre las líneas de su libro:

“... Tiene, como las demás artes, principalmente la Arquitectura, aquellas dos cosas de significado y significante. Significado, es la cosa propuesta a tratarse. Significante, es la demostración de la cosa con razones científicas. Por lo que, parece, debe estar ejercitado en ambas, el que quiera llamarse Arquitecto. Deberá, pues, ser ingenioso y aplicado; pues ni el talento sin el estudio, ni éste sin aquel, pueden formar un artífice perfecto. Será instruido en las Buenas Letras, diestro en el Dibujo, hábil en la Geometría, inteligente en la Óptica, instruido en la Aritmética, versado en la Historia, Filósofo, Médico, Jurisconsulto, y Astrólogo”, Las bases arquitectónicas de Vitruvio se conjugan o descansan sobre tres principios fundamentales: *firmitas*, *utilitas* y *venustas*, es decir, resistencia, funcionalidad y belleza. Todo, pareciera ser, un verdadero acierto.

Dos milenios después, resulta indiscutible que el proceso de diseño arquitectónico sea una tarea muy compleja consistente en cristalizar una solución única que deba dar respuesta a una gran cantidad de condicionantes de muy distinta índole: técnicos, funcionales, estéticos, ambientales, sociales, legales, presupuestarios, entre otros.

Sin embargo, tradicionalmente, el profesional ha abordado el reto proyectual de forma personal e intuitiva basándose en su propia experiencia y sensibilidad.

Con el paso del tiempo, en la parte técnica, la *firmitas* de Vitruvio, se ha podido apoyar en buenas prácticas y, posteriormente, probadas teorías (física, geotécnica, resistencia de materiales, entre muchas otras) como criterios objetivos que, en cierta manera, garantizarán la idoneidad de las soluciones propuestas.

En lo relativo a lo funcional y lo estético, *utilitas* y *venustas*, sin embargo, no es tan inmediato adquirir una información objetiva que ayude a optimizar los diseños. Así, el proyectista puede analizar experiencias pasadas, propias o ajenas, acudir a obras ejemplares o tipologías clásicas, consultar guías de diseño o dejarse llevar por tendencias, modas, pero, al final, el resultado no dejará de ser una interpretación personal, una extrapolación de soluciones específicas previas a un nuevo problema específico.

Los ingenieros, arquitectos y otros profesionales del diseño suelen depender de la intuición y la experiencia personal en proyectos para tomar decisiones de diseño. Eso funciona en algún nivel, pero es limitado. No hay base para predecir qué tan buen trabajo hemos logrado, si los únicos criterios provienen de los antecedentes de nuestra propia experiencia como proyectistas.

De esta forma, si la responsabilidad del diseño recae únicamente en la capacidad y voluntad de un proyectista que, por gran empeño que dedique, es desconocedor de las

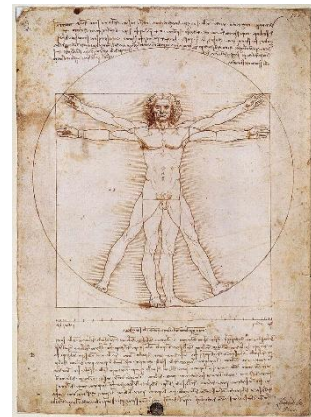


Figura 1- El hombre de Vitruvio . Interpretación de Leonardo da Vinci

necesidades y preferencias del usuario final, el resultado puede ser una solución que no satisfaga dichas necesidades completamente.

Y, mientras que la solidez de un diseño no es una cuestión debatible, lo es o no lo es, las componentes funcional y estética de un espacio concreto dependen en gran medida de las circunstancias de sus usuarios específicos.

Afortunadamente, horizontes nuevos están siendo descubiertos. Y, entre ellos, una nueva forma de validar la componente subjetiva de nuestros diseños, que se funda en la idea de obtener la información del propio usuario.

Este es el tema principal del presente trabajo: identificar, detectar y obtener las necesidades y preferencias de los usuarios de los ambientes que proyectamos, y demostrar la relación íntima existente entre las personas y el entorno construido (relación hombre/entorno), para disponer de información objetiva que aporte valor al diseño, bajo el propósito fundamental de diseñar espacios emocionalmente eficientes.

En conclusión, existen muchas formas de entender la Arquitectura, posiblemente todas ellas válidas en su contexto, pero no debemos olvidar que, en último término, las personas deben ser el centro, porque la Arquitectura es para ellos.

En este sentido resulta revelador que Vitruvio, dos milenios después, sea recordado no solo por sus tres principios de la arquitectura, sino también por su preocupación por registrar la medida del hombre.

Algo que hoy en día, seguimos intentando...

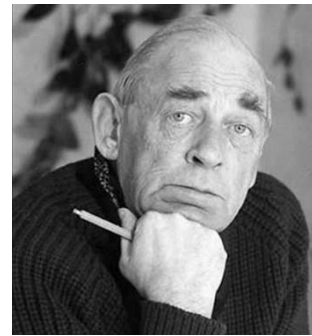


Figura 2 – Arq. Alvar Aalto

“Hacer más humana la arquitectura significa hacer mejor arquitectura y conseguir un funcionalismo mucho más amplio que el puramente técnico”

Motivaciones y justificaciones

Mientras que, por un lado, el grado de prestaciones exigidas a los edificios no deja de crecer, con el consiguiente incremento de dificultad técnica, por otro lado, la tecnología nos abre un abanico de posibilidades impensables hace apenas unas décadas. En nuestro ámbito se está afianzando la metodología BIM, que promete un aumento del nivel de productividad y de coordinación en el proceso de diseño, y está iniciando su andadura la Realidad Virtual que, se dice, va ser algo común en los próximos años.

Al mismo tiempo, y afortunadamente, incontables son los avances en Neurociencia y medida del ser humano. Expertos expresan que el 2014 fue el año europeo del cerebro, y dicen que éste, será su siglo. Por lo tanto, no es desacertado pensar que, a medio plazo, tecnologías y conocimientos del ámbito de la Neurociencia y medición psicofisiológica comiencen a tener aplicación práctica en la vida doméstica.

En este sentido, es difícil que esta efervescencia, estos cambios que se han producido y se están produciendo, no altere la forma de entender y abordar la Arquitectura. Expertos comentan al respecto que *“una revolución silenciosa está en marcha, una que podría cambiar la práctica de la Arquitectura durante años a venirse.”*, y son precisamente las palabras que alientan y fomentan el presente trabajo.

Al respecto, Robert Brandt escribe en *“Diseño informado: impulsando la innovación con un Diseño Basado en la Evidencia”* (*Design Informed: Driving Innovation with Evidence-Based Design*) que la arquitectura ha evolucionado de una concepción eminentemente formal, basada principalmente en la intuición y la experiencia, a garantizar la eficiencia de las edificaciones mediante información cuantitativa y modelos geométrico-matemáticos, pero aún falta un último salto hasta una arquitectura centrada en la eficiencia del ser humano, para lo cual habrá que interiorizar conocimientos en áreas como las Ciencias Sociales, la Psicología o la Neurociencia. En este sentido, apunta que la tecnología actual nos ayuda a diseñar, pero, en un futuro próximo, nos va a ayudar a saber cómo diseñar.

En su libro, Robert Brandt sostiene, y en todo acuerdo con él, que todo este cambio de pensamiento es una revolución que está cambiando suave pero inexorablemente la Arquitectura, mirando a la ciencia como el medio para mejorar resultados de diseño, lo que él expresa como *“El poder de la evidencia para crear excelencia en el diseño”*.

Todas estas circunstancias, que he tratado de exponer de manera sucinta, han guiado mi interés investigador hacia la aplicación de nuevos enfoques en la Arquitectura.

Este Proyecto Final de Carrera es el resultado de mi interés en comprender, con base en la ciencia, cómo el entorno tiene el poder de cambiar la mente de las personas, y cómo las últimas tecnologías de visualización inmersiva y las herramientas del investigador del comportamiento humano, pueden aportar valor en el proceso de diseño arquitectónico centrado en el usuario, con el objeto de diseñar espacios con excelencia, emocionalmente eficientes.

Por lo tanto, si es posible obtener dicha información, los interrogantes que surgen y que motivan el desarrollo del presente, se relacionan con cuestiones como:

¿Puede un edificio, realizado de materia inerte, hacernos sentir angustiados o felices, aburridos o estimulados, comprometidos o indiferentes?, ¿puede una oficina o edificio administrativo lograr incrementar el rendimiento de sus trabajadores, consiguiendo a la vez, un aumento en su bienestar?, ¿puede una escuela, facultad o universidad, obtener una mejora en la concentración y estimulación de sus alumnos?, ¿puede un hospital acelerar los procesos de recuperación de sus pacientes, mejorando su estado de ánimo y disminuyendo el tiempo de estadía?, ¿puede una sala de lactancia generar mayor sensación de bienestar, tranquilidad y comodidad?, ¿puede una sala de neonatología,

o una sala pediátrica, aumentar el ritmo de mejora en sus pequeños pacientes?, ¿puede una cárcel fomentar la buena conducta de sus prisioneros, mejorando su futura inclusión social?, ¿puede una carretera o una senda peatonal, generar mayor seguridad, disminuyendo el estrés de los conductores y peatones?...

Pues, sí, es posible. Y esa posibilidad, justifica la motivación del desarrollo del presente. Esa posibilidad moviliza, inquieta e incita a ir en busca de la intencionalidad de nuestros proyectos, cuyo fin debe ser la convivencia, en plenitud, placer y bienestar, entre el espacio arquitectónico y quienes lo habitan.

“Unir lo visual y estético con el sentir y poder de lo invisible”, Marta Ribas.

Un viaje de ida.

Objetivo central

El objetivo principal de este trabajo es sensibilizar el diseño arquitectónico, incluir las emociones para llegar a un *“Diseño consciente”* y estimular las vivencias en entornos creados bajo un *“Diseño multisensorial”*, dejando constancia de la importancia de ubicar a la persona como principal actor en los ambientes que diseñamos, haciéndolo el principal partícipe en las fases de diseño; comprobar la profunda sinergia usuario-entorno; identificar los factores afectivos que caracterizan un espacio y su influencia en la valoración del usuario; estudiar las relaciones entre preferencias, respuesta afectivo/emocional y fisiológica del usuario ante un espacio arquitectónico; conocer e indagar acerca de las disciplinas que han tratado de forma científica dicha relación, investigando acerca de las características y cualidades de cada medio de simulación, los que nos permiten obtener las necesidades y preferencias de los usuarios y su respuesta ante entornos definidos arquitectónicamente; hallar las variables de diseño que garantizan la concepción de espacios emocionalmente eficientes en función de su uso, y disponer de información objetiva que aporte valor al diseño final, logrando así, la excelencia en el diseño.

Estructura del proyecto final de carrera

Este Proyecto Final de Carrera se estructura en una primera sección, teórica, que expone las bases del trabajo; y una segunda sección que presenta los principales actores en investigación y el desarrollo de cuatro estudios experimentales.

La primera sección, *“Antecedentes teóricos y experimentales”*, comprende tres capítulos:

El capítulo 1, *“Antecedentes teóricos”*, recorriendo la historia de la Arquitectura y descubriendo los principales personajes referentes, trata las disciplinas que han estudiado la relación entre el entorno arquitectónico y la respuesta del ser humano. Esto incluye, desde distintos enfoques, la Psicología Ambiental, el Diseño Basado en la Evidencia y, más recientemente, la Neuroarquitectura.

El capítulo 2, *“Sistemas de simulación”*, tiene por objeto comprender y resaltar el trabajo realizado por los especialistas en las disciplinas descritas en el capítulo 1, al indagar en las diversas formas de representación de la arquitectura y su evolución a lo largo de la historia, haciendo foco en la simulación de entornos, reales o imaginarios.

El capítulo 3, *“Medición de la respuesta del usuario”*, trata las diversas formas de obtener información del usuario con el fin de utilizarla en el diseño arquitectónico de los espacios en los que se sumerge. Se destacan dos enfoques, de respuesta subjetiva o autoevaluada desde el ámbito de la Psicología, y de respuesta objetiva a partir de registros psicofisiológicos. Se trata en este capítulo, además, la metodología Kansei, como un sistema de obtención de información del usuario de gran interés en el ámbito del diseño y la ergonomía.

La segunda sección, *“Estudios de investigación”*, comprende dos capítulos:

El capítulo 1, *“Principales actores en investigación”*, busca destacar la incesante labor de los principales grupos de investigación que, a nivel internacional, estudian, analizan y sientan las bases para lograr una Arquitectura para y por la sociedad. Como entidades referentes se encuentra la Academia de Neurociencia para la Arquitectura (ANFA) y el Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) con sus cinco unidades de investigación (LabLENI, LabDesign, DUX, NARCH y CVBLab).

El capítulo 2, *“Estudios de investigación”*, presenta cuatro estudios experimentales realizados por los investigadores López-Tarruella de la Universidad Politécnica de Valencia, cada uno de los cuales presenta su propia introducción, materiales y métodos, resultados y discusión:

El Estudio 1, *“Identificación de los factores afectivos de un espacio”*, tiene como objetivos identificar los factores afectivos que caracterizan un espacio y su influencia en la valoración del usuario (primera fase Kansei) y obtener una clasificación previa de diferentes soluciones de diseño en función de dichos factores.

El Estudio 2, *“Evaluación de un espacio en función de su color”*, tiene como objetivo evaluar la influencia de la variable *“color”* en la valoración de un espacio en relación a los factores afectivos de dicho espacio.

El Estudio 3, *“Respuesta emocional y psicofisiológica ante un espacio en función de su color”*, desarrolla el análisis conjunto de la respuesta subjetiva y objetiva, y tiene como misión estudiar las relaciones entre preferencias, respuesta psicométrica y fisiológica del usuario ante variaciones de color en un entorno predefinido.

Por último, el Estudio 4, *“Respuesta emocional y psicofisiológica ante un espacio en función de la presencia de naturaleza”*, desarrolla el análisis conjunto de la respuesta subjetiva y objetiva ante la presencia de naturaleza como variable de diseño.

Cierra este trabajo un último apartado de *“Conclusiones”* generales, las bases de *“Proyecto a futuro”* en mi ámbito personal y profesional, y la *“Bibliografía consultada”* (eternamente agradecida a las innumerables fuentes existentes que brindan sus conocimientos, un valor fundamental para sentar las bases a nuestras inquietudes).

SECCIÓN 1

CAPÍTULO 1 - ANTECEDENTES TEÓRICOS

“Si se ignora al hombre, la arquitectura es innecesaria”, Alvaro Siza Vieira.

Desde la antigüedad, el hombre se ha valido de los edificios para expresar y provocar determinadas emociones en las personas.

En la arquitectura religiosa, los templos, las tumbas y las catedrales, lograban crear un ambiente sagrado, misterioso, monumental, donde la persona experimentaba la sensación de creer en algo más grande y poderoso que ellos mismo, de creer en un creador superior a todo lo demás, y ello, se lograba gracias a la elección apropiada de la escala, la gradación de las alturas, el uso deliberado de la iluminación, la acústica, la simetría, etc.

Un indiscutible ejemplo de ello, y que seguramente invadió la mente de muchos lectores, es *“La Sagrada Familia”* del arquitecto catalán Antonio Gaudí, *“La obra de todos y para todos”*, un verdadero signo de identidad de Barcelona, España.

Y tal es así que, si bien apenas empezamos, no podemos simplemente mencionarla. De hecho, haremos una breve pausa antes de avocarnos en nuestros objetivos. Los invito a que recorramos y analicemos juntos esta obra magnífica; los invito a interiorizarnos con nuestras emociones y hacer el ejercicio de reconocer, antes de conocer los motivos, cómo los entornos nos movilizan...

“... Una iglesia, el único edificio digno de respetar el sentimiento de un pueblo, dado que la religión es la cosa más elevada del hombre.” sostenía la Asociación de Devotos de San José, quien había encargado la construcción del gran Templo Expiatorio con el objeto de respaldar la cultura cristiana. La iglesia tenía que ser la expresión tangible y el punto de referencia de la religiosidad popular y, en respaldo de la familia cristiana, debía divulgar el modelo de la Sagrada Familia de Nazaret.

La obra de *La Sagrada Familia* inició en el año 1882, en base a un proyecto del arquitecto Francisco de Paula del Villar, quien estuvo al frente sólo durante un año, ya que sería luego sucedido por Antonio Gaudí. Su nuevo proyecto era mucho más ambicioso que el propuesto por su antecesor, en su mente, el artista ya visualizaba la grandiosidad del monumento elevándose hacia el cielo. Así, Antonio Gaudí proyectó *La Sagrada Familia* con una gran verticalidad y altura, para que fuese visible desde toda Barcelona. Su proyecto contemplaba la construcción de un templo con 5 naves, crucero, ábside, deambulatorio exterior, 3 fachadas y 18 torres.

Se trata de la obra más compleja y singular de todas las que Gaudí emprendió a lo largo de su carrera profesional y a la que dedicó 43 años de su vida, los primeros en simultáneo con otros proyectos, pero los últimos 12 años, los consagró exclusivamente a *“la obra más importante de su vida”*.

Lentamente, tomaría forma la gran utopía de una iglesia edificada tan sólo con las donaciones de sus fieles, en medio de la pobreza y del fervor religioso.

Antoni Gaudí, que pretendía crear el templo perfecto, plasma la vida de Jesús y la historia de la fe. Entre los elementos cargados de un gran simbolismo religioso, se encuentran las dieciocho torres diseñadas por Gaudí, todas dedicadas a importantes personajes de la Biblia, reflejando su jerarquía religiosa a través de la gradación de alturas. Doce torres representan a los apóstoles, cuatro a los evangelistas, una a la Virgen María y la más altas de todas, a Jesucristo. Esta última, caracterizada por estar

rematada por una cruz que alcanzaría los 172 metros de altura, lo que convertirá a la Basílica en la más alta del mundo cuando se finalice su construcción (estimada para el año 2026, coincidente con el centenario de la muerte de Gaudí).

La basílica tiene tres simbólicas fachadas: la fachada del *Nacimiento*, dedicada al nacimiento de Cristo, se trata de una fachada profusamente decorada y llena de vida; la fachada de la *Pasión*, algo más austera y simplificada que las demás, pretende reflejar el sufrimiento de Jesús durante la Crucifixión; y la fachada principal, la de la *Gloria*, mucho más grande y monumental que el resto, representa la muerte, el Juicio Final, la Gloria y el infierno.



Figura 3 – Detalles de la fachada del Nacimiento



Figura 4 - San José, una figura destacada en la fachada del Nacimiento



Figura 5 - Detalles de la fachada de la Pasión

El interior de la Sagrada Familia, simboliza la espiritualidad celestial. Para diseñarlo, Gaudí se inspiró en las formas orgánicas de la naturaleza, creando columnas con forma de tronco de árbol que convierten el interior del templo en un enorme bosque, con la intención de invitar al recogimiento (y vaya que lo logró).

A esta genialidad artística, se añade un elemento vivo: la luz natural, que se filtra por decenas de vidrieras y que, con un ingenioso sistema, se desliza por el interior del templo, proponiendo un espectacular juego de sensaciones, cubriendo todos los rincones de distintas tonalidades, según el color del cristal y la luminosidad y hora del día.

Una obra maestra de Gaudí construida durante más de un siglo, es, en sí mismo, un fascinante universo simbólico, repleto de historia, curiosidades y detalles arquitectónicos sorprendentes.

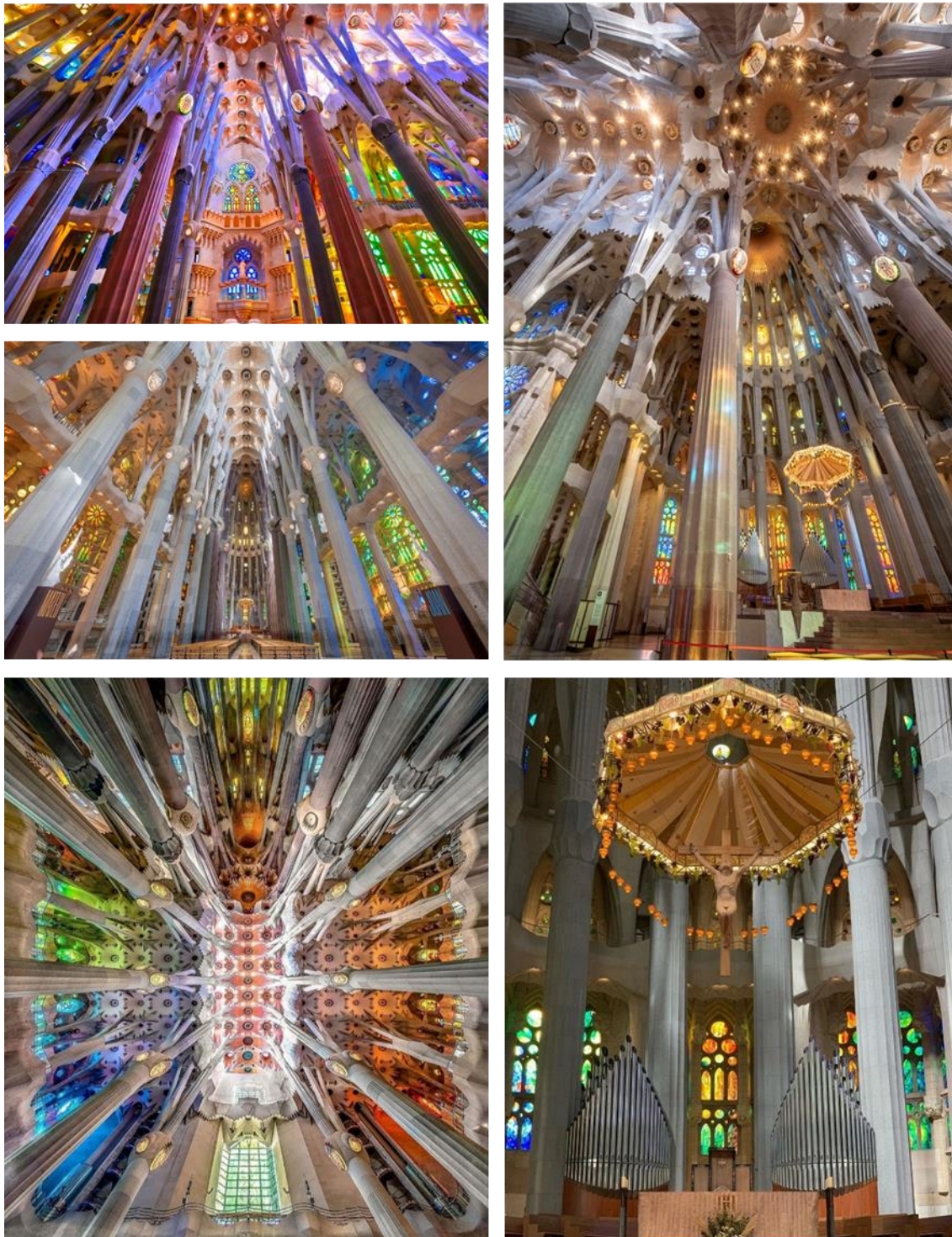


Figura 6 - Detalles del interior de la Sagrada Familia. Arq. Antonio Gaudí

Una vez experimentadas las sensaciones que despierta la observación de fotografías de *La Sagrada Familia* de Gaudí, se puede tomar rumbo hacia otros escenarios, en los que, utilizando recursos arquitectónicos similares, los poderes terrenales también se sirvieron de esta capacidad de la arquitectura para transmitir ideas, estados de ánimo y sentimientos. El lujo y la grandiosidad con que reyes, príncipes y emperadores construyeron sus palacios y sedes de gobierno ayudaban a consolidar y a fortalecer su imagen y su poder frente al pueblo. A fines del siglo XVIII, el entorno construido también

se empleó para controlar la conducta de los prisioneros en las cárceles con la aplicación del modelo panóptico de Bentham.

Proveniente del griego *Pan-opticón*, “*verlo todo*”, este modelo de prisión fue ideado por el filósofo alemán Jeremy Bentham en 1791, en el cual la exposición visual provocaba que las sensaciones de vigilancia y control fueran omnipresentes.

Caracterizado por una disposición de las celdas en forma circular, con caras interiores completamente translúcidas, sin conexión entre cámaras contiguas, y una torre de vigilancia alzada en el centro del predio, desde donde se podía vigilar a todos los internos permanente e ininterrumpidamente. A su vez, dicha torre de control era ocultada a través de una celosía, impidiendo que los reclusos pudieran saber si eran o no observados.

Esta forma arquitectónica, válida para cualquier institución, permite el control sobre la existencia de los individuos, afecta directamente la manera de percibir el mundo por parte del prisionero, privándolos de toda intimidad, al otorgarle el poder completo al vigilante.



Figura 7 – Modelo Panóptico aplicado en una cárcel de Cuba

En Argentina, el modelo fue empleado en la Cárcel de Caseros en Buenos Aires (cerrada en 2001, utilizada luego como lugar de grabación de la miniserie “Tumberos” y “El Marginal”).

Entonces, así, a través de un uso adecuado de la composición y el diseño de los edificios, los arquitectos de todas las épocas han sabido intuitivamente cómo movilizar las emociones del hombre, modelando sus percepciones y su pensamiento.

Diseño centrado en el usuario

“La función de la arquitectura debe resolver el problema material sin olvidarse de las necesidades espirituales del hombre”, Luis Barragán.

En las últimas décadas, ha ido cobrando atención en el ámbito del diseño arquitectónico lo que se conoce como *“Diseño centrado en el usuario”*, el cual tiene como objetivo principal satisfacer las necesidades de los usuarios, reales o potenciales, en todas sus dimensiones, atendiendo conscientemente a sus emociones.

Pero, ¿cuáles son realmente las necesidades del usuario?

En este sentido, el psicólogo humanista Abraham Maslow presenta la *“Teoría de la jerarquía de las necesidades humanas”*, también conocida como *“Pirámide de Maslow”*, la cual, centrada en la motivación de los individuos, trata de explicar qué impulsa la conducta humana, y cómo es el comportamiento del hombre según sus necesidades.

Según Abraham Maslow, nuestras acciones nacen de la motivación dirigida hacia el objetivo de cubrir ciertas necesidades, las cuales pueden ser ordenadas según la importancia que tienen para nuestro bienestar.

Como humanista, su idea era que las personas tienen un deseo innato para autorrealizarse, para ser lo que quieren ser, y que cuentan con la capacidad para perseguir sus objetivos de manera autónoma si se encuentran en un ambiente propicio. Sin embargo, los diferentes objetivos que se persiguen en cada momento dependen de qué meta se han conseguido y cuáles quedan por cumplir, según la pirámide de necesidades.

La Pirámide de Maslow, parte de las necesidades más básicas a las necesidades más complejas, cuya jerarquía está compuesta por cinco niveles. Las necesidades básicas se ubican en la base de la pirámide, mientras que las necesidades más complejas se encuentran en la parte alta. Así, las cinco categorías de necesidades que van atravesando los seres humanos, en orden ascendente, son: fisiológicas, de seguridad y protección, sociales de afiliación y afecto, de estima y reconocimiento, y de autorrealización.

Este orden se debe a que Maslow sostenía que, recién cuando las personas tengan cubiertas sus necesidades básicas pasarán a otras necesidades más avanzadas, es decir, subirán de nivel en la pirámide. A medida que vayan satisfaciendo las necesidades más básicas, las personas desarrollarán deseos más elevados hasta llegar a la cima.

En este sentido, Maslow estaba interesado en descubrir qué mueve a las personas en su forma de comportarse y por qué algunas se sienten más satisfechas que otras con sus elecciones.

Nivel 1 - Necesidades fisiológicas: incluyen las necesidades vitales para la supervivencia y son de orden biológico. Dentro de este grupo, se encuentran necesidades como: necesidad de respirar, de beber agua, de dormir, de comer, de refugio. En este estrato de necesidades se encuentran aquellas que hacen posibles los procesos biológicos más fundamentales que permiten que la existencia del cuerpo sea viable. Proporcionan cobertura a las funciones fisiológicas que mantienen el equilibrio en nuestros tejidos, células, órganos y, especialmente, nuestro sistema nervioso. De acuerdo al pensamiento de Maslow, estas necesidades son las más básicas en la jerarquía, ya que las demás necesidades son secundarias hasta que no se hayan cubierto las de este nivel.

- Nivel 2 - Necesidades de seguridad: incluye las necesidades de seguridad que son necesarias para vivir, pero están a un nivel diferente que las necesidades fisiológicas, es decir, hasta que las primeras no se satisfacen, no surge un segundo eslabón de necesidades que se orienta a la seguridad personal, al orden, la estabilidad y la protección. Puede decirse que las necesidades que pertenecen a este nivel tienen que ver con las expectativas y con el modo en el que las condiciones de vida permiten desarrollar proyectos a medio y a largo plazo. Se fundamentan en una especie de "colchón" basado tanto en bienes como en derechos y capital social. Aquí figuran: la seguridad física, de empleo, de ingresos y recursos, familiar, de salud, etc.
- Nivel 3 - Necesidades sociales, de afiliación y afecto: Maslow describe estas necesidades como menos básicas, y tienen sentido cuando las necesidades anteriores están satisfechas. Esta necesidad se expresa cuando las personas buscan superar los sentimientos de soledad, y sentir que hay vínculos afectivos entre ellas y ciertas personas, es decir, cuando se intenta trascender el ámbito individual y establecer vínculos con el entorno social. Estas necesidades se presentan continuamente en la vida diaria, cuando el ser humano muestra deseos de casarse, de tener una familia, de ser parte de una comunidad, ser miembro de una iglesia o asistir a un club social. La pertenencia a un colectivo, ya sea más o menos pequeño, ayuda a aportar sentido a lo que se hace en el día a día, y, además, el contacto personal y las relaciones sociales que favorecen estos lazos nos estimulan de un modo que, para Maslow, la experiencia resultante puede ser calificada de necesidad. Ejemplos de estas necesidades son el amor correspondido, el afecto y la pertenencia o afiliación a un cierto grupo social.
- Nivel 4 - Necesidades de estima y reconocimiento: tiene que ver con el modo en el que nos valoramos nosotros mismos y nos valoran los demás, el resto de la sociedad. Tras cubrir las necesidades de los tres primeros niveles, aparecen las necesidades de reconocimiento como aquellas que favorecen el fortalecimiento de la autoestima, el reconocimiento hacia la propia persona, el logro particular y el respeto hacia los demás; al satisfacer dichas necesidades, la persona se siente segura de sí misma y piensa que es valiosa dentro de la sociedad. Según Maslow existen dos necesidades de reconocimiento: una inferior, que incluye el respeto de los demás, la necesidad de estatus, fama, gloria, reconocimiento, atención, reputación, y dignidad; y otra superior, que determina la necesidad de respeto de sí mismo, incluyendo sentimientos como autoconfianza, competencia, logro, independencia y libertad.
- Nivel 5 - Necesidades de autorrealización: en el nivel más alto se encuentra el desarrollo espiritual, moral, la búsqueda de una misión en la vida, la ayuda desinteresada hacia los demás, etc. Este nivel de la pirámide de Maslow es uno de los rangos de la jerarquía de necesidades más difíciles de definir, porque tiene que ver con objetivos altamente abstractos y que no se consiguen con acciones concretas, sino con cadenas de acciones que se producen durante periodos relativamente largos. Por consiguiente, cada individuo tendrá necesidades de autorrealización diferentes y personalizadas.

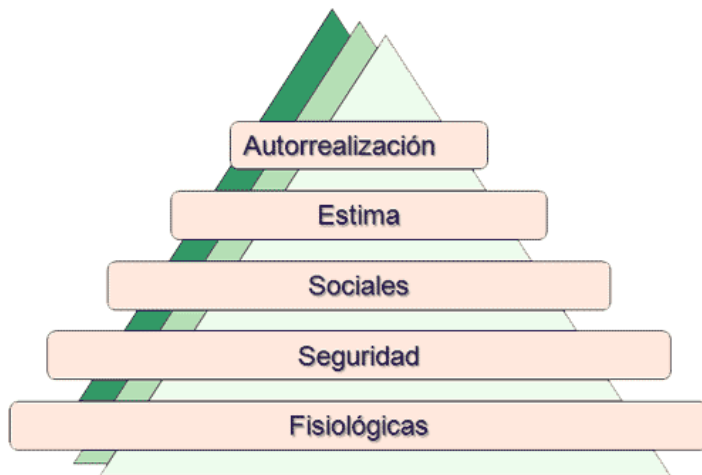


Figura 8 – Jerarquía de las necesidades humanas según la Pirámide de Maslow

Evidentemente, la pirámide de Maslow representa un aporte importante en un cambio de visión dentro de la Psicología. Su enfoque, inspira entusiasmo, ya no parte del supuesto de que las personas son seres pasivos, ni se centra en las conductas patológicas. El estudio de las motivaciones y de los patrones de conducta no vinculados a los trastornos mentales llegó a ser una muestra de que la Psicología no tiene por qué limitarse a la salud mental.

Además, los trabajos de Maslow fueron un primer intento de estudiar algo de suma importancia: *el bien común*, esos elementos contextuales que son prioritarios para todas las personas. También ha tenido una gran repercusión en el mundo empresarial, especialmente en el marketing y en el universo de los Recursos Humanos, también en el deporte, y, afortunadamente, ha llegado a la arquitectura.

El hecho de que establezca una jerarquía de necesidades aporta una manera fácil e intuitiva de establecer planes para motivar y para generar productos, espacios y entornos atractivos dependiendo del tipo de personas sobre las que se pretenda influir, siendo el germen del *“Diseño Emocional, Centrado en el Usuario”*.

Y de esta “sensibilización”, es donde surge la búsqueda de atender a las emociones del hombre, incorporando a la arquitectura un concepto extremadamente complejo, cuya definición, génesis y alcance ha ido generando, a lo largo de la historia, muy diversas teorías y amplio debate, tratando su naturaleza innata o social, su universalidad, o su origen fisiológico o cognitivo.

“La emoción es una experiencia afectiva, en cierta medida agradable o desagradable, que supone una cualidad fenomenológica característica y que compromete tres sistemas de respuesta: cognitivo - subjetivo, conductual - expresivo y fisiológico - adaptativo”, según expresa Chóliz.

De lo que sí se tiene evidencia, es que la emoción es una *“reacción adaptativa y social al entorno”* que ejerce influencia en numerosos procesos cognitivos como la percepción, la atención, la memoria, la toma de decisiones, y las preferencias.

Además, se sabe que el efecto emocional de estímulos no percibidos conscientemente, como puede ser el entorno arquitectónico, ejerce una influencia constatable en la propia valoración del estado anímico de las personas. O, dicho de otro modo, la configuración atractiva o repulsiva de un espacio puede condicionar nuestro estado emocional en él, incluso, aunque no prestemos atención consciente al entorno.

Los métodos de diseño arquitectónico basados en la respuesta del usuario permiten conocer sus verdaderas necesidades y requerimientos, así como su jerarquía subyacente, y las emociones y sentimientos experimentados, consciente e inconscientemente, facilitando la adopción de criterios de diseño con base en la evidencia.

Estudio de la relación entre la persona y el entorno

Como se sabe, el objetivo de la ciencia es adquirir conocimiento sobre los fenómenos que tienen lugar en la naturaleza para explicarlos, predecirlos y controlarlos. Este conocimiento se adquiere por la rigurosa aplicación del método científico, el cual es racional, metódico, sistemático, verificable y provisional. Se apoya en conocimientos previos y se construye a partir de teorías e investigación científica.

Durante la investigación científica en el marco del *Diseño Centrado en el Usuario* nos encontramos dos dificultades principales. En primer lugar, la información que va a generar el conocimiento científico proviene de un usuario no experto en el tema de estudio, y, en segundo lugar, y en contraposición a las ciencias exactas, nos vamos a enfrentar a la dificultad de volver empíricas ciertas cualidades subjetivas como son los sentimientos o las emociones.

El estudio sistemático y científico de la relación entre el usuario y la arquitectura se ha tratado principalmente desde dos disciplinas.

Por un lado, la *Psicología Ambiental* ha sido la primera en intentar comprender cómo el espacio afecta a las personas y cómo las personas afectan al espacio desde el prisma de las ciencias sociales y con el foco puesto en los mecanismos mentales de cognición y emoción humana que rigen dichas relaciones.

Por otro lado, el *Diseño Basado en la Evidencia*, EBD por sus siglas en inglés Evidence-Based Design, que se corresponde al traslado, desde la medicina al mundo de la Arquitectura, del concepto *Medicina Basada en la Evidencia*, y ha tratado de desarrollar guías prácticas de diseño arquitectónico con el objeto de mejorar el bienestar de los usuarios, principalmente en edificios sanitarios. Con este objetivo ha abarcado una gran variedad de temas, desde las preferencias estéticas y la sensación de bienestar emocional, hasta el confort higrotérmico, la ergonomía, la reducción del riesgo de accidentes y contagios, la percepción de calidad en el servicio o la satisfacción del cliente y el personal.

Sin embargo, desde finales del siglo pasado, los avances tecnológicos en imagen cerebral y medición psicofisiológica han posibilitado los primeros pasos en *Neurociencia aplicada a la Arquitectura*, también conocida como *Neuroarquitectura*, permitiendo recoger la respuesta del usuario ante el espacio arquitectónico que lo rodea, directamente de su cerebro.

En los siguientes apartados se describen con más detalle estas tres disciplinas que tratan la relación entre la persona y el entorno arquitectónico, aunque ha de quedar constancia que no son materias aisladas, sino que, en muchas ocasiones, los límites entre ellas son difusos e inexistentes, y, de hecho, es, la fusión y retroalimentación entre ellas, lo que potencia los resultados obtenidos.

Por lo tanto, los invito a navegar en aguas multidisciplinares...

Psicología Ambiental

Toda conducta tiene lugar siempre y necesariamente en un contexto ambiental. Esta afirmación, no especialmente reveladora, es una forma de llamar la atención sobre el papel que puede desarrollar el ambiente en la experiencia y el comportamiento humano. Un papel que la Psicología, durante muchos años, ha mantenido postergado.

En el momento en que nos situamos ante un determinado entorno se ponen en marcha un conjunto de mecanismos fisiológicos y psicológicos que permiten captar este entorno y hacernos una idea de cómo es, qué podemos encontrar y qué podemos hacer en él. Las sensaciones recibidas, son integradas en unidades de contenido y significado que nos permiten reconocer, comparar o explorar el entorno, experimentar sensaciones o emociones y actuar en consecuencia, integrando las motivaciones e intereses personales, las características ambientales y el contenido social que se deriva del propio contexto. En definitiva, tener una experiencia ambiental. En todo este proceso, los factores involucrados se encuentran claramente relacionados entre sí, de tal manera que no podemos, a nivel experiencial, fragmentar o separar en el tiempo los diferentes elementos que contribuyen a nuestra experiencia ambiental.

Sin embargo, los seres humanos no tenemos tan solo la necesidad imperiosa de relacionarnos con nuestros entornos. También necesitamos, con la misma intensidad, relacionarnos con nuestros semejantes, es decir, desarrollar comportamiento social. Y esto nos permite configurar nuestra propia identidad, mantener experiencias positivas, crecer como personas, y situarnos en el mundo ajustados a un contexto.

Este mundo del que se habla, está compuesto tanto por dimensiones físicas como personales y sociales, lo que nos llevaba a hablar entonces de "*entornos socio-físicos*" donde lo ambiental y lo psicosocial coexisten sin solución de continuidad y se definen mutuamente uno a otro.

Del estudio y análisis de esa interrelación e interacción entre el ser humano y su entorno, y viceversa, se ocupa la *Psicología Ambiental*, una disciplina dentro de la Psicología Social.

La Psicología Ambiental pone el foco en las diferentes variables de conducta psicológicas de las personas en relación con el intercambio que se produce con los diversos entornos en los que se sumerge. En este sentido, el medio ambiente no se trata como un espacio neutral, sino como un entorno marcado de significados; consiste en un contexto en el cual las dimensiones espacio-temporales adquieren una gran importancia, así como los significados sociales, culturales y de sistemas de valores y creencias que se desarrollan en el mismo. En definitiva, es el espacio el que construye el funcionamiento de la persona, y, el comportamiento del ser humano, es el que, a su vez, modela ese entorno.

La Psicología Ambiental se interesa tanto en el contexto como en la manera en la cual el lugar de vida es apropiado por aquellos que lo habitan. El medio ambiente no es únicamente un espacio neutro ni está exento de valores, sino que tiene una verdadera función ya que es parte integrante del comportamiento humano. El marco de vida en el cual los individuos viven y se desarrollan, condiciona la identidad del individuo y lo sitúa tanto en el ámbito social, como económico y cultural.

La Psicología Ambiental comparte con otras disciplinas el estudio de los entornos físicos donde se desarrolla la experiencia humana. Por ello, desde sus propios orígenes hasta su aplicación práctica, se caracteriza por adoptar perspectiva interdisciplinar donde la Psicología comparte frentes comunes con la Arquitectura, la Biología, la Ergonomía, la Geografía, la Antropología, entre otras especialidades.

A partir de su estudio, el medio ambiente nos informa sobre los individuos, sobre sus valores e intereses. Y cuando de medio ambiente o entorno se habla, en la Psicología Ambiental se refiere tanto, al medio ambiente natural como al medio ambiente construido o acondicionado por el mismo hombre. El primero, abarca ecosistemas, recursos naturales y fenómenos naturales, y, el segundo, el hábitat de las personas. En definitiva, se trata de analizar el comportamiento y la experiencia humana en los

escenarios en donde tiene lugar: edificios, calles, ascensores, parques, espacios naturales o cualquier otro lugar que las personas ocupen.

De acuerdo a las habilidades perceptivas personales, la edad, la actividad habitual, el género, la experiencia o la familiaridad con el entorno, los juicios estéticos, la cultura, si el entorno es urbano o rural, la profesión, entre otras variables, es lo que define cómo una persona percibe el entorno, cómo percibe sus características físicas, informacionales, cognitivas y simbólicas, y también cómo todo ello la lleva a elaborar actitudes o juicios en relación con el espacio que, aunque no lo determinan completamente, contribuyen sin duda a explicar cómo se comporta en él y respecto a él.

Sin embargo, para la Psicología Ambiental, el entorno físico no es sólo un escenario donde se desarrolla la interacción hombre-entorno, sino un elemento más de la interacción social entre las personas. De esta manera, las características, disposiciones o configuraciones ambientales contribuirán a definir la interacción social, los roles de los interactuantes o el propio contenido de la interacción.

A partir de lo anterior, se plantean cuatro niveles de interacción entre el hombre y su medio, y el hombre y la sociedad, y se los denomina: micro ambiente, ambiente de proximidad, macro ambiente y ambiente global.

El primer nivel, denominado micro ambiente, hace referencia al espacio privado o individual de la persona. Se trata de los lugares de los cuales se tiene el control total, y que son muy importantes para el bienestar individual. Es el lugar de permanencia, de estabilidad, donde se experimenta el sentimiento de seguridad, en donde se desarrolla la vida privada. Se trata del espacio personalizado, delimitado por barreras físicas o simbólicas.

El segundo nivel, es el ambiente de proximidad, el espacio semi-público o semi-privado, donde el espacio y el control de él, es compartido. El apego afectivo puede ser fuerte o no, según si el espacio es hostil o no; por lo que se producen conexiones afectivas si hay simpatía, correspondencias e intereses, pero no solamente de carácter físico, por ser bello o comfortable, sino también de orden social, al generarse lazos con otras personas.

El tercer nivel, es el macro ambiente, y refiere al espacio público, donde el control es librado y sobre todo es delegado. Se trata de un agregado de individuos en un espacio común. La ciudad se convierte en el espacio de la diversidad de elecciones, de facilidad de encuentros, pero a su vez, se convierten en lugares de anonimato, y surge entonces un sentimiento de vulnerabilidad, de inseguridad a causa de la delincuencia, de la polución y de la aglomeración.

Y, por último, el cuarto nivel, es el ambiente global, la dimensión planetaria, en el cual el control está fuera de las posibilidades individuales, pero donde aparece la noción de *bien común*.

Breve reseña histórica

La preocupación por los aspectos ambientales en el primer tercio del siglo XX, no es meramente una preocupación teórica y epistemológica por la manera de explicar la incidencia del entorno en el desarrollo de las personas, frente a su dimensión biológica. Sino que es también una respuesta a una sociedad en transición, convulsionada por cambios geopolíticos, tecnológicos, sociales, migraciones, concentración urbana, aparición de nuevas marginalidades, pobreza y conflictos.

La posibilidad de aplicar estos nuevos conocimientos de las ciencias sociales a la reconstrucción urbanística de las principales ciudades europeas tras la Segunda Guerra

Mundial supuso el impulso necesario para el surgimiento de esta disciplina. Por lo que suele considerarse su nacimiento en las décadas de los 50 y 60, también llamado por numerosos historiadores como segundo nacimiento tras un desarrollo truncado por las Guerras. Nace con una primera denominación como *Psicología de la Arquitectura* y centrada, precisamente, en la Arquitectura.

De los años 1940 y 1950 se destacan los primeros trabajos pertenecientes a los psicólogos sociales Kurt Lewin y Egon Brunswik que, aun no siendo considerados propiamente psicólogos ambientales, aportaron ideas que fueron el germen de su desarrollo posterior. En este sentido, la teoría del campo de Lewin afirma que no se puede conocer el comportamiento humano fuera de su entorno, y la teoría del funcionalismo probabilista de Brunswik propone que el entorno percibido no deja de ser una interpretación personal y probabilística de un mundo real que es inaprensible en su totalidad.

En esos años, en Europa el proceso vino instigado por la aparición de problemas de diseño, construcción y planificación, en respuesta a las demandas sociales del momento. La preocupación por las nuevas viviendas para la población inmigrante que venía del campo, centró la problemática en la construcción. La necesidad de mejora del diseño de las viviendas, de los barrios, de los lugares de trabajo, o de las condiciones de vida, es fruto de un conjunto de circunstancias sociopolíticas, económicas y de una filosofía social, pero, sobre todo, de una situación nueva. Por un lado, el fracaso de las primeras formas de reconstrucción de las ciudades en la posguerra, y por otro, las consecuencias de la denominada "*Revolución Tecnológica*".

Más tarde, con mayor conciencia de grupo y capacidad de reivindicación, junto al descontento social por unas condiciones de vida insatisfactorias, se inician los movimientos sociales urbanos y los movimientos alternativos. El núcleo de la Psicología de la Arquitectura empezará a evolucionar desde las reacciones individuales de las formas arquitectónicas hacia cuestiones más urbanas, reemergiendo los aspectos más sociales, relacionados con la satisfacción residencial y la calidad de vida. No obstante, seguirá centrada en aspectos urbanísticos, arquitectónicos y en menor medida organizacionales o laborales.

En Estados Unidos y Canadá, surgen los primeros indicios de una Psicología arquitectónica 'ortodoxa' a demanda de los técnicos, y no a iniciativa de los psicólogos. Esta Psicología de la Arquitectura, estaba básicamente centrada en la mejora de diseño de entornos institucionales, como los hospitales o los hospitales psiquiátricos.

En estas décadas se comienzan a realizar los primeros estudios sistemáticos sobre la influencia de variables del diseño en el comportamiento de sus usuarios, lo que lleva luego a que se desarrollara el primer programa de formación en Psicología de la Arquitectura, se funda la primera revista del tema, y se organiza el primer congreso europeo.

En 1970 se escribe el primer libro específico sobre el tema, *Environmental Psychology: Man and His Physical Setting* (Proshansky, Ittelson y Rivlin); distintas Universidades crean departamentos de Psicología Ambiental en EEUU, Arizona, Utah, y California; se desarrollan aportaciones en el ámbito de la cognición ambiental y cobra importancia el papel de las simulaciones aplicadas a la investigación.

En el año 1980, tras una crisis epistemológica, se producen cambios. Se sustituye el predominio de la Psicología de la Arquitectura y de la investigación de la influencia del entorno en el individuo, por una vertiente más social y ecológica, encauzándose la disciplina en una dirección que se mantiene en la actualidad y que se conoce bajo el nombre de "*Psicología Ambiental*".

Finalmente, el último giro, en cuanto a objeto y a objetivo, se puede encontrar en la evolución hacia el comportamiento humano y social en relación a la problemática ecológica y al Cambio Global. En este sentido se incluye todo lo que tiene que ver con la conservación de la naturaleza, la energía, los recursos, la contaminación, los riesgos industriales y tecnológicos, los comportamientos ecológicamente responsables de la población y los movimientos sociales verdes.

No hay duda de que la Psicología Ambiental nace con vocación aplicada, con el objetivo de dar respuesta a determinadas demandas sociales, tales como el diseño y la planificación de los espacios públicos.

Características y temas tratados

La Psicología Ambiental tiene algunas características que la hacen particular dentro del ámbito de la Psicología.

En primer lugar, la existencia de una relación bidireccional, recíproca y mutua, entre los dos factores de estudio, la persona y el entorno, de tal forma que se puede plantear el estudio tanto de la influencia del entorno en la persona, como a la inversa, el poder de la persona sobre el entorno.

En segundo lugar, y pese a reconocer el valor de la teoría, la Psicología Ambiental tiene un objetivo eminentemente práctico que consiste en ofrecer una respuesta aplicada a las diferentes demandas sociales.

A su vez, resulta un área de estudio multidisciplinar, de tal manera que su ámbito de actuación se solapa, cuando es necesario, con estudios tan diversos como la antropología, la sociología, la geografía, la ingeniería ambiental o el planeamiento urbano. Y, por el mismo motivo, destaca su eclecticismo teórico, dado el empleo de una gran variedad de metodologías de investigación, tanto cuantitativas como cualitativas, que abarcan desde los estudios de campo más ecológicos hasta la investigación experimental en laboratorio.

Y otro de los aspectos característicos, es que, la perspectiva de la Psicología Ambiental es no determinista, ya que las personas no se consideran sujetos pasivos ante el medio ambiente, sino seres capaces y orientados a la producción de cambios y alteraciones en el entorno. La Psicología Ambiental asegura que existe un intercambio dinámico de influencias entre el ser humano y el ambiente.

Dadas sus características, y como se expuso, el objeto general de estudio de la Psicología Ambiental es la interacción e interrelación entre la persona y el entorno, tanto físico como social. Pero, sin embargo, dentro de esta disciplina podemos distinguir diversos enfoques u objetos de estudio.

Entre los principales temas de análisis de esta disciplina se pueden mencionar los que a continuación se exponen:

- Aspectos relacionados con la percepción y la cognición espacial.
- Aspectos relacionados con los efectos psicológicos, como el estrés ambiental, la sobrecarga y la privación, provocados por factores ambientales, como el ruido, la iluminación, las vibraciones o la temperatura.
- Estudio de las relaciones entre las variables ambientales y el rendimiento y su influencia en espacios específicos, como entornos residenciales, sanitarios, laborales o escolares.
- Relaciones entre el espacio físico y la conducta, abarcando conceptos como la territorialidad o la privacidad.

- Efectos de las personas en el ambiente.
- Estudios relativos a la conducta ecológica de las personas.

Aplicación en el ámbito de la Arquitectura

En cuanto a su relación con la Arquitectura, como se ha visto, la Psicología Ambiental puso en su momento especial énfasis en el espacio antrópico, es decir, en aquel espacio generado, creado, transformado o intervenido por el hombre.

El motivo de su estudio, se debe a que se ha señalado que la Arquitectura es una profesión eminentemente práctica con una obsesión por encontrar instrumentos “prácticos y operativos” y, en este sentido, las ciencias exactas han ofrecido ese grado de operatividad que se buscaba, pero, las ciencias sociales no han podido satisfacer completamente las expectativas.

La experiencia humana es, en gran parte, tributaria del lugar en donde ocurre. Las sensaciones, los recuerdos y los sentimientos de nuestro pasado y presente, están ligados a las experiencias que hemos tenido, y éstas están ligadas a los lugares alrededor de los cuales se desarrollaron. Básicamente, “*Somos los lugares en donde estuvimos*”, y es esta experiencia intuitiva la que funda la Psicología Ambiental: la experiencia humana está ligada a la experiencia espacial.

El papel de la Psicología Ambiental puede ser útil para el desarrollo práctico de la Arquitectura. Las bases teóricas y las múltiples estrategias y metodologías de investigación de la primera pueden ser capaces de ofrecer una importante retroalimentación, durante el desempeño de la segunda, recogiendo reacciones de los usuarios y modificando su conducta de acuerdo a lo recogido. Como consecuencia, se puede obtener un modelo predictivo sustentado en principios contrastados y, por tanto, más robusto que la mera interpretación personal del diseñador.

Sin embargo, hace falta un trabajo mutuo de adaptación. La mayoría de los trabajos experimentales en el ámbito de la Psicología son completamente ininteligibles para la mayoría de los practicantes de la arquitectura y gran parte de estos trabajos se han enfocado desde un punto de partida, y se han desarrollado de una manera tal, que permiten obtener información de interés para el psicólogo, pero no para el arquitecto o proyectista. Por lo tanto, continuar con el trabajo interdisciplinar, resulta fundamental para el proceso de diseño a fin de disponer de las herramientas e incluir en ellos, la tan valiosa información recogida por la Psicología Ambiental, así como para desarrollar la capacidad de interpretar los procedimientos empleados por los psicólogos ambientales, sus resultados, su alcance y sus limitaciones.

Diseño Basado en la Evidencia

Como se mencionó anteriormente, la aplicación del método científico en el diseño de espacios arquitectónicos se conoce como *Diseño Basado en la Evidencia*, Evidence-Based Design (EBD), que corresponde a la traslación de la medicina al mundo de la Arquitectura del concepto *Medicina Basada en la Evidencia*.

Es un campo de investigación multidisciplinar surgido hace pocas décadas que trata de analizar de forma metódica y sistemática cómo los espacios construidos afectan a las personas, con objeto de crear diseños orientados a las necesidades del usuario.

Su objetivo inicial ha sido “*humanizar la arquitectura hospitalaria*”, por tres motivos.

Un primer motivo se debe a que la organización de un hospital, como sistema, es especialmente compleja al integrar muy diversos factores: pacientes infantiles y adultos, familiares, personal sanitario, personal de apoyo, administración, limpieza, mantenimiento, suministros, cuidados intensivos, hospitalización de larga estancia,

consultas externas, catering, formación, etc. Todos ellos, incompatibles entre sí, lo cual se traduce en esquemas funcionales, a nivel arquitectónico, muy complejos.

Lo anterior se traduce en que, tanto el procedimiento como el entorno sanitario, tiende a percibirse institucionalizado y amenazador, siendo éste el segundo motivo.

Y, en tercer lugar, se suma la diversidad de casos particulares de su usuario habitual, el paciente, quien acude por circunstancias involuntarias, en un estado de sufrimiento, incertidumbre e impotencia.

Al respecto, la arquitecta venezolana Sonia Cedrés de Bello explica que humanizar los espacios sanitarios es llegar un paso más allá de los criterios funcionales o técnicos, es garantizar la dignidad y la expresión de los valores humanos de los usuarios, el factor psicosocial. Y considerando como usuario no sólo al paciente, sino a los familiares y trabajadores.

Un sistema de prestación de servicios médicos enfocado hacia la conveniencia de los pacientes y su entorno familiar afectivo, significa diseñar, identificar e integrar la edificación con sus servicios y sus programas completamente enfocado para el bienestar y necesidades de ellos.

La EDB busca revelar y discutir los efectos del ambiente físico, sobre la salud y satisfacción de los usuarios de los ambientes hospitalarios, así como también la percepción del ambiente y sus efectos tranquilizadores y terapéuticos en los pacientes. Busca establecer criterios de diseño, basados en la seguridad y privacidad, que contribuyen a humanizar el ambiente físico, promover la salvaguarda y elevar la dignidad de cada persona como usuario de un establecimiento de salud. Presenta la calidad de la edificación como una respuesta a los requerimientos de los usuarios.

A través del Diseño Basado en la Evidencia, se puede estimular o inhibir ciertos comportamientos del individuo, se puede causar riesgos a la salud o tener efectos terapéuticos y sanadores. Y dada esta controversia, para el diseño de los establecimientos de salud se deben conocer las expectativas y condiciones físicas de los usuarios, así como las necesidades humanas y tecnológicas, a fin de dirigir adecuadamente la planificación física de los espacios que la conforman.

Con el tiempo el Diseño Basado en la Evidencia se ha ido incorporando a otras tipologías arquitectónicas como la escolar o la comercial.

Breve reseña histórica

El EBD es más un objetivo que una disciplina en sí. Toma prestada terminología y metodologías principalmente de la Psicología Ambiental, pero también de la Arquitectura, la Medicina, la Economía, la Sociología, la Neurociencia, Ingeniería y, en principio, de cualquier ámbito del que pueda obtener resultados provechosos. Esto es así, porque son igualmente objetivos del EBD descubrir si la presencia de naturaleza mejora el estado del paciente, si cierta modificación de la disposición en planta permite reducir recorridos y tiempo en desplazamientos, si en habitaciones individuales se producen menos contagios, qué material de suelo es preferible o qué condiciones higrotérmicas son idóneas para cada sala de un hospital, todo con un mismo fin, asegurar el bienestar de la persona.

Es por ello que, para trazar sus antecedentes históricos, por un lado, habría que remontarse a los de las distintas disciplinas mencionadas y, por otro, a la historia de la arquitectura hospitalaria, que es la historia del perfeccionamiento del lugar donde desarrollar la ciencia médica.

Ya en el siglo XIX, Florence Nightingale advirtió que, entre otros factores, ciertos parámetros del diseño arquitectónico en los hospitales contribuían a mejorar la salud de sus pacientes.

La propulsora del desarrollo de la teoría de la enfermería, enfocó su atención en los factores ambientales del proceso salud - enfermedad. En una época condicionada por la propia historia de la Revolución Inglesa del siglo anterior y la repercusión de la nueva filosofía que aportaba la Revolución Francesa, con sus anhelos de "*Libertad, Igualdad y Fraternidad*", cuyos ecos se sentían también en Inglaterra, Nightingale sostenía que la enfermedad era un proceso de reparación y que las funciones de la enfermera consistían en manipular el entorno del paciente para facilitar ese proceso.



Figura 9 - Florence Nightingale

"Puede parecer un principio extraño enunciar, como primer requisito en un hospital, que no debe causar daño a los enfermos"

Sus propias instrucciones sobre ventilación, calor, luz, dieta, limpieza y ruido quedaron registradas en su obra escrita, y caracterizan el "*pensamiento nightingaleano*", que aún está presente en las bases de grandes teóricas actuales, quienes suelen incluir en sus modelos conceptuales de enfermería distintos aspectos del ser humano, su entorno y la salud.

Por su parte, "*View from a Window May Influence Recovery from Surgery*", de Roger Ulrich, es citado habitualmente como uno de los primeros artículos en el ámbito del EBD sanitario que presenta directrices de diseño para la mejora del usuario, publicado en 1984. En este artículo, Roger Ulrich expone un estudio en el que se examinaron los registros de recuperación de pacientes quirúrgicos sometidos a colecistectomía asignados a las habitaciones de ocupación doble en el segundo y tercer piso de un hospital suburbano de 200 camas en Pensilvania entre los años 1972 y 1981. Para el estudio, se excluyeron los pacientes menores de 20 y mayores de 69 años que desarrollaron complicaciones graves, y aquellos pacientes con antecedentes de alteraciones psicológicas. En esas habitaciones, los pacientes, según la habitación asignada, tenían dos escenarios visuales posibles cuando estaban acostados: una vista sin obstáculos a un pequeño grupo de árboles o una pared de ladrillo marrón. Salvo las vistas desde las ventanas, las habitaciones eran prácticamente idénticas en tamaño, disposición de las camas, muebles y otras características físicas importantes.

Los pacientes se emparejaron en función de múltiples factores (incluido el sexo, la edad, el tabaquismo, la obesidad o el peso normal, la naturaleza general de la hospitalización anterior, el año de la cirugía y el nivel del piso y en el segundo piso, el color de su habitación) para formar 23 pares (es decir, 46 pacientes en total). Un miembro de cada par tenía una vista de los árboles y el otro, la pared de ladrillos.

Los siguientes datos de recuperación de cada paciente fueron extraídos de los registros médicos por una enfermera con amplia experiencia en el piso quirúrgico: el número y potencia de los analgésicos cada día; las complicaciones menores, tales como dolor de cabeza persistente y náuseas (síntomas asociados con reacciones de conversión); la duración de la estadía; y el estado de ánimo.

De lo anterior, 23 pacientes quirúrgicos asignados a habitaciones con ventanas que daban a un escenario natural tuvieron estancias hospitalarias posoperatorias más cortas, consumieron analgésicos menos fuertes, recibieron menos dosis de esos analgésicos y presentaron mejor estado de ánimo general, en comparación a los demás pacientes emparejados en habitaciones similares con vistas a la pared de ladrillos.

Este estudio de Roger Ulrich fue un primer paso fundamental en la historia de la EBD, en el que los registros clínicos comenzaron a mostrar la influencia del entorno hospitalario sobre los pacientes.

Otro estudio que marca el camino a seguir, fue realizado en Canadá en un hospital remodelado y ampliado, donde las enfermeras reportaron que los pacientes ubicados en el edificio nuevo, diseñado con patios internos espaciosos y con tratamiento paisajístico, estaban usando 40% menos cantidad de analgésicos y píldoras para dormir, y se estaban recuperando más rápidamente, en comparación a los pacientes ubicados en el ala vieja del hospital.

Se destacan también investigaciones dedicadas a medir los efectos del arte en la mitigación del dolor en pacientes sometidos a punciones intravenosas. Los investigadores trabajaron en demostrar que los pacientes en esta circunstancia en una habitación rodeados con obras de arte responden con una disminución del estrés, medidos a través de la baja presión sanguínea, bajos niveles de salivación, bajo ritmo de las pulsaciones, y la manifestación de menos dolor y ansiedad que en el grupo de pacientes situados en un cuarto sin obras de arte. Este estudio realizado en la Universidad de Duke, por tres departamentos, el departamento de cultura, el Instituto del Dolor y el de farmacología, midió los efectos del uso de obras de arte, en la disminución de la percepción del dolor.

Luego de ello, diversas revisiones bibliográficas han ido revelando una progresión exponencial de artículos con foco en EBD.

Esta disciplina se ha desarrollado principalmente en Estados Unidos de América, siendo uno de los principales centros de investigación el *Center for Health Design* en Concord, California. Esta Institución define a la EBD como el proceso de basar las decisiones sobre el entorno construido en una investigación creíble para lograr los mejores resultados posibles. Es un proceso cíclico en el que un equipo identifica la evidencia disponible, la analiza y evalúa, desarrolla innovaciones de diseño, realiza investigaciones y difunde información relacionada con los resultados y las lecciones aprendidas.

El Centro de Diseño de Salud, comenzó en el año 1993 como un equipo de pensadores avanzados con la visión de crear instalaciones de atención médica que promuevan entornos más saludables para los pacientes y el personal. Esa visión se convirtió en un movimiento, que, desde entonces, ha visto cambios en las instalaciones de atención médica que van desde la iluminación natural y el acceso a la naturaleza, hasta habitaciones de pacientes con camas individuales y detalles de diseño cuidadosos que pueden reducir las caídas e infecciones. Estos cambios no solo se van convirtiendo en algo común, sino que están creando cambios positivos.

A lo largo de su historia, el Centro ha establecido un historial comprobado de creación, lanzamiento y entrega de programas que brindan un valor real a la industria del diseño de atención médica, como *The Pebble Project*, certificación *EDAC*, Programa de afiliados, *HERD Journal*, *Healthcare Design Expo & Conference*, junto con la mayor colección de investigación de diseño de atención médica, mejores prácticas, recursos y herramientas para los problemas de diseño de atención médica más urgentes y desafiantes de la actualidad.

Desde el año 2000, *The Pebble Project*, concebido y creado por *The Center for Health Design*, ha estado enseñando y ayudando a los proveedores de atención médica a utilizar un proceso de Diseño Basado en la Evidencia en sus proyectos de capital de atención médica. Su investigación se centra en la calidad de la atención, la seguridad del paciente, la seguridad del personal y la seguridad ambiental. Los socios de *Pebble* aprenden a desarrollar estrategias para implementar, medir y documentar los resultados

de sus esfuerzos a partir de las experiencias, lecciones aprendidas y el asesoramiento de expertos de otros miembros, además de tener acceso a los investigadores, artículos de investigación, listas de verificación y herramientas de planificación del Centro, evaluaciones de terceros, talleres y oportunidades de investigación.

Por su parte, el programa *EDAC, Acreditación y Certificación de Diseño Basado en la Evidencia*, del Center for Health Design, reconocido internacionalmente, otorga una credencial a las personas que demuestran un entendimiento de cómo aplicar un proceso basado en evidencia para el diseño y la construcción de todos los entornos que contribuyen a la salud, la seguridad y el bienestar, incluida la medición y el informe de resultados. Tener la certificación EDAC les muestra a sus clientes y miembros del equipo que tiene un método para desarrollar soluciones de diseño que se basan en la investigación para ayudar a lograr los objetivos deseados y mejores resultados. Desde 2009, más de 2800 personas han obtenido la certificación a través del programa EDAC.

En América Latina la EDB también tuvo repercusión, en aplicaciones en las que se destaca la influencia del arte en el entorno hospitalario.

Un ejemplo de ello, ocurrió en el *Hospital San Juan de Dios* en Santa Ana, El Salvador, donde varios jóvenes ilustradores locales colaboraron en el proyecto de remodelación del hospital. Para la intervención de las diferentes áreas y salas especializadas, los jóvenes las conceptualizaron como un viaje intergaláctico, en el que los niños que ingresaran a las diferentes unidades del pabellón tuviesen una experiencia lúdica que disminuyera el trauma que podría generarse en algunos casos. Para ello, cada sala se ideó como un planeta con un color dominante, en la que cada ilustrador invitado tenía la libertad de darle vida al mundo o planeta que se le había asignado.

A Douglas Rodas se le asignó un pasillo que conectaba dos áreas del Pabellón de Pediatría “Ángela Meza Ayau”. El único pasillo que se había previsto para el proyecto, y por ello, no tenía limitantes en el uso del color ni la temática que debía abordar, y así fue como nació el “*Túnel de la Igualdad*”, donde la intención de Douglas Rodas fue darle vida a esa conexión entre dos planetas, el naranja y el amarillo, presentando a los niños nuevos amigos con características físicas totalmente diferentes, tales como el color, su forma, tamaño, pero que todos se mostrasen felices, ya que son esas diferencias las que los hacen igual de importantes y especiales. Principalmente, el mural buscaba resaltar la idea que cada niño es especial sin importar su apariencia física o los rasgos que lo hacen “diferente” a los demás, porque son esos mismos rasgos de los que se debe sentir orgulloso y especial. Además, se quería transmitir que en el mundo hay demasiados colores y formas para darle protagonismo sólo a uno, o a un canon de belleza específico, o a los estereotipos de cómo debemos lucir para ser percibidos como personas “normales”, porque ser diferente y verse diferente, está bien y nos hace ser quiénes somos.

La ilustración funciona como parte de una narrativa, la cual ayuda a motivar a los niños a sobrellevar ciertos pensamientos o actitudes negativas y esforzarse por un mejor futuro al que se aspira.



Figura 10 – “Túnel de la Igualdad”, en el Hospital San Juan de Dios, Santa Ana, El Salvador

En este mismo sentido, en Argentina, en el Hospital Municipal de Quemados, Hospital de niños Pedro de Elizalde, Hospital Garrahan, Hospital Bernardino Rivadavia, Hospital de niños Ricardo Gutiérrez y el Hospital de Clínicas, son los espacios a los que, semana tras semana, se acerca *Arte en Hospitales*, un programa que promueve al arte como parte del proceso salud / enfermedad.

“Puedo matar el tiempo, o puedo darle vida a un momento difícil. Puedo desesperarme o puedo aceptar la espera y, hasta quizás, puedo prestarle atención a estos músicos locos que traen cuencos e instrumentos raros. Puedo cerrar los ojos, tener un momento de quietud, de calma o placer. Puedo también expresar algo de lo que siento y compartirlo con otros que están en una situación parecida, o simplemente escuchar algo distinto”, cuenta la musicoterapeuta Vanesa Menéndez, una de las integrantes del grupo Rincón de Música.

Hacen canciones referenciales, cuentos sonoros y toques con instrumentos, algunos de origen afro, y otros que se utilizan en meditaciones, sanaciones y rituales, como birimbaos, ukeles, oceánicos, maracas y cuencos. Rincón de música busca crear una atmósfera distinta, al menos por un rato, convencidos de que el bienestar no depende solo de los remedios que recetan los médicos, sino de una aptitud propia frente al síntoma.

“Yo vi el mar”, dice un niño de 9 años. *“Yo sentí mucha paz, mucha tranquilidad”,* agrega una señora que tres minutos antes que llegaran los músicos insultaba al aire por el largo tiempo de espera. *“Me dio alegría”.* *“A mí me retumbaba acá dentro”,* dice una pequeña tocándose el pecho. Éstas son algunas de las sensaciones que aparecen cuando los músicos comienzan a caminar por los pasillos y butacas del hospital; de repente, el espacio público se transforma en un espacio íntimo y comunitario.

Bajo el mismo propósito, en el año 2018 se realizó una producción gráfica para el pasillo y la nueva Sala de Resonancia Magnética del Hospital Garrahan, en el cual se buscó generar una atmósfera acorde a los niños de hasta 15 años que asisten al mismo. Se realizó mediante una impresión en vinilo de alta calidad y laminado mate en todas las superficies, protegiendo la gráfica para permitir una correcta limpieza y desinfección dentro del hospital. El diseño fue realizado por Ariel Aragües y Federico Gutiérrez, bajo dirección del Ministerio de Salud



Figura 11 – Intervención en Sala de Resonancia Magnética del Hospital Garrahan, Argentina

En el año 2019 la OMS llama a los Gobiernos y autoridades a aplicar políticas que mejoren la colaboración entre los sectores sanitario y artístico, a través de un informe que examinan los beneficios para la salud física y mental, mediante la participación activa o pasiva, en cinco amplias categorías de artes: artes escénicas (música, danza, canto, teatro, cine); artes visuales (artesanía, diseño, pintura, fotografía); literatura (escritura, lectura, asistencia a festivales literarios); cultura (visitas a museos, galerías, conciertos, teatro); y artes en línea (animaciones, artes digitales, etc.). Para informar sobre estos beneficios, la OMS se basó en los hallazgos reportados en 900 artículos científicos.

El informe concluye que las artes juegan un papel crítico en la promoción de la salud ayudando a prevenir la aparición de enfermedades mentales y deterioros físicos relacionados con la edad; y constituyen una estrategia de apoyo durante el tratamiento de enfermedades mentales, enfermedades no transmisibles y trastornos neurológicos, así como para pacientes con cuidados intensivos y adultos mayores.

Características y temas tratados

EBD es un campo de investigación eminentemente práctico, de tal forma que sus resultados suelen traducirse en pautas de diseño que vinculan parámetros de diseño arquitectónico con respuestas concretas del usuario, y suele utilizar muy diversas metodologías de investigación.

Y tal como lo define *The Center for Health Design*, el Diseño Basado en la Evidencia es el proceso de basar las decisiones sobre el entorno construido en una investigación

creíble para lograr los mejores resultados posibles. Y al respecto de ese proceso, destaca los siguientes ocho pasos necesarios para su aplicación:

- 1- Definir metas y objetivos basados en evidencia. En el centro de un proceso de Diseño Basado en la Evidencia está el vínculo entre el diseño y los resultados deseados. Esto se puede establecer al principio del proceso a través de la visión, definiendo metas y objetivos amplios para el proyecto que respalden la misión y la visión de la organización. Hacer referencia continua a estos objetivos a lo largo del proceso, ayuda al equipo a evaluar varias estrategias de diseño y a mantener el proyecto encaminado.
- 2- Buscar fuentes de evidencia relevante. A medida que el equipo comienza a desarrollar pautas de diseño, comienza la búsqueda de evidencia relevante. Saber qué estrategias están respaldadas por la evidencia dependerá de una revisión de la literatura. Un conjunto resultante de prioridades del proyecto se define junto con los hallazgos de la revisión de la literatura.
- 3- Interpretar críticamente la evidencia relevante.
- 4- Crear e innovar conceptos de Diseño Basado en la Evidencia.
- 5- Desarrollar una hipótesis.
- 6- Recopilar medidas de desempeño de referencia.
- 7- Supervisar la implementación del diseño y la construcción.
- 8- Medir los resultados de desempeño posteriores a la ocupación.

Un gran y creciente cuerpo de evidencia atestigua el hecho de que el entorno físico afecta el estrés del paciente, la seguridad del paciente y del personal, la eficacia del personal y la calidad de la atención brindada en los hospitales y otros entornos de atención médica. Basar las decisiones de diseño y planificación de instalaciones sanitarias en esta evidencia, para lograr los mejores resultados operativos posibles para el paciente y el personal, es de lo que se trata el Diseño Basado en la Evidencia.

Así, encontramos trabajos que se han centrado en diversas variables de diseño: la influencia de la naturaleza, la iluminación, el ruido, el color, la decoración, la configuración arquitectónica, la incorporación de arte, entre otras.

Las variables a analizar con foco en la respuesta del paciente han sido: el estrés, la orientación espacial, la privacidad y seguridad, el apoyo social, y el bienestar y la satisfacción general.

Y a su vez, el análisis se realiza en los distintos espacios que integran el establecimiento sanitario: halls de acceso, habitaciones, salas de espera, salas de partos, habitaciones quirúrgicas, habitaciones de cuidados intensivos, áreas neonatales, áreas pediátricas, áreas psiquiátricas, áreas geriátricas.

E implementando diversas metodologías: focus group, entrevistas, cuestionarios, Ingeniería Kansei, simulaciones, estudios de caso, y evaluaciones post ocupación.

Las principales conclusiones a las que se ha llegado en estos estudios se pueden dividir en distintas categorías.

En cuanto a la mejora de la seguridad del paciente:

- Reducción de infecciones: las fuentes son el aire, agua y el contacto. Se ha probado que funciona: habitaciones individuales con aseos privados, buena calidad del aire interior, dispensadores de limpiamanos accesibles al usuario, acabados de fácil limpieza (materiales poco porosos) junto con adecuados

protocolos de limpieza de las instalaciones; instalaciones de agua y sanitarias con temperatura y presión adecuadas, evitando estancamientos y retornos.

- Reducción de errores médicos mediante reducción de ruidos y distracciones, iluminación adecuada y habitaciones individuales para los pacientes.
- Reducción de caídas de pacientes. Entre ancianos la media es de 1,5 caídas por habitación y año, principalmente intentando acceder al baño sin ayuda de personal. Se ha comprobado que un diseño adecuado debe incluir pisos antideslizantes, apertura apropiada de puertas y altura correcta de mobiliario y equipamiento; pasamanos y barras de apoyo correctamente ubicadas; habitaciones individuales que permitan que los familiares pasen más tiempo con el paciente y le presten más ayuda; por su parte, el diseño de camas con barandillas laterales ha resultado ser ineficaz y, además, en caso de caída, el daño es mayor.

Otras mejoras para el paciente:

- Reducción del dolor mediante herramientas como exposición del paciente a la naturaleza; utilización de elementos visuales como pinturas, fotografías o imágenes relacionados con la naturaleza; diseños que permitan una mayor cantidad de luz solar en las habitaciones; implementación de distracción visual y auditiva mediante Realidad Virtual durante tratamientos dolorosos, por ejemplo, durante el cambio de vendas de quemados; reducción del ruido mediante utilización de materiales fonoabsorbentes.
- Mejora del descanso. Más de 70 estudios indican que el descanso inadecuado implica mayor estrés, y altera el sistema inmune y la termorregulación, alargando el periodo de curación. Las observaciones en este sentido, indican la necesidad de mejoras del aislamiento y disminución de la reverberación; diseño de habitaciones individuales y, a ser posible, correctamente orientadas a exteriores soleados para regular los ritmos circadianos; control del nivel de iluminación por el usuario.
- Reducción del estrés, a través de vistas a naturaleza real o simulada, al igual que con el dolor; el ruido acrecienta el estrés, por lo que, en ese sentido, habitaciones individuales contribuirían a minorar el estrés. Se ha de lograr un máximo de 35dBA de día y 30dBA de noche en habitaciones. Los factores que influyen en el ruido en hospitales son: equipos, alarmas, megafonía y similares; superficies acústicamente reflectantes; agrupaciones de familiares y pacientes en habitaciones colectivas por falta de espacios adecuados.
- Reducción de la depresión. La evidencia indica que la exposición a luz artificial brillante y a luz diurna es eficaz en la reducción de la depresión y mejora del estado de ánimo, incluso para personas hospitalizadas por depresión severa. Se destaca la importancia de que las habitaciones reciban luz solar, lo que implica un adecuado diseño en cuanto a orientación y tamaño de las ventanas.
- Reducción de la estancia en el hospital, influye notablemente el soleamiento y la exposición a la naturaleza.
- Reducción de la desorientación espacial. Existen estudios vinculando la sensación de desorientación con estrés y malestar por parte de pacientes y familiares y con coste económico por tiempo del personal dedicado a dar indicaciones. Es necesario brindar información administrativa y de procedimientos mediante información y planos en la web, por email o impresos en puestos de información; incluir ayudas en el exterior con la identificación clara de los accesos, los aparcamientos, o entradas al recinto; información y planos del interior en puestos in-situ, directorios y señalización adecuada; ubicación

correcta de las ayudas a la orientación en intersecciones y en acceso a grandes destinos o áreas; cambios de pavimento, color, etc. que indiquen cambios de zona; uso de señales a lo largo de los recorridos.

- Mejora de la privacidad, con evidencia clara si las habitaciones son individuales. Requiere condiciones acústicas adecuadas.
- Mejora del apoyo social. Diseño de habitaciones individuales para fomentar la estancia de las visitas; existencia de lounges o salas acogedoras, por ejemplo, con acabados hogareños o muebles dispuestos formando pequeños grupos.
- Aumento de la satisfacción del cliente: Está demostrado que la satisfacción con el entorno predice la satisfacción general en entornos hospitalarios. Es fundamental asegurar un entorno estético agradable, limpio, con temperatura controlada y sin ruidos, con vistas agradables, una iluminación y soleamiento adecuados. Las habitaciones individuales protegida de ruidos, con cama cómoda, baño privado y televisión. En el caso de cuidados intensivos, se recomienda poder ver al paciente frecuentemente, tener salas de espera cerca del paciente, disponer de mobiliario cómodo en la sala de espera, acceso a un aseo cerca de la sala de espera, tener algún lugar donde estar solos y algún lugar donde estar con familia y amigos. En el caso de neonatos, disponer de un lugar de descanso y espera, y de un espacio donde pasar la noche.

Mejoras para el personal:

- Reducción de accidentes laborales. La principal molestia son dolores de espalda por asistir y mover pacientes. Para lo cual se deben implementar sistemas elevadores para transferencia de pacientes.
- Reducción de estrés laboral. Los profesionales de la salud suelen sufrir un gran estrés, especialmente las enfermeras, lo cual se traduce en agotamiento y alta rotación laboral. Algunos factores observados son: el ruido como principal factor; la iluminación, con relación a los ritmos circadianos en trabajadores de turnos nocturnos, y el diseño de habitaciones individuales que resultan menos estresantes, frente a colectivas.
- Mejora de la productividad. La distribución de la unidad es fundamental ya que implica tiempo en desplazamientos. Se aconseja disponer los puestos de enfermeras y de farmacia descentralizados. Diseñar adecuadamente para reducir el ruido, con iluminación adecuada, reduciendo distracciones.

Aplicación en el ámbito de la arquitectura

Tal como se ha expuesto, existe gran diversidad de aspectos tratados que involucran un amplio abanico de variables. Diversos autores sostienen que aún hacen falta investigaciones transparentes, sistemáticas, y de calidad y un trabajo de síntesis, revisión y categorización de la información, ya que encontrar la información concreta necesaria en determinado momento puede resultar una tarea que requiere experiencia y una considerable cantidad de tiempo.

Sin embargo, la influencia del entorno sobre el ser humano es clara. A través de la arquitectura se puede influir en aliviar las ansiedades y mediar en el temor ante el dolor y la muerte. Se debe combinar el arte de diseñar con el arte de curar para formar una sinergia. Los arquitectos y proyectistas, debemos sostener ese potencial de auto-sanación del paciente a través de la influencia de los ambientes que se diseñan.

No podemos dar la espalda, la evidencia es clara, nos muestra que el diseño puede mejorar la seguridad, puede mejorar las experiencias, puede incrementar la eficiencia organizacional, y puede mejorar muchos resultados en los centros de atención a la salud. Por lo tanto, se enfatiza en que debemos diseñar los hospitales y centros de salud

en general, con esta nueva visión de ambientes curativos, que respondan a las necesidades psicológicas y emocionales de sus usuarios, ya sean pacientes, familiares, amigos visitantes, e incluso, sus propios empleados.

Con el objetivo de incentivar y fomentar su aplicación, *The Center for Health Design*, en asociación con la revista *Healthcare Design*, administra los premios anuales *Healthcare Environment Awards* en busca de un reconocimiento al diseño innovador que contribuya a la seguridad, mejore las experiencias, aumente la eficiencia de las organizaciones, y mejore la calidad de la salud y la atención médica.

En el presente año, los Healthcare Environment Awards 2021 se celebraron en Cleveland, Ohio, estado de Florida, y entre sus diversas categorías se destacaron:

- Cuidados intensivos, ganador: Clements University Hospital, en Dallas, Texas

Su fase final se inauguró en enero del año 2021, luego de varias fases a lo largo de 10 años. Con alrededor de 168000 metros cuadrados y 750 camas, la premisa fundamental era que el hospital debía considerarse un miembro del equipo de atención y cada aspecto debía diseñarse para mejorar la atención y la experiencia del paciente. Sus habitaciones fueron equipadas con asientos cómodos y seguros, y un sofá cama de diseño personalizado, con vidrio de altura completa para brindar vista a la naturaleza y a la luz del día. La unidad de cama fue diseñada para adaptarse a los perfiles de pacientes en constante cambio y funcionó bien durante la pandemia de Covid19, lo que permitió una expansión, contracción y aislamiento, efectivos y seguros.



Figura 12 - Clements University Hospital, Dallas, Texas

- Ajustes Alternativos, ganador: Boston Children's, en Brookline, Estados Unidos.

Creado pensando en la neurodiversidad, brinda atención colaborativa de clase mundial e investigación para quienes padecen afecciones del neurodesarrollo o neuropsiquiatría. Para servir a esta población única, el proyecto presenta una coreografía atractiva pero tranquila, cómoda y segura. El tema de orientación, gráficos y diseño de la instalación "*The Amazing You*" celebra la capacidad de nuestro cerebro para preguntarse, descubrir, explorar e imaginar, superando las limitaciones del cuerpo. El diseño responde directamente a la investigación sobre el espectro autista. Las paredes y los techos se activaron para alentar a los ojos a permanecer despiertos y comprometidos,

mientras que se creó una red de espacios tranquilos y seguros para cuando la sobre estimulación resulte desafiante.



Figura 13 - Boston Children's, en Brookline, Estados Unidos

- Atención ambulatoria, ganador: Clínica Rainier Beach.
- Mención de honor de atención aguda, ganador: Marcus Tower, en el Hospital Piedmont Atlanta.



Figura 14 – (Izq.) Clínica Rainier Beach. (Der.) Marcus Tower

The Center for Health Design también presenta los premios *Touchstone*, reconociendo el uso ejemplar de un proceso de Diseño Basado en la Evidencia en el entorno construido. Si bien originalmente se concibió para reconocer el uso del proceso EBD específicamente en entornos de atención médica, hoy en día los proyectos (construidos o conceptuales) o productos de cualquier tipo que emplean un proceso de Diseño Basado en la Evidencia son elegibles y se les anima a explorar esta oportunidad de reconocimiento y aplicar.

Entre los *Touchstone Awards 2021* se premiaron 12 proyectos entre los que se destacan los siguientes:

- Categoría plata: Texas Health Hospital, en Frisco, Texas, Estados Unidos. (2019)

Una fuerza impulsora del diseño fue el cambio de etiqueta del "hospital" tradicional a un "facilitador de salud". A través de este reetiquetado, el equipo de diseño HKS enfrentó el desafío de reinventar la función y el rol de un proveedor de atención médica.



Figura 15 - Texas Health Hospital, Frisco, Texas

- Categoría oro: University of Cincinnati Gardner Neuroscience Institute, en Cincinnati, Ohio, Estados Unidos (Fecha de finalización: 2019).

El Instituto de Neurociencia Gardner de la Universidad de Cincinnati, realizado por Perkins & Will, está basado en los aportes de los pacientes, los cuidadores y la familia para responder a las necesidades de los pacientes con susceptibilidad a las náuseas, los mareos, la fatiga o los trastornos del movimiento.

La innovadora fachada de malla de fibra de poliéster que controla la luz y el calor, y evita el deslumbramiento al tiempo que permite que la luz natural ingrese al interior, minimizando el deslumbramiento de los pacientes neurológicos, siendo fundamental para muchos pacientes, ya que el deslumbramiento puede desorientar la vista. Además, los planos angulares, plisados y de poliéster, sugieren origami y hacen que el edificio se destaque en un campus conocido por su arquitectura clásica y moderna.

Los vestíbulos se llenan de luz y los espacios públicos ofrecen un lugar para aprender y conectarse con otros a través de sutiles "habitaciones" creadas por pantallas de vidrio que celebran la cultura e historia de Cincinnati. El objetivo detrás de esto, era crear más que solo áreas de espera, sino espacios que se sientan como en casa.

En los pisos de examen y atención clínica, los pacientes se mueven a lo largo de los pasillos exteriores bordeados de ventanas, en lugar de por los oscuros caminos internos que los desorientan.

Es evidente por qué se ha reconocido como un diseño que refleja la prestación humanística y centrada en el paciente del sistema de salud.





Figura 16 - UC Gardner Neuroscience Institute, Cincinnati, Ohio

- Categoría platino: Tallahassee Memorial Healthcare, en Tallahassee, Florida, Estados Unidos (Apertura al público en julio de 2019).

Utilizando principios de diseño Lean y basados en la evidencia, la empresa Gresham Smith, creó uno de los mejores hospitales de Florida en un entorno que mejorará la seguridad del paciente, la eficiencia del personal y mejorará la experiencia humana. Posee una orientación clara e intuitiva, conectividad con la naturaleza, áreas de respiro, estrategias de control de infecciones y áreas cómodas y aptas para la familia. También minimiza el ruido para los pacientes y las familias y crea un entorno de trabajo positivo y de apoyo para los médicos y el personal. Una herramienta de gestión de activos en todo el edificio y los robots para la distribución de materiales permiten al personal dedicar más tiempo al cuidado de los pacientes y menos tiempo a la búsqueda de equipos y suministros.

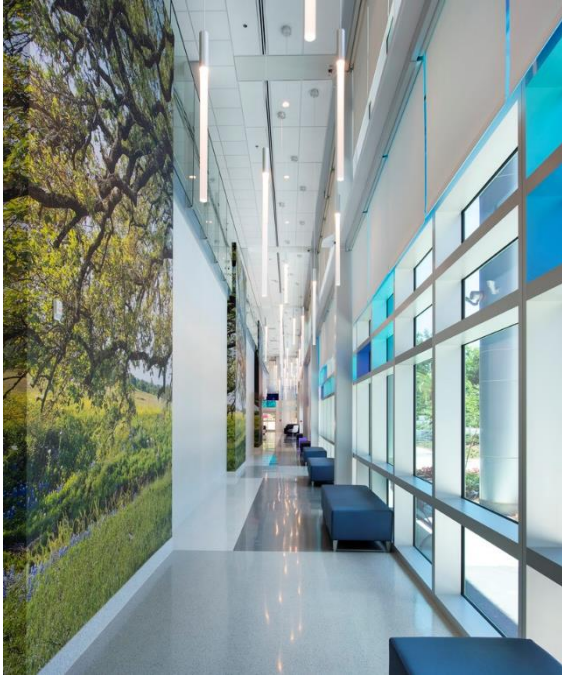


Figura 17 - Tallahassee Memorial Healthcare, Tallahassee, Florida

Por lo expuesto, con el paso de los años el Diseño Basado en la Evidencia ha ganado impulso.

Hoy, nuestra comunidad es diversa. Los arquitectos, ingenieros, diseñadores de interiores, ejecutivos de la salud, profesionales de la salud, investigadores, fabricantes de productos, educadores y estudiantes, debemos estar comprometidos con la optimización de las instalaciones de atención médica, en todos los aspectos, atendiendo las verdaderas necesidades que allí surgen.

Un sistema de prestación de servicios médicos enfocado hacia la conveniencia de los pacientes, significa diseñar, identificar e integrar la edificación con sus servicios y sus programas completamente enfocado en el bienestar de ellos.

Lo anterior, resulta en una muestra concreta de que nuestros centros de atención a la salud requieren inmediatamente intervenciones para mejorar en todos sus aspectos. Todas las consideraciones discutidas, representan un llamado a la importancia fundamental que debe dársele a la investigación arquitectónica en el ámbito de la producción de los establecimientos de salud. Es necesario humanizar la arquitectura hospitalaria.

La EDB nos demuestra que es necesario eliminar el dramatismo del volumen construido a través del tratamiento de fachadas, e implementar la incorporación de patios centrales y corredores alrededor de ellos; rodearnos de naturaleza y vegetación; aprovechar las vistas desde el interior; utilizar colores vivos y pasteles en todos los niveles, identificando cada nivel con un color y eliminando completamente el blanco; incorporar el arte en sus diversas formas; usar materiales residenciales; cuidar los niveles de ruido; proyectar adecuadamente las circulaciones; diseñar habitaciones individuales, con espacio suficiente tanto para el paciente como para su entorno familiar afectivo; cuidar la iluminación; entre muchos otros factores que la evidencia expone.

Las herramientas y los conceptos están sobre la mesa, ¿no será hora de aplicarlos?... Yo estoy convencida en que sí.

Neuroarquitectura

Históricamente, obtener información de cómo funciona un cerebro vivo era una tarea relegada prácticamente al estudio de casos aislados en los que un sujeto hubiera sufrido una importante lesión localizada y siguiera vivo.

Sin embargo, desde finales de 1980 el problema es el contrario. Con la proliferación y perfeccionamiento de equipos de imagen y registro de la actividad cerebral, o sus medidas fisiológicas indirectas, se está produciendo una cantidad tal de conocimiento que apenas da tiempo de ser asimilado.

Una de las consecuencias de la disponibilidad de estos nuevos conocimientos e instrumentos neurocientífico es que se ha facilitado su aplicación a diversas disciplinas, en principio, ajenas al estudio de la mente.

De la misma forma en que se comenzó a hablar de Neuromarketing, Neuroeducación, Neuromanagement, la Neuroarquitectura, define la disciplina que estudia el espacio arquitectónico analizado desde el punto de vista de la Neurociencia, la cual se ocupa del estudio del sistema nervioso o de cada uno de sus diversos aspectos y funciones especializadas. Por lo tanto, la Neuroarquitectura, resulta ser el estudio del espacio arquitectónico desde el análisis del sistema nervioso de los seres humanos, determinando cómo puede afectar un espacio arquitectónico en la mente de la persona que lo utiliza o lo habita, y, cómo por ello, se pueden comportar esas personas.

La función principal de la Neuroarquitectura es crear espacios para la felicidad, el bienestar, la productividad y mejorar la calidad de vida, con el fin de reducir el estrés y la ansiedad de los usuarios. Es una disciplina que se apoya en la ciencia, diseñando así entornos, espacios y edificios centrados en el correcto funcionamiento del cerebro de quienes los ocupan.

En relación a esto, podemos citar numerosos investigadores, médicos, biólogos, psicólogos, arquitectos, ingenieros, en fin, incontables profesionales apasionados en la búsqueda de respuestas al funcionamiento del cerebro humano.

El biólogo molecular estadounidense Bruce Lipton (1944), a sus 77 años, es un personaje referente en la creencia de que los genes y el ADN pueden ser manipulados por las creencias de una persona. Popularmente conocido por su libro *“La biología de la creencia”*, el doctor dedica su vida a demostrar que mediante los pensamientos se transforma nuestro organismo. Defiende su posición por la demostración de la plasticidad del cerebro, esto quiere decir que el cerebro es moldeable, no sólo cuando se es niño, sino también a lo largo de nuestra vida. El cerebro cambia su configuración anatómica, bioquímica y fisiológica, influyendo así en la conducta, en los pensamientos y en los sentimientos de la persona.

Nos enseñaron que los genes controlan la vida, que en ellos se inscriben todas nuestras capacidades y características, pero es falso. No somos víctimas de nuestra genética, en realidad, es el ADN el que está controlado por el medio externo celular.

La célula es la vida. Hablar de una célula es como hablar de una persona. Nosotros recibimos la información a través de los cinco sentidos y las células reciben las señales del entorno a través de los receptores que captan la información. El ADN es controlado por señales que vienen desde fuera de la célula, incluyendo mensajes energéticos de nuestros propios pensamientos, tanto los positivos como los negativos.

Somos lo que vivimos y pensamos, y cambiar nuestra manera de vivir y de percibir el mundo es cambiar nuestra biología. Los estudios realizados, hace 40 o 50 años, ya demostraban que las células cambian en función del entorno, y es lo que llamamos *“epigenética”*, haciendo alusión a estar *“por encima de la genética, más allá de ella”*.

Lipton sostiene, mi postura en un todo acuerdo con él, que según el entorno es cómo respondemos al mundo, es el estilo de vida lo que determina la genética. Aprendemos a vernos como nos ven, a valorarnos como nos valoran. Lo que escuchamos y vivimos nos forma. No vemos el mundo como es, vemos el mundo como somos. Somos víctimas de nuestras creencias, pero podemos cambiarlas.

Pero, cierto, las creencias están inscritas en lo más profundo de nuestro subconsciente. Éste es un procesador de información un millón de veces más rápido que la mente consciente y utiliza, entre el 95% y el 99% del tiempo, la información ya almacenada desde nuestra niñez como un referente. Por eso cuando decidimos algo conscientemente como, por ejemplo, ganar más dinero, si nuestro subconsciente contiene información de que es muy difícil ganarse la vida, no lo conseguiremos.

Entonces, si cambiamos las percepciones que tenemos en el subconsciente, cambiará nuestra realidad, y se he comprobado a través de numerosos experimentos. Al reprogramar las creencias y percepciones que tenemos de cómo es la felicidad, la paz, la abundancia, podemos conquistarlas.

Quizá suene a una *“fórmula feliz”*, pero es así como funciona el efecto placebo. Si pensamos que una pastilla nos puede sanar, nos la tomamos y encontramos mejor. Pero, ¿qué nos ha sanado?, ¿la creencia? Eso parece. Al igual que los pensamientos

positivos y el efecto placebo afectan a nuestra biología, existe el efecto nocebo: si crees que algo te hará daño, acabará por hacerte daño.

Henry Ford decía que tanto si crees que puedes como si crees que no puedes, tienen razón. Si eliges vivir un mundo lleno de amor, tu salud mejorará.

¿Y eso por qué? La química que provoca la alegría y el amor hace que nuestras células crezcan, y la química que provoca el miedo hace que las células mueran. Los pensamientos positivos son un imperativo biológico para una vida feliz y saludable.

Existen dos mecanismos de supervivencia: el crecimiento y la protección, y ambos no pueden operar al mismo tiempo. O crecemos o nos protegemos. Los procesos de crecimiento requieren un intercambio libre de información con el medio, la protección requiere el cierre completo del sistema. Una respuesta de protección mantenida inhibe la producción de energía necesaria para la vida.

La vida es un reflejo de la mente subconsciente, lo que nos funciona bien en la vida son esas cosas que el subconsciente te permite que funcionen, lo que requiere mucho esfuerzo son esas cosas que tu subconsciente no apoya.

Entonces, conocer, a través de la Neurociencia, y de estudios e investigaciones multidisciplinarios, el complejo funcionamiento de nuestro cerebro, su actuación consciente y subconsciente, y aplicar los hallazgos, como herramientas y técnicas en nuestros diseños para crear entornos sensibles, humanos, que fomenten la felicidad y máximo bienestar de las personas que los habiten, es la mejor elección que podemos tomar como proyectistas.

Breve reseña histórica

Como hito histórico y pionero en la relación de la Neurociencia con la Arquitectura, se pueden remontar a la vida de Jonas Salk (1914-1995).

Según narra la historia, a mediados de los 50, el virólogo Jonas Salk estaba empeñado en encontrar una vacuna contra la poliomielitis, pero, recluido en su laboratorio ubicado en un sótano de la Universidad de Pittsburgh, su trabajo no progresaba. Fue entonces cuando decidió viajar a Asís, Italia, donde pasó una temporada en el Convento de San Francisco, una construcción del siglo XIII. Allí, admirando y recorriendo amplios claustros, las ideas fluyeron nuevamente venciendo el bloqueo creativo. En ese momento, Salk quedó convencido de que la arquitectura del convento había estimulado su imaginación otorgándole la claridad mental necesaria para encontrar el concepto de la vacuna que tanto buscaba, junto con la forma de producirla.

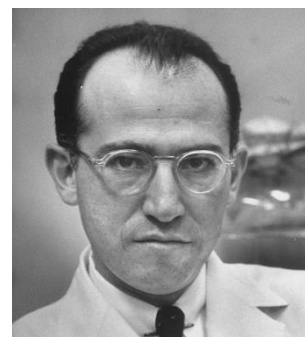


Figura 18 - Jonas Salk, fundador del Instituto Salk

Esta fue la revelación que lo llevó a relacionar la Neurociencia con la Arquitectura, afianzando su creencia de que el entorno construido tenía una profunda influencia sobre la mente y, es por ello que, en 1957, Jonas Salk, comenzó su búsqueda para cumplir su segundo sueño: crear un entorno colaborativo donde los investigadores pudieran explorar los principios básicos de la vida y contemplar las implicaciones más amplias de sus descubrimientos para el futuro de humanidad.

En 1960, se aprobó un referéndum especial en el que se le otorga a Salk un predio dotado con 27 acres con vista al Océano Pacífico en La Jolla, San Diego, California, fundándose en ese momento su Instituto homónimo, del cual sería el primer presidente.

Con este proyecto por delante, Salk convocó al arquitecto Louis Kahn para diseñar, desarrollar y construir un centro de investigación de ese tipo que soñaba, bajo el requerimiento de diseñar espacios de laboratorios grandes, abiertos y sin obstrucciones, capaces de adaptarse a las necesidades cambiantes de la ciencia. Resumió sus objetivos estéticos diciéndole a Kahn que *"creara una instalación digna de la visita de Picasso"*.



Figura 19 – Arq. Louis Kahn

El reconocido *Salk Institute*, Instituto de Ciencias Biológicas, es, hasta el día de hoy, un centro de investigación de vanguardia.

En junio de 1962 se inicia la obra; y con el apoyo financiero de la Fundación Nacional March of Dimes, el Instituto Salk de Estudios Biológicos abrió sus puertas en el año 1963, con la instalación de los primeros laboratorios en edificios temporales; completándose la construcción del Instituto en el año 1967.

Compuesto de dos edificios rectangulares espejados, pero unidos en mente y vista al poderoso e inspirador punto focal: el patio central, con una simetría cuidadosamente planificada hacia el Océano Pacífico. Su patio, posee un curso de agua, que fluye suavemente a través del centro del diseño, y es denominado "Río de la Vida", representando el constante goteo de descubrimientos que se derraman en el mayor cuerpo de conocimiento, simbolizado, más allá, por el Océano Pacífico. El Sol se pone a lo largo del eje del "Río de la Vida" dos veces al año, correspondientes a los equinoccios de primavera y otoño.

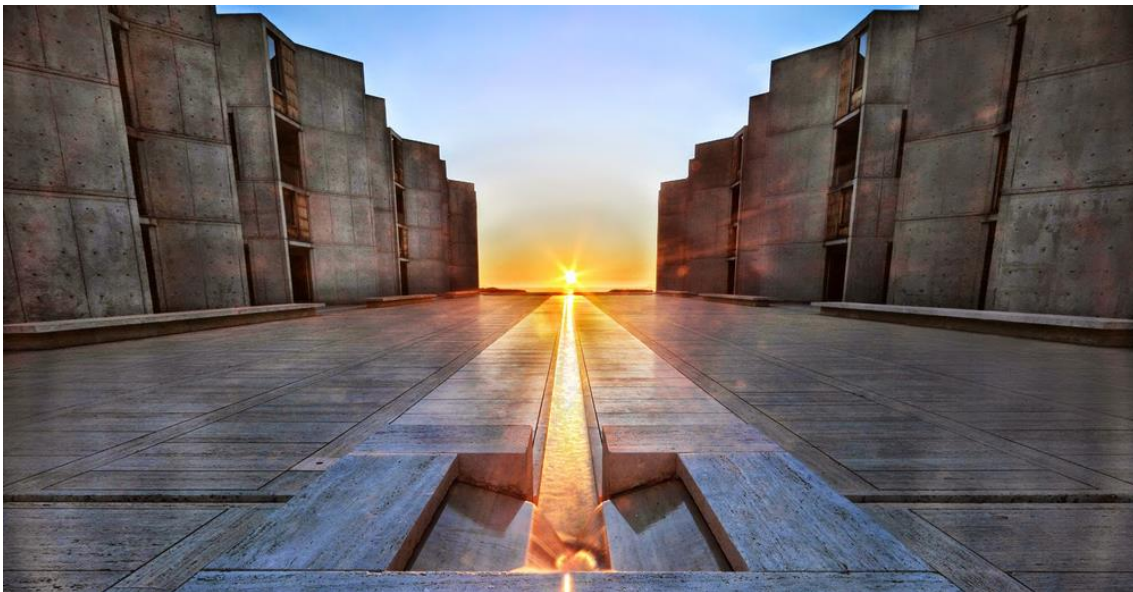


Figura 20 – Instituto Salk, La Jolla, San Diego, California

El Instituto Salk es, indiscutiblemente, un emblema de la tranquilidad y grandiosidad arquitectónica. Es una estructura que unifica cielo, mar y ciencia, y, sin más que aclarar, es considerado el primer referente de la Neuroarquitectura. El Instituto sería el centro adecuado para liderar una serie de estudios relativos a cómo el espacio puede afectar al cerebro.

En sus trabajos, el arquitecto John Paul Eberhard se entrevistará con Fred H. Gage, investigador del Instituto Salk, que había logrado demostrar cómo entornos estimulantes habían provocado neurogénesis en ratones, con el objetivo de averiguar si podría ocurrir

lo mismo con las personas. Aunque Gage le explica que esto aún no se ha demostrado, le anima a iniciar investigaciones en la relación entre Neurociencia y Arquitectura.

Paralelamente, por su parte, otro actor también destacable en las bases que sustentan la importancia del hombre como ser humano en la Arquitectura de hoy, fue Richard Joseph Neutra (1892-1970), arquitecto austriaco emigrado a California en la década de 1920, que ha sido caracterizado en la historiografía del movimiento moderno como un gran técnico que depuró los lenguajes en residencias ligando, irrevocablemente, su imagen a las casas californianas que diseñó.

Sin embargo, además de sus aportaciones en la Arquitectura Moderna, en la gestación de una modernidad californiana y en soluciones técnicas para la construcción con materiales industrializados, Neutra fue un importante precursor de inquietudes contemporáneas en relación con el ser humano. Como profuso escritor, dejó numerosos textos que dan evidencia de los fundamentos teóricos de su trabajo y de la honda reflexión sobre la esencia del quehacer del arquitecto: el ser humano. Los escritos muestran otro Neutra, un visionario con inquietudes alejadas de la imagen de una arquitectura glamurosa. En ellos se reflexiona sobre temas que se tornarían de interés medio siglo después como el diseño ambiental o la percepción de la arquitectura. Dan fe, además, de su gran preocupación por el sur, por el trópico y por sus habitantes pobres.

Como buen moderno, creía en la capacidad de la Arquitectura de forjar cambios en los individuos y también en las colectividades; en su poder de transformación social. Difundía un diseño centrado en el ser humano, atento a las condiciones naturales del sitio y sensible a las necesidades sociales.

Lo movilizaban inquietudes en relación con el sitio, el psicoanálisis, la Neurociencia, los países del sur y el paisaje. Se destaca su interés por la percepción de la arquitectura más allá de la vista. Para Neutra, la experiencia de la arquitectura podía redundar en sensaciones de bienestar integral, y, por ello, debían ser centrales en el proceso de diseño.

En sus escritos, Richard Neutra mostró diversas posiciones con respecto al ser humano, con una relevante distinción entre el cliente y el usuario final. Sus ideas al respecto se derivan de varias experiencias e intereses, entre las que se destaca su vivencia de una larga hospitalización de joven cuando, después de contraer malaria y tuberculosis durante su servicio militar, fue obligado a pasar un año y medio en un sanatorio suizo. Esta experiencia lo sensibilizó a la perspectiva no solo del paciente hospitalario, sino, en general, a la percepción de la arquitectura por parte de sus usuarios. Posteriormente, su andar profesional reforzó sus convicciones al respecto del rol que jugaba la arquitectura en el bienestar de sus usuarios en lo psicológico, lo físico y lo espiritual, y en el desarrollo de su filosofía que, a grandes rasgos, postulaba el impacto benéfico de un ambiente bien diseñado sobre la salud general del sistema nervioso humano.

En 1954, Neutra escribió *“Survival through Design”* en el cual, se centró en identificar e investigar las necesidades humanas funcionales y estéticas. Creía que el entorno construido debería adaptarse a estas necesidades. La investigación que resumió en ese libro se centró en la Neurociencia y la Psicología Ambiental. Estos escritos

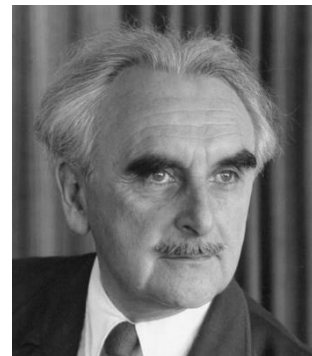


Figura 21 - Arq. Richard J. Neutra

"Si hay que diseñar para la gente, es imprescindible observarla, comprenderla y simpatizar con ella. Un arquitecto es un observador atento y vigilante mientras hace o se prepara para hacer algo. Es un previsor, consecuencia de su experiencia, y esto es, precisamente, proyectar"

complementaron el entusiasmo de Neutra por escuchar, escucharon a los miembros de una familia individual o a las partes interesadas que usaban una escuela, una iglesia, una biblioteca o un edificio cívico. De esta manera, podría adaptarse mejor a las necesidades de esos clientes. Creía en el trabajo en equipo interdisciplinario y que la atención a los éxitos y fracasos anteriores podría conducir a una mejora constante.

En 1962, Richard, Dion y Dione Neutra, establecieron el Instituto Neutra de Supervivencia a través del Diseño, donde, aún hoy en día, prevalece el legado intangible de los Neutra: *“Escuchar, investigar y fomentar el trabajo en equipo para una mejora constante”*.

Otro impulso a la Neuroarquitectura vino de la mano del ya mencionado investigador del Instituto Salk, Fred Gage, quien en 1998 logró demostrar la neurogénesis en humanos, demostrando que el cerebro sigue produciendo neuronas en la edad adulta, lo que le llevó a interesarse por cómo el entorno en que vivimos influye en la estructura y el funcionamiento de nuestro cerebro.



Figura 22 – Fred Gage, investigador del Instituto Salk

“Al diseñar los edificios que habitamos, el entorno construido cambia nuestra conducta y modifica nuestro cerebro”

Con el correr del tiempo, comienza a tomar relevancia el *Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B)* de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), un centro de investigación que creó en el año 1990 la unidad *Grupo DID* (Desarrollo de Diseño e Imagen), formado por un pequeño grupo de investigadores y estudiantes.

Su misión consistía en estudiar, de forma científica y cuantificable, cómo los espacios influían en las personas y cómo podían diseñarse para ayudar a sus usuarios.

Posteriormente, y tal como se conoce en la actualidad, la unidad cambia su nombre a *Laboratorio Europeo de Neurotecnologías Inmersivas*, LENI o también conocido como LabLENI, y se encuentra integrado con equipos multidisciplinares que trabajan juntos para mejorar las habilidades humanas a través de la tecnología. El Instituto consta, hoy en día, de cinco unidades de investigación.

El siguiente acontecimiento en la historia de la Neurociencia aplicada a la Arquitectura, vino de la mano nuevamente de Fred Gage, en ese momento como presidente y profesor en el laboratorio de genética del Instituto Salk, al fundar, junto John Paul Eberhard, éste en rol de presidente fundador, la *Academia de Neurociencia para la Arquitectura*, ANFA (The Academy of Neuroscience for Architecture). El proyecto de la Academia tomó forma en el año 2002 como un proyecto heredado de la Convención nacional del *Instituto Americano de Arquitectos* (AIA), y en febrero del año 2003 obtuvo la certificación como corporación del Estado de California.

ANFA es una organización sin fines de lucro, cuya misión es promover y apoyar, incansablemente, la búsqueda del conocimiento que vincula la investigación en Neurociencia con una comprensión cada vez mayor de las respuestas humanas al entorno construido. Se beneficia del creciente cuerpo de investigación que ha evolucionado dentro de la comunidad de la Neurociencia en las últimas dos décadas, y la promesa, de más, en el próximo siglo.

Con base en los icónicos precursores mencionados, es en la primera década del siglo XXI cuando despegua, con gran impulso, el número de investigaciones que intentan esclarecer la relación entre la percepción del entorno y la respuesta cerebral.

Otro hito también destacado para la Neuroarquitectura, pero ya en terreno de América Latina, es la fundación en el año 2019 del *Instituto de Neuroarquitectura y Diseño, NAD*, con sede en Santiago de Chile, que tiene como principal referente a Pablo Redondo, arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. El Instituto NAD tiene como propósito, impulsar el desarrollo de una Arquitectura profundamente humanista con base científica, buscando desarrollar estudios y parámetros que conformen el set de nuevas reglas para diseñar espacios de trabajo, salud y educación, con la promesa de acercar los conocimientos de la Neuroarquitectura a estudiantes, profesionales y tomadores de decisiones.

También cabe destacar al Neuroarq Academy, la Academia Brasileña de Neurociencia y Arquitectura, pionera del tema en Brasil, fundada en el año 2019 por las arquitectas Gabi Sartori y Priscilla Bencke, con el objetivo de formar profesionales, difundir conocimientos, desarrollar estudios, integrar múltiples áreas en una visión sistémica del espacio, el comportamiento y el bienestar, a través de capacitaciones, cursos, eventos, talleres, conferencias e investigaciones.

Y como uno de los protagonistas más recientes en la historia de la Neuroarquitectura, el *Instituto de Neurociencia para la Arquitectura y el Diseño, INPAD* México, es una institución sin fines de lucro que pertenece a una red Latinoamericana de Institutos de Investigación entre la Neurociencia y la Arquitectura, creada en el año 2021. Está conformado por un grupo de arquitectos, diseñadores, psicólogos y neurocientíficos que investigan la conexión entre la Arquitectura y el Diseño con la Neurociencia y Psicología del Comportamiento.

Es por lo anteriormente expuesto, que analistas han caracterizado lo que está sucediendo en la Neurociencia como la frontera más apasionante del conocimiento humano desde el Renacimiento. Toda la humanidad se beneficiará de esta investigación de innumerables formas aún por determinar.

Características y temas tratados

Los sistemas habitualmente utilizados se dividen entre los que registran directamente la actividad cerebral (imagen por resonancia magnética funcional y electroencefalografía), los que registran respuestas fisiológicas generadas por el sistema nervioso autónomo como medida indirecta de la actividad cerebral (electrocardiografía, electromiografía, respuesta galvánica de la piel...) y los que registran actividades comportamentales relacionadas con la actividad cerebral (eye-tracking , Facial Expression Analysis).

Los estudios que se han efectuado hasta el momento han tratado: la orientación, la influencia de la iluminación, la influencia del color, los materiales, el estilo decorativo, la correlación entre preferencia de estímulo y respuesta cerebral, la respuesta de pacientes ante entornos sanitarios, la influencia de algunos criterios específicos de diseño como la altura de techo o las formas, la exploración visual del paisaje, la respuesta cerebral ante la sensación de presencia en entornos virtuales, la respuesta al estrés ante entornos reales o virtuales.

Aplicación en el ámbito de la Arquitectura

Durante siglos, la Arquitectura, la pintura, la escultura se han denominado "*Bellas Artes*". Esto podría interpretarse que son artes que se ocupan de "lo bello" y que resultan atractivas, o no, a la vista. Resulta imposible explicar con precisión lo que es Arquitectura, pues sus límites no están bien definidos, ni mucho menos. En general, el arte no debería explicarse; es necesario, y hay que experimentarlo.

En este sentido, podría decirse que aquel objeto, edificio o lugar que se considera en términos coloquiales “*toda una experiencia*”, lo es porque nos pone en una situación o circunstancia cargada de emociones.

El paso del tiempo, la luz, la sombra y la transparencia; los fenómenos cromáticos, la textura, el material y los detalles..., todo ello participa en la experiencia total de la arquitectura. Por lo tanto, para poder entender las emociones causadas por el entorno, es necesario comprender la situación en que se encuentra una persona, es decir, analizar el conjunto de factores o circunstancias que afectan a alguien o algo, en determinado momento. En función de esto, se propone crear edificaciones que tengan como fin la creación de situaciones, de vivencias, ser promotores de experiencias, ser conmovedores.



Figura 23 – Arq. Le Corbusier

“La arquitectura no solo tiene que servir, sino también, conmover”

Por lo tanto, si bien la función primordial del entorno construido es dar cobijo y protección frente a las inclemencias y las amenazas del ambiente, un edificio bien diseñado, es aquel que responde tanto a las necesidades funcionales como a las necesidades de sus ocupantes, y sus requerimientos de confort.

Es, esta amalgama de elementos dispares, la que otorga a la arquitectura su gran complejidad ya que, mientras los aspectos técnicos pueden ser abordados con criterios o métodos científicos, su efecto sobre las personas suele quedar librado a la intuición del profesional.

La Neurociencia puede ayudar a los profesionales a comprender científicamente este aspecto que, a través de la historia, había quedado sujeto al talento personal.

Hoy, los avances en el campo de la Neurofisiología son capaces de explicar la forma en que percibimos el mundo que nos rodea, y cómo el entorno físico afecta la cognición, la capacidad de resolver problemas y el estado de ánimo. Incorporar estos conocimientos brinda nuevas herramientas para planificar los espacios interiores que ocupamos y en los que pasamos el 90% de nuestra vida (estadística brindada por la OMS).

La Neuroarquitectura, en conclusión, se puede definir como el entorno construido que ha sido diseñado con principios derivados de la Neurociencia, ayudando de esta forma a crear espacios que favorezcan la memoria, la mejora de las habilidades cognitivas y la estimulación de la mente, evitando el estrés, al mismo tiempo, que se fomenta el bienestar de quienes utilicen o habiten esos espacios.

De este modo, también es posible determinar si la arquitectura de un edificio, realizado de materia inerte, inspira calma o ansiedad a sus usuarios, si las proporciones son óptimas o si la entrada de luz es la adecuada. Además de tener en cuenta, qué elementos producen en el cerebro un efecto positivo o negativo, de acuerdo a la actividad que realiza el individuo. Por lo tanto, utilizar la ciencia para crear espacios más acordes a nuestras necesidades puede ayudar a optimizar nuestras viviendas y otros espacios.

Todo esto trae aparejado varias preguntas, que en algún momento han invadido nuestra mente y movilizado nuestras inquietudes.

En el ámbito de la educación y formación de personas: ¿por qué enseñar a los estudiantes en clases amplias, con grandes ventanales y luz natural, es mejor y produce más rendimiento que la enseñanza impartida en clases angostas y pobremente iluminadas?, ¿en qué medida los colegios, los institutos de enseñanza media o las

universidades, que se han construido y se están construyendo en las grandes ciudades, modelan la forma de ser y pensar de aquellos que se están formando?, ¿es posible que la arquitectura de los colegios no responda hoy a lo que en verdad requiere el proceso cognitivo y emocional para aprender y memorizar, acorde a los códigos del cerebro humano y verdadera naturaleza humana y sean, además, potenciadores de agresión, insatisfacción y depresión?, ¿hasta qué punto vivir constreñido en el espacio de un aula, lejos de las grandes extensiones de tierra con horizontes abiertos o montañas, árboles, de suelos alfombrados de verde, no ha alterado los códigos básicos del aprendizaje y la memoria?. Todas estas son preguntas actuales, persistentes, que inciden en la concepción de una nueva *Neuroeducación*.

También sucederá si nos cuestionamos lo que ocurre en un entorno físico destinado a la atención de la salud; a menudo se pasa por alto y no se comprende bien su principal actor, el paciente, y también su entorno familiar. Por ello nos preguntamos, ¿qué experimentan los pacientes cuando van al consultorio de un médico, a un hospital o a un asilo de ancianos?, ¿qué les importa más?, ¿cuáles son sus necesidades básicas?, ¿cómo afecta el entorno físico a sus experiencias y a las de sus familias?, ¿se sienten protegidos y seguros?, ¿se sienten acompañados?, ¿cómo es su estado de ánimo?, ¿tienen la privacidad necesaria?, ¿progresan sus recuperaciones?.

Y, ¿qué hay del diseño de salas pediátricas?, ¿y de salas de neonatología?, ¿y salas de parto, de maternidad y de lactancia?, ¿qué sucede con las salas de cuidados intensivos?, ¿qué requiere un centro de cuidados asistidos a ancianos?... Y así podríamos seguir cuestionándonos sobre las verdaderas necesidades, tanto del paciente como de su entorno familiar afectivo, cuyas necesidades también requieren atención.

De la misma manera, incontables necesidades surgirán si analizamos conscientemente el entorno arquitectónico de las penitenciarías, de las salas de audiencias en tribunales, de los espacios subterráneos, de las iglesias y templos, de los espacios de meditación, del impacto que tiene el diseño urbano sobre los peatones y los conductores... Y así podríamos continuar nombrando centenares de escenarios que requieren nuestro mayor esfuerzo.

Los elementos de la Neurociencia para la Arquitectura

La Neuroarquitectura “pura” sería aquella que se sirve de instrumentos de la neurobiología para medir de manera objetiva cómo reacciona nuestro cuerpo ante determinados estímulos arquitectónicos, con el objetivo de diseñar teniendo en cuenta las emociones que genera la Arquitectura.

Sin embargo, hoy en día los estudios de Arquitectura no cuentan con todos estos aparatos científicos, ni con la tecnología y el tiempo necesarios para el tratamiento de datos, para finalmente aplicar las conclusiones a sus diseños.

Son instituciones como la Academia de la Neurociencia para la Arquitectura (ANFA) en San Diego creada en el año 2003, el Grupo de Investigación en el área de Neuroarquitectura LENI de la Universidad Politécnica de Valencia, el Instituto NAD de Neuroarquitectura y Diseño en Chile, quienes desarrollan estudios sirviéndose de la metodología científica. Todos ellos, con el objetivo de dirigir investigaciones en Neurociencia que puedan ser relacionadas con la práctica de la Arquitectura, analizan los requisitos funcionales para distintos tipos de edificios, a partir de los cuales, establecieron las principales áreas de estudio que deben ser abordadas, y que se exponen a continuación.

▪ Emociones

El arquitecto finlandés Juhani Pallasmaa, a través de su obra y diversos ensayos y libros publicados, expone su búsqueda incansable en crear una arquitectura más sensible tanto para el hombre como para la ciudad, y afirma que la experiencia arquitectónica se encuentra en una dualidad entre lo real y lo representado, entre el mundo y lo percibido, pero ante esto, insiste en que debemos crear la concepción del espacio arquitectónico como un espacio vivido, y no meramente físico ni estético.

El entorno construido se percibe inicialmente a través de la emoción, un sistema rápido y eficaz del que nos ha dotado la evolución para juzgar lo que es bueno o malo, seguro o peligroso, lo que necesitamos para poder sobrevivir.

Antes de que las sensaciones que evoca un edificio lleguen a la consciencia, ya hemos hecho juicio sobre los materiales, las relaciones espaciales, las proporciones, la escala, los ritmos, la comodidad.

Dado que las respuestas emocionales incluyen las áreas del cerebro relacionadas con los movimientos corporales y con el sistema nervioso autónomo, la Arquitectura se convierte en un elemento capaz de alterar nuestros estados fisiológicos. Así, por ejemplo, se ha demostrado que un pasillo estrecho entre altas paredes de concreto, genera tensión automáticamente.

▪ Espacio y lugar

El espacio arquitectónico frente al geométrico es cualitativo y relacionado con el ser humano, no es intelectual e invisible.

La arquitectura se puede recorrer, es un juego de sensaciones a partir de las cuales se crean atmósferas, convirtiéndose en un viaje de descubrimientos. Es a través de la relación entre el cuerpo humano y el espacio que lo rodea, cuando nace la experiencia arquitectónica, y de ahí podemos tratar de comprender cómo nos afecta.

Aunque los lugares se asocian más que nada con ambientes espaciales, la noción de “lugar” difiere de la de “espacio” en un aspecto fundamental, la interacción por parte del individuo.

La representación interna de un lugar está muy influenciada por la forma en que las personas se mueven dentro de él. Una separación de vidrio, que no interrumpe las vistas, pero sí el desplazamiento, puede ser suficiente para que el cerebro perciba como distintos a dos espacios físicamente adyacentes. Esto significa que el sentido de lugar se construye a través del movimiento y las conexiones espaciales que se pueden realizar, junto con la propia configuración del espacio.

Por lo tanto, la comprensión de los principios de la Neurociencia puede servir de guía para el diseño del entorno construido, mejorando la orientación espacial, reforzando las capacidades cognitivas y facilitando las emociones positivas y la motivación.

▪ Los sentidos

En literatura, la *sinestesia* es un recurso artístico que consiste en el cruce simultáneo de dos o más impresiones sensoriales para expresar metafóricamente una idea que no debe ser comprendida de forma literal. Cuando este concepto migra al resto de las artes, como la música, la pintura, la moda o la arquitectura, el resultado es la creación de una

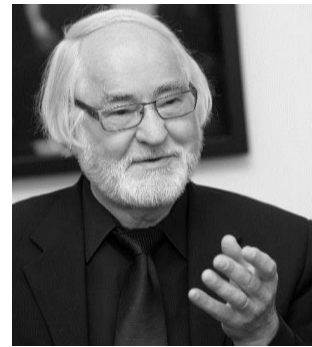


Figura 24 – Arq. Juhani Pallasmaa

“Acercarse o enfrentarse a un edificio, más que por la percepción formal de una fachada; el acto de entrar, y no simplemente el diseño visual de la puerta; mirar al interior o al exterior por una ventana, más que la ventana en sí como objeto material”

percepción irreal pero verdadera, donde los sentidos se entrelazan para interpretar una melodía, un cuadro, una prenda o un espacio con la intensidad única de una mezcla de emociones.

El término *sinestesia* proviene de la Psicología y, mientras que algunos la definen como un trastorno de la percepción, otros, la comprenden como una forma “más completa” de experimentar diferentes estímulos sensoriales. Se trata, en otras palabras, de una comunicación inusual entre los sentidos que permite ver sonidos, saborear colores, escuchar formas...

Algún tiempo atrás, hemos visto un García Lorca hablar de “*verde viento*”, un Rimbaud otorgar colores a las letras del alfabeto, un Kandinski sugerir criterios de improvisación musical mediante la pintura, un Van Gogh que transmitió sonidos a través de sus dibujos ondulantes.

Sentir, es un proceso interno, íntimo, ligado a cada individuo. El ser humano posee cinco sentidos y órganos vinculados a ellos, que utiliza inconscientemente para relacionarse con el mundo exterior y comprenderlo: la vista (el ojo), la audición (el oído), el gusto (la lengua), el olfato (la nariz) y el tacto (la piel). Se trata de un conjunto de emociones internas que, vinculadas a la materialidad física, hacen perceptible la realidad para el hombre.

De acuerdo a los neurólogos, cuando llegamos al mundo todos somos sinestésicos, pero a medida que nuestras neuronas estructurales van madurando, los sentidos comienzan a especializarse hasta diferenciarse claramente unos de otros.

Cuando una persona, recibe un estímulo sensorial, por ejemplo, escucha una nota musical, además de oír su sonido más o menos agudo o grave, también huele un aroma. Otras pueden asociar un color a determinadas letras o números, o percibir los meses ordenados en un círculo. En estas variaciones sensoriales, los sentidos no se mezclan, sino que se entrelazan de forma involuntaria y automática.

Maestros como Vincent Van Gogh o Wassily Kandinsky han producido sus obras más emblemáticas a partir de experiencias multisensoriales que asociaban sonidos con colores. Van Gogh explicaba que para él las notas musicales evocaban ciertos colores y emociones, dotando todo su trabajo de movimientos expresivos y vibrantes. Mientras que Kandinsky creó una increíble colección de pinturas abstractas que expresaban la asociación de cada nota musical con un color: los graves evocaban un amarillo brillante y los agudos ondas oscuras.

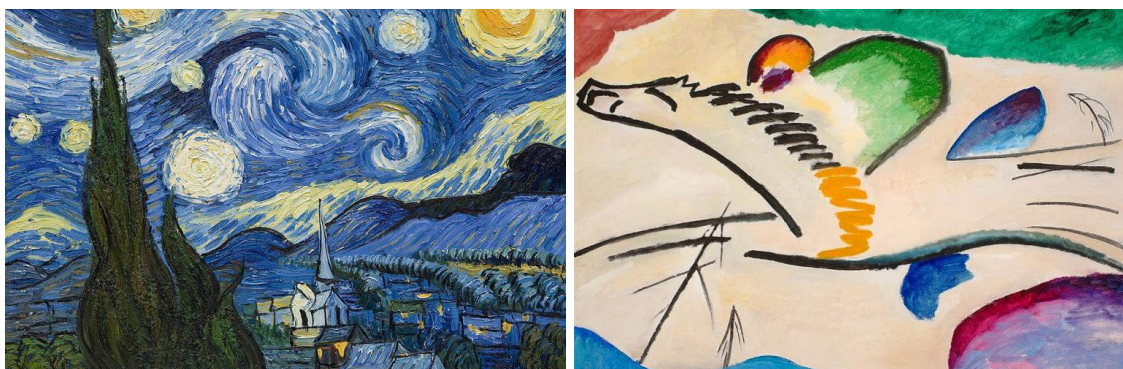


Figura 25 – (Izq.) *La noche estrellada*, Vincent Van Gogh. (Der.) *Lyrical*, Wassaly Kandinsky

El recurso de estimular los cinco sentidos humanos a fines de evocar una percepción a nivel emocional es cada vez más utilizado en el ámbito del marketing, donde el aspecto visual y estético cobra especial protagonismo. Según los expertos, el impulso de compra

de un cliente es desencadenado principalmente por sus emociones y estados de ánimo. Lo que percibimos a través de los ojos es procesado en un área relativamente consciente del cerebro, mientras que aspectos como el olfato y el gusto actúan a nivel emocional e inconsciente.

La arquitectura también se abre a la incorporación de percepciones multisensoriales para crear escenarios holísticos, dando lugar a un cruce entre el espacio real e ilusorio, aquel tangible y otro evocado. Estos elementos sensoriales se combinan de forma selectiva y coordinada dentro del ámbito del diseño de espacios para crear una arquitectura sinestésica en la que confluyen elementos materiales, decorativos y paisajísticos, con el principal objetivo de evocar emociones positivas.

Sabemos que la percepción espacial no se limita a la vista, sino que intervienen otros factores, como la acústica o la iluminación, que acaban ejerciendo una influencia considerable a nivel emocional. Cada sentido identifica distintas cualidades del espacio a percibir; la vista y la audición permiten establecer una relación más amplia, experiencias lejanas; en cambio, el tacto, el olfato y el gusto, se interponen como capaces de percibir las cualidades más cercanas. Tiene que ver con la relación corpórea del ser humano que experimenta el espacio y las condiciones culturales, sociales y psicológicas que le rodean. A través de esas relaciones, los edificios nos transmiten significados, ya sea porque reconocemos sus formas o porque encontramos indicios o símbolos en ellos.

La arquitectura, más que cualquier otra creación humana, está siempre asociada a un cierto contexto cultural, estilo de vida, clase social o ideología de sus creadores y habitantes. La experiencia indica que estamos constantemente asociando y creando largas cadenas de significados que conectan un edificio con otras obras, tiempos o lugares. Al respecto, los expertos realizan una similitud de lo anterior con nuestras comidas favoritas, ya que sostienen que ellas no están ligadas íntegramente al gusto, no nos gustan porque saben bien, porque son deliciosas, sino porque están aferradas a nuestras vivencias, a nuestros recuerdos, a momentos que nos marcaron, épocas en que fuimos muy felices. ¿A quién no le gusta una comida hecha por la abuela?... Lo mismo sucederá con aquello que no nos gusta o nos genera inconscientemente rechazo, nuestro cerebro lo identifica porque seguramente está ligado a algo, alguien o a algún momento o acontecimiento, en el que sentimos tristeza, desazón, enojo. Esta es una característica humana, la cual, como proyectistas, podemos aprovechar, utilizando los edificios como herramientas de significación, generadores de ideas e incitadores de la imaginación.

Las tendencias apuntan a no centrar la atención únicamente en el aspecto visual a la hora de diseñar un espacio, sino integrar elementos que incluyan el ejercicio de todos los sentidos hacia una experiencia háptica.

De este modo, las proporciones, los colores, la disposición de la luz, la relación interior-exterior, las texturas, etc., operan como una forma de engranaje hacia un mismo concepto que evoca una simbología específica. Solo así entrarán en una relación directa las capacidades sensoriales, las percepciones físicas y emocionales, y el entorno construido.

- **Percepción espacial**

La percepción espacial es un evento que involucra la memoria, las emociones y las experiencias de los órganos de los sentidos. Influye tanto en el comportamiento como en la imaginación, en la manera de procesar la información nueva y en la respuesta de las personas al medio ambiente.

No poseemos receptores sensoriales que capten directamente el espacio. La percepción del espacio es, por lo tanto, una elaboración de nuestra mente en base a ciertas características que encontramos en las imágenes retinianas.

Investigadores han demostrado que la percepción del espacio mental se mueve en paralelo con la percepción del espacio físico. Cuanto mayor sea el sentido de profundidad espacial y expansión, más abiertas estarán las mentes a ideas poco ortodoxas y nuevas perspectivas.

Sin embargo, el espacio no existe en direcciones estrictamente laterales, es decir, delante y detrás de cada uno de nosotros, sino que también existe en la dimensión vertical. Por lo tanto, es razonable pensar que si el pensamiento del ser humano se vuelve más libre y abierto cuando percibe que el espacio se expande horizontalmente, hará lo mismo si el espacio se abre por encima de él.

Lo anterior, se confirmó al analizar la influencia de la altura del techo en la cognición de los usuarios del espacio. Al llevar a cabo estudios, los profesionales descubrieron que las personas con mayor capacidad de resolución y planteamiento de ideas creativas, estaban inmersos en habitaciones con cielorraso a mayor altura. Posteriormente, a través de escáneres cerebrales se encontró la correlación neurológica con los resultados de laboratorio. La parte del cerebro involucrada en la exploración visual del espacio, se activaba cuando se mostraba a los sujetos imágenes de habitaciones con techos altos.

En consecuencia, mientras que los espacios con techos altos, promueven el pensamiento conceptual, activan la sensación de libertad y exploración, y la imaginación, estimulando el pensamiento creativo, los espacios con techos bajos activan un estilo de pensamiento más concreto, enfocado y detallista que mejora la concentración. De acuerdo a cada destino o actividad a realizarse en cada espacio en particular, será conveniente la elección de una u otra configuración del espacio.

- **Recorridos**

Los puntos de referencia junto con los recorridos presentes en un espacio son características que definen tanto su forma como su función, al mismo tiempo que ayudan a significar la percepción espacial.

Los estudios demuestran que los espacios que se pueden transitar en dos direcciones, activan diferentes actividades cerebrales; cada una de esas dos direcciones estará representada por distintos patrones de actividad neuronal, de tal manera que el cerebro las tratará como entornos diferentes.

De esto se infiere que los espacios que fomentan la libre exploración, crearán representaciones menos influenciadas por los recorridos, mejorando la experiencia personal.

- **Aprendizaje y memoria**

La memoria espacial necesita referencias visuales para determinar nuestra ubicación y orientación dentro de un entorno dado. Cuando estas referencias faltan, se retrasa el aprendizaje de la ubicación y se activa la respuesta ante el estrés.

Esto indica la importancia de incorporar elementos de diseño que permitan el reconocimiento espacial y el recuerdo del mismo.

- **Cronobiología y ritmos circadianos**

La rotación de la Tierra sobre su eje, expone a los seres vivos que la habitan a ciclos diarios de luz y oscuridad. Para ajustar su actividad a los periodos de luz, determinados por la salida y puesta del Sol, los organismos han desarrollado relojes moleculares que funcionan en ciclos de 24 horas, denominados ciclos circadianos, del latín "*circa diem*",

que significa “*alrededor de un día*”. Son cambios físicos, mentales y conductuales que experimenta un ser vivo durante un ciclo de 24 horas. Estos procesos naturales responden, principalmente, a la luz y la oscuridad (dormir en la noche y estar despierto en el día), y afectan a la mayoría de seres vivos, incluidos los animales y las plantas. La cronobiología es el estudio de ellos.

Comportamientos como los ciclos de sueño / vigilia, ayuno / comer, o fisiológicos como la temperatura del cuerpo, la presión arterial, o la liberación de hormonas como el cortisol o la melatonina, responden a ciclos circadianos. No obstante, la mayoría de las personas sólo nota el efecto de los ritmos circadianos en los patrones de sueño.

El reloj biológico de un organismo se encuentra en una región del cerebro llamada hipotálamo, que es la parte sensora del sistema nervioso autónomo y una pequeña estructura del tamaño de la punta del dedo pulgar que se encuentra localizada en la parte basal del cerebro. El hipotálamo recibe información sobre la luz entrante de los nervios ópticos, los cuales la transmiten desde los ojos hasta el cerebro. Las señales del hipotálamo viajan a diferentes regiones del cerebro que responden a la luz, incluida la glándula pineal. En respuesta, esta glándula suspende la producción de melatonina, una hormona que provoca la sensación de somnolencia. Por lo expuesto, los niveles de melatonina en el cuerpo suelen aumentar después de que oscurece, lo cual hace que una persona se sienta somnolienta.

El cambio en la melatonina durante el ciclo sueño / vigilia refleja los ritmos circadianos. El hipotálamo también controla los cambios en la temperatura corporal y la presión arterial que ocurren durante el sueño.

Dado que los ritmos circadianos son controlados por la luz, las personas que tienen algún grado de ceguera tienen dificultad para dormir.

Los cambios en el cuerpo, en el entorno y los factores ambientales pueden hacer que los ritmos circadianos y el ciclo natural luz / oscuridad no estén sincronizados. Condiciones como el desajuste horario, trabajar en turnos nocturnos, la luz de los dispositivos electrónicos en la noche o, simplemente, comer en el momento equivocado del día, puede confundir nuestros relojes biológicos, al alterar las producciones de melatonina, y tener efectos nocivos sobre la salud. Estas alteraciones, también conocidas como desincronización circadiana, están asociadas a enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión arterial, obesidad, depresión, trastorno bipolar y trastorno afectivo estacional.

- **Iluminación**

La luz del día puede brindarnos mucho más que un simple factor de bienestar; es fundamental para la regulación de los sistemas endocrino e inmunológico, e influye en el correcto funcionamiento de los ritmos circadianos a lo largo del día y de las estaciones. Cuando no se cuenta con un aporte adecuado de luz pueden producirse problemas tales como alteraciones del ciclo sueño/ vigilia, fatiga, falta de concentración, depresión, estrés, etc.

Obtener suficiente luz natural ha demostrado beneficios físicos y psicológicos para los niños. En un estudio francés en el año 2012, en el que participaron más de 2000 niños de toda Europa, se descubrió que la cantidad de luz del día en un aula mejoraba los resultados de las pruebas de los alumnos en matemáticas y lógica hasta en un 15%. Una combinación de ventanas orientadas al sur y un sombreado efectivo llevó a niños más felices y productivos. Estos hallazgos proporcionan evidencia clara de que exponer a los niños a suficiente luz del día es necesario y útil. Para los padres, este conocimiento puede ser un gran motivador para reorganizar su espacio vital y encontrar nuevas formas y lugares para pasar tiempo con sus hijos.

En esta era de entretenimiento digital, a los jóvenes puede resultarles difícil dejar espacio para placeres más simples, como la maravillosa sensación de la luz del sol. Pero el hecho es que la falta de luz solar directa o indirecta adecuada puede causar deficiencia de vitamina D, alterar el reloj corporal de los niños y afectar su estado de ánimo general y su capacidad de concentración.

Sin embargo, cuando hablamos de luz, hacemos referencia tanto a la luz natural como a la luz artificial, y, por supuesto, su combinación. Es por ello que debe resultar fundamental el estudio de la temperatura e intensidad de la luz, dada la, ya expuesta, necesidad natural que como seres vivos tenemos de experimentar una variación de la intensidad lumínica.

Los cambios de nivel y temperatura del color de la luz afectan el estado de ánimo y la actividad de las personas; mientras que la luz azulada tiene un efecto activador, la luz cálida tiene un efecto relajante. Al mismo tiempo, una intensidad de iluminación alta, provoca excitación y, por lo tanto, un aumento de la actividad y un mejor estado de ánimo. Una intensidad baja, induce a la relajación y al descanso.

Resulta indispensable ir un paso más allá de lo que siempre se ha pretendido a la hora de dar luz a espacios cerrados. Los diseños de iluminación se han abordado de una manera estándar desde hace tiempo, sin más que ofrecer una luz regular y, a veces, de calidad. No se debe perder de vista que actualmente las personas pasan muchas horas dentro de oficinas, casas o comercios. Por ello, la iluminación ha dejado de ser un aspecto meramente técnico o estético para convertirse en un factor capaz de determinar el ánimo de los trabajadores o su rendimiento a corto y largo plazo.

Por lo tanto, esta corriente que busca “*sensibilizar la arquitectura*” también llegó al diseño de iluminación, y tal es así, que hoy en día la tecnología de iluminación busca nuevos horizontes, tratando de imitar los ritmos de la luz natural para que el bienestar sea máximo en cualquier espacio, y esto se logra a través de la “*Iluminación Dinámica*”.

En la naturaleza, el sol va creando diferentes tonalidades a lo largo del día. El cuerpo de toda persona se ha adaptado a ello respondiendo con fases de más actividad y con otras de mayor acentuación del reposo. Esta incidencia de los ciclos naturales de la luz sobre la vida cotidiana, es lo que pretende imitar un sistema dinámico de iluminación.

El sistema funciona modificando automáticamente la temperatura y la intensidad de la luz a lo largo del día, al combinar el flujo luminoso de dos lámparas diferentes, con tecnología óptica específica, para crear diversos equilibrios de iluminación fría y cálida, consiguiendo transmitir todo tipo de sensaciones. Además, el control se consigue mediante ajustes flexibles dando la oportunidad de crear un sistema automatizado en gran medida. Con ello el ahorro también es importante, ya que, en cada momento horario, se puede combinar la potencia de la luz artificial del sistema con la iluminación natural que un espacio pueda tener.

En resumen, la iluminación dinámica busca llevar las ventajas de la luz natural al interior de los espacios que diseñamos, imitando el ritmo natural de noche y día al que responde el cuerpo humano. Va un paso más allá y afecta cómo pensamos y cómo nos sentimos, al ejercer un efecto positivo sobre el reloj biológico. Permite adaptarse a diferentes necesidades y estados de ánimo, para vivir con mayor comodidad.

- **Calidad del aire interior**

Muchas personas cuando piensan en la contaminación química creen que eso es sólo cuestión de ciudades industriales, de chimeneas emitiendo humos de extraños colores, de pesticidas que se rocían en los campos, de vertidos de las fábricas a los ríos, de vertederos de residuos tóxicos y peligrosos, de trabajadores de oscuras industrias químicas que trabajan con máscaras antigás... Pero, lamentablemente, el mundo de la

contaminación química no es tan sencillo ni puntual. Las sustancias tóxicas, muchas veces, están más cerca de lo que pensamos, por ejemplo, en nuestra propia casa.

Si a la problemática descrita, le sumamos el agravante de que menos del 1% de las más de 100 000 sustancias diseñadas por el hombre y comercializadas han sido evaluadas, más o menos debidamente, acerca de sus posibles efectos sobre la salud y el ambiente, claramente estamos frente a un escenario que requiere atención.

Una persona respira diariamente entre 15 a 20 m³ de aire. Decimos respira, pero también podríamos decir “filtra”, ya que eso es lo que hacen nuestros pulmones, en los que se retienen muchas de las sustancias respiradas, pasando así, a la sangre.

Estudios han demostrado que el aire de los interiores, como indicador de la salubridad de un espacio construido, está en el orden de 2 a 5 veces más contaminado que el aire exterior, encontrándose entre las principales causas de contaminación, la ventilación inadecuada; los usos y actividades realizadas en el interior de la construcción; la contaminación propia del aire exterior; los materiales empleados en la edificación, muebles y elementos de decoración; la vida microbiana que se desarrolla dadas ciertas condiciones; y otras causas diversas que se agrupan en conjunto.

Desde el exceso de CO₂ hasta las partículas de alimentos de la cocción, los pelos de las mascotas, la humedad de los baños, las duchas y las lavadoras, son fuentes de contaminación. El 65% de todos los europeos secan la ropa en interiores al menos una vez a la semana, algo tan simple, pero que también afecta al desprender humedad. Los estudios también han encontrado que las habitaciones de los niños suelen ser las más contaminadas de un hogar. El 45% de todos los dormitorios de los niños tienen niveles demasiado altos de CO₂ debido a una ventilación insuficiente. Además, cuanto más actividad hay en una habitación, más polvo y otras partículas se agitan y circulan.

Las consecuencias de ello, son síntomas físicos persistentes como estornudos, secreción nasal, ojos rojos y dolores de cabeza. Vivir en hogares húmedos y con moho aumenta el riesgo de asma en un 40%. Los problemas respiratorios y las alergias pueden ser causados o agravados por una mala calidad del aire interior.

Los inconvenientes de los que hablamos guardan relación con un problema más general que ha sido denominado “*Síndrome del Edificio Enfermo*”. Según la OMS hasta un 30% de los edificios pueden ser edificios enfermos.

En función de lo anterior, el primer paso para mejorar la calidad del aire interior es aceptar y comprender el alcance del problema. Para ello, resulta fundamental comprender que un edificio respira de dos maneras diferentes, una por “infiltraciones” y otra por “ventilación”. Con respecto a las infiltraciones de aire, nos encontramos frente a un factor similar a un lápiz de doble punta, ya que por un lado podría aprovecharse como medio de mejora en la calidad del aire interior, pero a su vez, la industria de hoy en día nos lleva al consumo de cerramientos y elementos cada vez con mayor hermeticidad, en los que se minimizan las infiltraciones en pro de un ahorro energético de climatización. Por su parte, con respecto al segundo término, nos referimos a ventilación a aquellos sistemas que permiten su apertura para el ingreso de aire exterior.

Un segundo paso, es identificar los principales parámetros de medición de la calidad del aire, los cuales son: contenido de dióxido de carbono (CO₂), polvo, ozono (O₃), iones positivos, temperatura, humedad absoluta, humedad relativa, compuestos orgánicos volátiles (conocido como “COVs” dentro de los cuales se destacan: formaldehído (CH₂O), clorobenceno (C₆H₅Cl), benceno (C₆H₆), tolueno (C₇H₈), xileno (C₈H₁₀), acetona (C₃H₆O), percloroetileno), radón (Rn), amianto, campos electromagnéticos, entre muchas otros elementos constituyentes de las sustancias empleadas para limpiar, desinsectar, perfumar.

Luego, es necesario detectar las principales fuentes contaminantes. Varios de los compuestos mencionados anteriormente se encuentran presentes como constituyentes principales de muchos productos utilizados cotidianamente; por ejemplo, el formaldehído es utilizado para la construcción de materiales como tableros de partículas, madera contrachapada y otros productos de madera prensada; el clorobenceno es usado como solvente para formulaciones de pesticidas, para desgrasar partes de automóviles y como intermediario en la manufactura de otras sustancias químicas; el tolueno es utilizado en la fabricación de pinturas, diluyentes de pinturas, barnices, lacas, adhesivos y caucho, y en la imprenta y el curtido de cueros. También se usa en la manufactura de otras sustancias químicas, nylon, y plásticos; el xileno es manipulado como un disolvente en la imprenta y en las industrias de caucho y cuero, también como agente de limpieza, diluyente de pintura, y en pinturas y barnices; la acetona es utilizada en la fabricación de plásticos, fibras, medicamentos y otros productos químicos, así como disolvente de otras sustancias químicas.

En conclusión, la contaminación del aire dentro de nuestras casas se encuentra ligada a productos de limpieza, ambientadores, biocidas, anti-mohos, pinturas, detergentes, plásticos, electrodomésticos y electrónica, muebles y maderas, alfombras, suelos, materiales de construcción de pared y techo, aislamientos, ropa, productos de aseo y cosmética, agua, comida, y cientos de otras posibles fuentes.

Si bien se está muy lejos de disponer de unos criterios realmente rigurosos que puedan servir de guía efectiva para prevenir todos los riesgos químicos que pueden darse en el hogar, una vez identificados los principales contaminantes y establecidos los parámetros de medición, con el objeto de asegurar la vital renovación del aire en pro de mantener una calidad adecuada en los interiores, numerosos estudios han establecido rangos apropiados a esos parámetros de control:

- Renovación de aire ≥ 50 m³ / persona.
- Rango de temperatura óptima para actividad normal: 20 - 24 °C.
- Rango de humedad relativa óptima recomendada: 40 - 60 %. En un interior cuyo aire posea humedad relativa por debajo del 40% se ha observado que produce irritación, sequedad de mucosas y piel, mayor carga electrostática y mayor generación de polvo en suspensión. Por encima del 60% se genera un ambiente propicio para la proliferación de gérmenes patógenos en el aire, sensación de fatiga, generación de malos olores. A su vez, el equilibrio higrotérmico es importante para lograr un entorno confortable, ya que nuestro cerebro es muy sensible a los cambios bruscos de humedad y temperatura, que pueden reducir nuestro desempeño cognitivo y, a nivel emocional, generar hostilidad.
- Nivel adecuado de CO₂ para actividad normal diurna: < 800 ppm. Un aire interior con nivel alto de CO₂ produce malestar, somnolencia, falta de concentración, disminución de productividad.

Por lo tanto, es un hecho, conocido por la comunidad científica, que buena parte de nuestra exposición a contaminantes, se da en nuestros mismos hogares. Y ello es algo que debe movernos a reflexionar y, sobre todo, a actuar. Es mucho lo que podemos hacer en ese sentido, es mucho lo que podemos hacer para reducir esa contaminación.

Una de las formas más sencillas de reducir la acumulación de elementos nocivos dentro del hogar es incrementar la ventilación natural y reducir la humedad, ello reducirá grandemente la concentración de los mismos. Reemplazar el aire viciado por aire fresco, es una solución realmente eficaz a largo plazo para superar las consecuencias de un clima interior deficiente. Sin embargo, casi 6 de cada 10 personas, no airean lo suficiente sus hogares.

Otra forma de reducir la carga tóxica del hogar es actuar conscientemente en el uso de productos de la limpieza, bajo el conocido lema "*Limpiar sin ensuciar químicamente*". De manera inconsciente asociamos tal olor a lo "*limpio*" cuando, realmente, lo limpio no huele a nada. Oler a química fuerte no es oler a limpio, es más, en más de un caso, algunas de las sustancias asociadas a dichos olores pueden ser perjudiciales, ensuciando químicamente nuestro entorno.

Aunque no es lo mejor que puede hacerse, una primera opción para reducir la carga tóxica, es no utilizar tantos productos diferentes en casa, sino solo los que nos parezcan realmente esenciales. De ese modo simplificaremos un poco el cóctel químico que podemos crear en el interior de la casa. También, utilizarlos en cantidades menores. Y, por supuesto, adoptando más medidas de precaución, por ejemplo, con aquellos que pueden entrañar riesgos singulares, como los aerosoles, extremando cuidados y evitar inhalarlos. O, más en general, cuidando de aspectos como una correcta ventilación al limpiar pisos, muebles, para procurar que no se concentren determinados tóxicos en el aire doméstico. También en este sentido puede ser bueno enjuagar con suficiente agua las superficies para reducir las cantidades de productos químicos residuales que, entre otras cosas, pueden acabar luego en el polvo o liberar compuestos volátiles.

Una segunda opción, podría ser buscar productos que, simplemente, no contengan determinadas sustancias tóxicas. Para ello, hay que tener presente que no todo lo que dice "ecológico" o "natural" lo es necesariamente. Un producto puede presentarse como libre de tóxicos sólo porque, por ejemplo, no contiene fosfatos, que perjudican a los ríos, pero puede contener otras sustancias perjudiciales para el hogar (e incluso para los ríos también). Los productos ecológicos a los que se hace referencia cumplen exigencias más profundas y, muchas veces, suelen estar más en eco-tiendas que en otros establecimientos.

Y, como tercera opción, y la de mayores garantías, recurrir a soluciones caseras. Aunque la sociedad de consumo, de las prisas y de la poca reflexión, nos ha hecho olvidarlo, antes de que se creara la necesidad real o presunta de comprar ciertos productos, se usaban otros elementos para limpiar la casa, los cuales podemos seguir utilizando, y garantizando una enorme simplificación de la carga química de nuestros hogares. Son productos como el vinagre blanco o de manzana, el bicarbonato sódico, el limón, el jabón natural, los aceites esenciales de geranio, enebro, cedro, tomillo, eucalipto, lavanda, etc.

Como complemento a una mejora en la calidad de aire interior, de acuerdo a estudios realizados por la NASA, se determina la necesidad de incorporación de plantas en los interiores, estableciendo parámetros de ayuda a nuestros diseños del orden de 10 plantas por cada 100 m². Ciertas plantas (hiedras, crisantemo, ficus, cinta, azucena), al igual que los microorganismos de la tierra de las macetas que las contienen, pueden ayudar a capturar algunos contaminantes del ambiente interior del hogar. Plantas como los helechos absorberían algo de la humedad de algunas dependencias como el cuarto de baño. A los cactus se les atribuye absorber algo de las radiaciones de televisores u ordenadores.

Sin acción, los problemas mencionados solo empeorarán. Por eso es tan importante para todos nosotros repensar la forma en que vivimos en interiores. Desde individuos hasta profesionales, desde empresas hasta gobiernos, todos tenemos la responsabilidad de hacer todo lo posible para asegurarnos de que nuestros edificios tengan un medio ambiente saludable. Tenemos que empezar a construir de manera diferente y tenemos que empezar a vivir de otro modo.

Algunas soluciones son simples, otras más exigentes y algunas requieren cambios fundamentales en la sociedad. Pero se puede hacer, tenemos que actuar ahora, juntos, sumergirnos en un viaje a un entorno interior más saludable.

- **Campos electromagnéticos**

Como introducción conceptual en este apartado, se aclara que en el espacio que rodea a una carga eléctrica, se forma un *campo electrostático* con determinadas propiedades físicas; de la misma manera, en el espacio que rodea a un conductor recorrido por una corriente eléctrica, se forma un campo especial denominado *campo magnético*. Cuando el campo de cargas eléctricas es de magnitud invariable e inmóvil de una carga respecto a la otra, se dice que existe un campo electrostático, que no revela ninguna acción magnética. Sin embargo, si las cargas eléctricas se desplazan unas con respecto a las otras o varían de magnitud, variará el campo eléctrico creado en ellas, y entonces se percibirán las acciones magnéticas, al mismo tiempo, que las eléctricas, generándose un *campo electromagnético*, el cual podrá ser ionizante o no ionizante según su naturaleza.

Estos campos electromagnéticos están presentes en muchos fenómenos naturales, las galaxias, el sol, las estrellas, y además en la atmósfera existen cargas eléctricas que generan campos magnéticos a los que se está sometido permanentemente y que se hacen mucho más intensos, por ejemplo, durante las tormentas eléctricas. Pero también, se les han unido en el último siglo un amplio número de campos electromagnéticos artificiales, creados por el hombre, que nos exponen a diario a una radiación adicional.

Vivimos en un entorno ultra tecnológico, en el cual los avances y descubrimientos científicos han incorporado a nuestra vida cotidiana tecnologías que nos hacen más cómodo el día a día. Pero también, han alterado nuestro hábitat de una forma no prevista por nuestra evolución biológica natural. Nuestro organismo aún no ha desarrollado mecanismos adaptativos suficientes para sobrellevar esta exposición crónica cotidiana a los campos electromagnéticos artificiales o electroclima.

Los factores de riesgo artificiales identificados, y presentes en nuestro entorno son:

- Los campos eléctricos continuos o electrostáticos (cortinas, textiles y papeles pintados de materia sintética, lacas o revestimientos, entre otros).
- Los campos magnéticos continuos o magnetostáticos (piezas metálicas de camas, colchones, muebles, equipos eléctricos o electrónicos, vigas y otros elementos ferromagnéticos empleados en la construcción).
- Los campos electromagnéticos de baja frecuencia (red eléctrica, líneas de alta tensión, instalaciones eléctricas, tren de alta velocidad, pequeños y grandes electrodomésticos como lavadoras, frigoríficos, cocinas y hornos eléctricos, calderas de gas, transformadores urbanos, transformadores de aparatos eléctricos).
- Los campos electromagnéticos de alta frecuencia (hornos microondas, teléfonos inalámbricos, routers WiFi, Bluetooth, radar, teléfonos móviles, antenas de telefonía móvil, antenas emisoras de televisión digital terrestre, repetidores de televisión).

Los campos eléctricos estáticos no penetran en el organismo tanto como los campos magnéticos, pero pueden percibirse por el movimiento del vello cutáneo o los cabellos electrizados.

Los campos magnéticos estáticos tienen prácticamente la misma intensidad dentro del cuerpo que fuera de él. Cuando esos campos son muy intensos, pueden alterar el riego

sanguíneo o modificar los impulsos nerviosos normales. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud clasificó en el año 2002 a los campos magnéticos de baja frecuencias como posibles cancerígenos (grupo 2B). Los campos de radiofrecuencia pertenecen al mismo grupo desde mayo de 2011.

Por su parte, las ondas electromagnéticas pueden producir efectos biológicos que, según las circunstancias, pueden resultar perjudiciales para la salud. Y en este sentido, resulta importante comprender la diferencia entre ambos términos mencionados. Un *efecto biológico* se produce cuando la exposición a las ondas electromagnéticas provoca algún cambio fisiológico perceptible o detectable en un sistema biológico; y un *efecto perjudicial* para la salud tiene lugar cuando el efecto biológico sobrepasa la capacidad normal de compensación del organismo y origina algún proceso patológico. Algunos efectos biológicos pueden ser inoocuos, como, por ejemplo, la reacción orgánica de incremento del riego sanguíneo cutáneo en respuesta a un ligero calentamiento producido por el sol, sin embargo, otros, como son las quemaduras solares o el cáncer de piel, resultan perjudiciales para la salud.

Con objeto de asegurar que la exposición humana a los campos electromagnéticos no tenga efectos perjudiciales para la salud, que los aparatos generadores de esos campos sean inoocuos y que su utilización no cause interferencias eléctricas con otros aparatos, se han adoptado diversas directrices y normas internacionales. Un ejemplo y referente de ello es la *Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes* (ICNIRP), organización no gubernamental reconocida oficialmente por la OMS, quien ha establecido directrices internacionales sobre los límites de la exposición humana para todos los campos electromagnéticos, con inclusión de la radiación ultravioleta, la luz visible y la radiación infrarroja.

Mencionada Comisión analiza dos grandes grupos de riesgo. Por un lado, la población expuesta ocupacionalmente, la cual consiste en adultos que generalmente están expuestos bajo condiciones conocidas a los campos electromagnéticos y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial y para tomar las protecciones adecuadas. En contraste, el otro grupo está formado por el público en general que comprende individuos de todas las edades y de estados de salud variables, y puede incluir grupos o individuos particularmente susceptibles. En este caso, muchos de los miembros del público no están conscientes de su exposición a los campos electromagnéticos, más aún, no se puede esperar que los miembros individuales del público, tomen precauciones razonables para minimizar o evitar su exposición. Son estas consideraciones que soportan la adopción de restricciones más estrictas a la exposición del público que para la exposición de la población expuesta ocupacionalmente.

Clasificados los grupos de riesgo, la Comisión establece las restricciones básicas a considerar en función de la frecuencia, la densidad de corriente, la tasa de absorción específica de energía (SAR) y la densidad de potencia. El cumplimiento con todos los niveles de referencia dados en estas recomendaciones asegurara el cumplimiento de las restricciones básicas.

Se habla de niveles de referencia y restricciones básicas ya que se considera que aún hay información insuficiente sobre los verdaderos efectos biológicos producidos en personas debido a la exposición a campos electromagnéticos como para proporcionar factores de seguridad estrictos para todos los rangos de frecuencia y todas las modulaciones posibles.

Existe evidencia de entrevistas realizadas a médicos de Barcelona, España, en donde se ha señalado un aumento, en los últimos 10 años, de las personas que asisten a consultas por enfermedades relacionadas con radiaciones electromagnéticas. Los

especialistas destacan que, entre los síntomas presentados, posiblemente relacionadas con las radiaciones electromagnéticas, se encuentran: dolores de cabeza, alteraciones de la memoria, confusión, trastornos de sueño, fatiga crónica, fibromialgia, resequedad de mucosas, trastornos del estado de ánimo ligados a una mayor ansiedad e irritabilidad, problemas digestivos, problemas de irritación de la piel, irritación de ojos, posibilidad de desarrollar infecciones recurrentes, entre otras. En la mayoría de los casos, los síntomas mejoran cuando los pacientes dejan de exponerse a radiaciones electromagnéticas. Sin embargo, en muchos casos los pacientes continúan presentando síntomas y desarrollando enfermedades.

Pero, sin embargo, todavía hay cierta incertidumbre científica en torno a esta temática y, a raíz de ello, muchos países no tienen una legislación jurídica que regule la exposición a los campos electromagnéticos. Al respecto, varios organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud recomiendan lo que se conoce como "*alejamiento prudente*" en espera de conclusiones más evidentes.

La *Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes*, recomiendan las siguientes restricciones básicas para rangos de frecuencia que van desde 1 Hz a 300 GHz:

- Entre 1 Hz y 10 MHz, las restricciones básicas están dadas en términos de la densidad de corriente, para prevenir daños funcionales en el sistema nervioso.
- Entre 100 kHz y 10 GHz, las restricciones básicas son proveídas en términos del SAR para prevenir el estrés térmico de todo el cuerpo y un calentamiento localizado excesivo en los tejidos.
- En el rango de 100 kHz y 100 MHz, las restricciones son proveídas en términos de la densidad de corriente y del SAR.
- Entre 10 y 300 GHz, son proveídas en términos de la densidad de potencia para prevenir el calentamiento excesivo en los tejidos o cerca de la superficie del cuerpo.

En conclusión, nuestra vida diaria está llena de aparatos y tecnologías de uso cotidiano, que están emitiendo radiaciones continuamente y que interfieren con nuestro propio y vital bioelectromagnetismo.

La mayoría de los campos electromagnéticos presentes en los entornos laborales se consideran de frecuencias extremadamente bajas. Estas frecuencias van desde los 0 Hz hasta los 100 kHz e incluyen la frecuencia de 50 Hz de la alimentación eléctrica, que es la más habitual.

Desde el más común de los electrodomésticos que tenemos en casa hasta sistemas de transportes ferroviarios y tranvías, sistemas de vigilancia electrónica de artículos; los sistemas detectores de metales; hasta ciertos métodos de aforo vehicular implementados por las Instituciones Viales, generan campos electromagnéticos que pueden suponer, utilizados inadecuadamente, un factor de riesgo potencial para nuestra salud. Por lo tanto, conocer el funcionamiento de todos estos elementos habituales en nuestro entorno, es imprescindible para aprender a utilizarlos y convivir con ellos de forma correcta.

Bajo el conocimiento de lo anterior, resulta indiscutible la importancia de centrar la atención y hacer nuestro mayor esfuerzo en estudiar, en primer instancia, los sitios de emplazamiento de cada proyecto en particular, con el objeto de detectar fuentes de radiaciones como líneas de alta tensión, transformadores urbanos, antenas de telefonía o de televisión, vías de tren, y en función de su presencia, de sus ubicaciones y distancias, proyectar adecuadamente, no sólo por una razón de visibilidad y estética

(por ejemplo, evitando las orientaciones y vistas principales hacia ellos, mejorando la vista panorámica de los interiores) sino, principalmente, para proteger a sus usuarios de los perjuicios, potenciales o no, que generan. Luego de ello, proyectar siendo conscientes de los efectos mencionados, y planificar, por ejemplo, las distribuciones de los ambientes de una vivienda, alejando las fuentes de emisión de radiaciones de los lugares de descanso o de las zonas de trabajo.

Con el fin de diseñar edificios más sanos, también podemos implementar la utilización de materiales aptos para apantallar los campos electromagnéticos, que, dependiendo del fin de la construcción, el mercado ofrece diferentes soluciones, acorde a la magnitud de las ondas y corrientes generadas. Son especialmente adecuados para su instalación en paredes y techos, y en cables y bandejas, utilizándolos en diversas aplicaciones arquitectónicas, tanto para la protección humana como para evitar interferencias electromagnéticas, como, por ejemplo: blindaje de centros de transformación y subestaciones eléctricas, protección de centros de procesamiento de datos (CPDs) o blindaje de maquinaria industrial.

Es posible utilizar materiales para apantallar los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia generados por transformadores, subestaciones eléctricas, líneas de alta tensión, y equipos eléctricos. Estos materiales se componen de aleaciones metálicas especiales de alta permeabilidad magnética, sellada en una matriz de polipropileno reforzada con fibras de vidrio, que consiguen una alta eficacia de blindaje contra los campos electromagnéticos. Esto se consigue al desviar las líneas de fuerza magnética, fuera del espacio a proteger, y así facilitar un "camino de baja resistencia" para el campo magnético. Estos sistemas de apantallamiento se instalan directamente a la pared de ladrillo u hormigón, y no necesitan ninguna estructura metálica para soportar el material de blindaje.

Cuando se requiere una protección avanzada, los sistemas de aislamiento electromagnético están compuestos por un híbrido de dos materiales, un material de alta permeabilidad magnética, más una capa de una aleación basada en aluminio. Con esto, se proporcionan dos modos de apantallamiento magnético: la alta permeabilidad magnética que actúa para desviar las líneas de fuerza magnética fuera del espacio a proteger, y la alta conductividad eléctrica de la aleación de aluminio que minimiza el campo magnético residual por el efecto de cancelación de campo magnético de las corrientes torbellino inducidas en el metal. Se puede componer este sistema con una capa de materia de alta permeabilidad magnética y una capa de aluminio, o con doble capa de material de alta permeabilidad magnética y una capa de aluminio.

También se encuentran en el mercado los denominados folios de aleación especial de cobalto, hierro y molibdeno, laminada con una capa protector de poliéster (resistente a la corrosión), indicado para blindar los campos magnéticos de 50 Hz de relativamente baja intensidad, como lo son los campos encontrados en el entorno doméstico generados por los artefactos eléctricos. Son de instalación sencilla, ya que se pegan a la superficie a blindar usando sólo una cola de contacto fuerte.

Resulta posible, además, blindar los cables de las computadoras, impresoras, lámparas u otros equipos eléctricos, mediante la utilización de cables y regletas de distribución apantalladas que reemplazan los cables de suministro eléctrico convencionales. Los cables apantallados se usan para eliminar los campos eléctricos generados por los cables de suministro de 220 V, y tienen el mismo aspecto que los cables estándares, pero los hilos están envueltos con un fino revestimiento metálico que elimina el campo eléctrico. Las regletas, por su parte, tienen tanto el cable como la carcasa apantallada.

Se cuenta asimismo con cajetines eléctricos de blindaje para instalaciones eléctricas domésticas.

Del mismo modo, se puede hacer uso de bandejas y canalizaciones para apantallar cables, que son elaboradas con el material de blindaje magnético detallado anteriormente, permitiendo reducir los campos electromagnéticos generados por cables de alta, media y baja tensión. Se puede instalar el apantallamiento encima de los cables en forma de "tapa", lo cual es la instalación habitual para reducir el campo magnético en la planta superior, contra cables instalados en el techo de la planta inferior; debajo de los cables en forma de "base" para reducir el campo magnético bajo los cables; o en forma de una bandeja completa con base y tapa.

Como complemento a lo anterior, y siendo conscientes de que los cables de suministro eléctrico emiten campos eléctricos, incluso cuando los equipos eléctricos no están encendidos, se sugieren recomendaciones como desconectar de la fuente eléctrica, durante la noche, los elementos como router de WiFi y televisores (inclusive aconsejándose evitar instalar televisores en las habitaciones); no colocar teléfonos celulares en las habitaciones donde dormimos (mucho menos mientras se cargan sus baterías); ubicar los principales electrodomésticos sobre paredes que den al exterior, evitando que la mayor parte de la radiación quede en los interiores.

Ahora, qué pasa si analizamos el entorno a una escala mayor, si en lugar de centrar nuestro pensamiento en una vivienda, en una escuela o en un ambiente laboral, pensamos, por ejemplo, en el diseño urbano de una ciudad. Claro está que un gran aporte por parte de nuestros proyectos podría ser la implementación de los cableados urbanos enterrados, ya que, a diferencia de lo que sucede con los cableados aéreos, además de generar una panorámica urbana más limpia, menos contaminada visualmente, dar mayor seguridad y protección, no producen campos eléctricos sobre el suelo debido al efecto pantalla del propio material componente del suelo y, sobre todo, porque normalmente se rodean con un blindaje metálico. Sin embargo, el cableado enterrado igual generará un campo magnético, pero, como los conductores individuales suelen estar aislados y se pueden emplazar más cerca que en las líneas aéreas, el campo resultante tiende a reducirse. Si los conductores en conjunto disponen de un revestimiento exterior, la separación entre los cables todavía es menor, lo que merma el campo resultante. También si se trenzan helicoidalmente. Por el contrario, los cables pueden encontrarse a 1 m por debajo del suelo, en vez de a 10 m de distancia como en el caso de los aéreos, lo que produce el efecto contrario. El resultado neto es que en los bordes del recorrido de los cables enterrados el campo es significativamente menor mientras que en el centro, por el contrario, es mayor, por lo que el estudio de su ubicación y paso será fundamental para controlar sus efectos.

Como parte de las ciudades, será necesario estudiar también, por ejemplo, los medios de transporte que generen campos electromagnéticos, para asegurar una correcta ubicación sin sólo pensar en aspectos relacionados con el acceso y la disminución de distancias y tiempos de transporte de sus pasajeros. Los sistemas de transporte ferroviario con energía eléctrica pueden consumir una gran carga eléctrica en un margen amplio de frecuencias, con picos durante las maniobras de frenado y aceleración. Los campos magnéticos pueden variar considerablemente en función de la tecnología con la que cuentan. Los conductores de tren y los trabajadores ferroviarios se exponen a niveles más altos de radiaciones que los pasajeros debido a que suelen trabajar más cercanos a las fuentes.

En fin, hoy en día en el diseño arquitectónico y urbano se deben tener presentes todos estos factores, para construir edificios y conformar ciudades más sanas. Y dado que no podemos prescindir de la tecnología, sí podemos ser prudentes, conscientes, y adoptar precauciones sencillas, en tiempo y forma, para minimizar los riesgos que conllevan los campos electromagnéticos.

- Acústica

Desde el comienzo de los tiempos, el oído ha ayudado a advertir peligros cercanos. Hoy en día su función sigue siendo la misma, pero los peligros actuales son diferentes de los que eran en el pasado. Cuando el sonido es excesivo o no deseado, se le denomina *ruido*, e impacta en el cuerpo humano, la mente y las actividades, generando efectos graves para la salud, tales como presión alta, dolores de cabeza, trastornos del sueño, reducción del rendimiento físico y mental, reacciones de estrés, agresividad y, en general, reducción de nuestro estado de bienestar.

Si bien no todos los espacios necesitan sellar los diferentes tipos de sonido, como las cámaras herméticas, la creación de espacios con un grado adecuado de insonorización mejora la calidad de vida de sus usuarios.

El ruido es un enemigo invisible y forma parte de la vida cotidiana en las grandes ciudades, a través del tráfico intenso, las construcciones o la utilización de equipos como generadores y sistemas de aires acondicionado. Aunque en espacios interiores la historia se repite, es posible tomar medidas efectivas para evitar o disminuir los sonidos no deseados.

Incluso durante el sueño, nuestro oído externo, medio e interno reciben, transmiten y detectan el sonido. Las presiones sonoras hacen que el tímpano vibre, estimulando los nervios en el oído interno. Las diferencias en la presión determinan el volumen (medido en decibelios), mientras los ciclos de vibración por segundo determinan el tono o la frecuencia (medida en Hertz).

La Organización Mundial de la Salud utiliza el valor de 55 dB como el máximo ideal de ruido a exponerse durante la mayor parte del tiempo. La institución señala que aproximadamente el 20% de la población mundial está expuesta a ruidos superiores a 65 dB durante el día, y más del 30% está expuesto a niveles superiores a 55 dB durante la noche.

Para hacerse una idea, y tener una referencia de los valores mencionados, una conversación normal ronda los 60 dB, encontrándose a medio camino entre el límite de audibilidad y el límite de dolor estipulado en 120 dB. 10 dB es lo que emite la respiración normal, 30 dB se refiere a un susurro suave, y 50 dB se refiere a un ruido relajante de lluvia. A partir de 60 dB, es necesario prestar atención a la exposición prolongada al ruido. 85 dB ya es equivalente al ruido de una calle congestionada, 110 dB a un bebé que llora a tu lado y 120 dB a la intensidad de un trueno.

Para poder abordar este factor, es necesario recordar que cuando una onda sonora encuentra un obstáculo material que se opone a su propagación se producen tres fenómenos. Una parte de la energía se refleja, es lo que llamamos *reflexión acústica*. La acústica arquitectónica aborda este fenómeno con el uso de materiales no porosos, materiales rígidos y materiales lisos. Otra parte es de la energía es absorbida y continúa su propagación a través del material que le ha obstaculizado, dando lugar al fenómeno de la *absorción acústica*. A la hora de tratar la absorción acústica de un espacio se tienen en cuenta los materiales porosos, resonadores, mobiliario y personas. Una última parte de la energía se transmite produciendo el tercer fenómeno que deberemos prever, la *difusión acústica*, es decir, la dispersión de forma preferiblemente uniforme y en diferentes direcciones del sonido dentro de un espacio. Así, para garantizar que las ondas sonoras lleguen a todos los espectadores por igual, desde cualquier lugar, creando un sonido envolvente que aumente la calidad acústica de un recinto, se utilizan elementos en techo, paredes sierra, difusores y difractores.

En función de lo expresado, cuando nos referimos a aislamiento acústico, hacemos referencia a la capacidad de insonorizar un ambiente en relación con su exterior. Es decir, puede servir para "tapar" el ruido proveniente de la calle o los sonidos generados

al interior del espacio, sin dejar que se "filtren" hacia el exterior. Es la capacidad de las superficies para crear barreras, evitando que el ruido pase de un entorno a otro. Para lograr un entorno acústicamente aislado, las ondas de sonido deben reflejarse nuevamente o ser completamente absorbidas por las superficies del material sin emitir ningún sonido desde el otro lado.

Sin embargo, un entorno con buen aislamiento acústico no siempre coincide con una acústica de calidad. Todos los materiales de construcción tienen propiedades acústicas porque absorben, reflejan o transmiten sonidos que los afectan. Cuando las ondas de sonido se reflejan, causan un aumento en el eco general y los niveles de reverberación en un espacio. Es decir, un espacio construido con materiales reflectantes, como el hormigón, tiene varios ecos y poca claridad de sonido, que pueden ser deseables para ciertos usos, como en las iglesias, por ejemplo. Por el contrario, la absorción acústica es el fenómeno que minimiza la reflexión de las ondas sonoras en el mismo entorno, haciendo que el sonido desaparezca inmediatamente después de su emisión. Cuanto más material absorbente se agrega a la habitación, más corto es el tiempo de reverberación.

Aquí es donde encontramos la mayor parte de las confusiones en torno a los materiales acústicos. Los materiales considerados "buenos absorbentes de sonido" son ligeros, de poca masa, suaves y porosos. Por el contrario, los materiales considerados como "buenos aislantes" son pesados, de mucha masa, duros y lisos. En consecuencia, si la idea es reducir el ruido que entra o sale de una habitación, se debe aumentar la masa estructural de las paredes, el piso y el techo, y sellar los espacios de aire en puertas y ventanas. Pero si el propósito es hacer que el ambiente sea más agradable, con menos eco, lo que buscamos es absorber el sonido. Para auditorios, teatros y cines, donde la acústica debe ser lo más cercana al ideal, se debe realizar un análisis de los materiales de todas las superficies, plantas y secciones del recinto, y definir cuánta absorción y reflexión se desea en cada uno de los puntos.

Existen tablas que enumeran los coeficientes de absorción de cada material al exponerse a ciertas frecuencias, variando de 0,00 (perfectamente reflectante) a 1,00 (perfectamente absorbente). Por ejemplo, un coeficiente de 0,2 significa que el 20% de la energía del sonido que entra en contacto con este material se absorbe y no se refleja de nuevo en la habitación. Es decir, este material es 80% reflectante para una frecuencia de sonido dada. Para tener una noción general al respecto, se presentan algunos materiales y sus respectivos coeficientes de reducción de ruido:

- Materiales menos absorbentes: albañilería enlucida 0,025; hormigón a la vista 0,03; vidrio 0,03; superficie metálica 0,025; cerámica 0,015.
- Materiales más absorbentes: lana de vidrio 0,68; espumas acústicas 0,5; chapas acústicas de fibra de madera 0,57.

Cada proyecto arquitectónico tendrá sus propios requisitos acústicos y es por eso que como proyectistas no podemos pensar en un edificio cómodo y sostenible sin la investigación y el conocimiento de lo expresado, ya que ello nos permitirá tener una mejor idea del comportamiento del espacio diseñado ante el sonido. El confort acústico puede depender de una buena absorción acústica, un aislamiento acústico eficiente o ambos a la vez.

En conclusión, la acústica es un elemento clave en todos los tipos de construcción, desde hospitales, edificios educativos, centros deportivos, hasta residencias o lugares de trabajo y auditorios musicales. En estudios realizados en fundaciones de casas de acogida de niños vulnerables, se detectó la importancia en la acústica de los espacios ya que en las terapias los niños necesitaban tener la seguridad de no escuchar lo que sucedía afuera porque sentían que, si ellos podían sentir lo que sonaba en el exterior,

los que allí estaban también podían escucharlos a ellos, y ante esa situación, su estado se tornaba en alerta, afectando su bienestar. El control del sonido también es importante para la privacidad en ciertos espacios.

Teniendo en cuenta lo anteriormente manifestado, es indudable que debemos incluir el confort acústico desde la concepción de nuestros proyectos.

Sin embargo, los límites son imaginarios, como quien dice. Las investigaciones neurológicas han puesto de manifiesto que nuestros hemisferios cerebrales funcionan independientemente. Cada hemisferio recoge la misma información de sus sensores: ojo, oídos, gusto, tacto, olfato y procesa de forma diferente. A partir de ello, los especialistas pensaron en la posibilidad de sincronizar ambos hemisferios al unísono, y es lo que se conoce como *sonidos binaurales*, incidiendo directamente sobre el cerebro con el objetivo de reducir el estrés, la ansiedad, el insomnio, a través de un fenómeno auditivo que se produce al escuchar, mediante auriculares o cascos especiales, un tono de frecuencia sonora ligeramente diferente en cada oído. A partir de esas dos frecuencias, acabamos percibiendo un tercer sonido, creando en nuestro cerebro una sensación de tridimensionalidad, que provoca a la vez una serie de sensaciones, calma, bienestar, cosquilleos, estimulación sensorial, potenciando nuestras capacidades mentales y ejerciendo un efecto terapéutico sobre el cuerpo.

Estos sonidos son “latidos” que operan en frecuencias específicas para estimular determinadas ondas cerebrales; de hecho, la terapia binaural es una solución emergente que ha dado resultado para muchas personas como tratamiento para la ansiedad, la depresión, el estrés y los problemas de concentración.

Uno de los referentes y pioneros en indagar sobre estos sonidos fue Robert Monroe, fundador del Instituto Monroe de las ciencias aplicadas en Virginia, quien realizó numerosos estudios sobre estos fenómenos y descubrió combinaciones particulares de tonalidades y frecuencias que producían efectos específicos en el hombre. Sobre los miles de combinaciones de frecuencias posibles que podrían reproducirse, Monroe y su equipo, formado por un gran número de especialistas en los campos de Psicología, Medicina, Bioquímica, Ingeniería eléctrica, Física y Educación, seleccionaron 53 combinaciones que tenían efectos muy positivos sobre el cerebro e hicieron patentar este método en 1975, desarrollando luego una serie de casetes y CD y creando la denominada serie “*Hemi Sync*” o “*Sincronización de los Hemisferios*”.

Por mencionar sólo algunas de las aplicaciones de los sonidos binaurales, se citan las siguientes. Ciertas publicaciones describen los efectos sobre la dosis de anestesia necesaria durante una intervención quirúrgica ligera, en las cuales la escucha de sonidos binaurales disminuyeron significativamente esas dosis, comparada a la escucha de sonidos neutros. Otros efectos se detectaron sobre la pre ansiedad operatorio de los pacientes, la ansiedad era significativamente más baja en los pacientes que escuchaban sonidos binaurales.

Otras investigaciones manifiestan que la escucha de sonidos binaurales de determinada frecuencia (denominada alfa) reducía la presión arterial y la velocidad de las pulsaciones cardíacas de 4 al 10%, disminuía la sensación de dolor del 50%, disminuía el porcentaje sanguíneo de melatonina del 6%, mientras que los porcentajes de beta endorfinas sanguíneas aumentaban un 14%.

También se estudió con éxito su aplicación en pacientes alcohólicos. Peniston y Saxby confirmaron la eficacia del entrenamiento cerebral por ondas lentas en los sujetos alcohólicos que presentan síntomas depresivos asociados. El tratamiento consistía en 20 sesiones de entrenamiento de 40 minutos cada una. Un seguimiento de 21 meses demostró no haber reanudación del paciente al alcohol. La elección de las ondas se determinó por lo que se refiere a las ondas alfa por su acción de reducir la ansiedad y

las ondas theta, por su inducción a los estados próximos al sueño y por su capacidad para generar imágenes mentales.

Otras investigaciones determinaron el efecto en 28 jóvenes hombres de 20 años de edad, que dieron como resultado, un aumento significativo de las escalas de confianza en sí mismos, de expresividad, de ambición, de control sobre los acontecimientos, así como la extroversión. En un segundo estudio sobre los mismos sujetos los autores pusieron de relieve una disminución significativa de la ansiedad.

Descubrimientos asocian ciertos sonidos binaurales con estados de distensión, aumento de mejores resultados y mejora del humor y de la ansiedad. Otros, los asocian a estados subjetivos de relajación profunda, meditación y creatividad, favoreciendo el aprendizaje, mejorando la concentración y la focalización sin presión sobre una tarea.

Además, se han utilizado desde hace muchos años en el tratamiento del desorden de déficit de la atención así también como en la remediación de la atención en los pacientes con traumatismos craneanos.

Actualmente, se llevan a cabo análisis de beneficios de implementar cabinas de descanso con sonidos binaurales en los centros corporativos y edificios de oficinas para el bienestar de sus trabajadores, con el consecuente aumento de rendimiento y productividad.

Al parecer, todo un acierto, ¿no?

Sumado a lo anterior, hay un elemento del mundo animal que es sorprendente, y se refiere a los sonidos que, debido a sus bajas frecuencias, no son escuchados por el oído humano. El tratamiento de esa acústica de baja frecuencia es lo que se conoce como "*Terapia Vibroacústica*", y es definido por muchos especialistas, como un masaje a nivel celular. Hoy en día es utilizado en terapias de distinta índole con resultados asombrosos, pero, sin ser de aplicación en espacios corporativos.

La Vibroacústica es una disciplina científica emergente que estudia los efectos de la vibración sonora en varios niveles, celular, neurológico, fisiológico, psicológico, cognitivo y espiritual. La misma, nació en Noruega a inicios de los años 80, como consecuencia de investigaciones empíricas clínicas, y se ha dispersado por el mundo en los últimos cuarenta años. En Argentina ha tenido un importante desarrollo metodológico a partir de los estudios realizados sobre la acústica de los cuencos tibetanos.

A nivel general, el método consiste en la proyección de vibración sonora sobre el cuerpo de una persona, a través de dispositivos vibroacústicos específicos, que facilitan un masaje muy profundo por las ondas sonoras de baja frecuencia, para activar o relajar, dependiendo de la señal sonora utilizada, y con la finalidad principal de promover el bienestar.

La terapia vibroacústica ha sido utilizada con efectividad como tratamiento del dolor, en pacientes con fibromialgia, migraña, dolor de la parte inferior de la espalda, dolores de cuello y hombros, poliartritis, reumatismo, entre otros. También, se han publicado numerosas investigaciones clínicas sobre el uso de la terapia vibroacústica en pacientes adultos con parálisis cerebral, esclerosis múltiple, síndrome de Rett, espasticidad y síndrome de sobre uso muscular. Se han visto algunos efectos sobre ciertas perturbaciones pulmonares, incluyendo asma, fibrosis quística y enfisema pulmonar. Además, la terapia vibroacústica ha sido utilizada para tratar pacientes con úlceras, circulación sanguínea reducida, convalecencia post-operatoria y estrés. Se ha encontrado efectivo este tratamiento en la reducción de la presión sanguínea, la frecuencia cardíaca y en el mejoramiento de la circulación sanguínea. Y, por último, su uso en perturbaciones psicológicas en el tratamiento del insomnio, cuyos reportes

indican que los pacientes se duermen más rápido, y que lo hacen por un período de tiempo más largo que lo usual. También se ha tratado a pacientes con estrés y depresión, conductas de autodestrucción, comportamiento desafiante y autismo.

En conclusión, el sonido puede ser muy relajador, pero también su ausencia lo es. Es muy importante controlar y balancear la existencia de este, de acuerdo a la utilidad de cada espacio que diseñemos, y las verdaderas necesidades de sus ocupantes.

- **Morfología**

Es crucial la manera en que los elementos individuales, se vinculan visual y funcionalmente con el contexto de su emplazamiento y el conjunto de su entorno. Esta condición se halla constituida por dos dimensiones esenciales, *materia* y *forma*. La materia es el sustrato básico de toda realidad, carente de forma, pero, sin embargo, no puede darse sin la forma, así como la forma no puede darse sin la materia. El uno no puede estar sin el otro, ambos configuran una unidad, resultan inseparables e indisolubles.

Desde la base teórica de la Arquitectura, se estudian problemas del campo compositivo, las relaciones de las partes con la totalidad, las referencias dimensionales, las definiciones materiales y la percepción, todas ellas de prioridad máxima para la concepción de un proyecto; todas ellas, en mayor o menor medida, capaces de proporcionar disparadores sensoriales para sus usuarios.

Numerosos estudios indican que preferimos las curvas y los contornos suaves sobre aquellos agudos, porque instintivamente sentimos peligro ante los objetos afilados, y, además, se encontró que la amígdala era más activa cuando la gente miraba objetos afilados. De ello se desprende que las formas angulares benefician el estado de alerta y la concentración, mientras que las suaves y redondeadas, promueven nuestra necesidad emocional de comodidad, seguridad y protección.

Por su parte, las formas geométricas rectas son resultado del pensamiento racional del ser humano, mientras que las formas curvas se asemejan más a las de la naturaleza y generan en el hombre un efecto de dinamismo, evocando la sensación de cambio y movimiento constante, como la naturaleza misma.

Los estudios de hoy en día nos ayudan a comprobar, mediante diferentes técnicas y tecnologías, lo que sentimos, nos transmiten y generan los entornos arquitectónicos. Pero esos sentimientos experimentados no son recientes. El hombre siempre ha sido movilizadado e influenciado por la Arquitectura. Sin duda se encuentran los orígenes en los fundamentos propuestos por Antonio Gaudí y Frank Lloyd Wright.

El Arquitecto catalán Antoni Gaudí, es considerado el máximo representante del *Modernismo*, un movimiento ecléctico que surge a finales del siglo XIX y atraviesa toda Europa. De hecho, recibe diferentes nombres: *Art Nouveau* (en Francia, Bélgica, España e Hispanoamérica), *Liberty o Floreale* (en Italia), *Jugendstil* (en Alemania y países nórdicos), *Modernisme* (en Cataluña).

El movimiento nace con la intención de crear un arte nuevo, libre y moderno suponiendo una ruptura con todo lo anterior, en medio de un contexto histórico complejo, entre la Revolución Industrial, el auge económico fruto del desastre del año 98 y la pérdida de las últimas colonias, formándose una nueva burguesía que invierte en cultura, arte y arquitectura, y cuenta con una fuerte inquietud y sentimiento nacional.

El Modernismo contribuye incuestionablemente a la transformación de Barcelona porque es una explosión de color, de exuberancia decorativa, de líneas ondulantes y sinuosas, y de recuperación de todas las artes aplicadas a una arquitectura original e innovadora: escultura, pintura, cerámica, vidrio y hierro forjado.

Un reflejo de ello es *Casa Batlló* (1904-1906), una auténtica explosión de creatividad y materiales inspirada en la naturaleza y en la leyenda más conocida de la cultura catalana, *la leyenda de Sant Jordi*.

Es la única obra 100% modernista de Gaudí y uno de los máximos exponentes del movimiento a nivel mundial. Inspirada en el mar Mediterráneo, es realizada en la plenitud del artista y con total libertad creativa.

La fachada de *Casa Batlló* es la puerta de entrada a un universo simbólico, y contemplarla inspira sentimientos que tienen de fondo un continuo diálogo con la luz y el color. Añadiendo esculturas involuntarias, materiales reciclados y objetos descontextualizados que convirtió en arte, se destaca el efecto de una superficie ondulada donde la piedra, el vidrio y la cerámica son los protagonistas. Cuando la fachada recibe la primera luz de la mañana, el brillo y los destellos la dotan de vida y de un movimiento armónico y equilibrado, como si fuera un elemento vivo del paisaje urbano. Luz y color se unen para invitarte a un viaje por el mar, la belleza y la alegría.

La *Casa Milà*, y, la sorprendente y ya mencionada, *Sagrada Família* son otras de las obras emblemáticas de Antonio Gaudí.



Figura 26 – Arq. Antonio Gaudí

“La línea curva es la línea de Dios”





Figura 27 – Casa Batlló, Barcelona, España. Arq. Antonio Gaudí

En esta interacción entre la morfología de los espacios con los sentimientos y emociones que despierta en sus usuarios, es que numerosos profesionales se inspiran a conducir diversas tendencias orientadas a la concepción de diseños frescos e innovadores, que mejoren la calidad de vida de las personas y que sean respetuosos con el medio ambiente y el entorno que los rodea. Son profesionales que se inclinan hacia una *Arquitectura Orgánica*, entendida como una filosofía que promueve la armonía entre el hábitat humano y el entorno natural, marcando un quiebre sustancial en las composiciones formales tradicionales, y desde donde se aprovechan las propiedades de nuevos materiales y novedosas técnicas productivas.

Este movimiento orgánico, que se ha atribuido fundamentalmente a figuras como Frank Lloyd Wright (1867-1959), y surge en oposición al racionalismo o funcionalismo, manifestándose en las primeras décadas del siglo XX, y, con ello, se compromete no sólo el diseño arquitectónico, sino también, el diseño de objetos y, particularmente, el diseño de mobiliario de interiores, basándose en estructuras orgánicas y creando una forma de diseño que abre fronteras entre lo material y lo sentimental, cuya fuente de vivencias es la naturaleza.

La naturaleza se constituye en una poderosa herramienta y fuente de inspiración sin fin, unida al diseño por los principios de la vida misma, a partir de la cual se intenta imitar sus formas, texturas o funciones para alcanzar soluciones de diseño óptimas. La amplia definición de lo orgánico permitió ampliar la facción de la Arquitectura Moderna abarcando generaciones posteriores.

Fallingwater, también conocida como “*La Casa de la Cascada*” (1934), en la Reserva Natural de Bear Run, Pensilvania, Estados Unidos, es un clásico del diseño de Frank Lloyd Wright, que redefinió la relación entre el hombre, la arquitectura y la naturaleza.

El sitio de emplazamiento era atravesado por un río que caía repentinamente 30 metros, creando una increíble cascada; por lo tanto, la idea de Wright fue integrar el diseño de la casa con la cascada, pasándola justo por encima para que fuera parte de la vida de los Kaufmann. Los espacios interiores fueron concebidos como si fueran extensiones hacia la naturaleza, a través de largas terrazas en voladizo.

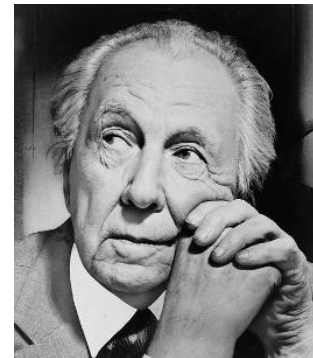


Figura 28 – Frank Lloyd Wright

“Y aquí estoy ante ustedes, predicando la arquitectura orgánica, declarando que es el ideal moderno y la enseñanza tan necesaria si queremos ver el conjunto de la vida”

Entre más de 500 obras realizadas por Frank Lloyd Wright, podemos mencionar el *Unity Temple* (1905-1908) en Oak Park, Illinois; la *C Johnson and Son Administration Building*

(1939) Racine, Wisconsin, conocida como la “oficina de los sueños”; *Solomon R. Guggenheim Museum* (1943 – 1959), Manhattan.

El 10 de julio de 2019, el *Comité del Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (UNESCO) inscribió *Fallingwater* y otros siete sitios diseñados por Frank Lloyd Wright en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO.



Figura 29 – Fallingwater o La Casa de la Cascada, Pensilvania, Estados Unidos. Frank Lloyd Wright

Con base en los icónicos referentes antes mencionados, y como parte de una inquietud por la búsqueda de espacios curvos, el arquitecto mexicano Javier Senosiain ha dedicado su carrera a la Arquitectura Orgánica.

Ha desarrollado una expresión inconfundible con ninguna otra obra. La manera en la que combina volumetrías que evocan elementos de la naturaleza como el seno materno, plantas, animales, conchas, cuevas, guaridas, cascadas; con materiales propios de la región y con alusiones que evocan también a la tradición artística mexicana, resultan en convergencias de detalle impresionante donde ventanas se vuelven ojos, y azulejos, escamas. Todos estos son elementos que nos proponen replantear la manera en la que entendemos nuestra forma de habitar desde el momento en que nacemos. Sin embargo, el valor de estas características combinadas con las oportunidades espaciales de los proyectos, es el verdadero valor agregado de su obra.

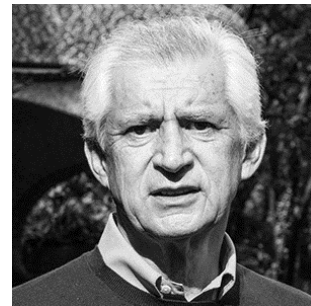


Figura 30 – Arq. Javier Senosiain

“La arquitectura orgánica es el ideal moderno y la enseñanza tan necesaria si queremos ver el conjunto de la vida”

En las obras de Senosiain los muros se convierten en barras y sillones, los techos son también amplios jardines. Gestos plásticos con funciones específicas que sirven como propuestas alternas a soluciones cotidianas inundan los espacios.

La manera en la que están adecuados los espacios al interior proponen al usuario a someterse a distintas maneras de lo cotidiano al evocar espacios similares a los que nos encontraríamos en la naturaleza, por ejemplo, las caídas del agua en regaderas, y lavamanos que recuerdan cascadas y manantiales. Los exteriores verdes, cubiertos de

plantas, que jamás debieron haber dejado su sitio reivindican el espacio que las acoge, generan un microclima que no sólo se reduce a las condiciones climáticas, sino que de alguna manera se convierten en oasis dentro del carácter desértico que han adoptado la mayoría de las ciudades.

El exponente más claro de la Arquitectura Orgánica en México, ha enfocado su trabajo en resolver sus proyectos desde la Bioarquitectura, resultando obras extraordinarias como la *Casa Orgánica* (1984); el *Conjunto Satélite* (1995); la *Casa Nautilus* (2007), también conocida como *Casa Caracol*, ubicada en Naucalpan de Juárez, Estado de México, esta obra inspirada en el mar, es una mezcla de arte moderno y contemporáneo, con formas sinuosas y juegos de luz que simulan el interior de un molusco y la simbiosis con la naturaleza; el *Nido de Quetzalcóatl* (2008) ubicado en Naucalpan, a las afueras de la Ciudad de México, es un edificio con formas arriesgadas, curvas y texturas que no se pueden comparar con nada, salvo con la serpiente emplumada, la más grande deidad de la cultura azteca.



Figura 31 - Casa Nautilus, México. Arq. Javier Senosiain

La belleza de la naturaleza está presente en el consciente y el inconsciente colectivo de toda la humanidad, y ha estado presente desde el comienzo de los tiempos. En la naturaleza podemos encontrar todo tipo de patrones y combinaciones de formas, colores y texturas.

Nuestros proyectos deben cumplir fielmente la idea base de crear espacios vinculados con la naturaleza, pero, al mismo tiempo, pensando en quienes lo habitarán. Nuestra filosofía debe ser concreta, el ser humano no debe olvidar sus raíces naturales. Y para ello, la Arquitectura Orgánica nos invita a conectarnos siempre con la naturaleza y volver a aprender a convivir con ella. Respetar los espacios naturales y realizar de nuestro hábitat un lugar armonioso.

- Naturaleza y Biofilia

Si a una persona se le pidiera imaginar un entorno completamente relajado, difícilmente imaginará una oficina, un hospital o un centro comercial como una fuente de confort y relajación; lo más probable, es que la primera imagen que se le venga a la mente sea un lugar rodeado de naturaleza, algo cercano a un bosque, las montañas, el mar o un campo.

Proveniente del griego “*bio*” que es “*vida*”, y “*philia*” que es “*amor a, inclinación a*”, el término “*Biofilia*” se traduce como “*el amor a las cosas vivientes*”.

Es un concepto que fue utilizado por primera vez en 1973 por el psicólogo y filósofo Erich Fromm para referirse a “*la atracción por la vida*”, y luego, en 1984 por el biólogo Edward Osborne Wilson en su libro *Biophilia*, donde establece que la capacidad de maravillarnos por la vida que nos rodea es una tendencia innata, un apego a la vida, presente genéticamente en los seres humanos debido a que toda nuestra evolución ocurrió en medio, y gracias a, la naturaleza.

En 1984 Wilson publicó la primera disertación sobre esta idea fundada en la base de que más del 99% de la historia de la humanidad transcurrió en estrecha vinculación con la naturaleza, donde la vida organizada a través de la caza y la recolección nos convirtió en seres biocéntricos. El pequeño porcentaje restante, menos del 1%, equivale a la vida tal y como la conocemos hoy en día, regida por la producción a gran escala y la coexistencia en medio de entornos urbanizados, con poca o ninguna presencia natural.

Esos millones de años durante los cuales el homo sapiens se conectó de manera tan dinámica y profunda con su entorno, definieron, según Wilson, que las personas tengamos una necesidad imperiosa de estar en contacto con el resto de los seres vivos, ya sean plantas o animales. De esta manera, nuestro proceso de evolución habría marcado para siempre sentimientos positivos y emociones ligados al paisaje, la vida natural y la experimentación de la misma. Parece lógico, ¿no?

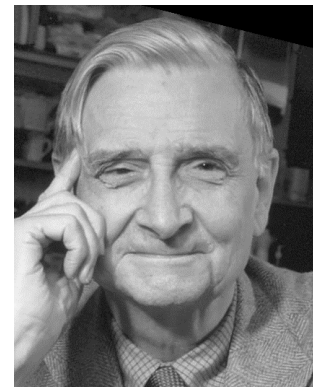


Figura 32 - Edward O. Wilson

“La Biofilia es el amor a la naturaleza o aquello que nos hace humanos”

Aunque parezca una expresión extraña, la Biofilia existe desde mucho antes que la propia Biofilia. Si miramos hacia otras culturas, podemos dar cuenta que no es para nada una idea nueva. Para diversos pueblos originarios, el sentimiento de amor hacia lo vivo es incuestionable. Existen numerosos ejemplos de arquitectura en culturas antiguas donde ya se practicaban ciertos principios del diseño arquitectónico con inclusión de naturaleza. Tal vez no por sus beneficios a la salud, aunque tal vez así fue, sino por su forma de ver el mundo, de encontrar a sus dioses en la naturaleza, de ver la belleza pura en las plantas o el misticismo presente en las formas animales.

En la cultura egipcia, la biofilia se encontraba presente en sus templos, esculturas y arte, a través de formas animales, pinturas de plantas o elementos constructivos que recuperaban e imitaban ciertas formas naturales. Su arquitectura refleja una sociedad religiosa que veía el mundo a través de la naturaleza y sus ciclos. Ejemplo de esto son los niveles del río Nilo, el cambio de las temporadas en la vegetación o simplemente la vida y la muerte.

Otro ejemplar que también podemos mencionar, son las obras arquitectónicas de la cultura maya. Su visión del universo, así como sus creencias de la vida terrenal, los niveles del inframundo y los niveles celestiales, dotan de una significación muy amplia a todas sus obras. Las portadas zoomórficas y los mascarones que acompañan su

cultura, de una u otra forma, son elementos que hacen alusión a la naturaleza como máxima representación de sus deidades o belleza.

Y como era de esperarse, Antonio Gaudí no fue la excepción, ya que encontró en la naturaleza una gran fuente de inspiración. Según él, el gran libro que había que esforzarse en leer era el de la naturaleza. La clave diferencial de su propuesta es, precisamente, la de ese esfuerzo por tratar de entenderla con el objetivo de aplicar sus características a la arquitectura. Gaudí, llegó a defender que los arquitectos del futuro se basarían en la imitación de la naturaleza: “*Es el método más racional, duradero y económico*”, sostenía. Esta influencia, en cualquier caso, está relacionada con la otra fuente de inspiración de su obra: el mensaje cristiano. Y es que ambas eran muestra de su convencimiento de que la obra del Creador era inigualable.

Esta influencia de la naturaleza se observa en la obra maestra del arquitecto catalán, *La Sagrada Familia*. En el análisis de la obra, se encuentran, por un lado, relaciones con el reino inerte de los minerales, donde la geometría de los terminales de las torres del templo nos ofrece pirámides, planos y aristas, así como intersecciones de poliedros diferentes con una esfera, lo que nos puede recordar a las cristalizaciones que experimentan algunos minerales como la pirita. Por otro lado, y sin duda mucho más frecuente de encontrar, son las relaciones con formas vivas.

Uno de los ejemplos de la influencia de la naturaleza en la arquitectura de la Basílica se encuentra en una de las principales creaciones de Gaudí: *la columna de doble giro*, presente en el interior del templo. En la naturaleza, esta forma geométrica de doble giro se puede encontrar en algunas especies vegetales, como el baladre o la abelia. En ellas, las hojas salen de la tija por niveles con tres hojas en cada uno de ellos. Estas buscan la luz del sol orientándose hacia el espacio que dejan libre las hojas del nivel superior. De esta manera, el núcleo de savia del interior de la rama, que sube recubierto de la corteza protectora, va girando helicoidalmente para alimentar las hojas de cada nivel. De hecho, si se secciona la rama se pueden ver dos de las formas geométricas que hay tras la columna de doble giro del templo: el triángulo equilátero y el hexágono. Este último se forma al girar un triángulo equilátero según las leyes de esta columna.

Por su parte, en América Central hay especies de árboles de grandes dimensiones, como las ceibas, que ensanchan su base con unas raíces tabulares, cosa que les permite mejorar su equilibrio. Lo mismo sucede con las secuoyas, características del norte de California, en cuyas bases también podemos ver un ensanchamiento del tronco con nervaduras que permite que cada una de ellas enlace con las diferentes raíces del árbol que se adentran en el subsuelo. Esto es exactamente lo que diseña Gaudí para mejorar el soporte de las columnas inclinadas del porche de la fachada de la *Pasión*, en las que las bases son mucho más amplias que el cuerpo, cosa que ayuda a mejorar el apoyo y la transmisión de los esfuerzos inclinados hacia los cimientos.

En las partes altas de la fachada del ábside, Gaudí también plasmó la naturaleza, colocando diversas plantas, dispuestas en una especie de barandilla, que forman un jardín alrededor de la *torre de la Virgen María*, y son precisamente sus frutos los que se colocarán en lo más alto de los frontones del ábside. En cualquier caso, esta relación entre las plantas y los frutos no es exclusiva de esta parte de la Basílica, también en los frontones que enmarcan los ventanales de las naves laterales podemos encontrar hojas de árboles y, encima, cestas con sus frutos. Hojas de, entre otros, ciprés, rosales, palmeras y olivos, frutos comestibles como escaramujos, cinamomos, dátiles; todos ellos aparecen en el *Libro de la Sabiduría*. Las frutas escogidas representan, simbólicamente, los frutos de las buenas obras. Las que, además, Gaudí quería ordenarlas según el curso natural de las temporadas de las que son características. Así, en el lado del Nacimiento, mirando a levante y al inicio del día, están los frutos de primavera (nísperos, cerezas, ciruelas, melocotones y peras); en el lado de la fachada

de la Pasión, encontramos manzanas, almendras, higos, caquis y castañas, que miran hacia poniente, es decir, el final del día, que representa también el final del año. En el lado mar vemos naranjas y en el lado montaña, granadas, todas ellas frutas de otoño.



Figura 33 – Presencia de la naturaleza en La Sagrada Familia, Antonio Gaudí

Los tres portales de la fachada del Nacimiento también están repletos de flora y fauna que los llena de naturalismo y que está escogida con cuidado e intención para reforzar la carga simbólica que tienen las distintas escenas.

El portal de la Esperanza, plasma la escena de la huida a Egipto para evitar la muerte de Jesús. En él vemos los juncos típicos de las riberas, que acogen a patos y ocas, las aves más acuáticas de entre todas las que sirven como vianda para las comidas de Navidad. Encima de esta escena hay una flor de loto, una planta que florece en el agua y que se conoce también como la flor del Nilo, que en oriente tiene una importante carga simbólica que la relaciona con la pureza espiritual del cuerpo y el alma al florecer de forma tan bella por encima de las aguas enfangadas. También podemos ver talias, nenúfares, lirios de agua y la planta del papiro. Toda esta naturaleza acuática, junto con las libélulas que se dispersan por la superficie, muestra claramente la intención de Gaudí respecto a este portal.

A la derecha de la fachada del Nacimiento, encontramos el Portal de la Fe, para el cual Gaudí escoge una vegetación muy opuesta. Es la más propia del desierto, en referencia a la zona más árida de Nazaret, donde vivió Jesús su infancia y adolescencia. Los animales que vemos son gallinas y gallos.

En el portal central, el de la Caridad, tanto debajo de los Reyes Magos como debajo de los pastores que hay al otro lado, podemos ver pavos con algunos pollitos, cobijados bajo un friso de helechos. Son las aves de más categoría en los platos que se sirven por Navidad. Entre la vegetación, también se observan insectos. Junto a los pastores vemos azucenas, mientras que junto a los Reyes hay la flor de iris. Ambas flores están cargadas de simbolismo porque representan la pureza de María.

Y ello, entre innumerables detalles más, claro está.





Figura 34 – Presencia de la naturaleza en los portales de la fachada del Nacimiento
La Sagrada Família, Antonio Gaudí

A su vez, otra prueba de cómo el hombre encontró la gracia máxima o la belleza total en la naturaleza, son los jardines japoneses. Según la variante de que se trate, algunos exponen la religión y se basan en el disfrute de la belleza natural y la veneración de deidades del cielo y la tierra, adorando lo que era único en la naturaleza, desde una montaña en forma particular o un árbol que creció de forma horizontal aferrándose a una pared escarpada de piedra; en cambio, otros, influenciados por el budismo zen, estaban dedicados a la meditación, la contemplación y la austeridad.

Inspirado en lo anterior, en los años ochenta comenzó a utilizarse el “*Shinrin-Yoku*”. Un concepto japonés que traducido al español significa “*Baño de bosque*” o también conocido como “*Medicina Forestal*”. Hace referencia a pasear en silencio por bosques antiguos y que, habitualmente, van acompañados de ejercicios de respiración y relajación. Es una terapia que, hasta el día de hoy, se practica con el objetivo de mejorar la salud, el bienestar y la felicidad de aquellas personas que lo practican. Su principio se basa en el hecho de que el bosque no es un elemento inerte, sino que está vivo, y sus árboles segregan aceites esenciales que, al ser inhalados por las personas, activan partículas del sistema parasimpático, permitiendo que el cuerpo se relaje. Por otra parte, también activa el sistema inmunológico, que puede ayudar a luchar contra determinadas enfermedades, virus y tumores.

Sin embargo, cuando pensamos en la palabra ciudad ¿cuál es la primera imagen que se nos viene a la cabeza? Seguramente sean construcciones de algún tipo, probablemente altas, ya sean de cemento, vidrio o ladrillos, calles pavimentadas. Es poco probable que ante esa pregunta nos imaginemos plantas, insectos y pájaros; pareciera que eso lo reservamos sólo para los bosques o parques.

Lo mismo sucederá, si mencionamos la palabra “hospital”, aparecerá en nuestra mente la imagen de un edificio semejante a torres de oficinas, con aire acondicionado en lugar de ventilación natural, con iluminación artificial en los dormitorios en lugar de ingresos apropiados de sol, donde no existe el contacto con el exterior, sin terrazas ni balcones, de hecho, donde los espacios exteriores son de uso exclusivo para maquinarias o dedicados a estacionamientos. Probablemente se trate de una institución basada en la eficiencia del espacio, número de habitaciones e higiene, pero donde no hay empatía con el paciente; en conclusión, dejando de ser un verdadero servicio a la comunidad. Hasta puede que en nuestra mente nos invada una imagen, por imaginación o recuerdo, de un hospital en el que se eliminaron paulatinamente las plantas interiores porque podían ser fuente de gérmenes, y hasta quizá, por el mismo motivo, con la prohibición de ingresar con flores a las habitaciones de los pacientes.

Hoy en día, a nivel mundial, las personas se están alejando de las áreas rurales hacia las ciudades, de hecho, las Naciones Unidas pronostican que para el año 2030, el 60% de la población mundial vivirá en ambientes urbanos. Históricamente hemos decidido organizar nuestros espacios a través de la separación de lo “natural” y lo “humano”, lo que ha tenido como consecuencia plantear el contacto con la naturaleza como una actividad de consumo turístico más que una actividad del día a día, pero no significa que esto deba ser así, muy por el contrario, es imprescindible que comencemos a ser conscientes que, como seres humanos, necesitamos la conexión con la naturaleza.

Por lo tanto, una forma de diseñar lugares donde podamos vivir y trabajar de tal forma que satisfaga nuestra necesidad profunda y fundamental de estar conectados con la naturaleza, viene de la mano del “*Diseño Biofílico*”, que, a diferencia de otros estilos arquitectónico, más que buscar una preferencia formal o conceptual, consiste en demostrar la importancia de conectar el entorno natural con todos los proyectos constructivos. Es la clara intención de incorporar elementos de la naturaleza al espacio arquitectónico por los beneficios que estos traen consigo en el ser humano, al mejorar su salud y bienestar. Un buen diseño biofílico se proyecta desde la naturaleza de manera que inspire y restaure al usuario, sin afectar la funcionalidad del edificio.

Esta conexión con la naturaleza, tiene efectos en la mente de las personas, ya que por ahí pasa toda la interpretación de nuestro mundo. Si en el interior se está en calma y serenidad, la realidad puede parecer menos demandante o estresante, generando beneficios en la salud física, mental y emocional.

En este sentido, sobre la salud física de las personas, los beneficios de la incorporación de la naturaleza al espacio arquitectónico pueden encontrarse en muchos estudios realizados a lo largo de los años. Uno de ellos es el trabajo mencionado anteriormente de Roger Ulrich, en el año 1984, en el cual los pacientes en una sala de recuperación post cirugía, con una vista hacia un espacio arbolado ocuparon menor cantidad de medicinas fuertes o analgésicos que aquellos en la sala que tenían una vista hacia un espacio construido. También se hallaron evidencias en estudios con donadores de sangre de un hospital, quienes presentaban una menor presión sanguínea cuando en la sala de espera, la televisión mostraba escenas de naturaleza, comparado cuando la televisión mostraba escenas urbanas.

Con relación a la salud mental del hombre, un claro ejemplo de cómo afecta la conexión con la naturaleza, se observó en pacientes de un Hospital Canadiense, internados por

depresión severa, los cuales reportaron un menor tiempo de estadía en el lugar, si eran asignados a cuartos con mayor incidencia solar en comparación con cuartos con mayor tiempo de sombra. Otro estudio demostró que los pacientes en un hospital de Italia, internados por depresión de bipolaridad, estaban en promedio 3.7 días menos, cuando tenían habitaciones orientadas hacia el este y recibían luz matutina, en comparación con cuartos orientados hacia el oeste.

Por su parte, la naturaleza incide en la salud emocional del ser humano, y una prueba de ello consistió en un estudio realizado en un Hospital para niños en la ciudad de Brisbane, Australia, en el cual se diseñaron una serie de jardines repartidos en los diferentes niveles del hospital. Los niños, familiares o personal del hospital utilizaban esos jardines para realizar actividades de recreación o de terapia de recuperación. En este estudio se optó por dejar una serie de diarios en los diferentes jardines, que en la portada tenían las siguientes preguntas: ¿Dime por qué estás aquí? ¿Cómo te sientes? ¿Qué es lo que disfrutas? ¿Dime qué está en tu mente? En estos diarios las personas podían escribir lo que les pareciera. Luego, los investigadores analizaban las respuestas con el objeto de determinar cuáles eran las tendencias de esos comentarios. La mayoría de las personas utilizaban los jardines para tomar una pausa, o tomar aire, pero también, hubo gran cantidad de comentarios sobre sentimientos positivos experimentados, como la sensación de no estar en un hospital, sentirse que no estaban enfermos o no sentirse abrumados por la situación de tener un hijo enfermo.

El miedo y la ansiedad asociada a espacios de interior en instalaciones sanitarias se conoce popularmente como “*Síndrome de la bata blanca*”, un proceso durante el cual el usuario ve incrementados sus niveles de ansiedad y estrés durante tratamientos que deberían ser beneficiosos. En un “*Jardín Terapéutico*”, o “*Healing Gardens*”, este fenómeno no ocurre. La razón es bastante sencilla, el contexto natural proporciona un escenario mucho más confortable, emocionalmente hablando, donde la exploración y rehabilitación de una dolencia resulta menos abrumadora que en entornos artificiales y, en ocasiones, hostiles para el paciente. En un jardín terapéutico se recrea un entorno humanizado, sutil, que incorpora reflexiones sobre las necesidades físicas, psicológicas, sociales y espirituales, para favorecer la recuperación del paciente y lograr su bienestar. En ellos, es la propia naturaleza la que nos provee la cura.

Por su parte, las personas que dedicamos tiempo a nuestros jardines y/o huertas, sabemos que es un hobby que nos proporciona una gran cantidad de beneficios, siendo, el más evidente de todos, la relajación y desconexión que nos proporciona. Pero esto no es nuevo, y de hecho sus beneficios se han aprovechado con fines terapéuticos y de rehabilitación.

Hace más de 50 años que se habla de “*Terapia hortícola*”, “*Terapia de horticultura*” y “*Jardines terapéuticos e invernaderos de rehabilitación*”, con los cuales se trata de establecer una relación directa entre el hombre y el medio natural convirtiéndose en un instrumento educativo y socializador.

En España, en el año 1806, se comenzó a enfatizar en el uso de actividades de agricultura y horticultura en diferentes programas para pacientes con enfermedades mentales. Luego, se fue extendiendo ya que años más tarde en Europa Central, la mayoría de los centros psiquiátricos incluyeron jardines. En 1879, se construye el primer invernadero destinado a personas con enfermedades mentales, el cuál fue construido en un centro psiquiátrico, hoy en día conocido como *Friends Hospital*, considerado un pionero en esta actividad iniciando los primeros programas de horticultura terapéutica.

Sin embargo, es otra la historia en América del Sur. En Chile, la *Asociación Chilena de Terapia Hortícola*, fue fundada hace menos de una década, en el año 2006, con

personería jurídica a partir del 2008, y en Argentina, recién en el año 2009, se crea la *Asociación Argentina de Terapia Hortícola*.

Tal como lo señala la *Asociación Americana de Terapia Hortícola*: *“la clave de las plantas en este tipo de terapias está en sus características ya que crecen, cambian, responden a los cuidados, estimulan todos nuestros sentidos, la vista, el tacto, el olfato y con ello estimulan una participación sin juicios que alimenta sentimientos de esperanza”*.

De acuerdo a los profesionales, entre los principales beneficios se destacan, en relación a los cognitivos: estimulación de la memoria, mejora de la concentración y aumento de la capacidad de atención, incremento generalizado del funcionamiento cognitivo, desarrollo de la capacidad creativa y de la inteligencia estética, mejora del estado de ánimo, mitigación de la depresión, disminución de la ansiedad y del estrés, y de comportamientos conflictivos, desarrollo de la autoestima, de la satisfacción y del sentimiento de logro, mejora en el manejo de la frustración y de la ira, desarrollo de la paciencia y de la responsabilidad, incremento de la sensación de bienestar.

Respecto de los beneficios físicos: incremento de la respuesta inmunitaria, incremento de la motricidad fina y gruesa y de la coordinación ojo-mano, mejora la coordinación, la movilidad, la resistencia y la condición física, reducción de la presión sanguínea, reducción del ritmo cardíaco, estimulación sensorial completa, adquisición de hábitos alimenticios saludables y reducción de la obesidad.

Y las mejoras en el ámbito social se observan en un aumento de la participación e interacción social, así como de la autoestima, y mejora de la cohesión en grupo y la conversación.

En la actualidad existe una creciente demanda, por parte de la sociedad, así como por parte de las instituciones educativas, de salud, gubernamentales y recreativas, por educar en la conservación, el respeto y el valor de la naturaleza y del medio ambiente. Parte de esa búsqueda incluye, necesariamente, elementos básicos para cuidar de manera preventiva nuestra salud de forma natural. Esto responde no solo a la necesidad de preservar nuestro planeta para las generaciones futuras, sino por la lógica evolución de nuestros ritmos y estilos de vida hacia unos hábitos más saludables mediante la conexión con la naturaleza, que equilibren, revitalicen y mejoren la calidad de vida.

Y es en ese estilo y ritmo de vida acelerado que se menciona, y que hoy en día se lleva, que, en el ambiente laboral, también muchos estudios están demostrando los innumerables beneficios que se obtienen al integrar la naturaleza a los espacios de trabajo como edificios u oficinas corporativas. Dichas investigaciones sostienen que una persona pasa, en promedio, entre 8 y 9 horas diarias sentado dentro de una oficina, lo que representa un hábito que afecta directamente al cuerpo humano. Entre los impactos negativos de ello, se incluyen disminución de las tasas de metabolismo, mayor riesgo de diabetes y enfermedades del corazón, mayor riesgo de depresión, dolor de espalda y cuello.

En respuesta a lo anterior, ciertos profesionales han demostrado que la integración de diseños biofílicos en algunas oficinas modernas, resultaron en un considerable aumento de la productividad y la creatividad, y una disminución de la ausencia de sus empleados. En otras palabras, cuanto menos parezca una oficina, mejores serán los resultados de las labores desarrolladas en un espacio.

Como es de esperarse, la influencia de la naturaleza también repercute en el diseño urbano. Es por ello que se han creado plataformas para la investigación y la difusión de ciudades que están experimentando con diseños sustentables con el objetivo de acercar la biodiversidad al día a día de sus ciudadanos.

Una de ellas, es “*Biophilic Cities*”, una plataforma a la que cualquier ciudad del mundo puede postular, cumpliendo con ciertos criterios de antemano y teniendo aspiraciones de incorporar en su planificación urbana espacios que permitan la proliferación de flora y fauna, transversal a toda la ciudad.

Una “*ciudad biofílica*” es una ciudad verde, con abundante naturaleza y sistemas naturales que son visibles y accesibles para los urbanistas. Sin duda, se trata de las condiciones físicas y el diseño urbano, parques, elementos verdes, vida silvestre urbana, entornos transitables, pero también se trata del espíritu de un lugar, su compromiso emocional y su preocupación por la naturaleza y otras formas de vida, su interés y curiosidad sobre la naturaleza, que puede expresarse en las prioridades presupuestarias de un gobierno local, así como en los estilos de vida y patrones de vida de sus ciudadanos.

El ejemplo estrella entre las 25 ciudades asociadas a la plataforma, es Singapur, bajo su lema “*Singapur - Ciudad en un jardín*”. De unos 700 kilómetros cuadrados, en el extremo sur de la península de Malaca, es el hogar de 5,4 millones de personas, y donde los esfuerzos para fusionar la densidad de población y la naturaleza comenzaron en la década de 1960.

Hoy en día, cuenta con una impresionante red de senderos y caminos que conectan parques y espacios verdes entre sí, permitiendo a las personas caminar, andar en bicicleta y trotar entre varios espacios verdes. La ciudad-estado también ha realizado considerables esfuerzos para integrar la naturaleza en sus espacios verticales. Varios apartamentos de gran altura, edificios de oficinas, y los hoteles han instalado techos verdes y jardines colgantes interiores para ayudar a reducir los efectos de la isla de calor urbano. Estudios muestran que mientras la población de la ciudad creció en unos 2 millones de habitantes entre 1986 y 2007, el porcentaje de la isla en áreas verdes también aumentó, del 36% al 47%. Pocas ciudades densas pueden realmente presumir de estar “en un jardín” de la forma en que Singapur puede. En muchos sentidos, Singapur es el ejemplo brillante de una ciudad biofílica.

¿Será hora que nuestros representantes también piensen en la inmediata necesidad de implementar cambios?...

En conclusión, la evidencia indica que es clara nuestra preferencia por los entornos vivos, ya que de manera innata tendemos a rodearnos de otra forma de vida, lo que nuestro cerebro lee como un indicador de que ahí podemos prosperar. Por lo que es necesario crear atmósferas con vida, y eso es justamente lo que nos trae el Diseño Biofílico, incorporar las características del mundo natural en los espacios que construimos. ¿Cómo? Incorporando elementos como el agua, la vegetación, la luz natural, vistas hacia árboles, plazas, parques, bosques o cuerpos de agua; utilizar colores que impacten en la felicidad, inspiración, motivación, entusiasmo y creatividad de las personas, disminuyendo su estrés; añadir elementos provenientes de la naturaleza, como madera, piedra, muros verdes; recurrir al uso de siluetas y formas orgánicas, en lugar de líneas rectas, es una característica fundamental en los diseños biofílicos, además de poder establecer relaciones visuales, por ejemplo, entre la luz y la sombra.

Evidentemente, podemos hacer mucho más que simplemente incorporar y colocar plantas por razones estéticas... El Diseño Biofílico está siendo cada vez más reconocido y ha venido para quedarse.

A raíz de lo expuesto, se seleccionaron algunos ejemplos de diseños arquitectónicos de diferentes rincones del mundo, en los que se apuesta por el reconocimiento de la fuerte dependencia que tenemos para y con la naturaleza: The Jewel, Singapur; Bosco Verticale, Milán, Italia; One Central Park, Sídney, Australia; Sede de Amazon Sphere,

Seattle, Estados Unidos; Naman Pure Spa, Danang, Vietnam; The Yanweizhou Park, Zhejiang, China; ospedale dell'angelo mestre - Hospital Angel, Italia; MI Bookstore, Harbin, China; el complejo residencial Gardenhouse, Beverly Hills, Estados Unidos; Little Island, New York, Estados Unidos; Lucile Packard Children's Hospital Stanford, proyecto residencial Alcázar de Toledo, México; Oficinas Mercado Libre, Buenos Aires, Argentina; entre otros.



Figura 35 - Oficinas Mercado Libre, Buenos Aires, Argentina



Figura 36 - Little Island, New York, Estados Unidos

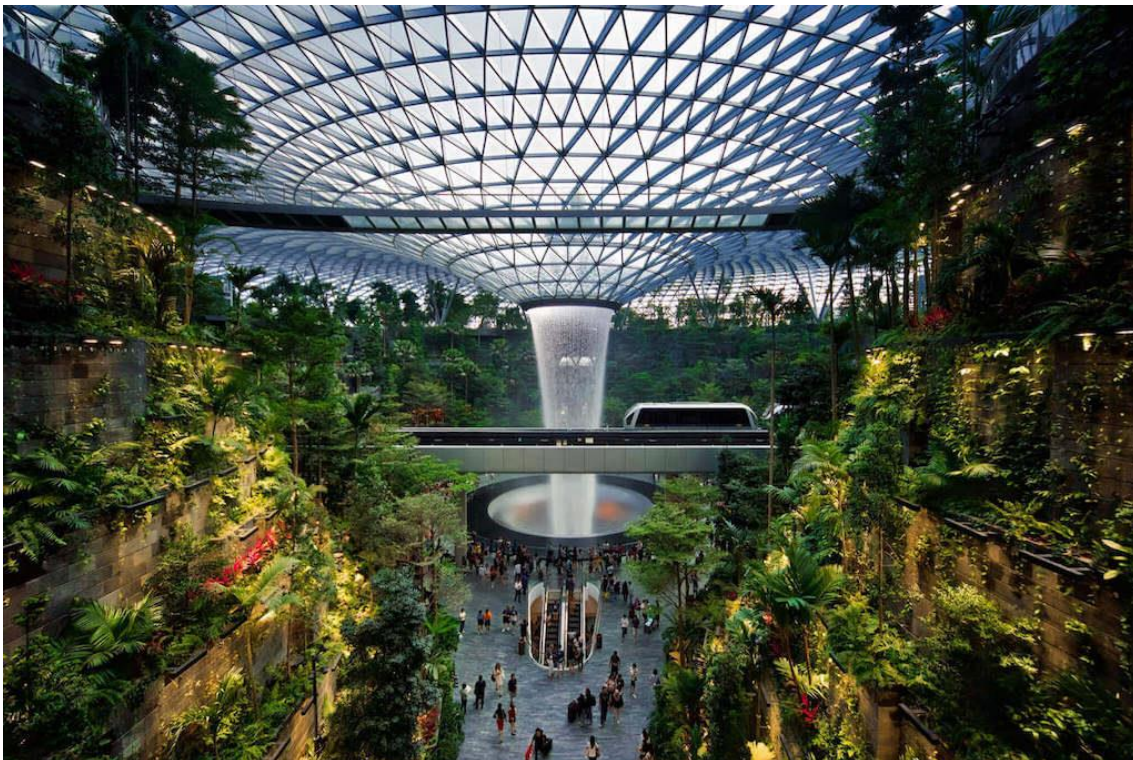


Figura 37 - The Jewel, Singapur

- **Patrones y proporciones**

El cerebro humano es capaz de determinar, reconocer y resolver patrones, ya que está naturalmente preparado para ello. Los patrones, texturas y geometrías, están presentes en nuestra ropa, en el mobiliario, en la televisión, en la naturaleza que nos rodea día a día. Estos últimos, los patrones de origen natural, son los más fáciles de reconocer y procesar por el hombre, a los que responde positivamente ya que están presentes en su propio organismo, como las estructuras fractales y las proporciones.

En la década de los 70, el matemático polaco Benoit Mandelbrot (1924-2010), acuñó el término "*fractal*", proveniente del latín "*fractus*", que se traduce al español como "*irregular, fragmentado*", como un concepto que describe la repetición "infinita" de patrones geométricos a diferentes escalas, que muestran versiones cada vez más pequeñas de sí mismos. Este patrón geométrico que se autorreplica, infinitamente, a escalas menores, produce formas y superficies irregulares que escapan de los dominios de la geometría clásica.



Figura 38 - Benoit Mandelbrot

Como padre de la *Geometría Fractal*, Mandelbrot explica que las partes pequeñas de un fractal, son semejantes al todo, al conjunto completo, y más interesante aún, es que la versión más pura y refinada de estas figuras, como suele suceder en muchos otros rubros cuando se trata de estética, habita en la siempre perfecta naturaleza.

"Las nubes no son esferas, las montañas no son conos, los litorales no son circulares, y los ladridos no son suaves, lo mismo que los relámpagos no viajan en línea recta"

Ciertos especialistas definen la fractalidad como una "ley de la Naturaleza" donde la suma de todas las partes se encuentra contenida en cada una de ellas. Una piña, una coliflor, los helechos, las venas de las hojas de muchas plantas y la generación de sus ramas, la concha de un caracol, los tentáculos de un pulpo, la generación de vórtices de nubes, un rayo, el agua cristalizada, el plumaje del pavo real, entre innumerables otras formas autosemejantes, en las que cada figura tiene partes que, debidamente ampliadas, se parecen al todo, ya que, al acercarnos a un fractal, se observa que el propio conjunto contiene copias exactas de sí mismo.

La geometría fractal es la manera más simple de crear sistemas complejos, dado que, en ella una forma no es simplemente una geometría única sino más bien una familia de geometrías, iterando un patrón geométrico cierto número de veces en escenarios cada vez más pequeños.

Por su parte, este enlace cognitivo entre el cerebro humano y los patrones, puede también ser provocado intencionalmente, haciendo presente distintos ritmos, tramas, texturas y formas geométricas repetitivas, en los espacios arquitectónicos que diseñamos. Al respecto, expertos sostienen: "*Toda complejidad sin orden es caos, y todo orden sin complejidad es monotonía*". Por lo tanto, se recomienda aplicarlos cuidando su complejidad, buscando patrones de complejidad media, dispuestos de manera ordenada.



Figura 39 - Fractales en la naturaleza

Por lo tanto, se vuelve a concluir que los espacios y superficies visibles tienen una función que va mucho más allá de lo estético, ya que pueden provocar estímulos cerebrales que gatillan estados de confort, confianza, concentración e incluso serenidad en las personas.

Numerosos estudios demuestran el efecto que generan sobre el cerebro humano la incorporación a los espacios arquitectónicos de patrones extraídos de la naturaleza, como ser, el ritmo del corazón o la secuencia o sucesión de Fibonacci. Esta última, constituye una de las relaciones más curiosas entre las matemáticas y el orden de la naturaleza, y fue dada a conocer por el matemático italiano Leonardo de Pisa, también llamado Fibonacci, en el siglo XIII. La secuencia explica el desarrollo de fenómenos naturales de crecimiento a través de una secuencia numérica que se puede entender como una construcción a partir de cuadrados pequeños, de manera que el tamaño de cada uno guarda una relación de crecimiento numérico con el anterior. Por lo tanto, se trata de una sucesión infinita de números naturales: a partir del 0 y el 1, se van sumando de a pares, de manera que cada número es igual a la suma de sus dos anteriores, construyendo la serie: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, ..., ∞ .

Entonces, encontramos aplicaciones de la secuencia de Fibonacci prácticamente en todas partes, como si la naturaleza tuviese una forma matemática de ordenarse. Si analizamos, las ramas y las hojas de las plantas, éstas se distribuyen siempre buscando la máxima cantidad de luz para cada una de ellas, por eso ninguna hoja nace justo en la vertical de la anterior. En general, las hojas nacen siguiendo una espiral alrededor del tallo. Si a la primera hoja se le asignara el número cero, y contáramos cuántas hojas hay a lo largo del tallo, hasta encontrarnos directamente sobre la hoja cero, se observará que en la mayoría de las plantas este número pertenece a la sucesión de Fibonacci, como así también el número de vueltas dadas hasta encontrar la superposición.

Si analizamos un caracol, observamos una espiral perfecta que sigue la secuencia de Fibonacci. La flor del girasol, por ejemplo, tiene 21 espirales que van en una dirección y

34 que van en la otra, ambos son números consecutivos de Fibonacci. El largo de las falanges de una persona también respeta la sucesión, como así también los brazos en espiral de las galaxias, las vistas aéreas de los huracanes.

Los patrones de esta secuencia crean una sensación de continuidad e infinitud debido a su forma geométrica, curva y de movimiento, por lo que se percibe una unión y orden visual. Al tener este orden, se genera la armonía y equilibrio, los cuales son capaces de sanar y/o disminuir el estrés. La manera en la que un elemento visual está estructurado y organizado tiene cierto efecto sobre cómo los individuos responden hacia él.



Figura 40 - Búsqueda matemática de la naturaleza

Otra propiedad curiosa de la sucesión de Fibonacci, es que el cociente entre dos números consecutivos de la serie se aproxima al llamado número de oro (1,617). Éste número descubierto por los renacentistas con un valor de 1,618, era considerado el ideal de la belleza, por lo que un objeto que tuviese esa proporción era estéticamente más agradable que uno que la no tuviera. Este número, lo hallamos aplicado a la relación entre la altura del hombre y la altura de su ombligo; la relación entre las partes del Partenón; en los objetos y personas que aparecen en las obras de Miguel Ángel y Da Vinci; y en las estructuras formales de las sonatas de Mozart y en la Quinta Sinfonía de Beethoven. También está presente en el mercado bursátil buscando predecir rangos de precios objetivos a los que debiera llegar una acción cuando se encuentra en una determinada tendencia.

Entonces, no queda duda alguna de que al proponer patrones de diseños nuestro cerebro naturalmente es capaz de identificarlos y descifrarlos, porque, como se expuso, forma parte del lenguaje de la naturaleza. Tampoco queda duda, de que la naturaleza nos provee de una valiosa fuente de inspiración.

- **Agrupación y distribución**

Como se mencionó anteriormente, el cerebro humano reconoce de manera innata los patrones que se encuentran presentes en las geometrías de la naturaleza, y es por ello que nos valemos de la Biología y de las ciencias en general para obtener información y utilizarla a nuestro favor.

En este sentido, la Biología nos da nueva información de cómo se agrupan las células cuando se están sanando y, consecuentemente, estudios analizan las aplicaciones de esto en espacios de trabajo.

Un ejemplo reciente de aplicación de nuestra biología en proyectos arquitectónicos, es la creación de nuevas oficinas para el “Home Base” de Adidas en Santiago, Chile. Como empresa líder en el área del deporte, para Adidas la salud de sus empleados es uno de los pilares fundamentales en su política corporativa, y es por ello que encargaron a OARQUITECTOS, la creación de un ambiente propicio, sustentable, colaborativo, gimnasio y comedor de comida sana, como parte de los elementos ambientales de este proyecto.

Uno de los rasgos sobresalientes en el diseño propuesto, se encuentra en la sala de reuniones “Futbol”, en la que se utilizaron herramientas extraídas de la propia naturaleza biológica. Sus formas y conexiones responden a la naturaleza de las células que

constituyen el cuerpo humano. En el diseño del espacio, destaca el mobiliario, el cual tiene como elemento estrella, una innovadora banca circular perimetral, inspirada en un estadio, y que permite aumentar significativamente la cantidad de personas que atienden la reunión sin alterar su espacialidad ni contaminar con sillas adicionales. La curvatura de su perímetro vidriado entrega una acústica ideal. La iluminación fue especialmente diseñada y fabricada para esta sala. Toda una filosofía de diseño (exactamente lo que busca transmitir el presente Proyecto Final de Carrera).

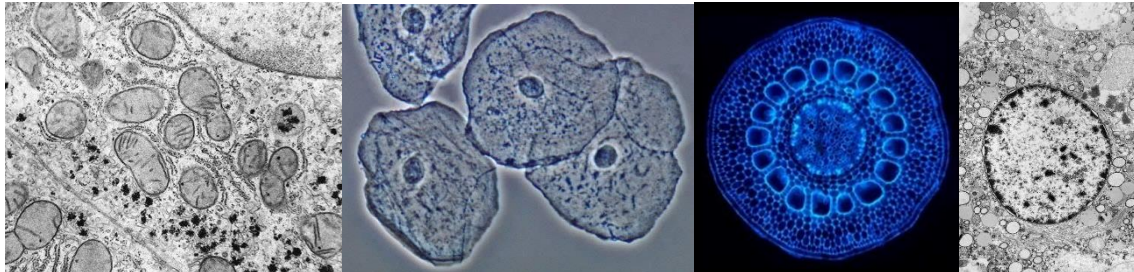


Figura 41 - Distribución y agrupación biológica de células del cuerpo humano



Figura 42 – Sala “Fútbol” Home Base de ADIDAS, inspirado en la naturaleza biológica

Como complemento a lo anterior, los especialistas distinguen dos sistemas de agrupación: la distribución, “*sociofugal*” y la distribución “*sociopetal*”, los cuales presentan diseños que buscan minimizar el contacto entre personas o promoverlo, respectivamente, según los fines perseguidos en cada proyecto en particular.

- **Proxemia**

El concepto de proxemia abarca las distancias físicas que las personas mantienen entre sí para conservarse dentro de una zona de confort en función de la relación y del tipo de interacción que posean.

Existen cuatro distancias espaciales básicas: íntima, personal, social y pública. La violación de estos límites del espacio personal provoca diversos grados de malestar.

Estudios han revelado que la amígdala, una estructura relacionada con la percepción de miedo, se activa ante la presencia de otras personas, participando activamente en la

gestación de las reacciones emocionales que acompañan la regulación de la distancia interpersonal durante la interacción social.

El ambiente de trabajo se correspondería con el ámbito social de las personas, donde el espacio privado se ha visto reducido drásticamente en los últimos años en beneficio de las áreas públicas.

- **Contacto visual**

Según investigaciones, el contacto visual es la base de la conexión humana tanto desde el punto de vista biológico como cultural.

Ver a otra persona activa las neuronas espejo, fundamentales para la socialización, las cuales reaccionan con mayor intensidad durante el contacto visual cara a cara.

La mirada permite obtener retroalimentación del interlocutor, sirve como señal de sincronización y permite interpretar la disposición de los otros.

Algunos factores tales como la manera de distribuir el equipamiento dentro del espacio pueden influir en la posibilidad de hacer contacto visual, maximizando o minimizando las oportunidades de relacionarse y socializar.

- **Psicología del color**

La psicología del color es un campo de estudio que está dirigido a analizar el efecto del color en la percepción y la conducta humana. Desde el punto de vista estrictamente médico, todavía es una ciencia "inmadura", sin embargo, en un sentido más amplio, el estudio de la percepción de los colores constituye una consideración habitual en disciplinas como el diseño, la arquitectura, la moda, la señalética, la publicidad y el arte.

Entre los primeros personajes que analizaron las propiedades del color encontramos la figura de Aristóteles, quien describió los "*colores básicos*" relacionados con la tierra, el agua, el cielo y el fuego. Más tarde, Leonardo da Vinci modificó esas categorías de Aristóteles, agregando el color blanco, como receptor de todos los demás colores, y el negro, la oscuridad, como su ausencia. Recién a comienzos del siglo XVIII, Isaac Newton fundó los fundamentos de la teoría lumínica del color, sentando la base del desarrollo científico posterior.

Así como debemos a Newton la definición física del color, al gran poeta y científico alemán Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) le debemos el estudio de las modificaciones fisiológicas y psicológicas que el ser humano experimenta ante la exposición a los diferentes colores. Con su obra "*Zur Farbenlehre*", cuyo título del alemán se traduce al español como "*La teoría del color*", sentó las bases de la psicología del color que conocemos en la actualidad, destacando la percepción subjetiva del hombre como el aspecto olvidado por las teorías newtonianas.

Con una teoría más experimental y fisiológica que física, Goethe critica la teoría newtoniana y difiere en su explicación del espectro visible, lo que, lógicamente, no fue bien recibido por la física moderna. Además de ello, Goethe les confiere una significación simbólica a los colores.

Para el alemán, la oscuridad es un ingrediente activo en lugar de una mera ausencia de luz. "*El color en sí mismo es un grado de la oscuridad*" expresaba. Esta aseveración vino a cambiar el mundo a un nivel metafísico y figurativo, indicando que la oscuridad es algo vibrante que existe todo el tiempo y la luz es solo una manera de poder "verla" ante nuestros ojos en sus distintas manifestaciones de color. Que los colores existan independientemente de la luz, sugiere que hay un mundo de fenómenos latentes, podamos o no percibirlo.

Además, de acuerdo con la teoría de Goethe, lo que vemos de un objeto no depende solamente de la materia, tampoco de la luz según Newton, sino que involucra también a una tercera condición que es nuestra percepción del objeto. En esta percepción, se halla involucrado el cerebro y los mecanismos del sentido de la vista, y entonces, de aquí en más, el problema principal pasó a ser la subjetividad implícita en este concepto novedoso.

Por lo tanto, el color es mucho más que eso que simplemente vemos, o estamos acostumbrados a ver; es un factor de la naturaleza tan fascinante como enigmático, que no deja de sorprender, y que aún no termina de descifrarse por completo, sobre todo en los procesos de su percepción. Para Goethe, el aspecto subjetivo del color, le atribuye un valor determinado, una especie de personalidad a los colores.

Goethe realizó un círculo de color atribuyendo cierto "orden natural". En su círculo colocó de forma opuesta el azul, rojo y amarillo, la combinación de estos, a su vez, forman otros colores, que nosotros conocemos, como tales, secundarios y terciarios.

El toque de Goethe fue que realizó, lo que él llamó, un *Diagrama de la mente humana*, así atribuyó a cada color ciertos aspectos que en todo caso explicarían el complejo comportamiento de las personas. Así mismo, realizó otros diagramas triangulares en los que se basó en el contenido emocional de cada color, asignando los siguientes estados de ánimo: lúcido, serio, melancólico, poderoso y sereno.

Los colores tienen diferentes interpretaciones y significados en cada cultura, pero lo que es unánime, es que sabemos que influye de manera asombrosa en el estado de ánimo del hombre.

Las siguientes líneas manifiestan los atributos que Goethe relacionó a cada color.

- **Amarillo:** el color más cercano a la luz. En su pureza más alta, siempre lleva consigo la naturaleza de brillo. Tiene un carácter suave, sereno, emocionante y ligeramente excitante. Por otro lado, es muy susceptible a la contaminación, produce un efecto negativo al mancharse.
- **Azul:** tiene un principio de la oscuridad en él. Es un tono poderoso. En su pureza más alta, es una negación estimulante. Su aspecto entonces es una especie de contradicción entre la excitación y el reposo.

Mientras el alto cielo y las lejanas montañas parecen azules, una superficie azul parece retirarse de nosotros. Pero, así como nos dejamos llevar por un objeto amable que escapa de nosotros, queremos contemplar el azul; no porque avance hacia nosotros, sino porque nos jala a seguirlo.

La apariencia de objetos vistos a través de un vidrio azul, es sombría y melancólica.

- **Rojo:** Su efecto es tan peculiar como su naturaleza. Transmite una impresión de gravedad y dignidad, y, al mismo tiempo, de gracia y atractivo. Lo primero, en su estado oscuro y profundo; lo último, en su luz atenuada.
- **Violeta:** es el color de la madurez y la experiencia. En un matiz claro, expresa profundidad, misticismo, misterio, melancolía. Es el color de la intuición y la magia. En su tonalidad púrpura, es símbolo de realeza, suntuosidad y dignidad.



Figura 43 - Johann Wolfgang von Goethe

"No se trata de una postura absoluta, por supuesto, el aspecto cultural del color es algo que también influye en los atributos subjetivos que percibimos en los colores"

- Naranja: una mezcla de amarillo y rojo, por lo que tiene las cualidades de ambos, aunque en menor grado. Es el color de la energía, un color para temperamentos primarios, que gusta a niños porque refuerza sus tendencias naturales al entusiasmo, al ardor, a la euforia.
- Verde: es reconfortante, libera al espíritu y equilibra las sensaciones. El ojo experimenta un estado de agrado cuando lo observa.

Al igual que describir un sabor, describir la intimidad entre el ser humano y el color es uno de los ejercicios más difíciles e intrigantes que podamos imponernos. Pero claro está, que cada color tiene un significado específico y genera una reacción particular en nuestro sistema, y es por ello que resulta necesario su conocimiento a la hora de elegirlos y aplicarlos en cada caso y ambiente en particular.

Sin lugar a dudas, debemos *“pintar con intención”*, y un indiscutible ejemplo de su aplicación en la arquitectura moderna, lo encontramos en las obras del arquitecto mexicano Luis Barragán (1902-1988), a quien se le atribuye la denominación de *“Arquitectura emocional”*, ya que sus espacios proyectados conjugaban de forma armoniosamente casi perfecta los distintos planos de luz, texturas y colores, como su famosa *Casa Giraldi* (1976), una muestra de encanto único, lleno de emociones.



Figura 44 – Casa Giraldi, Arq. Luis Barragán

- **Color-Aroma y Aromaterapia**

El diseño debe complacer a todos los sentidos y cuando un espacio es diseñado con la intención de integrarlos, es cuando alcanza su máximo potencial. Es por ello que el olfato, a pesar de ser el vínculo más poderoso con las emociones y los sentimientos, a menudo se pasa por alto y merece ser incorporado estratégicamente en nuestros proyectos arquitectónicos.

El aroma de un espacio tiene el poder de crear un ambiente y estado de ánimo específico, lo que significa que la selección de un aceite esencial, fragancia o aroma, es vital para crear una conexión emocional que es, en muchos sentidos, muy poderosa.

La palabra *Aromaterapia* surgió a comienzos del siglo XX para referirse al uso de aceites esenciales y plantas en diversos tratamientos de enfermedades físicas y psíquicas. Sin embargo, estos aceites han sido parte de la historia de la humanidad por más de 3500 años a.C y aparecen regularmente en rituales religiosos, medicina, perfumería y para enmascarar malos olores.

Por su parte, el uso terapéutico de plantas aromáticas es tan antiguo como la civilización misma. Plantas tales como el hinojo, las semillas de cilantro, el comino y muchas otras, han sido encontradas en sitios de cementerios antiguos. Muchos textos de Asia hasta el Antiguo Egipto y gran parte de la región del Mediterráneo, describen procedimientos y rituales en los cuáles se realizaban ungüentos curativos, aceites medicinales, cataplasmas y perfumes curativos.

La práctica de utilizar fumigaciones aromáticas para elevar el espíritu y ayudar en la cura de enfermedades, ha sido utilizada por las civilizaciones más grandes de toda la historia. Son numerosas las referencias en textos antiguos a "perfumes mágicos" que incrementan la atracción entre personas y que prometen la felicidad. Los perfumes espirituales para ceremonias religiosas también han sido utilizados históricamente, como por ejemplo en el Antiguo Egipto.

Hoy en día, como miembros de una sociedad abrumada por el branding visual, la conectividad digital y las nuevas tecnologías, los seres humanos estamos expuestos a millones de estímulos visuales, sin embargo, no todos tienen impacto en el cerebro, ya que este se vuelve más selectivo y estratégico con el paso del tiempo. En contraste, la marca olfativa es instantánea, una vez que se huele un aroma, nos detendremos, el cerebro hará un recuerdo del aroma en el sistema límbico y estará ahí para siempre.

El diseño olfativo va más allá de un aromatizante eléctrico y, ciertamente, no tiene nada que ver con los sintéticos y exagerados aromas comerciales, recordando siempre lo ya expuesto acerca de la importancia de mantener una adecuada calidad del aire interior. La búsqueda va más allá de eso, se trata de implementar un olor específico, un aroma desarrollado a partir del proceso olfativo que se personaliza y se alinea con una estrategia o un sentimiento que se busque evocar al entrar en el espacio.

Como una novela, podemos en la arquitectura desarrollar narrativas dulces y románticas, cítricas y frutales para un momento de ejercicio; o esparcir olor a lavanda como marco a la meditación; y aromas amaderados en espacios de trabajo. Cada aroma despierta en nuestra mente un estado de ánimo determinado, relajación, estimulación, energía, concentración. El aroma es contexto, nosotros somos los actores, el interior arquitectónico el escenario y, la trama, la desarrollan los sentidos.

Hoy en día, también se explora cómo la psicología del color y las ya mencionadas neuronas espejo están ayudando a introducir beneficios de la Aromaterapia a los espacios de trabajo, pero, aunque suene extraño, una aromaterapia sin olor alguno.

Muchos estudios avalan los beneficios contra el estrés y la ansiedad que tienen las terapias de aceites aromáticos, pero, sin embargo, estos aceites no pueden ser utilizados en todos los espacios de trabajo, debido principalmente al respeto y cuidado del entorno de las demás personas.

Por lo tanto, en la búsqueda de una “aromaterapia sin aroma” se analiza un recurso compuesto por las sensaciones generadas por el color, combinadas con la observación, ya sea visual o mental, de una imagen, sumado a la activación de las neuronas espejo relacionadas con la empatía, y al evocar un recuerdo propio a cada persona. Así, con el color adecuado y la figura indicada asociada, se hace creer al cerebro que está en contacto con esa esencia y esto permite gatillar los mismos efectos basados en el recuerdo.

Un ejemplo reciente de ello, es el Cowork Neuralis, en Providencia, Santiago, Chile, realizado en el año 2020 por OArquitectos. El coworking nace de la idea de crear una forma de trabajo en la que se permite a los profesionales independientes, emprendedores y pymes, compartir un mismo espacio de trabajo, tanto físico como virtual, para desarrollar sus proyectos profesionales de manera independiente, a la vez que fomentan proyectos en conjuntos. Bajo el requerimiento anterior, los profesionales de OArquitectos aplicaron todas sus herramientas de *Healing Office* en una superficie de 2700 m², creando distintos espacios entre los que se destaca aquel en el que implementaron aromaterapia sin olor. Lo que sucede al ver la imagen, es toda la explicación necesaria, y claro está, que quienes vayan a utilizar esos espacios, no van a salvarse de experimentarlo.



Figura 45 - Cowork Neuralis, en Providencia, Santiago, Chile. Realizado por OArquitectos

En conclusión, ¿es posible pensar en una arquitectura para los sentidos? ¿Es posible pensar en una arquitectura que excite los cinco sentidos, literalmente hablando, el oído, el olfato, el tacto, el gusto, la vista, y a la vez, engrandezca la imaginación del espectador? ¿Es posible crear una arquitectura que emocione? ¿Es posible dar vida a espacios que conjuguen de forma armoniosa y perfecta los distintos planos de luz, texturas y colores ante el asombro del público? ¿Es posible crear espacios que puedan seducir a sus ocupantes?

Definitivamente la respuesta a los interrogantes anteriores es, sí, de hecho, es un sí rotundo.

Parece oportuno cerrar el capítulo citando algunos párrafos del prólogo de Gage al libro *Brain Landscape* de John Paul Eberhard:

“Las conexiones entre neuronas pueden aumentar o disminuir debido a las experiencias. Incluso el número total de neuronas puede cambiar en ciertas áreas del cerebro debido a las experiencias y a la interacción con el entorno [...]

El cerebro controla nuestro comportamiento y los genes controlan el diseño y la estructura del cerebro. Pero el entorno puede modular la función de los genes y, en última instancia, la estructura de nuestro cerebro. De esta forma, cambios en el entorno pueden cambiar nuestro cerebro y, como consecuencia, cambiar nuestro comportamiento”.

Fred Gage.

CAPÍTULO 2 – SISTEMAS DE SIMULACIÓN

"La arquitectura sólo se considera completa con la intervención del ser humano que la experimenta", Tadao Ando.

Para poder comprender y resaltar el trabajo realizado por los especialistas en sus campos de investigación, el presente capítulo tiene como objetivo indagar en los sistemas de simulación, los cuales se constituyen en herramientas fundamentales, que permiten dar respuestas a una serie de preguntas del tipo "¿qué pasaría si...?"

Desde muy antiguo, el hombre ha intentado predecir el futuro, ha querido conocer qué va a pasar cuando suceda un determinado hecho histórico, o simplemente cuando se ha planteado o imaginado modificaciones en su entorno, o en las características o propiedades de algo, cuando lo cotidiano se transforma, muta, cambia.

Ante esta posibilidad de cambios, la simulación ofrece, sobre bases ciertas, esa predicción del futuro, condicionada a supuestos previos, y que implica la construcción de modelos, con el objetivo de averiguar qué pasaría en un sistema si acontecieran determinadas hipótesis. Esos modelos, formados normalmente como una simplificación de la realidad, surgen de un análisis de todas las variables intervinientes en el sistema y de las relaciones que se descubren que existen entre ellas.

Entre las variadas herramientas de las que se valen los profesionales para llevar a cabo sus investigaciones, la simulación tiene la misión de representar un espacio, al que sustituye de tal manera, que lo reproduce lo más fielmente posible.

A lo largo de los años, las simulaciones han tenido habitualmente dos usos principales. En primer lugar, han servido para exponer propuestas de diseño, ya que facilitan su comprensión y evaluación por parte de personas no habituadas al pensamiento espacial. En segundo lugar, han sido usadas en el estudio de la respuesta del ser humano ante el entorno, debido al coste y complejidad de utilizar espacios reales en condiciones de laboratorio, manteniendo ciertos factores inalterados mientras otras variables son modificadas a voluntad. Así pues, los sistemas de simulación son una herramienta de gran utilidad para diferentes profesiones e investigadores.

Walter José Domingo Cova, director del "Grupo Proyectos y Servicios" de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Rioja, publicó en agosto del año 2016 un artículo de difusión, cuyas notas se originaron de una compilación realizada para servir de apoyo al curso de Posgrado "Modelado y simulación de sistemas dinámicos a parámetros concentrados", implementado en la misma universidad. Mencionado escrito ha servido de un gran aporte al presente Proyecto Final de Carrera, permitiendo interpretar los principales conceptos en torno a la simulación, y de esta forma, en parte, comprender la metodología utilizada por las principales entidades de estudio de la Psicología Ambiental, el Diseño Basado en la Evidencia y la Neuroarquitectura.

Se deja constancia que nos enfrentamos a un campo de análisis extremadamente complejo, y a su vez, día a día, los avances tecnológicos y la mayor y creciente comprensión del tema, permiten su avance y superación, y es por ello que se invita a los lectores interesados en el tema, a indagar en mayor profundidad, ya que lo expuesto a continuación se constituye en una breve reseña general.

Definiciones y contexto

Las actividades de modelado y simulación han significado un fuerte impulso para la investigación y el crecimiento del conocimiento científico, por lo que resulta conveniente plantear las definiciones a los conceptos de sistema, experimento, modelo y simulación, y hallar sus principales características y rasgos distintivos.

Cuando se habla de “*sistema*”, se refiere a un conjunto de elementos que interactúan entre sí y con su ambiente de acuerdo a ciertas reglas o principios. El sistema queda determinado por la naturaleza de sus elementos componentes, por las interacciones entre ellos y por su frontera, es decir, por las relaciones de pertenencia que separan al sistema del ambiente en que se encuentra inmerso.

Un sistema está caracterizado por el hecho que puede aseverarse qué cosas le pertenecen y cuáles no, y también porque se puede especificar cómo interactúa con su entorno.

El mayor de los sistemas concebibles es el universo. Cada vez que se decida cortar una parte del universo, de modo tal que se pueda establecer claramente qué está dentro de esa parte, lo que le pertenece, y lo que está por fuera de la misma, se estará definiendo un nuevo sistema.

Dadas sus características, un sistema puede ser controlado y observado, y sus interacciones con el entorno o ambiente, caen naturalmente en dos categorías de variables o acciones: unas, que son generadas por el ambiente e influyen el comportamiento del sistema, y se las denomina *entradas*; y otras, que son determinadas por el sistema y que a su vez influyen sobre el comportamiento de su ambiente, se las denomina *salidas* y constituyen su respuesta a la entrada ejercida.

En general, debiera ser posible asignar valores a por lo menos algunas de las entradas del sistema, para poder observar su comportamiento registrando las salidas resultantes, y es esto lo que conduce a diversos investigadores a la siguiente definición: “*Un sistema es una fuente potencial de datos*”.

Los sistemas pueden ser tipificados en naturales o artificiales, materiales o abstractos; abiertos, cerrados o aislados; estáticos o dinámicos; y, a su vez, cada disciplina los define en función a su rama de estudio e investigación (sociales, biológicos, de procesamiento de datos, organizativos, termoeléctricos, etc.).

La definición de sistema conduce de manera inmediata a un esclarecimiento del término “*experimento*”, concebido como un procedimiento empírico, cualquiera sea el objetivo que el mismo persiga. “*Un experimento es el proceso de obtener datos de un sistema, mediante la excitación de sus entradas*” sostienen los especialistas.

Una de las mayores desventajas de experimentar con sistemas reales está dado por el hecho de que éstos se encuentran usualmente bajo la influencia de un gran número de entradas inaccesibles y que una cantidad de salidas realmente útiles tampoco son medibles, ya que constituyen estados internos del sistema.

Y es así, que entre las principales motivaciones de la simulación está el hecho de que, en el “mundo simulado”, todas las entradas y salidas son accesibles. Ello brinda la posibilidad de extender las simulaciones más allá del rango de los experimentos que puedan efectuarse sobre el sistema real. “*Una simulación es un experimento que se ejecuta sobre un modelo*” lo que implica que la simulación es la única técnica disponible

para analizar el comportamiento de sistemas arbitrarios, como alternativa de la experimentación directa.

En la filosofía de la ciencia se ha reconocido la importancia de los modelos, investigando los diversos roles que éstos asumen en la práctica científica. Como consecuencia, se encuentran diferentes tipologías: modelos de prueba, modelos computacionales, modelos de desarrollo, modelos explicativos, a escala, heurísticos, teóricos, didácticos, imaginarios, matemáticos, formales, instrumentales, analógicos, entre otros.

Es de destacar, que los modelos poseen naturaleza jerárquica, lo que significa que el recorte de un modelo, genera un nuevo modelo que resulta válido para un subconjunto de los experimentos aplicables al original. Estos “modelos de modelos” son versiones simplificadas de los modelos originales.

La simulación posee características que la diferencian de los experimentos convencionales y constituye la herramienta más frecuentemente empleada en resolución de problemas en todas las disciplinas de la ciencia y la ingeniería.

Debe tenerse presente que el modelado y la simulación son actividades orientadas a objetivos, es decir, que se debe conocer en primer lugar el propósito perseguido antes de iniciar el proceso de modelización.

Existe un número de buenas razones para emplear la simulación como herramienta para resolver problemas, entre las que se encuentran:

- El sistema físico no está disponible, como ocurre en todas las situaciones de diseño en ingeniería.
- La experimentación puede ser peligrosa ya sea para el personal, o para los materiales, o por sus consecuencias a largo plazo.
- El costo de la experimentación es muy alto.
- La experimentación es muy compleja.
- Los tiempos de duración de los fenómenos no resultan compatibles con el observador, ya sea por fenómenos muy rápidos, como una explosión, o muy lentos como los movimientos galácticos, lo que resulta que sean muy difícilmente observables y se conviertan en candidatos a la simulación.
- Las variables de control, de estado y/o los parámetros del sistema-objetivo, pueden ser inaccesibles.
- Suprimir perturbaciones actuantes sobre el sistema físico o sobre los instrumentos de medición, como, por ejemplo, el ruido.
- Suprimir efectos de segundo orden, que inciden sobre el sistema físico para concentrar el estudio en su comportamiento básico.

Por lo tanto, es la simulación la que nos permite predecir el futuro ante ciertas hipótesis, respondiendo a preguntas tales como “¿qué sucederá si pasa esto o aquello...?”

A grandes rasgos y de forma muy resumida, el procedimiento puede desglosarse en etapas: se define el sistema al aislar lo que se quiere estudiar de lo que lo rodea; se construye el modelo, para estudiarlo, teniendo en consideración lo más relevante para su caracterización; se realizan ensayos sobre el modelo, lo que constituye su simulación; se extraen conclusiones, infiriendo lo que va a pasar; y, por último, se estudian y analizan dichas conclusiones.

Representación de la arquitectura

La representación de la arquitectura, así como la mayoría de las áreas que constituyen la disciplina, ha ido evolucionando con el paso del tiempo y a la par del desarrollo de nuevas tecnologías de diseño, proyecto e imagen. En esa línea, la problemática de la

representación de los espacios, construidos o no, continúa siendo un tema importante en el debate de la arquitectura contemporánea, así como ya lo fue en la arquitectura moderna.

Esta evolución de la representación no solo avanza en términos de técnica sino también en concepto. Croquis, plantas, fachadas, maquetas y fotografías, han sido las herramientas más populares disponibles para los profesionales a la hora de intentar transmitir la experiencia de la arquitectura. Sin embargo, el intento por llegar lo más cerca posible de la experiencia real es lo que continúa moviendo la historia de estas herramientas de representación.

La evolución tecnológica de la asistencia de los computadores para el diseño y la profundización en la generación de modelos 3D, ha producido que la visualización de la arquitectura se apoye en herramientas que, especialmente, habían tomado fuerza desde otras prácticas como el cine, el diseño, la fotografía y los videojuegos. Hoy en día, los avances en las imágenes generadas por computadora han encaminado la visualización de la arquitectura hacia el hiperrealismo. Desde esas plantas y fachadas, ahora se incluyen imágenes fotorrealistas, videos en 360°, realidad virtual y hologramas que superponen la realidad y lo virtual. Las nuevas tendencias marcan la dirección de la visualización de la arquitectura hacia la realidad virtual y la realidad aumentada, las cuales dependen, por ahora, de dispositivos multisensoriales que llevan la experiencia de entrar en el modelo arquitectónico.

Dentro de todas las herramientas que existen, y existirán, la representación de la arquitectura, se supone, siempre podrá ser dividida entre las representaciones de lo que ya existe en el mundo real, es decir, aquellas obras que ya se han construido, y aquellas primeras representaciones arquitectónicas que aún habitan el mundo imaginario, es decir, proyectos que aún no se han construido, pero viven, de momento, únicamente en la mente de los proyectistas que lo concibieron.

Para continuar, resulta importante destacar que, en todo sistema de visualización, se pueden distinguir dos partes fundamentales que lo constituyen: el formato, que es la estructura de la información presentada, como ser un dibujo, una fotografía o un video; y el soporte, que es la plataforma en la que se presenta dicha información, por ejemplo, una lámina o una pantalla.

Breve reseña histórica

En cuanto a los formatos, en el ámbito de la arquitectura a lo largo de los siglos ha destacado tradicionalmente el dibujo, tanto para describir el conjunto como el detalle arquitectónico. Por su parte, la maqueta o modelo físico en miniatura ha ido adoptando un papel secundario, relegándose principalmente a la exposición de grandes proyectos o a un uso como herramienta de trabajo particular del estudiante o del profesional. Esto se debe, posiblemente, a que presenta una serie de limitaciones en cuanto a precio, dificultad de ejecución, fragilidad, tamaño para su traslado y conservación, entre otras.

Desde los años 60, la fotografía comienza a ser usada en estudios de Psicología Ambiental, pero con ciertos puntos débiles. En primer lugar, la falta de “presencia” al tener un punto de vista fijo predefinido, delegando la mirada y el recorrido por el espacio al fotógrafo. En segundo lugar, sufre la limitación de que requiere disponer de un espacio real existente del cual obtener la imagen, lo cual limita su uso como herramienta para mostrar propuestas de diseño de entornos aún no construidos.

Posterior a la fotografía, se incorpora el uso del video, que permite una simulación más cercana al natural al incorporar el movimiento y el sonido, manteniendo las dos limitaciones de la fotografía respecto al punto focal y el espacio real.

También entre los años 1960 y 1970, con una tecnología de hardware suficientemente madura, se inicia la carrera de la simulación por ordenador. En las siguientes décadas se perfecciona la simulación de la luz, texturas y materiales complejos, y efectos atmosféricos alcanzando un grado de fotorrealismo tal que, hoy en día, es indistinguible una escena de síntesis de otra real.

En este contexto, la imagen y la animación renderizada encuentran su nicho en el ámbito de la Arquitectura y la Psicología Ambiental como complemento a la fotografía y el video, ya que permiten simular prácticamente cualquier escenario, existente e inexistente, con un control total de las variables y a muy bajo coste. Los renders, o visualizaciones 3D, consisten en composiciones bidimensionales concebidas, frecuentemente, a partir de modelos tridimensionales digitales y en muchas ocasiones bajo un estilo realista. Esto posibilita una aproximación al futuro de la obra construida en su contexto.

Los últimos formatos en incorporarse, debido a que requieren de una capacidad tecnológica que permita su procesamiento en tiempo real, son los entornos virtuales interactivos en primera persona, que permiten al usuario moverse libremente por el espacio simulado.

En cuanto a los soportes, hasta ahora, los formatos estáticos, el dibujo, la fotografía y el render se habían presentado mediante láminas impresas primero, y, mediante pantallas, después. Los formatos dinámicos, video, animación o entorno virtual, requieren necesariamente las pantallas. Posteriores soluciones permitirán que estos soportes incorporen la estereoscopia, que consiste en la visualización de imágenes en tres dimensiones, manteniendo su concepto de funcionamiento.

Además de lo anterior, en los últimos años se está popularizando, incluso a nivel doméstico, el uso de un nuevo tipo de soporte: el *Head-Mounted Display*, también conocido como *gafas de realidad virtual*. Éste permite un alto grado de inmersión o sensación de visión en primera persona, al abarcar la práctica totalidad del campo de visión del ojo humano y al facilitar la coordinación del movimiento de la cabeza y del entorno observado.

De su mano, se generalizarán enormemente dos formatos de simulación: el entorno virtual interactivo generado en tiempo real, que alcanzará el grado de realidad virtual al compaginar el formato de mayor libertad espacial con el soporte de mayor inmersión; y la versión panorámica de los formatos tradicionales.

En conclusión, la representación en la práctica arquitectónica se ha visto transformada a lo largo del tiempo, pasando de la mesa de dibujo a la representación 2D y 3D en computadora. Aunque los renders en imágenes y en videos permiten mostrar los aspectos básicos de un diseño, no pueden considerarse realmente inmersivos, y tampoco comunican la experiencia envolvente de habitar un espacio. Hoy en día, el uso de la tecnología permite transportar completamente a los usuarios a un lugar virtual.

Como proyectistas, es momento de prestar atención y explotar las maneras en las que la Realidad Virtual y el Video Panorámico 360° puedan entrar a alimentar la disciplina, proporcionando nuevas maneras de comunicar proyectos y realizar investigaciones.

Entorno virtual

Un “*entorno virtual*” es un escenario tridimensional, interactivo y con visión en primera persona, generado por un ordenador que simula un espacio existente o ficticio y en el que el usuario puede sentir presencia física. Esta definición comprende desde una simulación y un simple videojuego 3D hasta lo que se conoce como Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

Los entornos simulados pueden ser réplicas de espacios reales o ser mundos imaginarios y, aunque la ausencia de restricciones físicas permita acciones no posibles en el mundo real, como puede ser volar o teletransportarse, es necesario que exista un trasfondo de "realidad espacial" que el usuario pueda reconocer. Por ejemplo, los objetos lejanos no deberían tapar a los cercanos, ni la visión producirse en perspectiva isométrica, de forma que el cerebro pueda equiparar la percepción de lo simulado con aquella que tendría que producirse en la realidad física. También es necesario que exista interactividad entre el usuario y el entorno, permitiendo la libertad de movimientos y la manipulación del entorno, como abrir puertas, encender luces.

Esta interacción, en principio, podría producirse por los cinco sentidos para conseguir una sensación de realidad plena. Sin embargo, en la práctica, el gusto y el olfato no se tratan, al tener una base de funcionamiento muy compleja de simular, y el tacto es parcialmente simulado mediante dispositivos hápticos dependiendo de las necesidades y envergadura de cada proyecto. Los canales más fáciles y habitualmente utilizados en la Realidad Virtual son la vista y el oído. En ambos, la tecnología permite recrear los entornos de forma efectiva y tridimensional.

Por último, la sensación de presencia física se alcanzará según el grado de inmersión y naturalidad que permita el sistema utilizado, apareciendo variantes como son la visión mono o estereoscópica, la audición mono o binaural, los sistemas de control de posición y movimientos, entre otros.

Realidad Virtual

Hay un movimiento a punto de suceder en la industria del diseño y la arquitectura, e implica la "Realidad Virtual", la única herramienta que permite una experiencia inmersa en la arquitectura aún no construida. Basada en modelos tridimensionales digitales y con dispositivos como los cascos de realidad virtual, permite que el observador "entre" al espacio. La mirada deambulante ya no es el espacio concreto, sino toda una arquitectura nueva, inmaterial, intangible, pero visible. "Ver para creer", como anuncian los propios fabricantes de los cascos o gafas de realidad virtual, ofreciendo una forma de llevar virtualmente al observador a una arquitectura, aún, imaginaria.

La realidad virtual abre completamente nuevas formas de la arquitectura, donde la percepción de las cosas y la manera en que nos acercamos a ellas se transforma.

Al ser interactiva por definición, su funcionamiento consiste en el aporte de datos por parte del usuario, el procesamiento de estos datos en tiempo real y la presentación de la respuesta al usuario. Estos tres pasos implican partes diferenciadas del sistema: dispositivos de entrada de datos, unidad central de procesamiento y dispositivos de salida de datos.

Los dispositivos de entrada de datos son aquellos que permiten al usuario aportar información al sistema. Pueden dividirse en:

- Dispositivos de navegación que permiten moverse por el entorno virtual. Pueden ser desde sistemas tan sencillos y económicos como un ratón o un joystick, hasta soluciones de mayor entidad como cintas andadoras multidireccionales.
- Dispositivos de rastreo (tracking) que permiten controlar también la posición y movimientos del usuario, desde los sistemas inerciales basados en acelerómetros y giroscopios hasta sistemas ópticos basados en el seguimiento de marcas clave en el cuerpo del usuario por parte de cámaras.
- Dispositivos gestuales, que permiten manipular objetos e instrumentos dentro del mundo virtual. Por un lado, encontramos distintos tipos de guantes y, por

otro, instrumentos especializados para simulaciones concretas (cinceles, bisturís, etc.).

La unidad de procesamiento de datos es habitualmente un ordenador de menor o mayor potencia con un software destinado a ir renderizando, en tiempo real, las escenas según la información que le llega por parte del usuario.

Y los dispositivos de salida de datos son los dispositivos que aportan información a los sentidos del usuario, generalmente a la vista y al oído y, en algunos casos, al tacto.

A su vez, los dispositivos de salida visual se pueden dividir en estereoscópicos, que mediante dos imágenes con puntos de vista ligeramente diferentes generan percepción de profundidad en el cerebro por un fenómeno llamado paralaje; o no estereoscópicos. Si bien la Realidad Virtual, por su propia naturaleza inmersiva, tiende a la visualización estereoscópica no hay que renunciar a las soluciones no estereoscópicas, ya que se encuentran, a día de hoy, en toda clase de dispositivos comunes (televisores, ordenadores, teléfonos móviles y tablets), por lo que suponen una forma muy económica de extender el uso de la visualización interactiva a la sociedad.

En cuanto a los dispositivos de salida auditiva, se pueden clasificar simplificadaamente en sistemas de altavoces con mayor o menor envoltura espacial, o soluciones mediante auriculares.

Hay que indicar que conseguir una recreación virtual precisa de la ubicación espacial de fuentes de sonido es extremadamente complejo ya que depende en gran medida de la geometría y materialidad del espacio y de la fisiología particular de cada espectador. Aunque existen soluciones en el campo del sonido 3D y la holofonía, los sistemas habituales simplemente simulan la distancia y localización lateral de la fuente sonora modificando volumen y panorama, y no suelen tener en cuenta efectos más complejos como reflexiones físicamente precisas, sombras acústicas, modificaciones en el espectro debidas a la distancia, diferencias de tiempo y nivel interaural ni la localización en el plano medio del espectador.

Por último, los dispositivos de salida háptica o táctil tienen un uso mucho más restringido a campos de aplicación concretos como simulaciones de vuelo, teleoperación de brazos robóticos o entrenamiento quirúrgico.

De acuerdo a profesionales que ya han implementado la realidad virtual a sus trabajos, sostienen que hay una serie de razones por las cuales dejar de utilizar el render de calidad en una pantalla de PC o Laptop. La primera razón, es la percepción de la profundidad y el espacio. Con un adecuado Head-Mounted Displays (dispositivo montado sobre la cabeza) se puede conseguir un verdadero sentido de escala, ya sea que se trate del tamaño de todo un edificio o la distancia entre dos bancos, esto no siempre es fácil de percibir desde una imagen en una pantalla de PC para la persona promedio. Esto lleva a la segunda y más importante razón, que es la "sensación". Junto a la presencia viene el sentir, con el cual una persona no sólo ve lo que se ha creado, sino que le es posible sentir lo que es estar en ese espacio.

Como complemento, otro avance en el campo, es la posibilidad de observar lo que la otra persona está experimentando mientras utiliza el Head-Mounted Displays, al ser posible configurar los dispositivos tanto fijos como móviles para mostrar lo que el usuario está viendo en otra pantalla. Hay una serie de diferentes plataformas de software que lo permiten, posibilitando extraer información relevante sobre la navegación por el espacio propuesto.

Entre las principales desventajas, los profesionales señalan que el mayor inconveniente es que la realidad virtual aún está emergiendo, por lo que la mayoría de los software disponibles están en etapa de desarrollo. Otra cuestión importante es la potencia del equipo necesario para ejecutar las experiencias del recorrido completo de realidad virtual. Dicho esto, aun así, vale la pena investigar la tecnología, ya que proporcionará una ventaja importante y un punto de diferencia entre los profesionales que lo adoptan tempranamente frente a los que no lo hacen.

Hasta el momento, los principales avances en entornos virtuales mediante realidad virtual, han venido de la mano de Nintendo, Facebook, Google y Sony.

Realidad Aumentada

Las herramientas de realidad virtual y realidad aumentada se están convirtiendo en un estándar de la industria que ofrece iteraciones rápidas y la oportunidad de refinar diseños en colaboración con clientes y colegas, ofreciendo una experiencia más inmersiva en diseños arquitectónicos, pero también en productos y áreas relacionadas con la construcción espacial. Si bien, la realidad aumentada no ha tenido, hasta el momento, el mismo despegue que la realidad virtual, se espera que esta tecnología sea parte fundamental de nuestro día a día de cara a los próximos años.

A menudo, y al tratarse de dos tecnologías en pleno desarrollo, se mezclan y se confunden la realidad virtual con la realidad aumentada. Aunque las dos tienen similitudes, como el hecho de observar elementos diseñados por ordenador, sin duda, hay notables diferencias que siempre es importante tener en cuenta.

Mientras que la realidad virtual crea entornos generados por computadora y dirigidos, que nos permiten sumergirnos en un mundo digital y ficticio, aislándonos del mundo real en el que vivimos, la realidad aumentada, por su parte, proporciona elementos virtuales a través de la superposición de lo virtual con el mundo real del cual seguimos siendo parte, es decir, a través de un dispositivo de realidad aumentada, como ser un smartphone o unas gafas inteligentes, es posible observar objetos e información superpuestos con el entorno real.

En la realidad virtual todo lo que vemos está creado y desarrollado íntegramente mediante un ordenador, pero, en el caso de la realidad aumentada, lo que vemos son objetos virtuales que se superponen al entorno real. Una mezcla entre elementos reales y virtuales.

Otra cualidad que diferencia a la realidad virtual de la realidad aumentada es la posición de los objetos. En el caso de la primera, la colocación de los diferentes elementos puede ir cambiando durante todo el proceso. Esto no ocurre en la realidad aumentada, puesto que los elementos reales que se mantienen visibles en todo momento no van a alterar su posición en ningún caso.

Además, el grado de inmersión en el entorno es muy diferente en ambos casos, ya que la realidad aumentada no produce una sensación de inmersión en la experiencia, lo que sí se asegura en la realidad virtual.

Y, por último, otro aspecto a destacar trata de la diferenciación del entorno, ya que, en el caso de la realidad virtual, cuando está bien desarrollada, los objetos van a parecer reales de cara a la percepción del ser humano, hasta el punto de no poder distinguir lo que es real de lo que no lo es. En cambio, en la realidad aumentada, se ve claramente qué elementos han sido creados por ordenador, diferenciándose de manera clara sobre aquellos verdaderamente reales que se siguen observando en nuestro entorno.

Las diferencias expuestas anteriormente, son la razón por la cual ambos conceptos están tomando caminos diferentes para el usuario final, así como para variadas industrias. Se cree que la realidad virtual es una herramienta más adecuada para los arquitectos y proyectistas, mientras que la realidad aumentada probablemente encontrará más usos en la construcción.

Aunque ambas tecnologías innovadoras están en auge, todavía están en una etapa de desarrollo temprana, por lo que permanentemente el mercado y el avance tecnológico ofrecen mejoras.

Aplicaciones

Los entornos virtuales, en sus distintas variantes (simuladores, serious games, Realidad Virtual o Aumentada), vienen siendo usados en los últimos años en muy diversas disciplinas.

En medicina, el ser humano virtual ha sustituido al cadáver en los estudios de anatomía y al paciente en la práctica de operaciones quirúrgicas, permitiendo adquirir experiencia en un amplio abanico de procedimientos, sin limitaciones en el número y tipo de ensayos y sin riesgo humano.

Además, los entornos virtuales han demostrado propiedades analgésicas sin efectos secundarios en múltiples tratamientos y beneficios en tareas de rehabilitación motora.

En Psicología, los entornos virtuales se han usado con éxito en diversas fobias como el miedo a volar o a las alturas, a los espacios cerrados, a insectos, o a hablar en público. Estos tratamientos son menos costosos, cómodos y seguros que la exposición real a la fuente del miedo.

En el campo de la educación, se han utilizado en la enseñanza de muy diversas disciplinas como biología, geología, antropología o historia. También han confirmado su validez en el campo de la educación especial.

Muchos otros sectores también se han beneficiado del uso de entornos virtuales, como la cultura, el ocio o los procesos industriales y de.

En el ámbito de la arquitectura y la construcción, los entornos virtuales han sido un gran impacto, y, básicamente podríamos decir que sólo trae mejoras.

Quizá la mayor aceptación y desarrollo que está adquiriendo el uso de estos entornos es como herramienta de visualización y toma de decisiones durante las fases del diseño arquitectónico, ya que posibilita la observación en primera persona de espacios no construidos, sin imposición de un punto de vista, como ocurre con la fotografía, con capacidad de salvar limitaciones físicas y con la posibilidad de efectuar fácilmente modificaciones de diseño.

No todas las personas poseen la misma visión espacial, por tanto, un cliente estará más satisfecho si desde el inicio del proyecto ve el resultado final, llegando a caminar por su futura vivienda cuando aún no se ha colocado la primera piedra. Esto hará que se reduzca el número de reuniones y que, al ser un proceso más corto, también se reduzcan costes.

En el ámbito del Diseño Centrado en el Usuario se encuentran estudios basados en la presentación de propuestas al cliente para recoger sus opiniones y preferencias sobre viviendas, oficinas o laboratorios.

En planeamiento urbano también constituyen una herramienta de ayuda en la toma de decisiones por parte de autoridades y técnicos municipales o en la consulta al ciudadano.

Los entornos virtuales también se están utilizando para la evaluación del uso y seguridad de las edificaciones, durante el proceso constructivo y en el mantenimiento a lo largo de su vida útil. Así, existen estudios para evaluar la accesibilidad de entornos urbanos como peatón o mediante silla de ruedas; simular la evacuación de edificios en caso de incendio u otro tipo de emergencias; entrenar al personal técnico en obra en cuestiones de seguridad y salud y el manejo de instalaciones.

Como apoyo al proceso constructivo, mencionados entornos se han utilizado para simular fases críticas en proyectos de gran complejidad. Igualmente, se está ensayando con entornos de realidad aumentada que permitan sobreimpresionar elementos constructivos, estructurales o instalaciones virtuales sobre el espacio real, como asistencia en etapas de replanteo, control y mantenimiento de los mismos.

Un ejemplo claro en este contexto, es el software *Fologram* que fusiona la realidad aumentada con el espacio físico, con el objeto de facilitar la construcción de diseños complejos a través de instrucciones digitales que se superponen virtualmente sobre el espacio de trabajo, dirigiendo, paso a paso, a los albañiles durante el proceso constructivo, como, por ejemplo, en diseños paramétricos que requieren de una serie de mediciones, verificaciones y cuidados específicos. *“Los centros de investigación y las grandes empresas están trabajando con robots industriales para automatizar estas difíciles tareas de construcción. Sin embargo, los robots no se adaptan bien a los entornos impredecibles, e incluso los algoritmos más sofisticados de visión no pueden igualar la intuición y la habilidad de un albañil entrenado”*, comentan sus creadores.

Con el avance de estos software, se espera que la realidad aumentada elimine gradualmente los planos en obra, evitando errores y malinterpretaciones y aumentando la rapidez y la precisión de los procesos de construcción.

Las investigaciones en Diseño Basado en la Evidencia, también están utilizando en los últimos años entornos virtuales para crear diseños orientados a las necesidades del usuario.

Además, desde hace pocos años la realidad virtual se ha convertido en una tecnología habitual en el ámbito arquitectónico ya que existe un número cada vez mayor de investigaciones con el objeto de facilitar la integración de estas tecnologías en entornos CAD y BIM, con gran potencial en los años por venir.

Formato panorámico 360°

El panorama 360° x180°, o panorama esférico, es aquel formato que, con un ángulo de visión de 360° en horizontal y 180° en vertical, es capaz de captar todo el entorno circundante desde un solo punto de vista. Este concepto de panorama puede ser aplicado a los formatos clásicos estáticos, como el dibujo, la fotografía o el render, como también a los formatos dinámicos, el video o la animación.

Desde la incursión de los *Head-Mounted Displays* y su capacidad natural para seguir el movimiento y posición de la cabeza y alinear los escenarios visualizados, junto con su amplio campo de visión, se convirtieron en el medio idóneo para mostrar este tipo de formato panorámico. Tanto es así que, tras su popularización, se está iniciando un auge de cámaras especializadas en la grabación automática de fotografías y videos 360°.

La visualización de imágenes o videos panorámicos mediante *Head-Mounted Displays* resulta en una muy buena opción como método de simulación ambiental, ya que combina ventajas de los distintos sistemas en una solución de compromiso que, en muchos casos, es óptima. Respecto a sus homólogos tradicionales, fotografía, video, render o animación, no sólo incorpora la sensación de inmersión en el espacio simulado, sino que, además, al permitir el libre movimiento de la mirada, permite cierto grado de interactividad.

Por otro lado, una primera ventaja del uso de los Head-Mounted Displays en los panoramas 360°, es su mayor facilidad de ejecución, ya que, en el caso de una fotografía tan sólo hay que tomarla con una cámara 360° y, en el caso de una imagen de síntesis, el proceso es idéntico al de un render tradicional. Mientras que, por su parte, generar un entorno virtual interactivo navegado con Head-Mounted Displays, requiere del uso de game engines y un proceso de testeo mucho más complejo.

Una segunda ventaja, en el caso de render panorámico frente al entorno virtual interactivo, es un mayor realismo debido a que el render no presenta limitación de tiempo en la generación de la imagen, pudiendo utilizar métodos muy lentos, pero de resultados muy realistas, mientras que el procesado del entorno virtual interactivo se ha de realizar en tiempo real, es decir, al menos 20 imágenes por segundo.

Por el contrario, la principal desventaja del panorama respecto del entorno virtual es la incapacidad de movimiento por el espacio. Sin embargo, esto en ciertas ocasiones no es crucial, por ejemplo, si la simulación no contempla la posibilidad de movimiento del sujeto.

Breve reseña histórica

El concepto del formato panorámico no es nuevo. En el año 1787 el pintor irlandés Robert Parker desarrolló el primer “*ciclorama*”, o pintura panorámica en 360°, en la que el observador se situaba en el centro de una pintura circular que lo envolvía por completo. La pintura panorámica requería de su propio edificio de exposición, también llamado ciclorama. Era un espectáculo habitual a lo largo del siglo XIX, en el cual el espectador se situaba en una plataforma central elevada que dominaba toda la escena circular, y en el espacio entre la pintura y la plataforma, se colocaban objetos tridimensionales que aumentaban la confusión perceptiva.

Se trataba de impactar al observador, buscando que éste tuviera la sensación de formar parte de la escena, en la que las pinturas representaban vistas de ciudades y, más tarde, gestas heroicas y batallas.

Prácticamente tras la invención de la fotografía, también surgió el interés por plasmar amplios ángulos de visión, lo cual se realizó mediante panografías, que consistían en una composición de múltiples fotografías tomadas desde un mismo punto. Esta técnica fue perfeccionándose hasta la era digital en la que modernas técnicas de *stitching* o cosido, realizadas por un software de edición de imágenes, hicieron imperceptible la unión entre fotografías para obtener texturas de mayor superficie y calidad.

Como se ha explicado, el formato panorámico como concepto es muy antiguo. Sin embargo, y aunque existen visualizadores para distintos dispositivos informáticos, su uso ha sido prácticamente anecdótico, con la excepción del *Google Street View*, debido a la dificultad de presentarlo al espectador de una forma natural.

Estudios comparativos entre sistemas

Desde que comenzaron a utilizarse las fotografías e imágenes para simular entornos en estudios de Psicología Ambiental, y a medida que la tecnología ha posibilitado nuevas formas de simulación, ha existido un interés por comparar la validez de las opciones disponibles, tanto entre sus características y campos de aplicación, como respecto de la realidad a la que sustituyen.

Por lo tanto, en cuanto a comparativas entre imágenes tradicionales y generadas por un ordenador, se han evaluado los niveles de precisión, abstracción y realismo de los dibujos en perspectiva a mano, acuarelas, renders de modelos 3D y fotomontajes generados mediante un ordenador. Los resultados concluyen que las representaciones generadas por ordenador se consideran más realistas y útiles por los evaluadores no

arquitectos, en especial el fotomontaje, mientras que los dibujos realizados a mano obtienen las peores valoraciones.

También se han encontrado diferencias según la presentación del entorno sea mediante imagen estática o video, favoreciendo esta última por los mayores niveles de atención o cognición espacial que generan.

Otros estudios han tratado la imagen estática frente al entorno virtual, el video predefinido frente al entorno virtual con libre navegación, o el video frente a realidad física.

Estudios de los profesionales Juan Luis Higuera Trujillo y López-Tarruella realizados en el año 2017, han encontrado diferencias entre el uso de los formatos de fotografía tradicional, fotografía panorámica 360° y realidad virtual, así como los soportes pantalla y Head-Mounted Displays, para la evaluación de diseños por parte de no arquitectos, resultando que la fotografía 360° y los cascos de inmersión eran los que aportaban mayores niveles de orientación y de ayuda en el proceso de diseño por parte de los usuarios.

También, cabe apuntar la existencia de otros estudios de Juan Luis Higuera Trujillo, Carmen Llinares Millán y López-Tarruella, en el cual se han comparado la fotografía tradicional, la fotografía 360° y la realidad virtual con la experiencia en un espacio real, evaluando presencia, valoración psicométrica y respuesta fisiológica con equipamiento clínico. Los resultados sugieren que la imagen 360° es el formato más válido a nivel psicométrico, la realidad virtual a nivel fisiológico y, además, estas respuestas se correlacionan con la sensación de presencia.

Los estudios mencionados, y todos aquellos que buscan elementos distintivos y característicos a cada sistema de representación, tienen por objeto determinar las áreas de aplicación y de mejor adaptación de cada tecnología según los casos particulares que se presenten.

CAPÍTULO 3 – MEDICIÓN DE LA RESPUESTA DEL USUARIO

“El diseño de estructuras, si nos alejamos de “lo abstracto” concierne, sobre todo, labor para y con seres humanos”, Richard Neutra.

Con el objetivo de dejar en clara la necesidad de prestar una visión del ser humano como centro de todo esfuerzo de diseño, en este capítulo, se aborda a la persona como un ser biológico, orgánico, cuyo cuerpo y mente, a través del conocimiento de la Biología, Psicología y Neurociencia, nos brinda herramientas muy valiosas de aplicación en el diseño de los entornos que diseñamos y construimos.

Partiendo de la concepción del ser humano en relación con un sistema nervioso que oscila entre dos estados, uno inhibitorio y otro de excitación, o bien quedando suspendido entre ellos en un estado de descanso, el rol del arquitecto y proyectista debe radicar en manipular los estímulos y, por ende, convertirse también en un buen entendedor del funcionamiento del organismo humano.

Aprovechando los avances en la Neurociencia para comprender los efectos sobre la persona de los colores, las cualidades auditivas, las texturas, el rol de los sentidos, la percepción de la forma, los juicios estéticos sobre la belleza, e incontables otros parámetros, es posible poder aplicar este conocimiento efectivamente en el diseño arquitectónico.

“La arquitectura se basa en el más actual y moderno conocimiento de los seres humanos, en su fisiología” sostenía Richard Neutra, aclarando que, al hablar de fisiología, no solo se refería al cuerpo sino a la totalidad de cuerpo y mente. Un verdadero indicio del camino a seguir, allá por el año 1952.

Los apartados siguientes tienen por misión, ayudar a comprender la percepción y efecto de la arquitectura desde las perspectivas psicológicas y neurológicas, permitiendo conocer las herramientas y metodologías que utilizan los principales organismos de investigación, quienes han servido de inspiración para el presente Proyecto Final de Carrera.

Los dos enfoques propuestos, permiten captar, por un lado, la respuesta subjetiva de los usuarios a través de herramientas propias de la Psicología, y, por otro, obtener la respuesta inconsciente y objetiva de los mismos, a través del registro de sus señales psicofisiológicas mediante instrumental específico de la Psicofisiología. Esta información, vinculada entre sí, expone el poder e influencia que el entorno ejerce sobre las personas.

Introducción

El ser humano, como uno de los animales más complejos que existen, es objeto de estudio de ininidad de ciencias, las cuales intentan desentrañar sus misterios y naturaleza tanto en el plano físico u orgánico, como en el plano psicológico, social o espiritual. De entre esas ciencias, la *Psicología* y la *Fisiología*, tienen el foco en la investigación y comprensión del funcionamiento humano, y es gracias a ellas, que sabemos cómo reaccionamos ante diferentes situaciones y cómo nos adaptamos al entono.

Mientras que la Fisiología se dedica a investigar cómo funcionan las diferentes partes de nuestro cuerpo, la Psicología intenta entender los fundamentos del comportamiento, la conducta y los procesos mentales de las personas. Ambas, pueden considerarse como dos partes de un todo, las cuales, a pesar de que puedan parecer independientes, se encuentran estrechamente relacionadas y pueden llegar a influir el uno en el otro.

Según la propia *Asociación Americana de Psicología*, la Psicología es la ciencia que estudia la mente y el comportamiento humano, incluyendo tanto los fenómenos conscientes como los inconscientes, los sentimientos y los pensamientos. Esta disciplina nace con la necesidad de comprender el papel de las funciones mentales y el comportamiento individual y social, al mismo tiempo que se exploran los procesos fisiológicos y biológicos que subyacen a las funciones y los comportamientos cognitivos, de ahí su estrecha relación con la fisiología. Entre sus tópicos de estudio se incluyen la percepción, la cognición, la atención, las emociones y afectos, y la personalidad, infiriendo relaciones causales y correlaciones entre las diferentes variables psicológicas y psicosociales.

Por su parte, la Fisiología hace referencia a aquella ciencia que se dedica al estudio científico de los mecanismos, funcionamiento, y sus interacciones, dentro de un sistema vivo. Más concretamente, se trata de una subdisciplina de la biología que se centra en cómo los organismos, sistemas de órganos, células y biomoléculas llevan a cabo las funciones químicas o físicas.

Tal es el nivel de conexión existente entre estos dos campos de estudio, que se llegó a la aparición de la *Psicofisiología*, también conocida como *Neurociencia Cognitiva*, una rama de estudio dentro de la Psicología que se encarga de estudiar las bases fisiológicas subyacentes a los procesos psicológicos. Esta última, pretende alcanzar una explicación biológica de los procesos psicológicos.

El cerebro es el órgano que controla la conducta en interacción con el medio interno del organismo y con el ambiente que rodea a éste. En el clásico esquema *Estímulo-Organismo-Respuesta*, la Psicofisiología se centra en cómo el cerebro analiza los estímulos internos y externos y organiza las respuestas (emocionales, motivacionales y habilidades cognitivas) en un ambiente que suele ser cambiante.

Entre los procesos y aspectos de la experiencia humana que se enmarcan en el área de interés de la Psicofisiología, encontramos el aprendizaje, el lenguaje, la inteligencia, la creatividad, la conciencia, la atención, la memoria, la emoción, la toma de decisiones, la empatía, la cognición social, la percepción del propio cuerpo o el ciclo sueño-vigilia.

Dicho lo anterior, se exponen las principales herramientas y metodologías aplicadas en cada una de ellas, con el fin de medir la respuesta del usuario ante el entorno arquitectónico que lo rodea o en el que se encuentra sumergido.

Análisis desde la Psicología

En el ámbito de la Psicología y Ciencias Sociales existen diversas herramientas con las cuales es posible obtener información de la conducta humana, cada una con sus respectivas ventajas y limitaciones, más o menos adecuadas para cada estudio en particular y casi todas ellas, autoevaluadas, es decir, que el sujeto responde consciente y libremente.

En una primera clasificación, se pueden dividir en dos grandes grupos, herramientas cualitativas y cuantitativas. Las primeras, tienen una perspectiva holística, no suelen presentar variables definidas, ni posibilidad de medición, ni análisis estadístico, permiten descubrimientos imprevistos; el investigador suele tomar un papel participante y no suelen probar hipótesis, sino generarlas. Por el contrario, los instrumentos cuantitativos son objetivos, presentan variables, las miden, analizan estadísticamente y permiten inferencias.

Normalmente, se aborda el estudio mediante diferentes técnicas, cuya conclusión general permite obtener un conocimiento global de la situación.

De todas las herramientas disponibles, las más utilizados son: la observación, la entrevista, el cuestionario, la escala de evaluación y el experimento, que se describirán, brevemente, a continuación.

Se deja constancia que no son instrumentos aislados entre sí, sino que, de hecho, es habitual que las herramientas se solapen de tal manera que un cuestionario se construya a través de datos recogidos mediante entrevistas, y éstas a partir de la observación del comportamiento de los usuarios ante un entorno determinado.

▪ La observación

La observación es una herramienta de investigación cualitativa muy adecuada para estudiar los comportamientos habituales no verbales donde el sujeto no es consciente de cómo actúa. La observación casual, sin categorías establecidas ni sistemas de registro, tiene su utilidad en las primeras fases de investigación o complementando otros procedimientos. No es el instrumento más sistemático, pero, muchas veces, es el único disponible, o el disparador de temáticas de análisis.

Su aplicación es sencilla, se suelen tomar notas de campo el mismo día en que se efectúa la observación, con el objeto de evitar olvidos o matices en las impresiones captadas. A pesar de ello, la persona encargada de efectuar la observación es debidamente capacitada.

La observación sistemática emplea técnicas de registro, categorías preestablecidas, y listas de verificación. Para aumentar la confiabilidad de los datos obtenidos, se suelen utilizar dos observadores simultáneos, comparando posteriormente sus notas. Una observación casual previa puede servir para definir las categorías utilizadas a posterior.

▪ El trazado de mapas

Existen dos instrumentos basados en mapas para estudiar la relación de las personas con su entorno: los mapas conductuales y los mapas cognitivos.

Los mapas conductuales son planos del espacio con la localización y movimientos de las personas, que muestran las posiciones y ubicaciones que van tomando, y sus comportamientos al navegar e interactuar con el entorno, cuyos resultados, muchas veces, varían ampliamente a los esperados cuando se planeó y diseñó ese espacio.

Estos mapas conductuales, se utilizan en Psicología Ambiental y planeamiento urbano, y pueden ser centrados en el espacio o con foco en el individuo.

En los mapas conductuales centrados en el espacio, se traza un plano con las características arquitectónicas y ambientales, y se define una lista de conductas a analizar con símbolos predefinidos para cada una de ellas, se realiza la observación del escenario y se efectúa el registro de datos en horarios determinados. Un ejemplo de aplicación de estos mapas, puede ser el estudio de uso de una plaza de una ciudad determinada.

Por otra parte, en los mapas conductuales centrados en el individuo, el sujeto ha de ser consciente y aceptar que se le siga y monitoree, manteniendo la confidencialidad. Para su aplicación, se requiere de un periodo de tiempo para que el sujeto se acostumbre a la situación y actúe de forma natural. Estos mapas, se utilizan principalmente en estudios de consumo.

A diferencia de los conductuales, los mapas cognitivos son las representaciones mentales, inconscientes, que genera el usuario al interactuar con determinados lugares y espacios. Los resultados pueden diferir mucho de la realidad física de esos entornos, y son estas diferencias, las que revelan la verdadera forma de cómo las personas comprenden el espacio.

Por lo general, los mapas cognitivos se construyen a partir de actividades simples, como ser que la persona dibuje un croquis de un área determinada indicando las características que ella considera principales o importantes, o se aporta un plano general y se solicita que se dibujen los detalles. Esta herramienta es particularmente útil para entender la comprensión del espacio por parte de los niños.

- **La entrevista**

La entrevista es una conversación que tiene como trasfondo cierto propósito. Es un instrumento cualitativo que permite explorar sentimientos y actitudes complejas y en profundidad, así como ahondar en algunos puntos de forma más particularizada que con cuestionarios u otro tipo de herramienta.

De acuerdo al canal por el que se obtiene la información, la entrevista puede ser presencial, virtual, telefónica, y en cuanto a su estructura puede ser libre, semiestructurada, o estructurada. Suele requerir la categorización de las distintas ideas expresadas para facilitar su análisis y permite ser grabada para su posterior transcripción y estudio.

La entrevista estructurada a partir de preguntas preestablecidas, permite el trabajo conjunto con información de diversos sujetos, mientras que la poco o nada estructurada permite obtener información inesperada que puede resultar de interés.

Por otro lado, la principal limitación de la entrevista, en comparación con otras herramientas de captación de respuesta, es que los participantes tienden a contestar lo “socialmente” correcto cuando se encuentran interrogados por un desconocido, de tal manera que pueden omitir conscientemente información relevante.

- **El focus group**

El *focus group*, también conocido como *sesión de grupos*, consiste en un tipo de entrevista grupal que se enfoca en un tema concreto. Puede ser usado tanto durante la fase inicial de diseño para obtener las necesidades de los usuarios, como para evaluar el resultado final de un proceso.

Su principal ventaja es que permite recopilar información de diversos participantes al mismo tiempo confrontando sus puntos de vista. La sinergia producida por la retroalimentación desde la experiencia de cada una de las partes, ha demostrado aportar mejor información que mediante entrevistas aisladas.

Los especialistas indican que es recomendable que la sesión de focus group no tenga más de cinco participantes, además del moderador, para evitar que se formen subgrupos y que la sesión se extienda en el tiempo. La elección del grupo puede variar dependiendo del tipo de información que se busque. Así, un grupo de usuarios, por ejemplo, pacientes de un hospital, puede ayudar a reconocer los requerimientos espaciales y un grupo de profesionales, como ser, médicos y enfermeras, puede servir para evaluar soluciones de diseño.

Por otro lado, la capacidad del moderador de un focus group de manejar al grupo es decisiva para que, de una manera natural, se llegue a los objetivos pretendidos, evitando que el diálogo se enquiste en un punto, que la conversación se desvíe del tema a tratar, que algún participante acapare el protagonismo o ejerza presión sobre el grupo.

- **El cuestionario**

EL cuestionario es el instrumento cuantitativo más ampliamente utilizado en Psicología Ambiental, ya que permite traducir variables empíricas en respuestas cuantificadas de modo rápido y eficaz.

Como características principales destacan que es una herramienta que permite obtener la respuesta de grandes grupos, y que, al utilizar un procedimiento unitario, facilita la cuantificación y la comparación de resultados.

Dos aspectos claves en el diseño de una investigación que vaya a utilizar cuestionario son, la correcta definición de las variables a evaluar y la correcta selección de la muestra.

El cuestionario permite preguntas de respuesta abierta, de elección múltiple o cerradas, debiendo siempre ser puntuales y fáciles de comprender, presentándose de manera neutral y ordenándose de forma que la respuesta a una cuestión afecte en el resultado de la siguiente.

- **La escala de evaluación**

Cuando un cuestionario permite cuantificar de forma graduada una variable abstracta que no es directamente observable, como la inteligencia o el bienestar, se habla de escala de evaluación. Puede ser una escala unidimensional, o tratar varias variables constituyendo una escala multidimensional a partir de sus distintas preguntas.

Las escalas de evaluación deben ser validadas, es decir, se debe realizar una evaluación de la aptitud de sus propiedades métricas asegurando que aportan resultados válidos y fiables.

Cabe aquí definir “*validez*” como el grado en que produce información creíble; “*fiabilidad*” como medida del grado de precisión, y que se valora a través de la consistencia, o grado de homogeneidad entre los diferentes ítems; y “*estabilidad temporal*” o concordancia en las respuestas de una misma muestra en distintas ocasiones. Estos son conceptos que los especialistas utilizan cuando aplican escalas de evaluación como herramientas de análisis.

- **El experimento**

El experimento consiste en una herramienta diseñada especialmente para confirmar o desmentir una relación causal o hipótesis, eliminando, en la medida de lo posible, cualquier efecto producido por elementos ajenos al estudio. Su objetivo es comprobar, para una muestra definida, el efecto producido en una o varias variables de estudio, al modificar de forma controlada una o varias variables independientes.

Por último, es importante destacar que, en todo experimento, el proceso de aleatorización es crucial, ya que tiene como objeto que el investigador no seleccione a

voluntad los sujetos de los grupos que se comparan, y que los factores de análisis se distribuyan por igual en los distintos grupos de estudio.

Como complemento a todas las herramientas expuestas anteriormente, dentro del ámbito del Diseño Centrado en el Usuario se han desarrollado una serie de técnicas y métodos orientados a identificar las expectativas y deseos de las personas que habitan o utilizan un espacio determinado.

Entre dicha metodología, figuran, como los más utilizados, el modelo de Kano, el Análisis Conjunto, el método de Pugh, el Despliegue de la función Calidad o la Ingeniería Kansei.

En la presente, entre las diferentes técnicas, se destaca la Ingeniería Kansei, al ser la única capaz de captar la parte subjetiva o emocional de la opinión y reacción de las personas ante el entorno que las rodea.

- **Ingeniería Kansei**

“*Kansei*” es una palabra japonesa que podría traducirse al español como “*sentimiento psicológico*”. Etimológicamente, el término se divide en “*kan*”, sensación, y “*sei*”, sensibilidad, y se refiere a las cualidades que posee un producto para transmitir emociones placenteras en su uso.

La *Ingeniería Kansei*, o Ingeniería Emocional, es una metodología de diseño desarrollada en la década de 1970 por Mitsuo Nagamachi del *Kure Institute of Technology*, Hiroshima, Japón, con el fin de encontrar las relaciones existentes entre los distintos parámetros de diseño que definen un producto, la percepción emocional que un usuario tiene de dicho producto según su propio lenguaje, y su valoración final.

Son muy numerosas las aplicaciones de la Ingeniería Kansei en diversos ámbitos del diseño industrial y de productos. Así, se encuentran aplicaciones en la industria del automóvil, en el campo de la telefonía, del calzado, de dispositivos electrónicos, de mobiliario, de herramientas o de páginas web.

En el ámbito de la arquitectura, aun siendo escaso, comienza a crecer el número de estudios existentes. De esta forma, encontramos trabajos centrados en productos de la construcción, como cocinas o azulejos cerámicos, o en elementos arquitectónicos, como fachadas, jardines o espacios interiores.

Cabe hacer especial mención a la producción científica, en el ámbito de la aplicación de la Ingeniería Kansei a la Arquitectura, que está realizando el equipo de la Dra. Llinares de la Universidad Politécnica de Valencia, España, pioneros a nivel internacional, en cuyos trabajos es posible indagar en mayor profundidad sobre el tema.

Sólo con la intención de dejar una breve reseña, no por imponer una superioridad respecto a los restantes, entre sus investigaciones, se destaca la aplicación de Ingeniería Kansei a promociones inmobiliarias, obteniendo relaciones entre la respuesta emocional y la intención de compra, utilizando por primera vez la Ingeniería Kansei correlacionando parámetros de diseño con sensaciones de los usuarios. A escala urbana han evaluado las emociones que determinan la elección de barrio, analizando las diferencias producidas entre arquitectos y no arquitectos.

Sus trabajos en interiores han tratado la percepción de la calidad acústica en auditorios, la sensación de confort en bibliotecas, la iluminación de espacios docentes o los factores que influyen en la valoración de salas pediátricas y neonatales.

También han estudiado la respuesta del observador ante el render arquitectónico, encontrando diferencias entre arquitectos y no arquitectos. Durante el año 2014 se

centraron en la aplicación conjunta de Ingeniería Kansei, Realidad Virtual y medición psicofisiológica para el diseño de espacios arquitectónicos.

Se invita a los interesados en el ámbito de la investigación y aplicación de la metodología mencionada, a visitar el sitio de la Universidad Politécnica de Valencia, en cuya base de datos se encuentran todos los estudios e investigaciones realizadas por sus destacados profesionales.

Análisis desde la Psicofisiología

La respuesta cognitivo - emocional del ser humano es producida por la actividad cerebral. A su vez, esta actividad cerebral, a través del sistema nervioso autónomo, provoca ciertos cambios corporales a nivel electroquímico, como ser la variación de la actividad cardíaca, de la respiración, de la sudoración, de la actividad muscular. Estos cambios fisiológicos pueden ser registrados con el instrumental adecuado.

De esta manera, las señales fisiológicas moduladas por la actividad cerebral como respuesta ante eventos externos pueden ser un complemento a las técnicas utilizadas tradicionalmente en Psicología, y basadas, principalmente, en auto-registros, con objeto de entender de una manera más completa el comportamiento del ser humano.

Si bien, en el presente escrito, no es objeto de estudio la Neurociencia como disciplina destinada al análisis del cerebro humano, se deja una breve descripción general de la estructura y actividad cerebral, para un mejor abordaje de las temáticas desarrolladas.

La estructura del cerebro

Para poder comprender lo que verdaderamente sucede desde la perspectiva de la Psicofisiología, es necesario estudiar nuestro propio cerebro. Éste es, posiblemente, la estructura más compleja conocida por el hombre, cuyo objeto parece ser mantenernos con vida y en constante contacto e interacción con el medio.

A nivel evolutivo y funcional, Paul MacLean propuso en el año 1970 su "*Teoría del cerebro triúnico*", según la cual, nuestro cerebro se compone de tres cerebros organizados anatómicamente como capas de una cebolla. ¿Cómo es esto? La teoría de MacLean sostiene que, en su nivel más interno y antiguo, el "cerebro reptiliano", es el encargado de regular los elementos básicos de supervivencia y las funciones autónomas. En un nivel intermedio, el "cerebro paleomamífero", incluyendo lo que hoy se llama sistema límbico, regula tanto las emociones e instintos como la actividad fisiológica y endocrina. Y en su nivel más externo y joven, el "cerebro neomamífero", o neocortex, formado por un manto de células de color gris, la conocida materia gris, es el responsable del pensamiento avanzado, la resolución de problemas, la razón, la autoreflexión y el habla.

Aunque la división propuesta por MacLean, tiene un valor más pedagógico que anatómico, respecto al cerebro animal, se sabe que el cerebro humano ha experimentado grandes saltos evolutivos, desarrollándose y aumentando su tamaño desde el cerebro primate, debido a la interacción con el entorno y, especialmente, gracias al desarrollo de la cultura y el lenguaje.

El cerebro sólo es una parte del sistema nervioso. Éste, junto al cerebelo, el bulbo raquídeo y la médula espinal forman el sistema nervioso central. Y a éste, se le incorpora el sistema nervioso periférico compuesto por toda la red de nervios que conectan con el resto del organismo.

A nivel estructural, el cerebro se compone de dos hemisferios conectados y divididos a su vez, en cuatro lóbulos (frontal, temporal, parietal y occipital) y 52 áreas de Brodmann. Estas divisiones anatómicas son artificiales, ya que el cerebro está completamente interconectado entre sí y funciona como un todo. Respecto a la corteza cerebral exterior,

resumidamente, puede decirse que el lóbulo frontal procesa las funciones motoras, ejecutivas y la conducta social; el temporal, la audición, el lenguaje, el equilibrio y la memoria a largo plazo; el parietal, las sensaciones, excepto el olfato; y el occipital, la visión.

Bajo la corteza cerebral, se encuentra el sistema límbico, encargado de la distribución de estímulos sensoriales, la regulación de la temperatura, las conductas instintivas y del control del sistema nervioso autónomo, la evaluación del significado emocional de los estímulos, la memoria implícita emocional, la memoria explícita y espacial, y la orientación.

El sistema nervioso posee unas 100.000.000.000 células nerviosas o neuronas, conectadas, cada una de ellas, a otras 10.000 neuronas de muy diferentes formas y tamaños, pero todas de estructuras tipo árbol.

Cada neurona, es una "individualidad morfológica" comunicada a otras tantas neuronas gracias a un doble proceso eléctrico y químico. Además de la comunicación interna, existen neuronas especializadas que presentan relaciones aferentes y eferentes de comunicación con el resto del organismo y, a partir de éste, con el medio. De este modo, algunas neuronas, llamadas sensoriales, captan los diferentes estímulos a través de receptores especializados y, por otro lado, otras neuronas, llamadas motoras, controlan la actividad muscular.

Medida de la actividad cerebral

El cerebro presenta un ritmo prácticamente constante de actividad electroquímica tanto durante la vigilia como durante el sueño, incluso en ausencia de estímulos, y también responde ante acontecimientos discretos. Estas dos componentes de la actividad cerebral se han denominado *niveles tónicos y fásicos*, y pueden ser registrados por un instrumental adecuado de diversas maneras.

Por un lado, las señales cerebrales directas, se pueden obtener a partir de la actividad eléctrica o de las variaciones hemodinámicas que se producen durante la activación de las neuronas.

Por otro lado, la actividad cerebral, a través del sistema nervioso autónomo, modula una serie de aspectos periféricos como la sudoración, el ritmo cardiaco o la dilatación pupilar. Su registro, implica una medida indirecta de la actividad cerebral que, a veces, proporciona mejor información que la propia señal cerebral.

El sistema nervioso autónomo está controlado por zonas del cerebro relacionadas con la emoción, y ejerce su actividad sobre glándulas y los sistemas vascular, digestivo, respiratorio y cardiaco, sin control consciente de la persona; de ahí su nombre de autónomo. Se divide en sistema nerviosos simpático y parasimpático. El sistema nervioso simpático nos prepara para la acción, algunos efectos de su activación son el aumento de la tasa cardiaca, la contracción de los vasos sanguíneos de ciertas zonas, la disminución de los procesos digestivos, el aumento de la sudoración o la liberación en sangre de adrenalina. Por el contrario, el sistema nervioso parasimpático, se activa en estado de relajación aumentando los procesos digestivos, disminuyendo la tasa cardiaca, etc.

Por último, ciertas reacciones motoras o comportamentales, como los gestos y las expresiones, o el movimiento de los ojos, si bien no están gobernados de forma autónoma por el cerebro, sino de forma voluntaria por el sistema nervioso, también permiten obtener información indirecta de la actividad cerebral.

Todos los músculos del cuerpo se encuentran conectados a dos tipos de neuronas: unas provocan la contracción voluntaria de los grupos musculares mediante la liberación de

un neurotransmisor; y otras, retroalimentan información sobre el nivel de contracción muscular alcanzado. De esta manera, cualquier acción humana, como ser mirar, hablar o pulsar un botón en un experimento, en su forma y tiempo, nos está aportando, en cierta manera, información cerebral.

Las tecnologías más populares dentro de estas líneas de investigación son la electroencefalografía, la magnetoencefalografía, la resonancia magnética funcional, la respuesta galvánica de la piel, la electrocardiografía, la variabilidad de la frecuencia cardiaca y el eye-tracking.

A continuación, se explican, brevemente, las distintas tecnologías disponibles para registrar las señales fisiológicas del organismo, con el objeto de conocer las técnicas empleadas por los profesionales en sus laboratorios de investigación, a partir de las cuales surgen los numerosos estudios de los que se ha nutrido el presente Proyecto Final de Carrera.

- **Electroencefalografía**

La señal electroencefalográfica es detectable en el cuero cabelludo a partir de la actividad eléctrica de distintas poblaciones neuronales. Es una señal con baja resolución espacial pero muy alta resolución temporal y se limita a la actividad de la capa más superficial del cerebro.

Esta técnica supone un registro directo de la actividad eléctrica cerebral, que se realiza mediante la colocación de un número más o menos elevado de electrodos en el cuero cabelludo de la persona a analizar. Al tratarse de una señal muy débil, debe amplificarse y, posteriormente, filtrarse, de manera que se eliminen las interferencias producidas por campos electromagnéticos cercanos o por la actividad muscular del propio sujeto como parpadeos o latidos del corazón.

- **Magnetoencefalografía**

La señal magnetoencefalográfica registra la componente magnética superficial de la actividad electromagnética de las neuronas. Tiene una mayor resolución espacial que la señal electroencefalográfica ya que los campos magnéticos cerebrales presentan menos interferencias que los eléctricos.

El registro se hace mediante magnetómetros en salas con aislamiento magnético para eliminar las interferencias del exterior. Es una tecnología relativamente reciente y con un muy alto coste.

- **Resonancia magnética funcional**

La imagen por resonancia magnética funcional es la técnica más utilizada hoy en día para registrar la actividad hemodinámica relacionada con el suministro metabólico a las neuronas activas, es decir, evalúa el riego sanguíneo que llega a cada área cerebral.

- **Actividad Electro dérmica**

También conocida como respuesta galvánica de la piel, es un indicador de la activación del sistema nervioso simpático de los sujetos relacionado con estados de activación emocional, y ha sido empleada, desde hace más de un siglo, como medida indirecta de la respuesta cerebral ante estímulos debido a su relativa sencillez técnica.

El método consiste en hacer circular una pequeña corriente eléctrica por la piel del sujeto entre dos electrodos y registrar la variabilidad de la conductancia eléctrica debido a la sudoración. Determinadas glándulas activadas por el cerebro en situaciones de estrés o alerta, y presentes en gran número en la zona de las palmas de las manos y de los pies, reaccionan de forma muy activa y dinámica ante estímulos del entorno.

Entre las principales ventajas del estudio de la respuesta del usuario mediante la medición de la respuesta galvánica de la piel frente a las tecnologías anteriormente descritas incluyen el uso de instrumental con un coste inferior y una mayor facilidad a la hora de manipular e interpretar la información. Esto se debe tanto a la mayor sencillez de la señal registrada como a su mayor antigüedad como técnica, lo cual ha permitido ir consolidando el conocimiento sobre la misma.

- **Variabilidad de la frecuencia cardíaca**

Aunque el corazón late de forma autónoma y espontánea, se encuentra mediado por la actividad cerebral. Así, el sistema simpático, actuando en la secreción de adrenalina, es capaz de incrementar el ritmo cardíaco, y el sistema parasimpático, es capaz de reducir la tasa de actividad cardíaca. Por lo tanto, la variación del ritmo cardíaco a lo largo del tiempo ha demostrado en diversos estudios tener una relación con los sistemas simpático y parasimpático y, a través de ellos, con la actividad cognitiva y emocional.

- **Eye - tracking**

Aunque creamos que nuestro sistema visual aporta información amplia y exacta del entorno, el área de visión de precisión y enfoque abarca unos pocos grados, siendo el resto del espacio percibido de forma más o menos borrosa e indeterminada. Además, se ha estimado que el nervio óptico tiene una capacidad de transmisión de información de apenas un megapixel, siendo esta la resolución real que llega a nuestro cerebro.

Por ello, el mecanismo que se tiene para recrear una imagen completa y precisa del espacio, es el movimiento rápido del ojo, barriendo y mapeando constantemente a su alrededor.

El seguimiento del recorrido de la mirada ante estímulos ha sido utilizado en investigación sobre percepción, Psicología, marketing o diseño.

Saber cómo miramos, qué miramos primero, qué miramos más, o cuánto tiempo detenemos la mirada en un punto, nos aporta información adicional sobre nuestra respuesta cognitiva y emocional ante estímulos.

En el caso del Diseño Centrado en el Usuario, el eye – tracking, permite conocer qué miró un sujeto cuando evaluó mejor o peor un producto, aportando pistas de qué elementos de diseño son importantes y cuáles deberían ser modificados. Por otro lado, mediante pruebas de ejecución de tareas, nos puede aportar información de qué disposición de elementos facilitan la usabilidad, por ejemplo, durante la evaluación de una tienda online, se puede analizar cuánto tiempo tarda un usuario en realizar una compra y en qué puntos o momentos se “perdió” visualmente, de tal forma que ayude a redistribuir los elementos mostrados en la pantalla.

En el campo del diseño arquitectónico se ha utilizado para evaluar cómo se miran los renders de los concursos de arquitectura, qué se visualiza en las propuestas ganadoras y qué diferencias existen entre arquitectos y no arquitectos, o cómo mira el consumidor la información relativa a promociones inmobiliarias.

- **Electromiografía facial**

El análisis de la expresión facial ha sido objeto de estudio desde hace más de un siglo por su relación con la emoción.

A través del nervio facial, la amígdala controla los movimientos involuntarios, y el cortex motor, los movimientos voluntarios de los músculos faciales. Por ello, ante estímulos emocionales, se activan una serie de micro expresiones de forma no controlada por las personas que la expresión fingida de dicha emoción no puede imitar.

La electromiografía facial infiere el estado emocional de los sujetos a partir de la medición de la actividad eléctrica generada por los músculos, mediante una serie de electrodos de bajo voltaje.

- **Análisis visual automático de las expresiones faciales**

Con los avances en informática, visión artificial y machine learning, el campo de la interpretación de emociones automatizada por ordenador a partir de imágenes de rostros es un campo de investigación en auge.

La técnica se basa en la captura de la imagen del rostro mediante cámaras digitales, la detección de la posición de puntos clave para la recreación virtual del mismo y la posterior clasificación respecto a bases de datos de expresiones previas, a partir de la cual el sistema devuelve un resultado probabilístico sobre el estado emocional del rostro analizado.

Aplicación en el ámbito de la arquitectura

El interés por aplicar el conocimiento psicológico y neurocientífico a disciplinas ajenas a su propia especialidad, ha propiciado el uso de tecnologías de medición fisiológica fuera del ámbito clínico. Así, se encuentran estudios que combinan métodos objetivos y subjetivos en diversos campos relacionados con la experiencia en entornos simulados o reales.

En el caso de la evaluación de espacios arquitectónicos, se han aplicado metodologías características de la Psicología y de la Psicofisiología o Neurociencia Cognitiva, para registrar y conocer la respuesta del usuario ante elementos como el color, la luz y la morfología del entorno; el efecto relajante de la presencia de naturaleza; correlaciones con factores afectivos del espacio, como el confort, el agrado o la familiaridad; se ha podido aislar la respuesta fisiológica a elementos constructivos concretos; se han podido plasmar gráficamente el nivel de estrés del usuario en los distintos puntos del espacio a lo largo de su recorrido por un entorno arquitectónico visualizado mediante Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Video Panorámico 360°; entre muchos otros factores que inciden en la percepción del espacio por parte del ser humano.

SECCIÓN 2

“¿Puede un edificio hecho de materia inerte, hacernos sentir angustiados o felices, aburridos o estimulados, comprometidos o indiferentes...?”

Una gran diversidad de parámetros, cotidianamente, inciden en nuestro bienestar, independientemente de la actividad que realicemos o del rol que cumplamos. Estos factores mencionados, no resultan de un descubrimiento reciente, sino que, han sido cuestiones que hace varias décadas fueron observadas por mentes curiosas que, incansablemente, buscaron mejorar la Arquitectura por y para la sociedad.

Si, con herramientas y técnicas propias de la Psicología y Psicofisiología aplicadas al ámbito de la Arquitectura, se determina la estructura de conceptos que utiliza el usuario para describir y valorar un entorno en el que se encuentra sumergido, luego, mediante el análisis abordado desde la Psicología Ambiental, el Diseño Basado en la Evidencia (EBD) y la Neuroarquitectura, es posible hallar la respuesta al interrogante anterior, al conocer el poder que tiene el entorno sobre el cerebro humano y cómo una persona interactúa con el espacio que lo rodea, ya sea que se trate de un entorno real o imaginario.

Entonces, ¿es verdad?, ¿es posible hallar una respuesta? Pues sí, afortunadamente, al día de hoy, contamos con numerosos profesionales que han dedicado gran parte de su tiempo y esfuerzo en hallar respuesta a esos interrogantes.

Es por ello, que, en esta sección, en primera instancia, se destaca la incesante labor de los principales actores en investigación de la Neurociencia aplicada a la Arquitectura, quienes, estudian, analizan y sientan las bases para lograr una Arquitectura para y por la sociedad. Y, además, con gran admiración y respeto, y bajo los permisos de sus autores correspondientes, se exponen algunos estudios, que nos permitirán, no sólo maravillarnos y convencernos del poder que tiene la Arquitectura sobre nuestros cerebros, sino también, observar el amplio campo de aplicación, transformar los resultados obtenidos en nuevas herramientas en nuestro ejercicio de la profesión, abrir horizontes, y continuar en la búsqueda de futuras líneas de investigación.

Como complemento, se busca plasmar cómo las tres disciplinas, la Psicología Ambiental, el Diseño Basado en la Evidencia y la Neuroarquitectura, no resultan en materias aisladas e independientes entre sí, sino que, sus límites son difusos e inexistentes en la mayoría de los casos prácticos, y, de hecho, la fusión y retroalimentación entre ellas, es lo que potencia los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1 - PRINCIPALES ACTORES EN INVESTIGACIÓN

Como entidades referentes a nivel internacional en el estudio e investigación de la Neurociencia aplicada a la Arquitectura y al Diseño, es necesario destacar la labor del *Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B)* de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) con sus cinco unidades de investigación (LabLENI, LabDesign, DUX, NARCH y CVBLab) en Valencia, España; la *Academia de Neurociencia para la Arquitectura (ANFA)*, en California, Estados Unidos; el *Instituto de Neuroarquitectura y Diseño, NAD*, en Santiago, Chile; *Neuroarq Academy*, la Academia de Neurociencia y Arquitectura, en Brasil; y el *Instituto de Neurociencia para la Arquitectura y el Diseño (INPADE)*, México.

Aprender de ellos, conocer su ardua labor investigadora, y coincidir plenamente en que la Neuroarquitectura es el camino correcto a seguir, se resume, personalmente, en pocas palabras, en un verdadero honor hacerles mención en este Proyecto Final de Carrera.

Sus historias, misiones, objetivos, miembros y principales contribuciones en el mundo de la Neuroarquitectura, se exponen a continuación.

Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería, i3B

El *Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B)* de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) es un centro de investigación integrado en la Ciudad Politécnica de la Innovación que integra actividades de I + D + i (Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica) a través de equipos multidisciplinares que trabajan juntos para mejorar las habilidades humanas a través de la tecnología.

El Instituto consta de cinco unidades de investigación que reúnen a más de 60 investigadores y desarrolladores; participa en numerosos proyectos de I + D competitivos a nivel regional, nacional y europeo; y, además, desarrolla proyectos llave en mano con empresas privadas a través de numerosos convenios y proyectos. Sus principales áreas de trabajo son la salud, la industria, los recursos humanos, la educación y el marketing.

Las mencionadas unidades de investigación son:

- *LENI, Laboratorio Europeo de Neurotecnologías Inmersivas*, también conocido como *LabLENI*, donde se lleva a cabo actividades de investigación para una mejor comprensión y mejora de la cognición humana, combinando conocimientos y métodos de la informática, la Psicología y la Neurociencia. También desarrollan soluciones para respaldar estudios e intervenciones de la vida real, en lugar de usarlas solo en entornos de laboratorio.
- *LabDesign*, centra sus esfuerzos en el desarrollo de tecnologías para facilitar el desarrollo de las capacidades humanas que están relacionadas con las actividades de diseño, como las habilidades espaciales y el desarrollo de herramientas inteligentes para apoyar el diseño de productos (3D) de la manera más transparente posible, utilizando un enfoque centrado en el usuario.
- *DUX, Design for User Experience*, cuya traducción al español refiere al *Diseño para la Experiencia del Usuario*. Es un equipo de investigación centrado en el estudio de la interacción entre el usuario y el producto a diferentes niveles. Las principales líneas de investigación son el análisis de la percepción del producto y la identificación de las preferencias del usuario, el diseño conceptual del

producto apoyado en técnicas algorítmicas y redes neuronales, y el análisis sensorial de la respuesta del usuario en el ámbito de la gastronomía.

- *NARCH*, realiza experimentos de laboratorio controlados, combinando técnicas clásicas de la Psicología Ambiental, como el uso de grupos focales y cuestionarios, con metodologías específicas como Ingeniería Kansei y tecnologías avanzadas, como la realidad virtual, para la presentación de experimentos de estímulos, sistemas de medición psicofisiológicos y conductuales y análisis de datos mediante técnicas estadísticas y aprendizaje automático.
- *CVB Lab*, que, durante los últimos 20 años, ha trabajado en proyectos centrados en diferentes campos entre los que destacan las ayudas al diagnóstico, el análisis del comportamiento humano y las aplicaciones relacionadas con el sector industrial. Sin embargo, su experiencia, permite aplicar sus técnicas a cualquier campo en el que se requiera el análisis de big data con el objetivo de crear valor. El equipo está compuesto por ingenieros biomédicos y de visión por computadora, estudiantes de doctorado y tres investigadores postdoctorales.

Con principal interés en el *Laboratorio Europeo de Neurotecnologías Inmersivas LENI*, se destaca su misión de estudiar, de forma científica y cuantificable, cómo los espacios influyen en las personas y cómo pueden diseñarse para ayudar a sus usuarios.

LabLENI fue creado en el año 1990, bajo el nombre de *Grupo DID* (Desarrollo de Diseño e Imagen) y estaba formado por un pequeño grupo de investigadores y estudiantes. Durante los primeros años, el laboratorio se centró en el procesamiento de imágenes digitales y gráficos por computadora.

En su primera década, i3B centró sus desarrollos en la imagen médica, por lo que pasó a llamarse *MedIClab*, Laboratorio de Computación de Imágenes Médicas. Durante esos años, el laboratorio se dedicó casi exclusivamente al desarrollo de sistemas de procesamiento de imágenes médicas y cirugía asistida por computadora. En esa misma década, i3B comenzó a trabajar en el campo emergente de la terapia virtual, es decir, la aplicación de técnicas de realidad virtual para el tratamiento de trastornos psicológicos. Esto permitió a LENI adquirir una alta experiencia técnica en realidad virtual y seguimiento del comportamiento humano.

Durante su segunda década, el Instituto se integró en el *Instituto Interuniversitario I3BH* y pasó a llamarse *Instituto de Tecnología Centrada en el Hombre, LabHuman*. En ese momento, aumentó considerablemente su actividad en áreas como cirugía, tratamiento de imágenes médicas, salud mental y educación, mientras se estudiaban nuevos modos de interacción hombre - máquina y seguimiento de la actividad humana.

Posteriormente, LabLENI, además de mantener su investigación en áreas relacionadas con la salud y la educación, ha integrado nuevas áreas de investigación centradas en la Neuroeconomía.

Hoy en día, para alcanzar sus objetivos, realizan experimentos de laboratorio controlados, combinando técnicas clásicas de la Psicología Ambiental, como el uso de focus group y cuestionarios, con metodologías específicas como Ingeniería Kansei y tecnologías avanzadas como la Realidad Virtual para la presentación de experimentos de estímulos, sistemas de medición psicofisiológicos y conductuales y análisis de datos mediante técnicas estadísticas y aprendizaje automático.

Actualmente, entre los miembros de LENI, se destaca la contribución investigadora de cinco profesionales:

- M. Carmen Llinares Millán, cuya actividad investigadora se centra en analizar la influencia neuropsicofisiológica de los espacios arquitectónicos en el ser humano.
- Antoni Montañana i Aviñó, investigador centrado en el análisis de métricas y su influencia de los espacios arquitectónicos en la respuesta psicoemocional del usuario.
- Susana Iñarra Abad, cuya tesis doctoral, por la que recibió el Premio Extraordinario de la UPV 2015, analiza la respuesta emocional del observador del render de arquitectura, en el proceso de evaluación del proyecto arquitectónico.
- Juan Luis Higuera Trujillo, arquitecto, y Máster en Ciudad y Arquitectura Sostenibles por la Universidad de Sevilla, es uno de los Investigadores en el área de Neuroarquitectura, cuya línea de investigación es la generación de nuevos índices y pautas para el diseño en arquitectura, a través del uso combinado de sistemas de realidad virtual y registro neurofisiológico.
- Javier Marin Morales, investigador centrado en la modelización de nuevas métricas relativas a cuantificar el impacto del espacio arquitectónico a nivel comportamental, cognitivo y emocional a través de Realidad Virtual.



Figura 46 – Miembros destacados del Laboratorio Europeo de Tecnologías Inmersivas, LENI

Los profesionales nombrados, han dirigido tesis doctorales, han participado en numerosos proyectos de investigación y han publicado cuantiosos artículos en revistas científicas, así como en congresos internacionales.

El Grupo de Investigación Neuroarquitectura LENI tiene experiencia en el diseño de estudios de Diseño Basado en la Evidencia para espacios de salud y es pionero en la aplicación de la metodología Kansei en el campo de la evaluación de entornos arquitectónicos y urbanos o desarrollos inmobiliarios. Además, ha realizado estudios comparativos cruzados entre diferentes sistemas de visualización y ante espacios reales, tanto en ambientes interiores como exteriores y recogiendo la respuesta psicológica y fisiológica de los usuarios. Y, como si lo anterior fuera poco, ha llevado a cabo diversas investigaciones sobre comprensión espacial y valoración emocional de espacios arquitectónicos vinculando la respuesta subjetiva de los usuarios a través de cuestionarios con la medición inconsciente y objetiva obtenida al registrar sus señales psicofisiológicas.

Con el objetivo de mostrar el amplio campo de aplicación de la Neuroarquitectura, a continuación, se exponen publicaciones realizadas por el Grupo de Investigación del Área de Neuroarquitectura LENI, cuya base de datos se encuentra a disposición en la página oficial del Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería, i3B, de la Universidad Politécnica de Valencia.

Se deja constancia que, lo presentado a continuación, resulta de una simple selección de títulos, sin que ello signifique una mayor o menor importancia respecto al resto de las publicaciones. Se exhiben sus títulos, objetivos, autores y el año de realización y/o publicación correspondiente.

- *Investigación de nuevas métricas en Neuroarquitectura utilizando entornos virtuales inmersivos.* El objetivo principal de este proyecto es investigar una metodología para generar nuevas métricas matemáticas para cuantificar de manera precisa y eficiente la influencia psicoemocional de los espacios arquitectónicos en las personas. Esto será posible gracias a la combinación de Realidad Virtual, Neurociencia e Ingeniería Kansei. (LENI. Año 2013 - 2016).
- *Impacto del diseño del hospital en el bienestar de los pacientes, a través de las Neurotecnologías inmersivas.* El propósito de este proyecto es identificar criterios de diseño que aumenten el bienestar de los usuarios en las diferentes salas de parto y salas de maternidad del HUP / IIS La Fe, mediante el uso de Neurotecnologías inmersivas. (LENI. Año 2014).
- *Desarrollo de un índice cognitivo-emocional para cuantificar la percepción de seguridad del peatón.* Aplicación en espacios urbanos. Generar un índice cognitivo-emocional de "dominancia", capaz de cuantificar la percepción de seguridad del peatón a través de sus registros neurofisiológicos, así como su aplicación en espacios urbanos. (LENI. Año 2017).
- *El diseño del aula para potenciar los procesos cognitivos del alumnado: una propuesta metodológica para evaluar las variables luz, color y forma.* El objetivo principal del proyecto es establecer una metodología capaz de identificar qué configuraciones del diseño arquitectónico del aula, a partir de una combinación de las variables luz, color y forma, son capaces de potenciar los procesos cognitivos de motivación, atención, y memoria del alumnado. (LENI. Año 2018-2021).
- *Diferencias en la percepción de arquitectos y no arquitectos del diseño urbano: una aplicación de las técnicas de ingeniería de Kansei.* (Llinares Carmen, Montañana Antoni, Navarro Elena. Año 2011).
- *Evaluación subjetiva de la acústica del music hall: respuesta de usuarios expertos y no expertos.* (Galiana Miguel, Llinares Carmen, Page Álvaro. Año 2012).
- *Arquitectos y no arquitectos: diferencias en la percepción del diseño de propiedades.* (Montañana Antoni, Llinares Carmen, Navarro Elena. Año 2013).
- *Arquitecturas irreales y perspectiva emocional.* (Iñarra Susana, Juan Vidal Francisco, Llinares Carmen. Año 2013).
- *Contribución de la Neuroarquitectura al diseño hospitalario.* (Llinares Millán M^a Carmen, Montañana i Avinyó Antoni, Iñarra Abad Susana, Guixeres Provinciale Jaime, Higuera Trujillo Juan Luis, López-Tarruella Maldonado Juan. Exposición de Tecnología e Investigación científica en Edificación Año 2014).
- *Ingeniería Kansei, realidad virtual y medición psicofisiológica para el diseño de espacios emocionalmente eficientes.* (Llinares Millán M^a Carmen, Montañana i Avinyó Antoni, Iñarra Abad Susana, Guixeres Provinciale Jaime, Higuera Trujillo Juan Luis, López-Tarruella Maldonado Juan. Exposición de Tecnología e Investigación científica en Edificación EXCO Año 2014).
- *Factores humanos en simulaciones por ordenador del entorno urbano. Diferencias entre evaluaciones de arquitectos y no arquitectos.* (Llinares Carmen, Iñarra Susana. Año 2014).

- *Diferencias del usuario en la comprensión espacial mediante planos arquitectónicos y visualizaciones interactivas en primera persona.* (López-Tarruella Maldonado Juan, Llinares Millán M^a Carmen, Iñarra Abad Susana, Higuera Trujillo Juan Luis, Guixeres Provinciale Jaime. 3er Congreso Internacional de Investigación en Construcción e Edificación COINVEDI Año 2015).
- *Identificación de directrices de diseño para espacios de neonatología.* (Higuera Trujillo Juan Luis, Llinares Millán M^a Carmen, Montañana i Avinyó Antoni, López-Tarruella Maldonado Juan, Iñarra Abad Susana, Guixeres Provinciale Jaime. Exposición de Tecnología e Investigación científica en Edificación EXCO Año 2015).
- *Diseño de espacios sanitarios mediante la aplicación de Realidad Virtual y medición psicofisiológica.* (López-Tarruella Maldonado Juan, Llinares Millán M^aCarmen, Montañana i Avinyó Antoni, Higuera Trujillo Juan Luis, Iñarra Abad Susana, Guixeres Provinciale Jaime. Exposición de Tecnología e Investigación científica en Edificación EXCO Año 2015).
- *La realidad virtual como herramienta de evaluación emocional de entornos arquitectónicos.* (López-Tarruella Maldonado Juan, Higuera Trujillo Juan Luis, Llinares Millán M^a Carmen. XVI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica EGA Año 2016).
- *Evaluación del usuario del diseño de salas de neonatología: una aplicación de grupo focal y diferencial semántico.* (Higuera Trujillo J.L., Montañana i Aviñó A., Llinares Millán C. Revista de investigación y diseño de entornos de salud de HERD).
- *Realidad Virtual como herramienta para la valoración emocional de entornos arquitectónicos.* (López-Tarruella Juan, Higuera Juan Luis, Iñarra Susana, Llinares Carmen, Guixeres Jaime, Alcañiz Mariano).
- *Nueva plataforma tecnológica de medida del comportamiento humano en entornos virtuales en el estudio de la arquitectura.* (Marín Javier, Guixeres Jaime, Llinares Carmen, Ausín Jose Manuel, Torrecilla Carmen, García Nuria. Salón Tecnológico de la Construcción EXCO Año 2016).
- *Neuroarquitectura: respuesta psicofisiológica del usuario ante diseños interiores sostenibles.* (López-Tarruella Maldonado J., Higuera Trujillo J.L., Llinares Millán C. Año 2016. V Foro Internacional de Investigación en el Interiorismo, pendiente DOI).
- *Ingeniería Kansei en el diseño de iluminación de espacios emocionales.* (Castilla Nuria, Llinares Carmen, Blanca Vicente. Año 2016).
- *Impacto de las variables arquitectónicas en la percepción acústica en salas de conciertos.* (Galiana Miguel, Llinares Carmen, Page Álvaro. Revista de Psicología Ambiental).
- *Identificar las variables de percepción a tener en cuenta a la hora de evaluar la integración de arquitecturas con impacto visual en la ciudad.* (Serra Juan, Higuera Juan Luis, Iñarra Susana, Llinares Carmen. Año 2016).
- *Identificar las variables formales de color que caracterizan una imagen para evaluar la integración visual de la arquitectura.* (Serra Juan, Torres Ana, Llinares Carmen, Iñarra Susana. Año 2016).
- *Identificación de directrices de diseño basadas en la experiencia del usuario.* (Higuera Trujillo J.L., Llinares Millán C., Montañana i Aviñó A. Año 2016).

- *Entornos virtuales online y diseño centrado en el usuario: un estudio de caso.* (López-Tarruella Maldonado J., Llinares Millán C., Guixeres Provinciale J., Higuera Trujillo J.L. Año 2016).
- *Mapas emocionales: aplicaciones de Neuroarquitectura y diseño.* (Higuera Trujillo Juan Luis, Marín-Morales Javier, Rojas Juan Carlos, López-Tarruella Maldonado Juan. VI Foro Internacional de Diseño como Proceso. Sistemas y diseño más allá de los procesos y el pensamiento).
- *Cartografía emocional en el diseño: una técnica novedosa para representar estados emocionales alterados por espacios.* (Higuera Trujillo Juan Luis, Marín-Morales Javier, Rojas Juan Carlos, López-Tarruella Maldonado Juan, Llinares Millán Carmen, Guixeres Provinciale Jaime, Alcañiz Raya Mariano. X Congreso Internacional de Diseño y Emoción).
- *Experiencia educativa arquitectónica en Kansei.* (Fernandez Igor, Llinares Carmen, Montañan, Antoni, Pons María. Año 2016).
- *Una comparación entre los formatos de visualización arquitectónica: su influencia en el sentido de la dirección y la asistencia en el proceso de diseño.* (Higuera Trujillo Juan Luis, López-Tarruella Maldonado Juan, Llinares Millán M^a Carmen, Iñarra Abad Susana, Montañana i Avinyó Antoni. Exposición de Tecnología e Investigación científica en Edificación EXCO Año 2016).
- *Bases metodológicas para una nueva plataforma para la medición del comportamiento humano en entornos virtuales.* (Marin-Morales J., Torrecilla C., Guixeres J., Llinares, C.).
- *Aplicación de la Neurociencia al diseño en arquitectura.* (Higuera-Trujillo J.L., Llinares C., Rojas J.C.).
- *Validación del diseño de iluminación a través del efecto emocional y cognitivo del espacio arquitectónico.* (Castilla N., Higuera-Trujillo J.L., Llinares C., López-Tarruella J. Salón Tecnológico de la Construcción EXCO Año 2017).
- *Evaluación subjetiva del entorno del aula universitaria.* (Castilla N., Llinares C., Bravo J.M., Blanca V. Construcción y medio ambiente).
- *Respuestas humanas psicológicas y fisiológicas a entornos simulados y reales: una comparación entre fotografías, panoramas 360 y realidad virtual.* (Higuera-Trujillo J.L., López-Tarruella J., Llinares C.).
- *Neuroarquitectura: predicción del bienestar emocional provocado por espacios mediante medición indirecta de la actividad cerebral.* (López-Tarruella J., Higuera-Trujillo J.L., Llinares C., Marín-Morales J. Salón Tecnológico de la Construcción EXCO Año 2017).
- *Metodología para evaluar el impacto emocional de un espacio arquitectónico en escenarios virtuales.* (Marin-Morales J., Higuera-Trujillo J.L., Iñarra S., Llinares C. II Exposición de Jóvenes Arquitectos).
- *Diseño emocional: predicción del efecto del color ambiental en evaluaciones de salas de lactancia.* (López-Tarruella J., Llinares C., Higuera-Trujillo J.L., Iñarra S. Salón Tecnológico de la Construcción EXCO Año 2017).
- *EEG-Index de estrés generado por el medio ambiente: hacia el diseño arquitectónico basado en Neurociencia.* (Higuera-Trujillo J.L., Marín-Morales J., López-Tarruella J., Llinares C. Salón Tecnológico de la Construcción EXCO Año 2017).

- *Desarrollo de nuevas métricas para evaluar el impacto de la arquitectura a nivel emocional en entornos virtuales.* (Marín-Morales J., Higuera-Trujillo J.L., de Juan C., Iñarra S., López-Tarruella J. Salón Tecnológico de la Construcción EXCO Año 2017).
- *Mejorar la percepción de seguridad de los peatones en los cruces de calles. Efectos psicológicos y neurofisiológicos de los carriles de tráfico, la iluminación artificial y la vegetación.* (Llinares C., Higuera-Trujillo J. L., Montañana A., Castilla N. Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública).
- *Reducción del estrés multisensorial: un estudio de Neuroarquitectura de salas de espera pediátricas.* (Higuera-Trujillo J. L., Llinares Millán C., Montañana i Avió A., Rojas J. C.).
- *Herramientas de diseño urbano: Panorama 360 para estudiar la percepción de seguridad de los peatones.* (Higuera-Trujillo J. L., Llinares C., Castilla N. 22º Congreso Internacional de Gestión e Ingeniería de Proyectos).
- *El efecto del diseño urbano en la percepción de seguridad de los peatones: iluminación, vegetación y carriles viales.* (Higuera Trujillo J.L., Marín-Morales J., Castilla N., Iñarra S., Llorens R., Montañana A., Llinares C. 31ª Conferencia ICTCT: Cooperación internacional sobre teorías y conceptos de seguridad vial).
- *Sentido percibido de la seguridad de los peatones en entornos urbanos. Un análisis de iluminación.* (Castilla N., Llinares C., Bausset E., Blanca V. 22º Congreso Internacional de Gestión e Ingeniería de Proyectos).

Academia de Neurociencia para la Arquitectura, ANFA

La *Academia de Neurociencia para la Arquitectura, ANFA* por sus siglas en inglés (The Academy of Neuroscience for Architecture), tomó forma como un proyecto heredado de la Convención Nacional del *Instituto Americano de Arquitectos, AIA*, celebrada en San Diego, California, en el año 2002. Y fue un año después, en junio del año 2003, cuando en la Convención, que contó con un discurso de apertura sobre Arquitectura y Neurociencia del Dr. Fred Gage, investigador principal del Instituto Salk, se oficializó el reconocimiento de ANFA.

En el momento de su debut, Instituto Americano de Arquitectos anunció que ANFA y su presidente fundador, John Paul Eberhard, habían ganado el Premio Latrobe, un premio bienal de una suma determinada de dinero destinada a la investigación que conduciría a avances significativos en la Arquitectura.

ANFA obtuvo su certificación como una corporación del estado de California en febrero del año 2003. Los artículos de incorporación se volvieron vinculantes y una junta directiva, establecida por la adopción de los estatutos, asumió la responsabilidad de la misión de la organización: promover el conocimiento que vincula la investigación en Neurociencia con una comprensión cada vez mayor de las respuestas humanas al entorno construido.

ANFA es una organización sin fines de lucro, que se beneficia del creciente cuerpo de investigación que ha evolucionado dentro de la comunidad de la Neurociencia en las últimas dos décadas, y la promesa, de más, en el próximo siglo.

En un gran esfuerzo de colaboración del Instituto Americano de y el *Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción* (National Institute of Building Sciences), se creó la *Base de Conocimiento de Información de Investigación de Edificios* (BRIK - Building Research Information Knowledgebase), que consiste en un portal interactivo que ofrece acceso en línea a proyectos de investigación revisados por pares y estudios de casos, en todas las facetas de la construcción.

BRIK ofrece un enfoque fácil de usar para quienes participan en la creación del entorno construido, desde investigadores hasta clientes, constructores, diseñadores y ocupantes, para ayudarlos a encontrar la investigación, la información y el conocimiento de edificios que necesitan para diseñar, construir, poseer y operar edificios de alto rendimiento. Gracias a ella, y a su libre acceso, hoy en día, podemos encontrar investigaciones realizadas desde el año 1974, donde ya podemos observar la búsqueda del bienestar de los usuarios de los espacios arquitectónicos diseñados.

Actualmente, la base de datos de investigación de la Academia de Neurociencia para la Arquitectura, reporta 762 artículos referidos a problemas de diseño, cuyos temas cubren proyectos de investigación que pertenecen al arte y la ciencia de crear y mantener el entorno construido, e incluyen estudios de casos de proyectos; 53 artículos sobre problemas económicos, con cuestiones que abarcan la producción, distribución y gestión de recursos dentro de la industria y, en particular, la gestión financiera de los negocios y la práctica; y 280 artículos de problemas de práctica que cubren los procedimientos y las herramientas, tecnologías, estándares y regulaciones que gobiernan la industria de la construcción.

Con el objeto de destacar su labor, se seleccionaron algunos estudios realizados a lo largo de los años. La selección de investigaciones que se exponen a continuación, extraídas de mencionada base de datos, se realizó anteponiendo el interés personal en aquellos títulos relacionados íntimamente con la Neuroarquitectura y sus elementos constituyentes, pero, sin embargo, no por ello, más o menos importante que el resto de las innumerables e interesantes publicaciones existentes. Se acompaña una breve descripción de ellas, sus autores y el año de publicación.

- *La iluminación neonatal hospitalaria, en la prevención y fototerapia de la hiperbilirrubinemia.* (Luke Thorington, L. Cunningham, J. Parascandola. Año 1971).
- *Diseños para el aprendizaje: estudios de casos / espacio en una universidad, una prisión, un laboratorio y una escuela pública.* Análisis de la interacción entre el comportamiento de los sujetos y el entorno físico diseñado en cada proyecto. (Harold L. Cohen. Año 1974).
- *Diseño de entornos de aprendizaje para bebés.* Trata de un programa de diseño de productos destinado a mejorar el aprendizaje infantil mediante las modificaciones ambientales adecuadas. Se diseñó un sistema de datos para permitir la traducción de información sobre el comportamiento infantil a un lenguaje no técnico. Se obtuvieron siete mil fotografías de bebés para proporcionar documentación visual de los principales comportamientos referidos en el sistema de datos. Luego, la información textual y las fotografías fijas se combinaron para desarrollar una serie de mapas que mostraban el progreso del desarrollo de la conducta en los bebés. Se diseñó una serie de materiales tridimensionales para su inclusión en el entorno físico inmediato de los bebés menores de un año. Los materiales tridimensionales se probaron y modificaron hasta que lograron y mantuvieron con éxito una amplia gama de comportamientos exploratorios. (Richard Allen Chase, D. Michael Williams, Doris W. Welcher, John J. Fisher III, Sylvia E. Gfeller. Año 1974).
- *Percepciones de los consumidores sobre el entorno sanitario: una investigación para determinar lo que importa.* A lo largo de la atención médica, los pacientes y sus familiares son cada vez más reconocidos como los "expertos" sobre la calidad subjetiva de su experiencia: lo que importa, lo que los hace sentir mejor y lo que necesitan para ayudarlos a recuperarse, sanar y adaptarse a cambios significativos en sus vidas. Así, también, mientras trabajamos para crear entornos que "mejoren la vida" en el cuidado de la salud, debemos comprender

cómo los pacientes y sus familias experimentan esos entornos y qué es lo que les importa. (Instituto Picker. Año 1995).

- *Investigación para determinar si el entorno construido afecta los resultados médicos de los pacientes.* En una era de intensa preocupación por los crecientes costos de la atención médica, la mejora de los resultados terapéuticos mediante la asignación más eficiente de recursos se ha convertido en la piedra de toque de la práctica y los procesos de atención médica. Si, de hecho, el propio entorno en el que los pacientes reciben el tratamiento tiene una influencia significativa en su capacidad de respuesta física y su pronóstico, es importante determinar qué elementos pueden promover resultados más satisfactorios en qué circunstancias. El informe se basa en un análisis de investigaciones anteriores para sugerir una agenda para investigar más a fondo los efectos de los entornos de atención médica en los resultados de los pacientes. Ofrece un modelo conceptual general de las formas en que las características ambientales pueden influir en la salud de los pacientes, como guía para la formulación de futuros protocolos de investigación. Y proporciona cuatro aplicaciones de diseño ilustrativas de cómo la evidencia científica creíble podría incorporarse en el diseño de aspectos específicos del entorno físico para mejorar los resultados terapéuticos. (Haya R. Rubin, Amanda J. Owens, Greta dorado. Año 1998).
- *Un entorno basado en la investigación: una UCIN que se siente como en casa.* La NICU del Children's Medical Center en Dayton, Ohio, es un centro de referencia regional de nivel III con 31 camas para un área de servicio de 20 condados. La unidad fue renovada utilizando investigaciones y datos sobre el efecto del medio ambiente en el desarrollo neonatal. Esta base de conocimientos se utilizó para guiar la visión, justificar el gasto y servir como base para la toma de decisiones a lo largo del proyecto. La creación de una unidad ambientalmente sensible abarcó todos los aspectos del diseño, desde la planificación general del espacio hasta la ubicación de los puntos de venta. El plan de espacio bien diseñado mejora la eficiencia del personal y brinda privacidad a los bebés y las familias. El uso de luz indirecta e iluminación de cabecera controlada individualmente redujo los niveles generales de luz. Incluidas las ventanas exteriores previstas para el ciclo diurno de la luz. El uso de materiales absorbentes de sonido ayudó a reducir los niveles de decibelios. (Susan T. Williams, Cynthia A. Burger, Dayton. Año 1998).
- *Enfoque holístico para el diseño de instalaciones de tratamiento del cáncer.* El medio ambiente puede desempeñar un papel integral y positivo en el proceso de curación. Ya sea una instalación independiente o integrada con un hospital, el diseño de un centro de tratamiento del cáncer puede incorporar elementos como luz natural, plantas, agua, color y textura para disminuir el estrés que sienten los pacientes durante la experiencia del tratamiento. (Richard L. Miller, Sam W. Burnette. Año 1999).
- *Las perspectivas del paciente con cáncer sobre el diseño de las instalaciones.* Basado en su experiencia como estudiante de arquitectura en la Universidad de Texas A&M y su experiencia como paciente de cáncer, el autor analiza la atención del cáncer a través de los ojos del paciente y del diseñador. Investiga, estudia y analiza cuestiones relacionadas con el entorno del paciente durante el tratamiento. Luego desarrolla un consenso de elementos que pueden modificarse para mejorar la comodidad del paciente, aliviar el estrés del paciente y promover la curación del paciente. La investigación se divide en tres áreas principales: (1) información existente sobre el cáncer: datos relacionados con estadísticas generales, definiciones y tendencias en el tratamiento del cáncer; (2) entrevistas y encuestas de pacientes y sus familias, profesionales médicos y

sobrevivientes de cáncer; (3) visitas a siete de los centros oncológicos mejor clasificados de la nación, junto con estudios de otras instalaciones de tratamiento documentados a partir de investigaciones realizadas en la Universidad Texas A&M. (Carl Linter. Año 1999).

- *Mejoras en los resultados de salud a partir del diseño del cuidado de la enfermedad de Alzheimer.* Este artículo relata un viaje de investigación para descubrir cuáles son los componentes de un tratamiento de múltiples enfoques para la enfermedad de Alzheimer, qué papel juega el entorno físico en el tratamiento y qué efectos tiene el entorno físico en los comportamientos de las personas con la enfermedad de Alzheimer. Este artículo describe y vincula el trabajo de un grupo de investigadores y profesionales durante la última década del siglo XX. (John Zeisel. Año 2000).
- *Siete principios del diseño que mejora la vida: la arquitectura de Erik Asmussen.* Este artículo presenta una descripción general resumida de los siete principios que son la base de la arquitectura curativa del arquitecto sueco nacido en Dinamarca, Erik Asmussen (1913-1998): la unidad de forma y función; la polaridad; la metamorfosis; la armonía con la naturaleza y el sitio; la pared viva; la luminosidad del color y su perspectiva; y el equilibrio dinámico de la experiencia espacial. El autor propone que los siete principios constituyen una base teórica para un enfoque holístico del diseño de la salud. (Gary J. Coates. Año 2000).
- *¿Qué es un jardín curativo? ¿Por qué un jardín se llama jardín curativo y no otro? ¿Cómo se define un jardín curativo? ¿De qué manera se curan los jardines?* Esta tesis de maestría describe las formas en que los jardines curativos son beneficiosos en entornos residenciales y de atención médica. Se crea un conjunto de pautas para el diseño de jardines curativos como resultado de los hallazgos de la investigación, así como de tres proyectos de diseño que se ilustran en el documento. (Annalisa Gartman Vapaa. Año 2002).
- *El estudio investiga las relaciones entre las características físicas de los espacios abiertos comunales en entornos residenciales y el desempeño de sus usuarios, según diferentes esquemas de vivienda.* Se adoptaron doce esquemas de vivienda ubicados en el área metropolitana de Porto Alegre, Brasil. Los estudios incluyeron cuestionarios, entrevistas, observaciones y medidas físicas. Los resultados indicaron que, a pesar del tipo de vivienda, los atributos físicos de los esquemas investigados, como la definición espacial, el control territorial, la adecuación de los espacios para el juego de los niños y para la socialización a gran escala y la apariencia visual general, cuando fue satisfactoria, afectó positivamente las actitudes y motivaciones de los residentes para mejorar el esquema a través de cambios físicos y mantenimiento y, en consecuencia, afectó la interacción social y usuario-entorno. En consecuencia, el descontento con los arreglos espaciales en el sitio, los usos conflictivos causados por la naturaleza de los espacios semiprivados y semipúblicos, la mala apariencia visual y el mantenimiento, fueron algunos de los factores identificados que afectaron negativamente las actitudes emocionales de los residentes hacia el esquema. y otros residentes, fomentando las motivaciones de los residentes para comportamientos disfuncionales, conflictos sociales y mayor negligencia. (Maria Cristina D. Lay, Antonio T. Reis. Año 2003).
- *Color de la pared de la habitación del paciente: efectos sobre la recuperación.* El propósito de este estudio es explorar cómo una característica ambiental, a saber, el color, puede afectar la recuperación del paciente en la unidad de cuidados cardíacos del Hospital Shands en Gainesville, Florida. Esta investigación tiene como objetivo proporcionar una fuente de conocimiento que evidencia sobre el

impacto del entorno físico en el bienestar del paciente. Se espera que este estudio demuestre que la preferencia personal de un diseñador por un color en particular debe tener poco que ver con la selección de colores en los hospitales. En cambio, los colores deben elegirse en función de su capacidad para ayudar en el proceso de recuperación de los pacientes. (Kortney Jo Edge. Año 2003).

- *Un jardín en su lugar de trabajo puede reducir el estrés.* Este artículo presenta los resultados de un estudio en el que 656 personas seleccionadas al azar en nueve ciudades suecas respondieron un cuestionario sobre sus experiencias de estrés y el uso de entornos verdes al aire libre en sus lugares de trabajo. Los resultados pueden interpretarse en el sentido de que el acceso a un jardín en el trabajo puede tener un impacto positivo tanto en el estrés como en "trivsel", una palabra sueca que significa comodidad, placer y bienestar. (Ulrika A. Stigsdotter. Año 2003).
- *Evaluación ambiental de tres salas de espera diferentes en un hospital mexicano.* Este estudio identifica la influencia de las condiciones ambientales, la temperatura, el ruido y el tiempo de espera en las percepciones espaciales de los pacientes de tres salas de espera hospitalarias. La muestra estuvo formada por 253 pacientes del sexo femenino. Un análisis de regresión múltiple indicó que la percepción espacial de las salas de espera definida por características como grande, agradable, espaciosa, entre otras, está determinada por la valoración física que tiene que ver con cualidades como cálida, silenciosa, relajante, y por la exposición a condiciones ambientales tales como niveles agradables de temperatura, bajos niveles de ruido y tiempos de espera cortos. (Patricia Ortega-Andeane, Cesáreo Estrada-Rodríguez. Año 2005).
- *Salud y naturaleza: la influencia de la naturaleza en el diseño del entorno del cuidado.* Es necesario que se aborde el diseño de instalaciones de atención médica con un enfoque diferente al de los métodos tradicionales. Este enfoque, llamado Diseño Basado en la Evidencia, se apoya en la información disponible tanto de la investigación como de las evaluaciones de proyectos. Dicho enfoque de diseño se compromete a crear entornos que sean terapéuticos, que apoyen la participación de la familia, eficientes para el desempeño del personal y restauradores para los trabajadores bajo estrés. Si se implementan en consecuencia, estos proyectos deberían resultar en mejoras demostradas en los resultados clínicos, el desempeño económico, la productividad, la satisfacción del cliente y las medidas culturales de la organización.
- *Un componente importante de este proceso es el papel que desempeña la naturaleza.* La investigación de los resultados de salud puede potencialmente indicar el grado en que los jardines en las instalaciones de salud son médicamente beneficiosos y rentables, reduciendo el estrés, mejorando los resultados de salud; apoyando el manejo del dolor; y promoviendo una sensación de bienestar general entre los pacientes, los visitantes y el personal. (Jerry Smith. Año 2007).
- *Arquitectura curativa: luz natural en el diseño de hospitales.* La creación de un entorno de curación con aspectos físicos apropiados (es decir, iluminación natural) para lograr un diseño hospitalario sostenible parece relevante y en conjunto con la sostenibilidad. Mucha literatura sugiere que la exposición adecuada y apropiada a la luz natural proporciona un impacto positivo en la salud humana y el bienestar de los pacientes y el personal médico en un entorno hospitalario. Se llevan a cabo estudios piloto en edificios de hospitales públicos de Malasia para investigar el diseño y la implementación de la iluminación, natural y artificial, y su relación con otros factores ambientales. Más allá de esto, una buena iluminación natural evitará la necesidad de iluminación artificial y, por

lo tanto, también conducirá a la conservación de energía, contribuyendo a la sostenibilidad. (S. ARIPIN. Año 2007).

- *Desarrollo de diseños de iluminación arquitectónica para mejorar la salud y el bienestar de los adultos mayores.* Este artículo analiza un esquema de iluminación de 24 horas propuesto para adultos mayores que puede tener un impacto positivo en el envejecimiento de los sistemas visual, circadiano y perceptual. Se instaló nueva iluminación en ocho habitaciones privadas en un centro de vida asistida. Las mediciones de la calidad del sueño de los residentes y los patrones circadianos de actividad de descanso se obtuvieron antes y después de la instalación de la nueva iluminación. De acuerdo con las predicciones basadas en investigaciones anteriores, los sujetos que completaron el estudio mostraron una mejora en la calidad del sueño y los ritmos de descanso / actividad bajo el nuevo esquema de iluminación, y además, todos los participantes del estudio informaron una fuerte preferencia por dicho esquema. (Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea, Elyse Saldo, Mary S. Rea, Karen Kubarek, Julie Cunningham. Año 2008).
- *Influencia del diseño de oficinas en los niveles de estrés de los empleados.* Se trata de un estudio exploratorio sobre la relación del diseño de la oficina con los niveles de estrés de los empleados y las características arquitectónicas y funcionales de los diferentes tipos de oficinas. Las principales preguntas en cuestión son: ¿existen diferencias en los niveles de estrés entre los empleados en los diferentes tipos de oficinas? Si es así, ¿pueden explicarse por las características de los tipos de oficinas?, ¿existen diferencias relacionadas con el género en qué tipos de oficina se perciben como estresantes o no? Los resultados se discuten en un contexto holístico y también cómo aplicar el conocimiento sobre la salud física y psicológica de los empleados en el proceso de diseño. (Christina Bodin Danielsson, Lennart Bodin. Año 2010).
- *¿Puede un arquitecto diseñar un espacio que cree inconscientemente un estado de ánimo que motive a las personas a ser más productivas?* La metodología incluye una encuesta de tres partes y experimentos que involucraron influencias ambientales relacionadas con la iluminación, la climatización, la ventilación y acústica. Esta investigación incluye referencia a la arquitectura para la estética y orientación, antropología, arqueología, planificación urbana, ingeniería mecánica para sistemas de climatización y ventilación, ingeniería eléctrica para iluminación, acústica, la psicología de cómo se perciben los factores ambientales y los efectos de los factores ambientales en la salud. (Irving M. Weiner. Año 2011).
- *¿Cuál es la evidencia que respalda el uso de jardines terapéuticos para los ancianos?* La terapia de horticultura emplea plantas y actividades de jardinería en actividades terapéuticas y de rehabilitación y podría utilizarse para mejorar la calidad de vida de la población que envejece en todo el mundo, posiblemente reduciendo los costos para los residentes de unidades de demencia y vida asistida a largo plazo. Los estudios preliminares han informado los beneficios de la terapia hortícola y los entornos de jardinería en la reducción del dolor, la mejora de la atención, la disminución del estrés, la modulación de la agitación, la disminución de los medicamentos necesarios, los antipsicóticos y la reducción de las caídas. En apoyo del papel de la naturaleza como modalidad terapéutica en geriatría, la mayoría de los estudios existentes sobre entornos de jardines han utilizado vistas de la naturaleza o plantas de interior con estudios escasos que emplean jardines terapéuticos e invernaderos de rehabilitación. (Mark B. Detweiler, Taral Sharma, Jonna G. Detweiler, Pamela F. Murphy, Sandra Lane, Jack Carman. Año 2012).

- *Iluminación interior de cronobioingeniería para mejorar las instalaciones para el envejecimiento y el trastorno de Alzheimer.* Los sistemas de iluminación modernos se han centrado tradicionalmente en proporcionar suficiente iluminación para que las personas puedan navegar y manipular sus entornos sin tener en cuenta los efectos secundarios que la iluminación podría tener en los aspectos temporales del comportamiento y la fisiología. Sin embargo, los estudios que involucran el trabajo por turnos y otras aplicaciones de iluminación artificial han indicado que estos efectos secundarios pueden ser bastante significativos. Además, cuando un sistema circadiano envejecido se combina con una fisiología en deterioro, los efectos secundarios de un ambiente interior iluminado artificialmente las 24 horas del día, los 7 días de la semana, pueden ser especialmente debilitantes, especialmente para los adultos mayores con demencia. La siguiente discusión se centra en el uso de ciclos de luz para sincronizar los ritmos circadianos y las formas en que la salud y el bienestar humanos pueden mejorarse mediante la iluminación de diodos emisores de luz (LED) en la población que envejece, específicamente en aquellos con demencia de tipo Alzheimer. La hipótesis es que la implementación de un sistema de iluminación diseñado específicamente para sincronizar los ritmos circadianos en esta población aliviará los síntomas de la demencia y así mejorará la calidad de vida tanto de los residentes como de los cuidadores. (Eugenia Victoria Ellis, Elizabeth W. González, Donald L. McEachron. Año 2012).
- *Efectos de una visión de la naturaleza simulada en las respuestas cognitivas y psicofisiológicas de los funcionarios penitenciarios.* Este proyecto de investigación surgió de una exploración del potencial de aplicaciones de conceptos y métodos de Neurociencia para ayudar a desarrollar una mejor comprensión de las formas en que los entornos correccionales afectan a los reclusos y al personal. Este estudio se centró en el impacto de las características visuales (color / naturaleza) sobre el estrés en un centro de admisión / reserva en la cárcel del condado de Sonoma. Esto se hizo midiendo la variabilidad de la frecuencia cardíaca en el personal del área de reserva antes y después de proporcionar al personal vistas de la naturaleza. Los datos sugieren un patrón que es consistente con una reducción del estrés al final del día después de la exposición a la intervención del mural. (Jay Farbstein, Melissa Farling. Año 2012).
- *La interacción del espacio con el sistema nervioso humano y su impacto en la psicología humana.* Esta investigación sigue un enfoque multidisciplinario a través de los dominios de la Arquitectura, la Psicología, la Neurociencia y la Ciencia Farmacéutica con el fin de investigar cómo el entorno construido inmediato o más amplio podría suprimir los trastornos psicológicos humanos y eliminar el uso de medicamentos en cierta medida, basándose en los principios de arquitectura transformable. La investigación concluye que la arquitectura receptiva puede contribuir positivamente a la creación de un entorno más humano que ayude a las personas a mejorar su salud psicológica. (Despoina Linaraki, Georgia Voradaki. Año 2012).
- *Neurociencia de la proporción áurea.* Se observa que la proporción áurea es de aproximadamente $1 / 1,618$. Los arquitectos modernos continúan utilizando la proporción áurea. ¿Por qué ha persistido y por qué es un paradigma atractivo? ¿Hay algo más en esta relación que la simple familiaridad? ¿Existe una base neurológica para su atractivo? Se discutirá una exploración de cómo el cerebro y la mente perciben la proporción áurea. Se discutirá una interpretación de cómo estos hallazgos basados en neuronas podrían usarse para maximizar el uso de la proporción áurea en arquitectura mediante el diseño de experimentos para monitorear la actividad neuronal en individuos que ven o experimentan maquetas

arquitectónicas, representaciones o realidad virtual. (Bijal K. Mehta, Han Lee, Mohammad Shafie. Año 2012).

- *Uso de la Neurociencia visual y la percepción para diseñar guarderías.* En una colaboración internacional entre expertos en Neurociencia, percepción visual, desarrollo infantil y diseño, los investigadores crearon un conjunto de interiores visuales para guarderías infantiles en Bélgica. Estos diseños estaban inspirados en datos de desarrollo visual que mostraban que el sistema visual de los bebés y niños tienen un rango restringido de sensibilidades visuales, respondiendo mejor a patrones que son burdos y de alto contraste, y que los mismos prefieren mirar ciertos patrones visuales, por ejemplo, los que son simétricos, consisten en colores primarios, tienen textura y contienen significado social (por ejemplo, rostros). (Karen Dobkins, Roy Verbakel, Gail Heyman. Año 2014).
- *El olfato y la experiencia arquitectónica.* Hay efectos positivos y negativos del olfato que alteran la respuesta emocional de un espacio o pueden usarse para cambiar la “opinión” visual de un espacio. Esta investigación se centra en cómo ciertos aromas naturales y no naturales pueden manipular la experiencia del entorno arquitectónico, así como mejorar la navegación espacial a través de espacios tanto para la población en general como para pacientes con ciertos trastornos neurológicos. (Bijal K. Mehta. Año 2014).
- *La relación interrelacionada entre el confort térmico, la calidad del aire interior y el rendimiento cognitivo de los estudiantes.* Este estudio investiga el impacto del confort térmico, la temperatura ambiente interior y la concentración de CO2 como indicador de la calidad del aire interior en el rendimiento cognitivo de los estudiantes en edificios educativos. Se ha elegido Arabia Saudita como estudio de caso, con referencia a climas cálidos y áridos. El estudio tiene como objetivo contribuir al desarrollo de la creación de entornos propicios para el aprendizaje, así como a mejorar el confort térmico y las pautas para el diseño de edificios educativos. (Riham Ahmed. Año 2014).
- *El diseño de la sala de audiencias puede influir en el proceso judicial.* Este documento de posición al que se hace referencia analiza los parámetros de diseño para los tribunales en Inglaterra según lo ordenado por la Guía de diseño y estándares de los tribunales (2004) y su influencia en el proceso, el procedimiento, la participación del público y los resultados judiciales a lo largo del tiempo. (Caren Martin, Denise Guerin. Año 2014).
- *Arquitectura y sentidos: un parque de meditación sensorial.* Esta tesis estudia la relación de la arquitectura y los sentidos. El objetivo de la investigación es crear un conjunto de principios mediante los cuales la arquitectura pueda diseñar para los sentidos. (Sarah Stein. Año 2016).
- *Investigación de los factores desencadenantes del estrés y el entorno construido.* Este proyecto está guiado por la pregunta de investigación: ¿Cómo afectan las diferentes características ambientales a las respuestas relacionadas con el estrés en los usuarios? El estudio guiará a sujetos individuales a caminar una ruta designada, exponiéndolos a diferentes elementos arquitectónicos y ambientales en el centro de Manhattan, Kansas. La metodología incluye sensores de biorretroalimentación fisiológica, GPS, una GoPro y una breve encuesta. La intención de la investigación es proporcionar una base para estudios adicionales sobre cómo las políticas públicas pueden estar mejor informadas y aumentadas para mitigar los posibles problemas de salud pública causados por el diseño urbano. (Parker Ruskamp, Brent Chamberlain, Bob Condia. Año 2016).

- *Espacios subterráneos y sin ventanas: un enfoque de Neurociencia.* Esta investigación examina cómo trabajar en entornos sin ventanas y/o espacios subterráneos influye en la psicología, la cognición, el rendimiento y el bienestar humanos, y cuáles son los aspectos críticos de la salud humana que se ven afectados por dichos entornos, tales como los ritmos circadianos, la temperatura corporal, y las actitudes generales. (George I. Christopoulos, Adam C. Roberts, Chee-Kiong Soh, Eun Hee Lee, Josip Car, Kian Woon Kwok. Año 2016).
- *Espacio interior asombroso: causas arquitectónicas y efectos cognitivos.* Con el fin de explicar cómo los interiores de las iglesias provocan asombro y dan forma a los procesos afectivos y cognitivos, los investigadores estudiaron cómo los espacios construidos inducen asombro. Para ello, desarrollaron una escala de calificación para la medición de las propiedades físicas de los espacios interiores con el fin de determinar qué propiedades arquitectónicas en un espacio interior pueden predecir una sensación de asombro (Estudio 1). La escala se utilizó para medir 24 propiedades arquitectónicas de 60 espacios interiores diferentes. Luego, los participantes observaron estas 60 imágenes precalificadas e informaron su respuesta afectiva a cada una de ellas. Sus calificaciones de emoción mostraron una relación predictiva entre las propiedades arquitectónicas y la emoción provocada. Las propiedades que reflejan el tamaño, la edad, el contorno y el adorno, predijeron significativamente una sensación de asombro. Los resultados del Estudio 1 guiaron la selección de estímulos para el Estudio 2, en el que los investigadores exploraron los efectos de estimular visualmente a los participantes con fotografías de interiores arquitectónicos de alta y baja admiración sobre la percepción del tiempo y la espiritualidad, así como los efectos de movilizarlos con fotografías de interiores de edificios religiosos y no religiosos sobre la religiosidad de los participantes. (Hanna Negami, Colin Ellard. Año 2016).
- *Diseño emocional en arquitectura.* Esta investigación se centra en experiencias en entornos arquitectónicos y urbanos de la ciudad de Barcelona. En este experimento, se mapea el cerebro de dos sujetos mediante el uso de unos auriculares neuronales EEG portátiles para analizar las ondas cerebrales y detectar diferentes grados de emociones. Este artículo tiene como objetivo explicar los diferentes efectos de los elementos arquitectónicos (Agua, Techo, Altura, Luz Natural, Colores y Estilos) sobre las emociones (Compromiso, Emoción, Interés, Relajación y Estrés). (Richard Georges Aoun. Año 2016).
- *Cómo los entornos educativos impactan el aprendizaje.* En esta sesión, los panelistas expertos definen los desafíos, las oportunidades y los posibles impactos beneficiosos de la investigación en Neurociencia y diseño educativo. Este panel de discusión aborda el desafío de la investigación ambiental al clasificar los muchos factores que contribuyen al desempeño de los estudiantes, incluidos los económicos, sociales y culturales, a fin de aislar los impactos específicos del entorno físico. Los panelistas incluyen investigadores líderes en educación, Neurociencia y la industria del diseño que discuten sus proyectos de investigación actuales y de vanguardia y señalan los impactos futuros en el diseño educativo a medida que la Neurociencia descubre el impacto directo del estímulo ambiental en el cerebro. (John Dale, Claire Gallagher, Margaret Tarampi, David Zandvliet. Año 2016).
- *Factores ambientales relacionados con el estrés percibido en espacios públicos abiertos.* ¿Qué factores del entorno construido son críticos para influir en el estrés urbano percibido subjetivamente?, ¿cómo interactúan estos factores?, y ¿cómo se pueden abordar mediante la planificación y el diseño urbano para maximizar el confort de los peatones? Este estudio presenta un marco de

factores ambientales y herramientas de análisis espacial que se muestran útiles para describir y predecir el estrés urbano subjetivo en espacios públicos abiertos. Se encontró que las tipologías de espacios abiertos (parque, plaza, patio, calles) fueron los mejores predictores, seguidas por el índice de cobertura de edificios y las características sintácticas. (Martin Knöll. Año 2016).

- *Neuroarquitectura y diseño del lugar de trabajo: cómo el espacio puede afectar el rendimiento y el bienestar.* Esta investigación estudia el desafío de combinar las necesidades corporativas contemporáneas con la Neuroarquitectura. Algunas de las preguntas dentro de esta área de estudio son: ¿Cuál es la relación entre el espacio de trabajo y el bienestar? ¿Cómo puede afectar la biofilia al rendimiento? ¿Cómo puede influir el espacio de trabajo en la amígdala? ¿El espacio es capaz de activar el sistema límbico y, por tanto, afectar la memoria, la creatividad y las emociones? ¿Cómo puede el espacio de trabajo estimular la concentración y el aprendizaje? ¿Puede el diseño del espacio de trabajo mejorar la sociabilidad y la colaboración? (Andréa de Paiva. Año 2016).
- *Arquitectura neuronal: incorporación de la experiencia clínica en los principios de diseño basados en el cerebro.* Esta investigación se abordó mediante la revisión de la amplia gama de afecciones neurológicas, neuroquirúrgicas, psiquiátricas y psicológicas que pueden encontrarse en una instalación de Neurociencia clínica. Las pautas se centraron en cómo el diseño podría respaldar muchas condiciones médicas, fisiológicas, cognitivas, sensoriales, perceptivas, conductuales y de movilidad. También se consideró el espacio necesario para que los proveedores examinen de manera segura a los pacientes con movilidad limitada. Los principios del diseño neuronal se pueden aplicar dentro y más allá de los entornos de atención médica para satisfacer las necesidades de la población que envejece en el mundo y la creciente prevalencia de trastornos neurológicos. (Eve A. Edelstein. Año 2016).
- *El sonido de la creatividad: correlación de las ondas cerebrales y los cambios psicométricos con la acústica del lugar de trabajo.* Esta investigación informa sobre los hallazgos de un estudio controlado, pero ecológicamente relevante, que investiga cómo el sonido puede influir en la creatividad. Se registraron ondas cerebrales electroencefalográficas del lóbulo frontal mientras los participantes que daban su consentimiento completaban pruebas de uso alternativo, tareas de producto creativo y encuestas posteriores a la prueba, en un entorno de oficina que estaba controlado para no tener distracciones visuales y condiciones de control silenciosas. Los hallazgos iniciales muestran cambios en los puntajes de creatividad asociados con diferentes estímulos acústicos y cambios significativos en las amplitudes de las ondas cerebrales alfa, beta y gamma durante las tareas creativas en comparación con los intervalos entre pruebas. Estos datos sugieren que la interacción cara a cara, la conversación y la interrupción acústica pueden interrumpir el proceso creativo. (Luke Laverty, Eve A. Edelstein, Richard Brink. Año 2016).
- *Afuera adentro: Influencias de las plantas de interior en el bienestar psicológico y el desempeño de tareas de memoria en un entorno laboral.* Esta investigación presenta un estudio experimental que investigó las relaciones entre las plantas de interior, la respuesta psicológica y el desempeño de los trabajadores de oficina. Los resultados del estudio indican un aumento marginal en el rendimiento de las tareas de memoria con la presencia de plantas, pero no se encontraron mejoras en el bienestar psicológico. Los resultados del estudio sugieren que la presencia de ventanas, luz natural y altas calificaciones de salud psicológica percibida pueden haber confundido los efectos de la presencia de plantas. Los hallazgos sugieren que los empleados pueden no notar las plantas en el lugar

de trabajo debido a la complejidad de las tareas diarias. (Micah Lipscomb, Kimberly Rollings. Año 2017).

- *Principios biofílicos aplicables a la modernización de hospitales: estudio de caso de hospitales públicos turcos.* Este proyecto de investigación presenta soluciones de reacondicionamiento, explorando las ideas novedosas a favor de revitalizar los centros de salud pública construidos que incorporan patrones de diseño biofílico. Consistirá, en primera instancia, en una revisión de la literatura de dos proyectos similares utilizando principios biofílicos, y, posterior a ello, presentar soluciones aplicables para optimizar los niveles de confort en los centros de salud en Turquía. (Behnaz, Saeid Habibi. Año 2018).
- *El impacto de los espacios de aprendizaje biofílico en el éxito de los estudiantes.* El propósito de este estudio es examinar hasta qué punto el diseño del espacio de aprendizaje físico, mejorado con un diseño biofílico, contribuye a la reducción del estrés de los estudiantes y mejora los resultados de aprendizaje. El estudio presenta hallazgos de datos recopilados de un aula biofílica y en un aula de control, donde el diseño físico de cada espacio varía: uno es un aula tradicional, mientras que el aula biofílica se enriquece con vistas a la naturaleza, luz diurna dinámica y difusa y patrones biomórficos. Los datos se recopilaron monitoreando la variación de la frecuencia cardíaca de los estudiantes como una medida de estrés, comparando el rendimiento académico, las encuestas de los estudiantes y las entrevistas con los estudiantes y los instructores. Este estudio es la primera investigación que evalúa los impactos de un espacio de aprendizaje, mejorado con diseño biofílico, en los resultados del aprendizaje de los estudiantes de matemáticas de la escuela secundaria en una zona urbana. A través de sus respuestas en encuestas, entrevistas y pruebas biométricas, los estudiantes en el aula biofílica estaban menos estresados que los estudiantes en un aula de control. A través de una serie de pruebas de diagnóstico a lo largo del año académico 2018-2019, los puntajes de las pruebas de matemáticas de los estudiantes en el aula biofílica fueron más de 3 veces mejores que los de los estudiantes en el aula de control. En este estudio, las encuestas, entrevistas, pruebas biométricas y pruebas cognitivas indican que las mejoras biofílicas del aula están fuertemente asociadas con una reducción del estrés de los estudiantes y mejores resultados de aprendizaje. (Jim Determan, Mary Anne Akers, Tom Albright, Bill Browning, Catherine Martin-Dunlop, Paul Archibald. Año 2019).

Instituto de Neuroarquitectura y Diseño, NAD

Como actor principal en el rol de investigación también aparece la figura del *Instituto de Neuroarquitectura y Diseño, NAD*, con sede en Santiago de Chile, fundado en el año 2019 por Pablo Redondo, arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

El Instituto NAD tiene como propósito, impulsar el desarrollo de una Arquitectura profundamente humanista con base científica, buscando desarrollar estudios y parámetros que conformen el set de nuevas reglas para diseñar espacios de trabajo, salud y educación, con la promesa de acercar los conocimientos de la Neuroarquitectura a estudiantes, profesionales y tomadores de decisiones.

Busca promover el conocimiento sobre la conexión entre las ciencias cognitivas, Neurociencia, Arquitectura y el Diseño, ofreciendo un panorama amplio de



Figura 47 – Arq. Pablo Redondo
Fundador de NAD Institute

conocimientos científicos, teóricos y filosóficos que integran distintas visiones para el quehacer del diseño y la arquitectura con un sentido humanista.

El Instituto es una fundación independiente y sin fines de lucro que surge en América Latina, un territorio con un acervo aún latente y una comunidad científica muy comprometida.

Pablo Redondo es un profesional que confía plenamente en que la Arquitectura debe velar por el bienestar de la mente y el cuerpo, y además de ser miembro y colaborador del Instituto NAD, es socio director de *OArquitectos*, una oficina dedicada a la realización de proyectos de Arquitectura y Diseño en Santiago de Chile, y la primera empresa en Chile que desarrolla e implementa la Neuroarquitectura a través de "*The Healing Office*". Este concepto fomenta una nueva forma de diseño corporativo que busca sanar o, más bien, recuperar la sincronía del sistema de quienes se encuentran inmersos en esas áreas de trabajo, disminuyendo los daños provocados por el estrés y las malas prácticas. Los distintos aspectos de estudio de esta nueva forma de hacer oficinas están basados en estudios científicos y adecuados a los espacios de trabajo a través del diseño. Sostienen que se trata de una nueva generación de espacios corporativos, que incorpora acciones de sustentabilidad y confort en sus diseños, pero también, propone crear espacios que no solo previenen, sino que, sanen. Están convencidos en que la sanación no debe estar en un hospital o en un retiro lejano, sino que debe estar en el lugar mismo de trabajo, haciendo personas más felices y plenas.

Neuroarq Academy

Neuroarq Academy, la Academia Brasileña de Neurociencia y Arquitectura, pionera del tema en Brasil, fue fundada en el año 2019 por las arquitectas Gabi Sartori y Priscilla Bencke, con el objetivo de formar profesionales, difundir conocimientos, desarrollar estudios, e integrar múltiples áreas en una visión sistémica del espacio, el comportamiento y el bienestar, a través de capacitaciones, cursos, eventos, talleres, conferencias e investigaciones.

Sus miembros son fieles creyentes de que la Neurociencia aplicada a la Arquitectura puede transformar personas y lugares. Cuando se fusiona el conocimiento científico y una profunda renovación en la forma de diseñar, mucho más empática y humana, se transforma el mundo, o más bien se transforma nuestro mundo, haciendo así cambios en la calidad de vida de la humanidad.

Con el fin de estimular el debate sobre entornos más humanos, incluidos los estudios de Neurociencia como argumentos para demostrar el impacto del medio ambiente en el bienestar de las personas, la Academia, a través de eventos, contenido digital, comunidad y productos / servicios, fomenta la promoción de entornos más humanos que fomenten la calidad de vida, la salud y el bienestar de sus usuarios, destinados a arquitectos, diseñadores y otros interesados en el estudio de la Neuroarquitectura.

Instituto de Neurociencia para la Arquitectura y el Diseño, INPAD MÉXICO

El *Instituto de Neurociencia para la Arquitectura y el Diseño* en México, *INPAD México*, es una institución sin fines de lucro que pertenece a una *red Latinoamericana de Institutos de Investigación entre la Neurociencia y la Arquitectura*, creada en el año 2021. Está conformado por un grupo de arquitectos, diseñadores, psicólogos y neurocientíficos que investigan la conexión entre la Arquitectura y el Diseño con la Neurociencia y Psicología del Comportamiento. La conexión entre mencionadas áreas permite informar a los arquitectos y diseñadores sobre metodologías de investigación y datos científicos, con el objetivo de fortalecer la toma de decisiones a través de opciones asertivas y creativas para la solución de sus diseños.

INPAD México, forma parte de la ANFA y sus miembros referentes, algunos ya mencionados en la presente, son:

- Karina Lozano, aplica una comprensión sistémica del ser humano y el lugar, incluyendo una perspectiva científica y holística, pues cuenta con aprendizajes afines al diseño en Malasia, China, Alemania, e Inglaterra. Es miembro de ANFA y de ACE (ANFA Center for Education), dedicado a la promoción de la educación y Neurociencia para la arquitectura. Es Co-Fundadora de INPAD.
- Luis Othón Villegas, director de LVS Architecture una firma que busca explorar y transformar las experiencias sensoriales en los usuarios a través de la arquitectura. Es miembro de ACE (ANFA Center for Education), y fundador de Design, Belly and Brain, un laboratorio que explora e investiga la relación entre el diseño y el cerebro, así como la percepción de la arquitectura y el comportamiento humano. Es Co-Fundador de INPAD.
- Juan Luis Higuera-Trujillo, desde el año 2013 trabaja como investigador y jefe de proyectos para el Laboratorio de Neuroarquitectura del Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B) de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Su línea de investigación es la generación de nuevos índices y pautas para el diseño en arquitectura, a través del uso combinado de sistemas de realidad virtual y registro neurofisiológico. También colabora con el Tecnológico de Monterrey (México), a nivel de docencia y de investigación, donde explora las posibilidades de aplicar estas tecnologías como innovaciones docentes para el diseño. En la disciplina de la Neuroarquitectura, cuenta con 14 artículos en revistas indexadas, 35 participaciones en congresos y 30 exposiciones internacionales. Sus aportaciones han recibido más de 300 citas, y ha participado en cinco proyectos de investigación, entre ellos uno desarrollado bajo la John Paul Eberhard Fellowship de la ANFA.
- Carmen Llinares-Millán, experta en el análisis de la dimensión cognitivo-emocional de la arquitectura. Sobre esta temática se doctoró en 2004. Desde 2012 es coordinadora del laboratorio Neuroarquitectura de la UPV, cuyo objetivo es entender y evaluar el comportamiento humano en el espacio arquitectónico, recogiendo la respuesta psicológica, neurofisiológica y comportamental de sus usuarios. Sobre esta área ha dirigido 5 proyectos de investigación de carácter competitivo, y ha participado en más de 12 proyectos, aportando en todos ellos el estudio del efecto del espacio arquitectónico en el usuario. Hasta la fecha cuenta con 44 publicaciones científicas y 6 capítulos de libros de investigación. Además, ha presentado 42 aportaciones en congresos de carácter nacional e internacional y 41 contribuciones en exposiciones de carácter científico. Sus aportaciones han recibido más de 1000 citas y, en cuanto a la dirección de trabajos académicos, ha tutorizado 8 tesis doctorales y más de 100 trabajos académicos.

CAPÍTULO 2 – ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN

De la expuesta labor investigadora, el presente Proyecto Final de Carrera presenta la necesidad de conocer en detalle, las metodologías y procedimientos aplicados y los parámetros de análisis, y por ello, se seleccionaron cuatro estudios del *Grupo de Investigación de Neuroarquitectura, del Laboratorio Europeo de Neurotecnologías Inmersivas LENI*, de la Universidad Politécnica de Valencia, cada uno se describe junto con sus objetivos y metodologías específicas.

Los estudios que a continuación se exhiben, pertenecen a Juan López - Tarruella Maldonado, extraídos de su Tesis Doctoral "*Diseño Arquitectónico Centrado en el Usuario mediante Neurotecnologías Inmersivas*" del año 2017, y cuya directora fue la Dra. M^a Carmen Llinares Millán.

Estudio 1 - Identificación de los factores afectivos de un espacio

Estudio de López - Tarruella

Introducción

Es un hecho que los espacios físicos afectan al estado emocional de las personas, llegando a ejercer una cierta influencia en la salud a través de sensaciones positivas o negativas.

Muchos estudios han verificado que, en el ámbito sanitario, donde el usuario es física y mentalmente más frágil, un diseño adecuado puede influir, no sólo en la satisfacción y el bienestar del paciente, sino, en la cantidad de analgésicos requeridos, los tiempos de hospitalización e incluso, alterar el proceso de sanación.

En la actualidad, los avances en la ciencia médica y la tecnología nos han dotado de instalaciones sanitarias cuyos beneficios son incuestionables. Sin embargo, ello ha acarreado, como efecto colateral, una percepción un tanto institucional e intimidante de la arquitectura sanitaria. Se podría decir que el énfasis en perfeccionar la eficacia del acto médico, ha relegado a segundo plano los requerimientos emocionales de sus usuarios.

Es por ello que, una vez logrado el alto nivel científico - técnico de las instalaciones sanitarias actuales, está cobrando cada vez más importancia la idea de humanizar la "máquina de curar" mediante un enfoque centrado en el usuario.

En este sentido, de entre los factores que mejoran el bienestar de los usuarios dentro de un entorno sanitario, algunos, principalmente los sensoriales, resultan más fácilmente abarcables desde un marco científico, por ejemplo, el confort higrotérmico, acústico o lumínico, pero otros, principalmente los emocionales, resultan un tanto más etéreos o inaprensibles, por ejemplo, la privacidad, la sensación de control o la sensación de acogimiento.

Es cierto que existe un gran interés en poder cuantificar cómo ciertos criterios o variables de diseño pueden afectar a estos factores intangibles y, con este objeto, se han estudiado configuraciones espaciales, acabados, iluminación, decoración o presencia de naturaleza. Sin embargo, este trabajo es extenso, porque distintos usos y distintos tipos de usuarios requieren de distintas soluciones, de tal forma que lo que funciona en una sala de espera pediátrica, puede no funcionar en una unidad de cuidados intensivos, en un área de salud mental o en un centro para la tercera edad. Por eso, hay consenso en que es necesario más trabajo empírico en este campo.

Por otro lado, este tipo de estudios se ha realizado habitualmente mediante cuestionarios a los usuarios. La limitación principal de esta metodología es que, los conceptos consultados pueden no estar adaptados a los requerimientos específicos del

espacio evaluado, y, además, pueden no corresponderse con la estructura conceptual del perfil del usuario a quien se pregunta.

Así pues, resulta necesario encontrar una manera de evaluar la percepción del usuario teniendo en cuenta su propio modo de expresión. En este sentido, la Ingeniería Kansei se convierte en un instrumento muy apropiado para el diseño orientado al usuario, ya que permite conocer las preferencias de los evaluadores de un producto en su propio espacio semántico y vincularlas a variables de diseño.

Objetivo

El objeto general de este estudio es identificar los factores afectivos que caracterizan dicho espacio, y su influencia en la valoración del usuario, así como obtener una clasificación previa de diferentes soluciones de diseño en función de dichos factores.

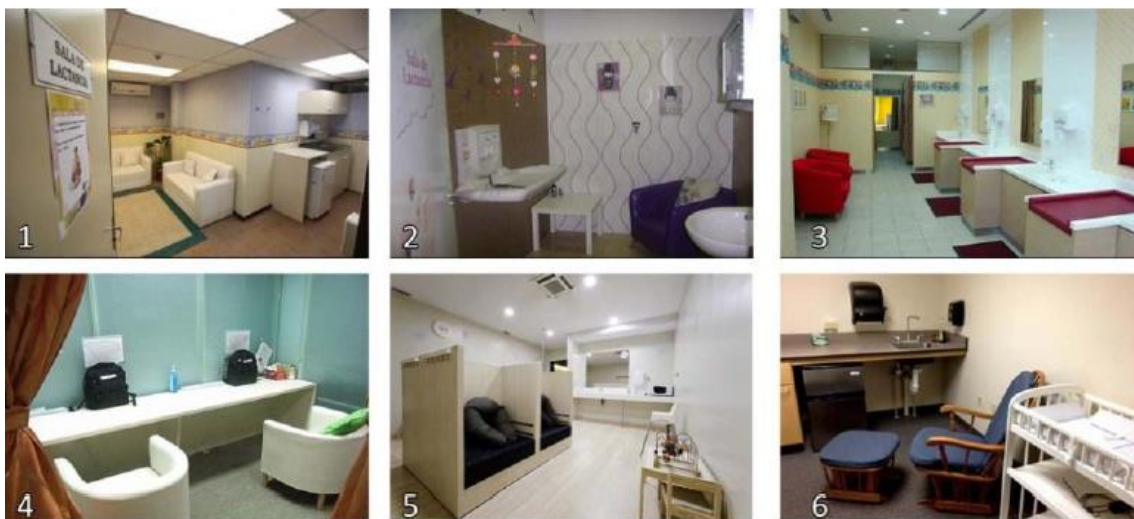
Este objetivo corresponde a la aplicación de la primera fase de la metodología Kansei a un espacio. Por su lado, la segunda fase de la misma, que como se mencionó, consiste en la vinculación de variables concretas de diseño con la valoración del usuario, se tratará en el Estudio 4.

El espacio seleccionado para su evaluación es una sala de lactancia, ya que puede pertenecer tanto al ámbito sanitario como estar integrada en muchas otras edificaciones de uso público diario, equilibrando requerimientos funcionales y emocionales, como, por ejemplo, intimidad, seguridad o tranquilidad.

Estímulos

La muestra de estímulos estaba formada por un conjunto de 20 imágenes de salas de lactancia existente, que fueron seleccionadas a partir de la búsqueda entre diferentes hospitales y webs especializadas. El criterio de selección tuvo como requisito lograr la suficiente variabilidad en cuanto a los elementos de diseño de las diferentes salas, como sus distribuciones, equipamientos o acabados.

Ante la dificultad de controlar esas variables, por tratarse de espacios reales, se procedió a la aplicación de técnicas de afinidad que permiten organizar la información y encontrar similitudes en las imágenes pre seleccionadas, reduciendo su número inicial, hasta alcanzar la cantidad definitiva que constituyeron luego, los estímulos del presente estudio de investigación.



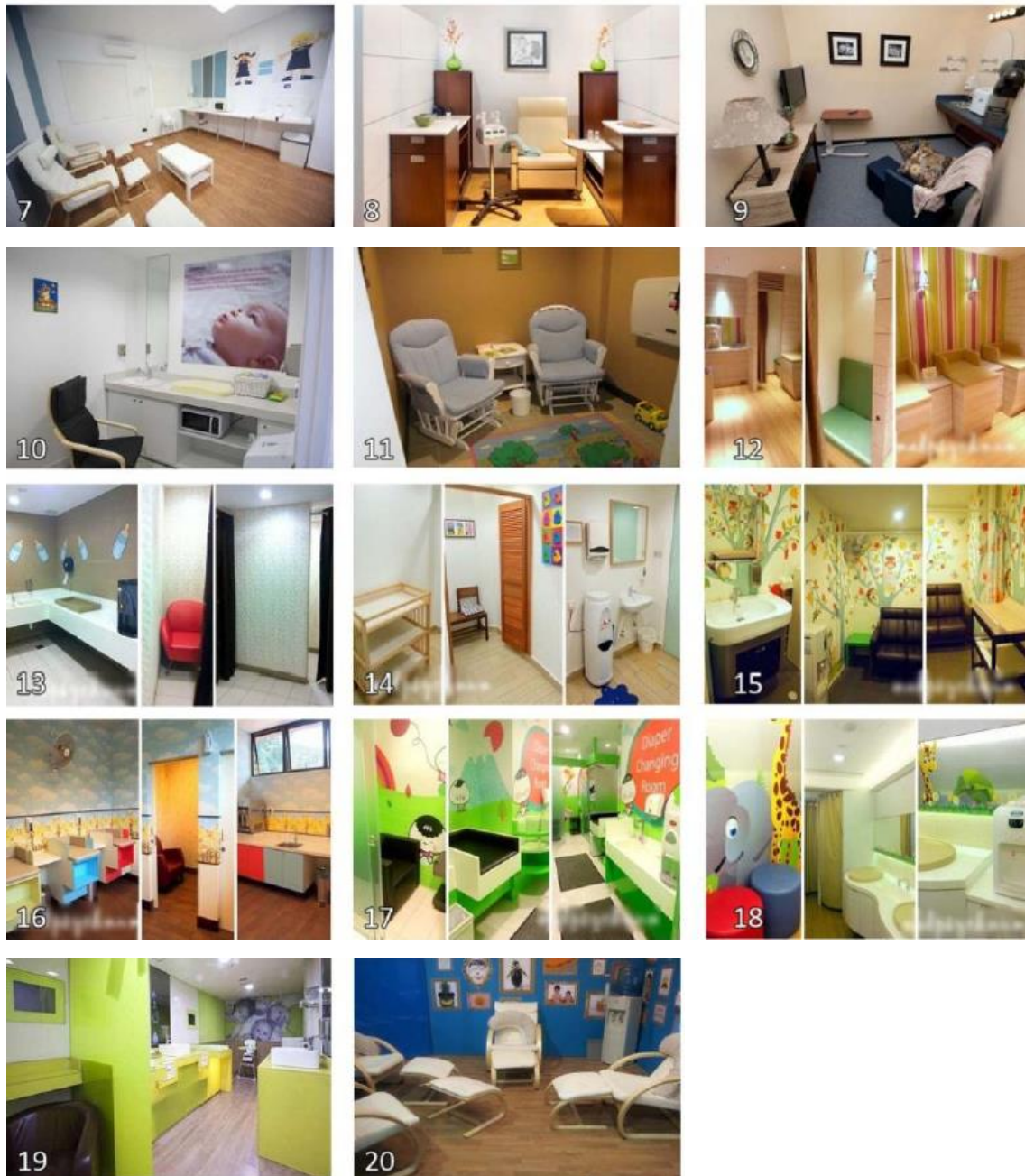


Figura 48 – Fotografías de las 20 salas de lactancia seleccionadas para el estudio de investigación

Participantes

La muestra del ensayo estaba compuesta por 77 personas de los cuales el 34% eran hombres y el 66% mujeres.

El tamaño muestral se obtuvo con el criterio de lograr un mínimo de 6 observaciones por cada variable a incluir en el análisis factorial, lo cual se indica como suficiente según estudios similares.

Obtención de la respuesta del usuario

Se diseñó un cuestionario para obtener la respuesta del usuario durante la visualización de los estímulos.

Los ítems del cuestionario fueron seleccionados siguiendo el siguiente proceso. En primer lugar, se recogieron, de diferentes fuentes, como internet o revistas

especializadas, el máximo número posible de adjetivos que la gente utiliza para expresar su sensación sobre el diseño de salas de lactancia, resultando un total de 112 expresiones.

A todos esos términos obtenidos, se les aplicaron técnicas de afinidad, reduciendo el número de expresiones de 112 a 25, las cuales resultaron ser: *“de calidad, espacioso, atractivo, innovador, alegre, exclusivo, moderno, hogareño, frío, sencillo, acogedor, privado, soleado, cómodo, funcional, limpio, bien equipado, seguro, luminoso, claustrofóbico, accesible, profesional, elegante, original, recargado”*.

La difusión del cuestionario se realizó de manera online, mediante la colaboración del personal de un hospital, así como de diversas asociaciones relacionadas con la infancia y la lactancia que difundieron un vínculo que conducía a la encuesta online.

El cuestionario recogía:

- (1) la pregunta filtro *“¿Sabe usted qué es una sala de lactancia y para qué se utiliza?”* con el objeto de descartar a aquellos usuarios que contestaran negativamente.
- (2) preguntas relacionadas con las características de los sujetos participantes (edad, género, tenencia o no de hijos propios).
- (3) una pregunta sobre la valoración global de la sala, *“Si tuviera que utilizar una sala de lactancia, me gustaría que fuera ésta...”*
- (4) 25 cuestiones, a valorar mediante escala Likert de 5 puntos, del -2 al +2, relacionadas con la impresión afectiva de la sala.

Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS v.22.0.

El objetivo de investigación se resume en las siguientes variables:

- Análisis de diferencias significativas en función del perfil del sujeto mediante test determinados.
- Obtención del espacio perceptual de los sujetos, con el objeto de encontrar el conjunto de conceptos que utilizan las personas para describir su sensación en relación a las salas de lactancia.
- Relación entre la estructura perceptual y la valoración global de la sala, para lo cual, se buscaron relaciones entre los factores y la valoración de los espacios visualizados mediante regresión lineal.
- Obtención del espacio perceptual, clasificando, en función del análisis del espacio, las distintas salas visualizadas.

Discusión y conclusiones

Este estudio pretendía identificar el conjunto de factores subyacentes en la evaluación de salas de lactancia y su relación con las preferencias del usuario con objeto de representar gráficamente el espacio perceptual del usuario de tal forma que ayude a destacar los criterios de diseño que, en mayor medida, satisfacen dichos factores.

Las contribuciones fundamentales se establecen en dos niveles, uno metodológico y otro, de resultados.

A nivel metodológico, se ha comprobado que el uso de la Semántica Diferencial ofrece una metodología apropiada para identificar los factores particulares que definen las valoraciones para tipologías concretas con sus requerimientos específicos, permitiendo generar escalas de valoración adaptadas al esquema conceptual de los propios

evaluadores, de tal forma, que permiten cuantificar sus percepciones subjetivas y relacionarlas con sus valoraciones globales. Así, considerando que las cualidades influyentes no son las mismas, por ejemplo, para una sala de lactancia que, para una oficina o una biblioteca, se pueden particularizar cuestionarios de evaluación para cada uno de estos espacios.

Además, la posibilidad de representar gráficamente la clasificación de las imágenes utilizadas en función de los factores de relevancia, dota de una herramienta al diseñador para inferir qué criterios de diseño satisfacen los factores considerados importantes en la fase anterior. Esto, aplicado y evaluado de forma iterativa sobre variables independientes de diseño, permitiría obtener una cuantificación sistemática de la relación “elemento de diseño - factor – valoración”, que es el fin último de la metodología Kansei para el diseño centrado en el usuario.

Por su parte, a nivel de resultados de este estudio concreto, en primer lugar, el Análisis Factorial identificó 6 factores independientes que explican el 70,72% de la varianza de los 25 adjetivos iniciales. Estos ejes son los relativos a “*funcionalidad*” (seguro, funcional, accesible, bien equipado, de calidad...), “*diseño*” (moderno, elegante, original, innovador...), “*calidez*” (frío, hogareño, alegre, acogedor...), “*amplitud*” (claustrofóbico y amplio), “*sencillez*” (sencillo y recargado) y “*luminosidad*” (luminoso y soleado).

Como complemento, otros estudios sobre Diseño Basado en la Evidencia, coinciden en que estos factores, u otros muy similares, son deseables en espacios sanitarios.

En este sentido, el concepto de “*funcionalidad*” como factor de diseño, es un término demasiado amplio y abstracto para ser analizado en sí mismo como variable única de diseño. Sin embargo, en el ámbito del EBD sanitario, consideran que la funcionalidad depende, entre otras, de la distribución, el equipamiento o la accesibilidad, conceptos similares a los que ha agrupado nuestro análisis factorial.

El concepto “*diseño*” se ha estudiado enormemente tanto en relación a las variables que intervienen en el diseño como a la preferencia y respuesta del usuario. Al respecto, especialistas en el EBD sanitario, consideran que el diseño estético se consigue mediante el uso apropiado de colores, materiales y acabados.

El factor “*calidez*” del espacio hace referencia a la componente afectiva y amable del espacio. Roger Ulrich ya indicaba en su “*Theory of Supportive Design*”, que el diseño arquitectónico puede ayudar al paciente a reducir el estrés propio de los espacios sanitarios y a incrementar su bienestar si favorece tres aspectos: una sensación de control del espacio, interacción social y distracciones positivas. Es decir, si se crea un ambiente psicológicamente seguro y agradable. Entonces, al parecer, el factor “*calidez*” que se ha hallado en este estudio se refiere a esa sensación. Estudios en EBD han demostrado que factores como la privacidad, la sensación de, o la influencia de, la presencia de vegetación y arte, conducen a lograr dicha calidez.

El elemento “*amplitud*” también se encuentra en la literatura de EBD existente. Así, algunos trabajos sugieren que puede tener influencia en la satisfacción y conducta de los usuarios o que la falta de espacio es un estresor ambiental.

La “*sencillez*” es un factor con doble interpretación. Por un lado, puede hacer referencia a la componente funcional anteriormente descrita en cuanto a su influencia en la comprensión y orientación espacial. Por otro lado, puede relacionarse con la componente estética, en cuanto a su influencia en la preferencia.

Y, por último, la “*luminosidad*”, relativo a la cantidad y tipo de luz, ha sido también ampliamente estudiado en el ámbito del EBD y la ergonomía, tanto en relación con las preferencias como con la respuesta psicológica o fisiológica de los usuarios.

De los anteriores, los factores que han mostrado, en el presente estudio, una influencia significativa en la valoración o preferencia de los participantes han sido: funcionalidad, calidez y diseño del espacio, y, a una cierta distancia, la amplitud, frente a la sencillez o luminosidad que no han resultado determinantes.

De aquí se ratifica la hipótesis previa de que los espacios que deben conciliar requerimientos funcionales con emocionales, como puede ser cualquier espacio sanitario, deben considerar, además de la funcionalidad y la parte estética, la capacidad de crear una sensación de calidez o familiaridad que permita al usuario eliminar la sensación de “institucionalidad” o “deshumanización” propia de este tipo de entornos.

Analizando la clasificación de las imágenes se observa que, en cuanto a la funcionalidad, las salas no sólo han de estar bien equipadas sino, además, tener una distribución clara y ordenada. En cuanto al diseño, aquellas con un tono moderno y juvenil destacan sobre las más impersonales o clásicas. Respecto a la calidez, las mejor puntuadas coinciden en presentar motivos infantiles florales o animales en tonos no estridentes. Cabe destacar aquí la sala número 5, con una estética moderna y minimalista y muy bien puntuada en diseño, que ha resultado ser la peor valorada en calidez.

Como conclusión final, la Semántica Diferencial, dentro del marco de la Ingeniería Kansei, puede resultar una herramienta de interés para los profesionales que pretendan un método objetivo con el cual poder obtener las relaciones entre distintas propuestas o variables de diseño y las preferencias de los usuarios.

Esto permite, *no solo proyectar diseños que satisfagan a los usuarios, sino tener un conocimiento más profundo del por qué de nuestros diseños.*

Estudio 2 - Evaluación de un espacio en función de su color

Estudio de López – Tarruella

Introducción

Los estudios acerca del color y la respuesta del usuario son abundantes desde hace décadas en muy variadas disciplinas, centrado sus objetivos principalmente en tres aspectos: preferencias, respuesta afectivo - emocional y respuesta fisiológica.

En el ámbito de la arquitectura, su estudio tiene especial relevancia ya que el color es una de las maneras más fáciles de alterar la apariencia de un entorno, y, por tanto, la respuesta del usuario. Sin embargo, mucho del conocimiento existente es inconsistente, al no especificar o codificar inequívocamente los estímulos empleados, o al no utilizar medidas suficientemente fiables y válidas para recoger la respuesta a dichos estímulos.

Marco conceptual

Codificación de colores

Aunque una de las formas de agrupación de colores más antiguamente utilizadas ha sido la división en tonos cálidos y fríos, el color, definido como una sensación visual subjetiva producida por la luz, se define completamente mediante tres dimensiones: el tono, la saturación y el brillo.

El “*tono*” es el factor que más directamente se relaciona con lo que entendemos por color, depende de la longitud de onda de la radiación lumínica y nos hace percibir los objetos desde rojos y naranjas hasta azules y violetas, pasando por todo el espectro visible.

La “*saturación*”, define la viveza e intensidad del tono, o el grado en que se diferencia del gris. Esta dimensión también puede ser llamada cromatismo.

Y, el “brillo”, define el nivel en el que un color se ubica en el gradiente continuo existente entre el blanco y el negro. Luminosidad u oscuridad son otras maneras de definir la misma dimensión.

En las escalas de los colores grises, la dimensión tono deja de existir, de tal forma que las gamas acromáticas se definen únicamente por la dimensión brillo.

Se entiende ahora por qué, si el color se define por tres dimensiones independientes, y, cada una de ellas, con infinitos niveles, hablar simplemente de “rojo” o “azul” implica una imprecisión absoluta. Entonces, para precisar inequívocamente colores concretos, a lo largo del tiempo, se han ido ideando sistemas de codificación o estandarización.

En cuanto al tono, los colores primarios (aquellos que no pueden ser generados como mezcla de otros, pero sí pueden generar otros a partir de su combinación) son rojo, verde y azul (RGB) para síntesis aditiva (mezcla de luces), y cian, magenta y amarillo (CMY) para síntesis sustractiva (mezcla de pigmentos). A partir de éstos se pueden generar los colores secundarios y, a partir de aquéllos, los terciarios, de tal forma que se complete el círculo cromático.

Sin embargo, pese a la evidencia actual de la bondad de los sistemas RGB (utilizado en pantallas) y CMY (utilizado en impresión), con el paso de los años, se han propuesto modelos de color con primarios alternativos.

Así, ya en el Siglo XV, Franciscos Aguilonius propone como primarios rojo, amarillo y azul, respaldado por muchos otros estudios, como Goethe en su popular “*Teoría de los colores*”, en un modelo tradicional de coloración que ha perdurado hasta la educación escolar y artística actual.

Por otro lado, desde el punto de vista de la percepción humana, Hering concluyó que cualquier color puede ser descrito en términos de relación visual entre seis colores elementales: blanco, negro, rojo, amarillo, verde y azul, algo que el genial ojo de Leonardo da Vinci había notado siglos antes.

El Sistema NCS (Natural Color System), basado en los trabajos de Hering describe el tono a partir de una rueda donde equidistan los tonos primarios rojo, amarillo, verde y azul considerando el resto de tonos como distintos grados de combinación de dos primarios adyacentes. La codificación se completa con porcentajes de oscuridad y saturación. Este sistema es un estándar en Suecia, Noruega y España, y uno de los más utilizados en el mundo en investigación.

Relación color y preferencia

Los estudios sobre color y preferencias son abundantes desde hace décadas en muy variadas disciplinas, aunque cuantos más trabajos se producen, menos consenso existe sobre unas reglas universalmente aplicables, y más aceptación cobra la idea de que, la preferencia, depende del contexto de aplicación del color y del perfil del evaluador.

Ya en la primera mitad del siglo XX, Guilford manifestó que el factor más importante en la preferencia del color es el tono, y Eysenck ordenó la preferencia de tonos de la siguiente manera: azul, rojo, verde, violeta, naranja y amarillo, a partir de más de 21.000 valoraciones.

Además del tono, el brillo y la saturación también influyen en la preferencia. Así, los colores claros y saturados tienden a obtener mejores valoraciones.

Sin embargo, posteriores estudios advierten que el grado de preferencia cambia enormemente para pequeñas variaciones de tono o según el perfil del sujeto evaluador. Así, se han estudiado diferencias en la preferencia de colores por edad, género, procedencia cultural o personalidad.

Paralelo al amplio número de investigaciones que se han centrado en el color descontextualizado como concepto en sí mismo, también se ha investigado la relación preferencia - color aplicada a disciplinas tan diversas como el marketing, la alimentación, la moda o la iluminación.

El ámbito de la arquitectura no ha sido ajeno a este interés en relacionar preferencias con colores aplicados al espacio. Un estudio sobre fachadas concluye que los tonos mejor valorados son amarillo y azul, así como los colores brillantes y poco saturados. Se observa, además, que las muestras mejor valoradas son aquellas consideradas como las más naturales y relajantes.

Se han desarrollado varios estudios de preferencias de espacios interiores y su relación con ejes semánticos. En cafeterías, se ha contrastado tonos amarillos con violetas, siendo preferidos estos últimos. En salas de estar, se ha ordenado la preferencia de tonos en cálidos, fríos y neutros, al igual que las valoraciones de alegría, pese a que las valoraciones de calma y paz se ordenaron en fríos, neutros y cálidos. En salones de peluquería, se ha comparado violeta, crema y naranja, recibiendo el violeta las mejores valoraciones y el color crema las peores.

Sin embargo, pese a los resultados anteriores, revisiones orientadas a la arquitectura sanitaria, concluyen que hay muy poca evidencia que respalde relaciones directas entre tonos y preferencias, aunque encuentran cierta consistencia en que los tonos verdosos suelen ser mal valorados y que los colores claros con baja saturación son preferibles.

Otros trabajos señalan que la relación color - preferencia tiene mucho que ver con la relación color – emoción, en el sentido de que preferimos aquellos colores que nos hacen sentir bien.

¿Es la respuesta al color directa o cognitiva?

De este modo, que los colores preferidos para fachadas sean los evaluados como más naturales, o que, en el contexto sanitario, el color “verde quirófano” tienda a estar peor valorado, apunta a que la preferencia no es tanto una respuesta al color en sí, es decir, a la frecuencia de onda en el espectro electromagnético, sino más bien, es un proceso cognitivo espontáneo relacionado con ciertas asociaciones previas. Según esta hipótesis, los colores llamados “cálidos” lo serían porque evocan al sol o al fuego, mientras que los “fríos” rememoran el agua o el cielo.

Al respecto, investigadores estudiaron conceptos asociados a diversos colores en un trabajo realizado en 20 países con más de 400 participantes. Tras valorar mediante Semántica Diferencial las componentes de *Evaluación* (bueno - malo), *Potencia* (fuerte - débil) y *Actividad* (activo - pasivo) concluyeron que, como concepto, “rojo” es fuerte y activo, “amarillo” es débil, “verde” y “azul” son buenos, “blanco” es bueno y débil, “negro” es malo, fuerte y pasivo, y “gris” es malo, débil y pasivo.

No es difícil encontrar en el mundo físico asociaciones entre los colores y sus conceptos asociados, lo cual concuerda con las teorías sobre percepción visual que proponen que nuestra interpretación de la realidad a través de la visión no es tanto un proceso analítico, sino una inferencia de nuestra historia y experiencia visual.

Estudio sobre color en entornos arquitectónicos sanitarios

Aunque existe gran cantidad de investigaciones sobre el efecto de los colores en las personas, los estudios específicos en el ámbito del Diseño Basado en la Evidencia en entornos sanitario, son limitados.

Los efectos de los colores cálidos y fríos sobre las emociones, estudiados la mayoría de las veces sobre láminas o luces de colores puros, de forma descontextualizada y con

resultados, muchas veces, inconsistentes, pueden no servir como evidencia ante la respuesta a un entorno arquitectónico concreto.

Abordado el marco conceptual necesario, nos sumergimos en el estudio en cuestión.

Objetivo

Tras lo expuesto anteriormente, se deduce que existe una importante influencia del uso del color en entornos arquitectónicos en la respuesta del usuario.

El objetivo del estudio a exponer, es analizar la respuesta afectiva ante la modificación cromática de una sala de lactancia.

Para ello, se utilizan 9 variaciones de tono en un mismo espacio, controlando rigurosamente los colores, así como el resto de variables empleadas, y se hace uso de un formato de presentación de estímulos altamente realista e inmersivo, y se evalúa a partir de los seis ejes obtenidos en la primera fase de la Ingeniería Kansei.

Estímulos

El estímulo a valorar fue un conjunto de renders panorámicos 360° de la sala de lactancia diseñada en el Estudio *“Diferencias en la comprensión de un espacio en función del sistema de presentación”*, presentada en diferentes gamas cromáticas y visualizadas mediante el Head-Mounted Display Samsung Gear VR.

Se deja mención que el estudio *“Diferencias en la comprensión de un espacio en función del sistema de presentación”*, también realizado por López – Tarruella, no se encuentra desarrollado en las presentes notas, pero puede ubicarse en la Tesis Doctoral realizada por dichos autores, cuya lectura es de libre acceso.

Continuando, para el estudio en discusión, se seleccionaron nueve gamas cromáticas a partir de ocho tonos equidistantes en la escala NCS (Natural Color System). Cada gama cromática contenía tres colores, manteniendo tono y saturación, y variando la oscuridad al 5%, 30% y 60%. Se utilizó el color más claro en paredes, el medio en el suelo y un pilar, y el oscuro en puertas y muebles bajo encimera. El techo, las cortinas y el resto de elementos, se mantuvieron en blanco o tonos neutros.

Se desarrolló el modelo tridimensional de la sala con el software SketchUp. Posteriormente, se aplicaron los colores, materiales e iluminación mediante el motor de renderizado V-ray y se crearon 27 renders panorámicos 360° de la sala de lactancia, abarcando tres puntos de vista para cada uno de los nueve colores a evaluar, de forma que se pudiera acceder visualmente a todos los puntos del espacio.

Las imágenes se cargaron en un Head-Mounted Display Samsung Gear VR., que consisten en unos lentes de Realidad Virtual con pantalla estereoscópica de 1280 x 1440 píxeles por ojo, 96° de campo de visión y seguimiento de la posición de la cabeza mediante acelerómetros y giroscopios de precisión. La experiencia virtual fue generada por un teléfono móvil Samsung Note 4 con procesador quad-core a 2.7GHz y 3GB de RAM.





Figura 49 – Renders de tres vistas dentro de la sala de lactancia, cada vista en los nueve colores seleccionados para el estudio de investigación

Participantes

La muestra estaba compuesta por 106 personas con edades comprendidas entre los 24 y los 52 años, de los cuales el 41,5% eran hombres y el 58,5% mujeres, y de ellos, casi el 75% tenían hijos.

El tamaño muestral se determinó considerando, al menos, diez visualizaciones por color.

Obtención de la respuesta del usuario

Se diseñó un cuestionario para ser contestado durante la visualización de los estímulos, mediante escalas tipo Likert de 5 puntos, de -2 a 2.

Las preguntas que comprendían el cuestionario, eran efectuadas por el investigador mientras el participante observaba el estímulo, y consistían en:

- (1) el conjunto de impresiones afectivas o factores representativos de la respuesta subjetiva del usuario, obtenido en el Estudio *“Identificación de los factores afectivos de un espacio”*.
- (2) la valoración global de la sala a partir de la expresión: *“Si tuviera que utilizar una sala de lactancia, me gustaría que fuera esta...”*.

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante el software estadístico SPSS v.22.0.

Las variables en estudio fueron:

- Análisis de diferencias en función del perfil del sujeto mediante test predefinidos.
- Impacto o incidencia de las diferentes gamas cromáticas en las impresiones afectivas
- Análisis de diferencias en función del color de la sala mediante el test no paramétrico Kruskall-Wallis.
- Incidencia de las impresiones afectivas en la valoración global de la sala mediante regresión lineal, tomando como variable dependiente la valoración global de la sala y, como variables independientes, el conjunto de impresiones afectivas obtenidas en el Estudio *“Identificación de los factores afectivos de un espacio”*.
- Ordenamiento de las gamas cromáticas en la valoración global de la sala.

Discusión y conclusiones

En este estudio se ha desarrollado la segunda fase de la metodología Kansei, consistente en la vinculación de parámetros de diseño, en este caso colores, con los factores afectivos fundamentales en la evaluación de salas de lactancia obtenidos en una primera fase Kansei en el Estudio *“Identificación de los factores afectivos de un espacio”*, y con la valoración global del usuario.

En cuanto a tendencias en gamas cromáticas, se observan grandes diferencias de valoración entre tonos cercanos como el naranja y el rojo (mejor y peor valorados respectivamente) o el azul y el cian.

Este resultado concuerda con estudios previos que apuntan que el grado de preferencia varía mucho para pequeñas diferencias de tono, más incluso, que entre distintos tonos. Además, nos advierte que se ha de proceder con prudencia al extrapolar resultados desde un tono concreto a una gama. Así, a partir de un estudio entre colores rojo y azul, no se debería pretender explicar diferencias entre tonos cálidos y fríos.

Sí se observa una tendencia a valoraciones desfavorables en los colores verde, turquesa y cian, resultando unas puntuaciones muy próximas en la clasificación final. Esto es contrario a lo observado en un estudio descontextualizado donde los tonos verdosos tendían a relacionarse con la naturaleza y ser los preferidos, pero coincide con lo advertido en otros estudios en el ámbito de la arquitectura sanitaria.

Esta tendencia incita a apoyar ciertas hipótesis de que la respuesta afectiva y la preferencia por ciertos colores puede ser un proceso cognitivo basado en asociaciones

a experiencias visuales previas que generan atracción o rechazo. Además, en el ámbito del Diseño Centrado en el Usuario, avala la necesidad de estudios contextualizados para usos y perfiles de usuarios concretos, tal como apuntan otros autores.

En cuanto a colores, los tonos con mejores valoraciones en general son el naranja y el amarillo (tono vainilla). Otros estudios han llegado a conclusiones similares. Dijkstra (2008), en un entorno hospitalario, concluye que un ambiente naranja excita más que uno blanco, pero, a su vez, es preferido. Yildirim (2011) también deduce que los tonos cálidos son los preferidos en salas de estar, aunque no lo sean en otros usos. Este rango cromático parece combinar viveza y calidez en un grado que lo hace idóneo para espacios que requieran percibirse como acogedores.

El tono peor valorado ha sido el rojo en prácticamente todos los aspectos y alcanzando niveles significativos para los factores calidez, sencillez y luminosidad. En estudios previos con láminas o luces, el color rojo se percibía como “fuerte” y “activo”, resultaba excitante con connotaciones igualmente positivas o negativas y, a nivel fisiológico, incrementaba la excitación del sistema nervioso central. En este estudio, contextualizado en un uso que requiere un entorno íntimo y acogedor, parece claro que la fuerza y excitación propias del color rojo adquieren connotaciones agresivas y poco adecuadas.

El tono rosa ha recibido puntuaciones ligeramente positivas en todos los aspectos excepto diseño, resultando una valoración global neutra.

Por último, el color blanco, puntúa positivamente en todos los aspectos, destacándose en funcionalidad y sencillez, excepto calidez, lo cual le relega a una posición neutra en la valoración global. Este resultado concuerda con otros estudios previos que indican que este color es percibido como, “sencillo” aunque suscita poca respuesta emocional e incluso aversión o estrés.

En cuanto a los factores, aquellos que tienen mayor peso en la valoración global son *calidez*, seguido de *funcionalidad* y *amplitud*. *Diseño* tiene un peso mucho menor y *sencillez* y *luminosidad* no tienen prácticamente ninguno. Estos resultados son coherentes con los del Estudio “*Identificación de los factores afectivos de un espacio*”. La única diferencia existente es la alteración del orden de los factores amplitud y diseño. Esto puede deberse a dos causas: en primer lugar, el uso de imágenes de una misma sala con una única variable alterada en lugar de un amplio espectro de espacios, lo que reduce la variabilidad del factor diseño. Por otro lado, la presentación del estímulo mediante imágenes inmersivas visualizadas en HMD, frente a una fotografía en PC, puede acentuar la consideración del factor amplitud.

En conclusión, se puede indicar que aquellos espacios que requieren equilibrar una percepción de funcionalidad y calidez para mejorar su valoración global, como puedan ser las salas de lactancia, salas de espera en edificación sanitaria, o dormitorios en residencias de ancianos, pueden verse beneficiados con la incorporación de colores suaves en tonos vainilla o melocotón, frente al institucional blanco, debiendo evitar el uso del rojo y, al menos, en espacios sanitarios, aquellos tonos verdes y verde-azulados similares a los de uso habitual en recintos quirúrgicos.

Estudio 3 - Respuesta emocional y psicofisiológica ante un espacio en función de su color

Estudio de López - Tarruella

Introducción

En la introducción del Estudio 1 “*Identificación de los factores afectivos de un espacio*” se expuso la respuesta del ser humano ante la presencia de color, sea ésta descontextualizada, mediante el uso de láminas y luces de colores, o contextualizada

en el ámbito de los espacios arquitectónicos, con el empleo de entornos en colores, revisando el *Estado del Arte* sobre color y preferencias.

Posteriormente, en el Estudio 2 “*Evaluación de un espacio en función de su color*”, se desarrolló una segunda fase de la metodología Kansei, en la que se vincularon gamas cromáticas concretas, mediante criterios de diseño, con las dimensiones afectivas de importancia en la valoración de una sala de lactancia y con la valoración global de la misma.

En este trabajo, Estudio 3 “*Respuesta emocional y psicofisiológica ante un espacio en función de su color*”, se pretende evaluar la respuesta emocional y psicofisiológica del usuario ante variaciones de tono del espacio en el que se encuentra sumergido.

Marco conceptual

Color, respuesta afectiva y emociones

La relación entre color y respuesta emocional es un tema muy amplio y complejo, ya que confluyen muy distintas circunstancias, como el contexto, el perfil del sujeto, el diseño del experimento, entre otro, de tal forma que, aunque existe amplia bibliografía, es habitual encontrar resultados ambiguos o contradictorios.

En primer lugar, se debe indicar que no todas las personas reaccionan igual ante determinados estímulos ambientales, ya que cada individuo tiene una capacidad específica de filtrar automáticamente los estímulos ambientales menos importantes. Esta capacidad, ha podido ser medida y ha permitido mostrar cómo algunas personas se ven más afectadas que otras por efecto del color en el entorno, lo cual indicaría por qué algunos estudios obtienen resultados, mientras otros no.

Existen muchos trabajos que, mediante láminas o luces de colores, han buscado asociaciones con sentimientos. En este sentido, varios investigadores advirtieron que el color rojo es estimulante, el naranja molesto y el azul amable y, de igual manera, otros, observaron mayores niveles de ansiedad frente a colores rojos y amarillos que frente a azules. Sin embargo, estos trabajos no usaron una codificación para los colores elegidos, de tal forma que no quedaron definidos los tonos utilizados ni garantizadas la igualdad de brillo y saturación.

Posteriores estudios han seguido comparando tonos cálidos y fríos o gamas completas de colores con metodologías más rigurosas. Por ejemplo, Kaya (2004), buscando asociaciones entre colores y emociones, encuentra los colores, verde y azul, positivos y relajantes, por su relación con la naturaleza; el rojo energético con asociaciones tanto positivas como negativas, con relación al amor, la pasión, la sangre, el infierno; el amarillo, energético y positivo, con su vínculo al sol, al verano; y toda la gama de tonos intermedios con asociaciones positivas a excepción del amarillo verdoso, ligado a náuseas y enfermedad.

Sin embargo, ciertos resultados contradictorios han ido mostrando una falta de consenso en los efectos del tono sobre las emociones. Así, frente al acuerdo clásico, el tono azul también ha sido considerado estimulante y poco placentero. De igual manera, el color verde ha confirmado efectos positivos y de relajación por su relación con la naturaleza, y negativos de rechazo por su relación con los espacios sanitarios.

Por otro lado, parece haber mayor consenso en que los colores claros generan emociones más positivas que los oscuros.

En el ámbito de la arquitectura y el diseño de interiores, estudios contextualizados también han encontrado los tonos cálidos más estimulantes y los fríos más relajantes y espaciosos.

En el ámbito sanitario, el color naranja ha sido percibido como más estimulante y atractivo que el verde, lo cual indica que cierto nivel de excitación puede ser preferible en entornos que tienden a ser inactivos.

Por otro lado, mayor saturación de color se ha correlacionado con mejores estados de ánimo en entornos de trabajo.

Como efecto particular cabe además destacar que el color blanco ha producido repetidamente una cierta sensación de malestar o abatimiento en algunas personas en entornos de trabajo, o estrés en entornos sanitarios. Esto es un aspecto a tener en cuenta ya que es un color muy asociado a la arquitectura sanitaria.

En consenso, se destaca el empleo de dos escalas validadas de medida de la respuesta afectiva o emocional ante entornos físicos en la investigación del color.

La escala *Semantisk Milobeskrining* (SMB) de Kuller

La *Semantisk Milobeskrining* (SMB) o “*Descripción semántica de entornos*” es una escala basada en los trabajos de Acking y Küller, que consiste en ocho factores independientes extraídos a partir de 1050 palabras del diccionario sueco capaces de describir un entorno, y reducidas mediante Diagramas de Afinidad y Análisis Factorial, tras su evaluación ante diversos espacios. Estos ocho factores son:

- *Agrado*: cualidad del entorno de ser amable, hermoso o seguro.
- *Complejidad*: grado de variación, intensidad, contraste y abundancia del entorno. Se relaciona con actividad e incertidumbre.
- *Unidad*: la manera en que las distintas partes de un entorno combinan en un todo coherente. Se relaciona con coherencia y orden.
- *Demarcación espacial*: grado en que el entorno se percibe como cerrado o delimitado. Se relaciona con espacialidad.
- *Potencia*: la expresión de poder del entorno. Se relaciona con activación.
- *Status social*: evaluación del entorno en términos socioeconómicos.
- *Familiaridad*: lo reconocible, evocador o familiar del entorno.
- *Originalidad*: lo inusual y sorprendente del entorno. Se relaciona con novedad estética.

Estas dimensiones han sido utilizadas en diversos trabajos para describir diferentes entornos. Además, la *Semantisk Milobeskrining* ha sido aplicada en diversas ocasiones para evaluar la respuesta afectiva del usuario ante entornos de colores. Así, han encontrado que, las diferencias dentro de un mismo tono son mayores que entre distintos tonos; no existe una correlación universal entre las componentes del color y el factor agrado; existe una cierta correlación entre oscuridad y status social; y entre saturación y complejidad y falta de unidad.

Otros estudios corroboran que se percibe mayor complejidad y menor unidad en un espacio en color frente a otro en escala de grises o neutro, y que, algo de color mejora el estado de ánimo de los usuarios.

La escala *Pleasure / Arousal / Dominance* (PAD) de Mehrabian y Russell

A partir de los ejes *Evaluación* (bueno / malo), *Potencia* (fuerte / débil) y *Actividad* (activo / pasivo) identificados como tres dimensiones básicas del significado, Mehrabian y Russell sugirieron que sus dimensiones equivalentes a nivel emocional, *Placer*, *Activación* y *Dominancia*, podrían facilitar una escala de medida de las emociones y posteriores estudios han corroborado este modelo.

Se han podido categorizar un número considerable mayor de términos relacionados con emociones a partir de la combinación de estas tres dimensiones, resultando, a modo de ejemplo:

- +P+A+D: audaz, creativo, poderoso, vigoroso
- +P+A-D: sorprendido, fascinado, impresionado
- +P-A+D: cómodo, tranquilo, satisfecho
- +P-A-D: dócil, relajado, adormilado
- -P+A+D: beligerante, cruel, hostil
- -P+A-D: angustiado, humillado, molesto
- -P-A+D: despectivo, indiferente, insensible
- -P-A-D: aburrido, triste, desanimado

Los resultados muestran que mayores niveles de placer se vinculan a colores más brillantes y saturados, y mayores niveles de activación y dominancia, a colores menos brillantes y más saturados.

En cuanto al tono, para *placer* se insinúa una tendencia con mejores valoraciones en las gamas azules y violetas y mínimos para el amarillo, para *dominancia* la tendencia se invierte, y para *activación* no se puede ajustar ninguna tendencia ya que los valores tienen comportamientos muy variables.

Respuesta fisiológica al color

La presencia de color puede producir ciertas reacciones a nivel fisiológico en el organismo. Como ocurre con las preferencias, el debate aún abierto trata de dilucidar si estas reacciones son directas o indirectas a partir de una respuesta cognitiva que activa la respuesta fisiológica.

En cuanto a las medidas obtenidas mediante encefalograma, se suelen investigar las ondas alfa, asociadas a los estados de relajación y tendentes a disminuir con la actividad mental. Así, se ha observado que la luz roja, frente a la azul, induce una menor prevalencia de ondas alfa, lo cual predice la hipótesis de que los colores cálidos son más activadores que los fríos.

La respuesta galvánica de la piel, que mide la conductancia eléctrica debida a la sudoración activada por el sistema nervioso simpático, se vincula a estados de activación emocional o estrés. Diversos estudios han encontrado diferencias entre colores cálidos y fríos.

En cuanto a la actividad cardiaca, se encuentran diferencias ante rojos o verdes.

Respecto a la temperatura corporal, existen algunos estudios que han intentado comprobar si el color del entorno puede afectar a la sensación de confort térmico, principalmente, buscando diferencias entre colores cálidos y fríos, aunque ninguno ha encontrado efectos fisiológicos.

En estudios sobre entornos construidos reales, se observa que, además de obtener unas ondas alfa inferiores en una habitación roja frente a otra azul, el ritmo cardiaco se reduce. Su argumento ante este hecho es que, los colores fuertes que incrementan la excitación del sistema nervioso central, producen una inhibición paradójica del sistema nervioso autónomo que decelera el ritmo cardiaco.

Por último, estudios de Higuera, Marín, Rojas y López-Tarruella, utilizando Realidad Virtual, han conseguido graficar sobre plano el estado emocional de participantes a lo

largo del trazado que recorrían por espacios relajantes (azules y blancos) y estresantes (rojos y negros).

Abordado el marco conceptual necesario, nos sumergimos en el estudio en cuestión.

Objetivo

El objetivo del estudio de investigación “*Evaluación de un espacio en función de su color*” es analizar y deducir las relaciones entre preferencias, asociaciones afectivas, respuesta emocional y fisiológica de los usuarios ante variaciones de color en el mismo entorno, recogiendo la respuesta subjetiva mediante las escalas ampliamente utilizadas, SMB de Küller y Modelo PAD de Mehrabian y Russell, y la objetiva, mediante equipamiento de precisión clínica.

Debido a que el proceso experimental y analítico de este estudio es de una mayor complejidad, se ha reducido a 3 el número de colores a estudiar, a partir de los 9 definidos en el Estudio 1 “*Identificación de los factores afectivos de un espacio*”, de tal forma que comprenden valoraciones positiva, neutra y negativa y, al mismo tiempo, tono cálido, neutro y frío, tal como ocurre en la mayoría de estudios existentes.

Estímulos

El estímulo a estudiar fue la sala de lactancia analizada en los estudios anteriores, presentada en tres gamas cromáticas diferentes, a partir del conjunto de renders panorámicos 360º creados, y visualizadas mediante el Head-Mounted Display Samsung Gear VR.

Además del color blanco, que obtuvo valoraciones neutras y ha sido usado como control en estudios previos, se procuró seleccionar dos colores que hubieran sido valorados positiva y negativamente y que incluyeran un tono frío y otro cálido. Así, los colores escogidos fueron E4 Naranja, E1 Blanco y E8 Cian.

Los escenarios, tal cual los visualizaban los participantes, se muestran en la figura siguiente.



Figura 50 – Renders de la sala de lactancia, para estudio de investigación

Participantes

La muestra estaba compuesta por 20 personas, con edades comprendidas entre los 22 y los 45 años, de los cuales el 70% eran hombres y el 30% mujeres.

Obtención de la respuesta del usuario

Cuestionario

Se diseñó un cuestionario a valorar, durante la visualización de los estímulos, mediante escalas tipo Likert de 5 puntos, de -2 a 2.

El cuestionario recogía:

- (1) los 8 atributos afectivos del espacio de la escala SMB de Küller (*agrado, complejidad, unidad, demarcación espacial, potencia, status social, familiaridad, originalidad*).

- (2) los 3 factores emocionales de la escala PAD de Mehrabian y Russell (*evaluación, potencia, actividad*).
- (3) la valoración global de la sala a partir de la expresión: *“Si tuviera que utilizar una sala de lactancia, me gustaría que fuera esta...”*.

Medición fisiológica

Se midió la actividad electrodérmica, la actividad cardíaca y la temperatura corporal de los participantes como medidas fisiológicas. Se tomó una línea base previa, basada en un audio de relajación, antes de la presentación de cada estímulo.

La señal fue registrada, pre-procesada y analizada con dispositivo adecuado y específico.

Desarrollo de la experiencia

Al comienzo de cada sesión se explicaba brevemente al participante en qué consistía el experimento. Se le sentaba en posición cómoda, se le conectaba la pulsera de medición fisiológica y se le colocaba el Head-Mounted Display.

A continuación, se le presentaba un audio de relajación de dos minutos como línea base previa y el primer estímulo aleatorizado, mientras se contestaban las preguntas del cuestionario. Se procedía luego, con la presentación de los entornos arquitectónicos en las tres gamas cromáticas, midiendo la actividad fisiológica mientras los participantes se sumergían en el estímulo, finalizando posteriormente la sesión. Se obtuvieron así por un lado las medidas fisiológicas y, por otro, los datos del cuestionario para cada uno de los tres escenarios.

Análisis de datos

Se trataron todos los datos obtenidos con el paquete estadístico SPSS v22.

En primer lugar, se estandarizaron todas las variables de forma que permitiera una mejor comparación de los resultados, y se extrajeron variables estadísticas.

En segundo lugar, se buscaron diferencias significativas en los resultados segmentando por orden de visualización y por estímulo visualizado, mediante test específicos.

Luego, se buscaron correlaciones entre color, respuesta psicofisiológica y preferencias entre las distintas variables. Para el estudio de las relaciones entre escalas y respuesta fisiológica, se utilizaron correlaciones parciales controlando para la variable color.

Por último, se efectuaron análisis de regresión lineal para obtener la bondad de predicción de la variable preferencia a partir de las distintas variables subjetivas (escalas) y objetivas (fisiológicas).

Discusión y conclusiones

En este estudio se ha presentado a 20 participantes un entorno arquitectónico en tres gamas cromáticas diferentes (blanco, naranja y cian), visualizando los estímulos mediante imágenes panorámicas 360° en Head-Mounted Display, y evaluando la preferencia o valoración global, la componente afectiva del espacio (escala SMB), la respuesta emocional del usuario (modelo PAD) y la respuesta fisiológica (temperatura, respuesta galvánica de la piel y variabilidad cardíaca).

En cuanto a la valoración global por colores, naranja se valora positivamente, blanco de forma neutra y cian negativamente, siendo esta diferencia de valoración estadísticamente significativa.

La valoración se ha relacionado directamente, además, con las evaluaciones de la dimensión *placer* del modelo PAD y de *agrado, status social* y *originalidad* del espacio

de la escala SMB. Otros estudios también han relacionado mayor preferencia por tonos cálidos frente a fríos o neutros en espacios que requieren una cierta intimidad.

En cuanto a la escala SMB, las valoraciones del factor *agrado* han sido positivas para naranja, neutras para blanco y negativas para cian, siendo el factor que en mayor medida ha correlacionado con la valoración global.

El color ha puntuado de forma muy superior al blanco en *originalidad* y *complejidad* y muy inferior en *unidad*, existiendo diferencias significativas

Las valoraciones han sido positivas para naranja, neutras para cian y negativas para blanco para el factor *potencia*, llegando a niveles de significación estadística, y en demarcación espacial donde apoya los resultados que relacionan *luminosidad* con la *amplitud*.

Por último, como en estudios previos resulta curioso que las peores valoraciones en *status social* hayan sido para el color naranja, teniendo las mejores puntuaciones en *agrado* y valoración final.

Respecto al Modelo PAD, tanto en *placer* como en *activación*, el color naranja puntúa más positivamente que los otros dos y en *dominancia* el color cian lo hace más negativamente.

Por otro lado, que las correlaciones parciales, controlando para la variable color, vinculen directamente y de forma substancial la valoración final, o grado de preferencia, con *agrado* (SMB) y *placer* (PAD) resulta coherente, ya que ambas son reinterpretaciones de la valencia del estímulo. Curiosamente, la *activación* se ha interpretado en mayor medida como respuesta a la complejidad espacial en vez de a la *potencia*, que sería lo esperable. Que la *dominancia* se relacione con la *unidad* y la falta de complejidad, concuerda con las apreciaciones de Küller según las cuales, el binomio complejidad / unidad forman una variable de orden superior en la que, si la complejidad excede ampliamente a la unidad, el entorno se percibe caótico llegando a producir cambios en la sensación de control emocional, así como sentimientos de introversión.

La respuesta de dos índices fisiológicos vinculados con estados emocionales, no a colores concretos, sino a la activación y la valoración final de un espacio, incita a apoyar la hipótesis de que la exposición a ciertos colores en el entorno no produce respuestas fisiológicas directas en las personas, sino que debe existir un proceso cognitivo – emocional interno en la persona que dirige ambas reacciones consciente e inconsciente.

Si tal hipótesis es cierta, el planteamiento a la hora de abarcar un proceso de Diseño Centrado en el Usuario parece que debe pasar, en primer lugar, por efectuar una perfecta delimitación del perfil de usuario para quien se pretende diseñar y, en segundo lugar, por estudiar en detalle sus preferencias en términos de *valencia* o *agrado* y *activación*, en cuya dimensión pueden ser de ayuda los registros psicofisiológicos.

Estudio 4 - Respuesta emocional y psicofisiológica ante un espacio en función de la presencia de la naturaleza

Estudio de López – Tarruella

Introducción

El término “*biofilia*”, acuñado inicialmente por el psicólogo Erich Fromm en el año 1973, y desarrollado luego por el biólogo Edward Osborne Wilson en 1984, sugiere que los seres humanos, del mismo modo que hemos desarrollado fobias o reacciones instintivas ante potenciales amenazas del entorno a lo largo de miles de años de evolución (alerta ante ruidos, aversión a la exposición ante elementos perjudiciales, reacciones fisiológicas ante la percepción de ataque), también hemos adquirido una afinidad innata

por todo lo viviente, quizá originada por la dependencia de la naturaleza (luz, agua, aire, tierra, vegetación, animales) para nuestra subsistencia.

Aunque, en el último siglo, los avances en ciencia y tecnología nos han permitido alcanzar una mayor calidad de vida a costa, en muchas ocasiones, de perder el vínculo directo con la tierra, esta *atracción por la naturaleza* parece seguir latente en nuestro interior. Quizá por ello, hoy en día, la naturaleza sigue teniendo un papel predominante en nuestros destinos turísticos, nuestras actividades de ocio, e incluso, en la decoración de nuestros hogares.

En el ámbito del diseño arquitectónico, a medida que se van satisfaciendo requisitos básicos como el acceso a la vivienda, el confort físico, la funcionalidad, comienzan a cobrar importancia otros conceptos como la sostenibilidad o el diseño centrado en el usuario. Entre ambos, se puede encontrar el *diseño biofílico* que pretende integrar la naturaleza en los entornos antrópicos para producir un mayor bienestar en las personas que los habitan.

En este sentido, existe un gran número de estudios en el ámbito de la Psicología Ambiental que han verificado la eficacia de la percepción de elementos naturales en el incremento de la habitabilidad, bienestar general o la disminución de estrés. Aunque la mayoría de éstos se basaban en la respuesta subjetiva del participante, tras exponerse a distintos estímulos, existen algunos estudios que han registrado su respuesta involuntaria mediante distintas soluciones de medición psicofisiológica, como ser, electroencefalograma, electrocardiograma, actividad electrodérmica.

Sin embargo, no se ha encontrado ningún estudio que analice la respuesta voluntaria e involuntaria centrada en los conceptos de percepción de biofilia y habitabilidad de espacios interiores de vivienda, y es por ello, que López-Tarruella lo analiza en la presente investigación.

Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es analizar la respuesta emocional y psicofisiológica de las personas ante espacios interiores residenciales en función de la presencia de naturaleza.

Para ello, se diseñó un experimento en el que los participantes visualizaron imágenes de interiores residenciales percibidas como *“muy biofílicas”* y *“muy poco biofílicas”*, mientras se registraba su actividad electrodérmica y, posteriormente cumplimentaban un cuestionario valorando los espacios mostrados.

Estímulos

Los estímulos a mostrar a los participantes fueron dos grupos de imágenes de interiores residenciales. Para la selección de estas imágenes se reunieron a tres personas, uno de ellos arquitecto, se les explicó el concepto de *biofilia* y se les pidió que, a partir de una base de imágenes mucho mayor, las clasificaran según el grado de *biofilia* o *afinidad a la naturaleza*. A partir de dicha clasificación se seleccionaron 30 imágenes (cinco salas de estar, cinco comedores, cinco cocinas, cinco dormitorios, cinco baños y cinco exteriores) de las percibidas como *“más biofílicas”* o *“naturales”*, que coincidían en mostrar acabados en madera, tonos claros y luminosos, ventanas y vistas al exterior, iluminación natural y vegetación, y, otras 30 imágenes percibidas como *“menos biofílicas”* o *“más artificiales”* que coincidían en mostrar, en general, acabados de apariencia industrial (hormigón, acero, alicatados), tonos apagados o negros y ausencia de vistas al exterior, iluminación natural o vegetación.

El planteamiento del experimento consistía en considerar cada grupo de 30 imágenes (grupos *“natural”* y *“artificial”*) como un único estímulo global, tanto en las respuestas mediante cuestionario, como en las mediciones psicofisiológicas, de tal forma que los

resultados no correspondieran con una imagen concreta e individual sino con una percepción global.

Se crearon dos videos, uno con las imágenes “naturales” y otro con las “artificiales”. Cada video consistía en un audio de dos minutos con instrucciones para la relajación del participante, para obtener un estado inicial común, o línea base, que permitiera trabajar con los registros psicofisiológicos, y una presentación con diapositivas de las 30 imágenes seleccionadas de dos minutos de duración, lo que permitía un tiempo de visualización de cuatro segundos por imagen.

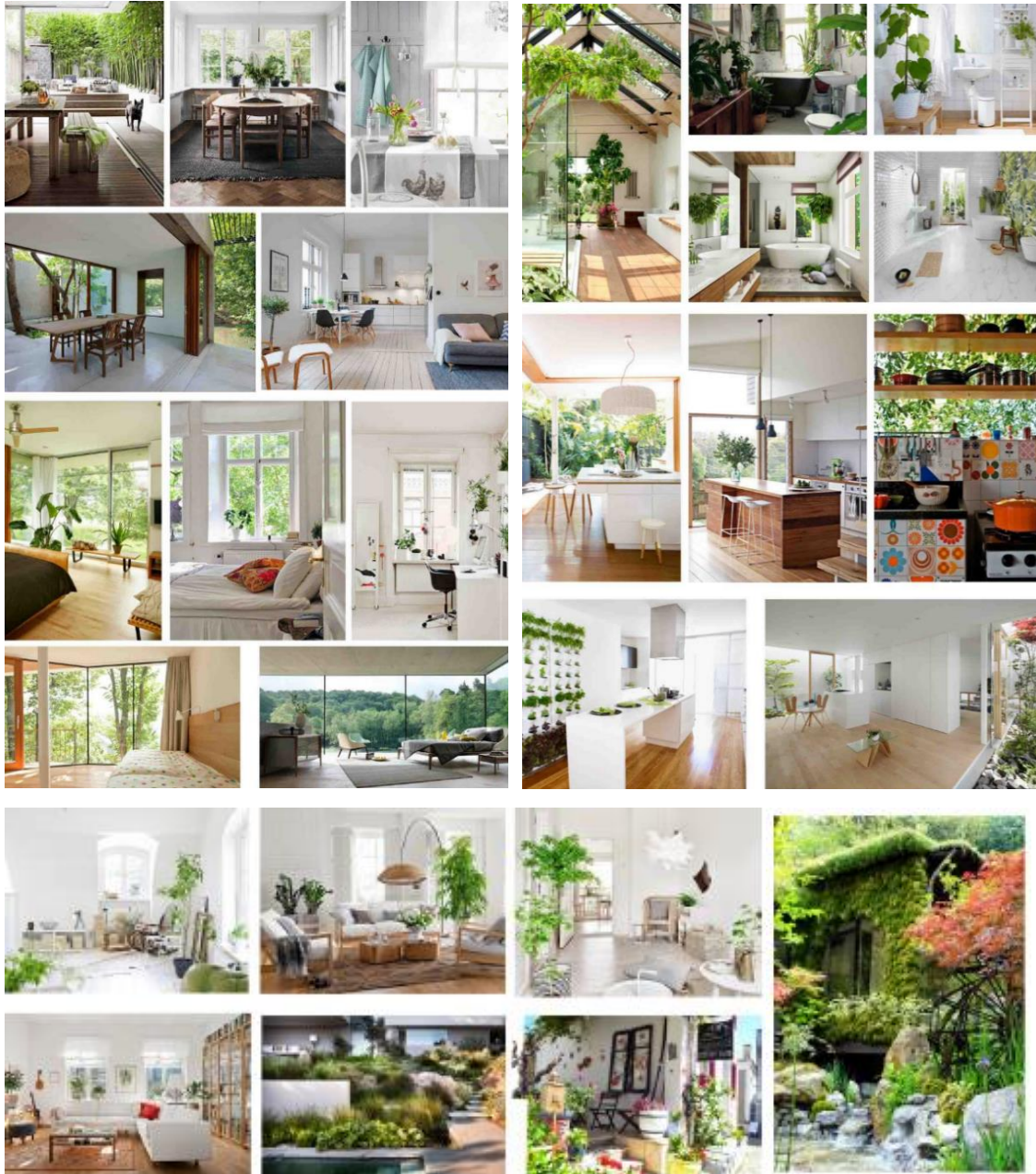
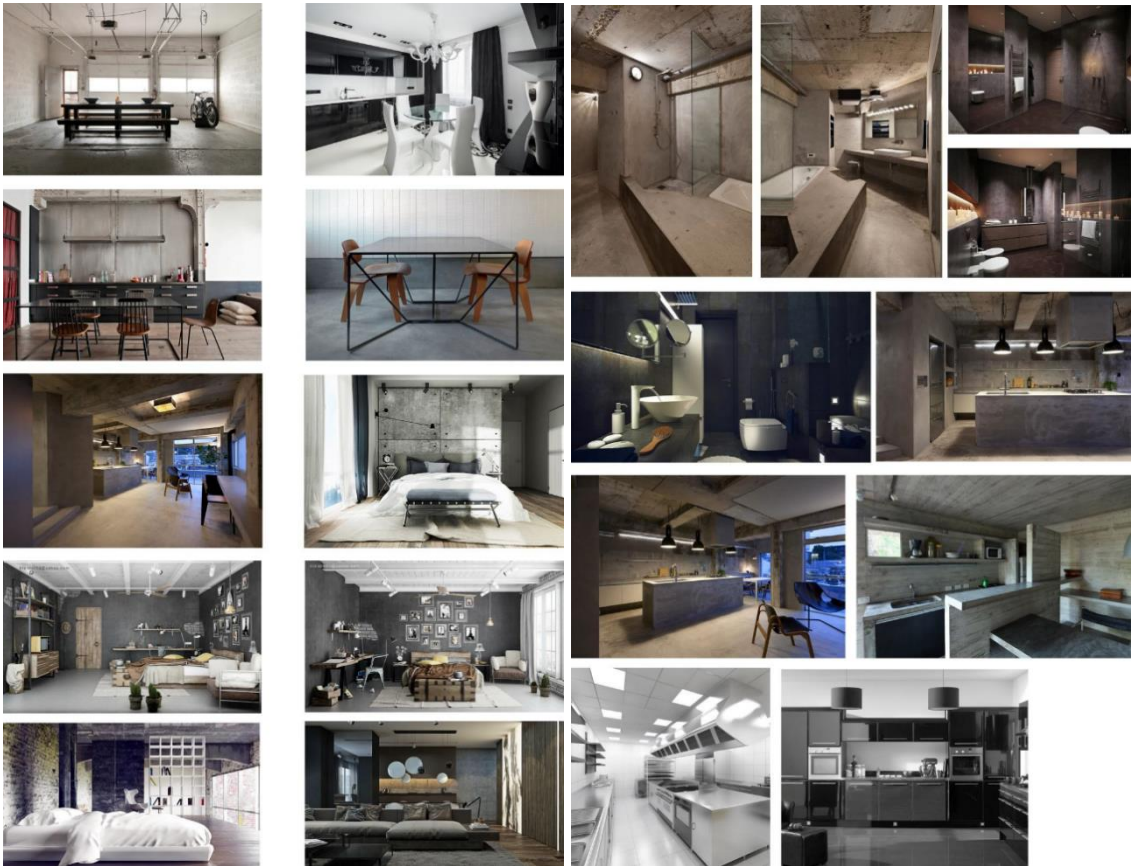




Figura 51 – Estímulos presentados como “naturales” en trabajo de investigación



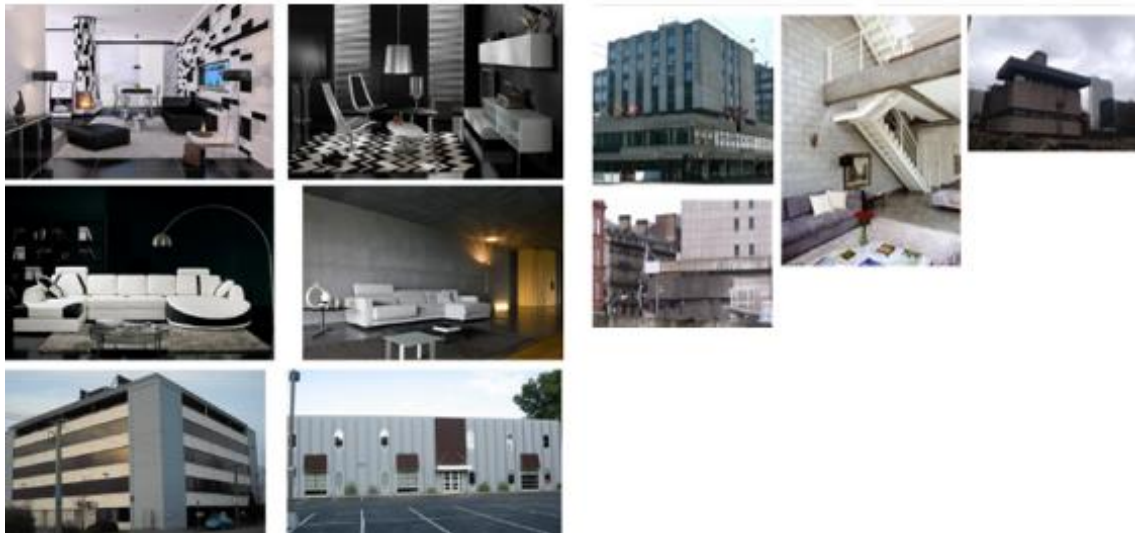


Figura 52 – Estímulos presentados como “artificiales” en trabajo de investigación

Participantes

En el estudio participaron 10 personas que visualizaron los estímulos de forma contrabalanceada con el objetivo de minimizar los efectos de orden, resultando un total de 20 visualizaciones. Cinco personas vieron primero el estímulo “natural” y cinco, el “artificial”. Cinco eran hombres y cinco mujeres. Todos ellos se encontraban en la franja de edad entre los 30 y 40 años.

El tamaño muestral se calculó de forma que ofreciera una precisión razonable considerando que se trata de un estudio inicial.

Obtención de la respuesta del usuario

Cuestionario

Se diseñó un cuestionario para obtener la respuesta voluntaria del participante ante cada grupo de imágenes después de visualizar el estímulo. Se informaba previamente que las preguntas se formulaban en general, para el global de las imágenes visualizadas.

Tras apuntar el investigador el estímulo visualizado (“*natural*” o “*artificial*”) y el orden de visualización, el participante indicaba su edad y sexo y procedía a contestar las preguntas sobre el estímulo visualizado, a partir de escalas tipo Likert de 7 puntos.

Un primer grupo de preguntas hacía referencia a la medición de las emociones adaptada a la evaluación de espacios interiores:

- “*Grado de bienestar: En general, los espacios que he visto me hacen sentir...*” valorando desde -3 (molesto, infeliz, triste) hasta 3 (contento, feliz, alegre).
- “*Grado de activación: En general, los espacios que he visto me hacen sentir...*” valorando desde -3 (calmado, relajado, apagado) hasta 3 (excitado, estimulado, inquieto).
- “*Grado de dominancia: En general, los espacios que he visto me hacen sentir...*” valorando desde -3 (inseguro, influenciado, con falta de control) hasta 3 (seguro, influyente, con control).

Posteriormente, se preguntaba por el grado de estrés que producía el estímulo visualizado, ya que la bibliografía lo relaciona tanto con la percepción o no de naturaleza, como con aumentos de la actividad electrodérmica de las personas:

- *“Grado de estrés: En general, los espacios que he visto me hacen sentir...”* valorando desde -3 (paz, serenidad) hasta 3 (estrés, ansiedad)

Por último, se investigaba sobre el grado de biofilia o sostenibilidad percibida, no real, la cual es un concepto mucho más complejo y no cuantificable a partir de simples fotografías, y de habitabilidad. Estas preguntas servirían para validar la selección de imágenes usada como estímulo y para correlacionar con el resto de respuestas:

- *“Grado de biofilia: En general, los espacios que he visto me parecen...”* valorando desde -3 (no naturales, no ecológicos) hasta 3 (naturales, ecológicos).
- *“Grado de habitabilidad: En general, los espacios que he visto me parecen...”* valorando desde -3 (inhabitables, no acondicionados, no adecuados) hasta 3 (habitables, acondicionados, adecuados).

Medición psicofisiológica

Se decidió obtener la actividad electrodérmica de los participantes como medida psicofisiológica. La señal fue registrada, pre-procesada y analizada por instrumental y equipamiento específico.

Desarrollo de la experiencia

Al comienzo de cada sesión se explicaba brevemente al participante en qué consistía el experimento. Se le sentaba en posición cómoda delante de una pantalla de PC de 21 pulgadas. Se le indicaba que iba a escuchar un audio de relajación de unos dos minutos de duración y que debía seguir sus instrucciones, y que posteriormente vería una serie de fotografías de interiores residenciales durante otros dos minutos, debiendo estudiarlas con atención ya que a continuación debería contestar una serie de preguntas sobre las mismas.

Se recomendaba al participante que imaginara que, en breve, iba a residir en un espacio similar al visualizado, con objeto de inducir una mayor sensación de presencia.

A continuación, se le conectaba la pulsera de medición psicofisiológica, se le indicaba que moviese la mano lo menos posible y se proyectaba en pantalla uno de los videos. Tras acabar el video se pasaba a la encuesta. Posteriormente, tras un breve descanso, se procedía de igual manera con el segundo video y finalizaba la sesión.

Discusión y conclusiones

El test de contraste de hipótesis indica que no se han producido efectos de orden considerables durante la presentación de los estímulos, aunque, en las medidas psicofisiológicas se observó un ligero descenso de valores durante la visualización del segundo estímulo, quizá debido a la inmovilidad del sujeto, la habituación al experimento o al efecto acumulativo de dos audios de relajación.

En cuanto a los resultados del cuestionario, es destacable que los espacios considerados *“biofílicos”* o *“naturales”* sistemáticamente obtienen valoraciones más positivas en todos los aspectos evaluados (*“bienestar”*, *“dominancia”*, *“estrés”* y *“habitabilidad”*). Los altos niveles de correlación obtenidos entre las distintas variables indican que son factores interdependientes, es decir, corrigiendo uno se influye necesariamente en los demás.

En cuanto a los resultados de la medición psicofisiológica, se ha comprobado cómo la presentación de los distintos estímulos lograba alterar la respuesta fásica de la actividad electrodérmica de los participantes hasta unos niveles estadísticamente significativos e, igualmente, se ha correlacionado dicha respuesta orgánica con las *valoraciones de estrés en cuestionario, como era de esperar según la bibliografía.*

Los resultados anteriormente descritos inducen a pensar que un diseño arquitectónico de interiores que se perciba como “natural” o “biofílico”, es decir, que use colores claros y alegres, revestimientos en madera o piedra, permita la entrada de luz natural e incorpore vegetación, puede contribuir a incrementar la sensación de habitabilidad, bienestar y seguridad del espacio, a reducir los niveles de estrés y, en general, a aumentar la calidad de vida de sus usuarios.

Futuros trabajos pretenden, por un lado, ampliar el tamaño muestral y, por otro, considerar mayor variabilidad de estímulos presentados mediante Realidad Virtual, de forma que se pueda apreciar de una forma más dinámica la influencia de distintos factores de diseño en la percepción y en la respuesta psicofisiológica del usuario.

CONCLUSIONES

Muchas definiciones de Arquitectura comienzan: “*Arquitectura es el arte y la técnica...*”

Esta dualidad es la que hace la disciplina tan compleja de tratar.

La técnica refiere a la parte científica y tecnológica. Como tal, es el factor objetivo, cuantificable y predecible. Las soluciones a lo técnico, serán más o menos difíciles de calcular y más o menos costosas de lograr, pero se encuentran enmarcadas en un contexto en el que se puede concretar en qué grado se han satisfecho sus requerimientos, e incluso, en caso de error, se puede conocer en qué se ha fallado.

El arte, es lo opuesto. Concentra la parte personal y subjetiva del diseño, cuyas componentes (en parte la funcionalidad, en parte la estética) resultan muy difíciles de abordar. Si el fin último de la arquitectura es dar servicio a sus usuarios, para el proyectista, como ente subjetivo, no es fácil saber en qué grado ha satisfecho sus requerimientos y preferencias subjetivas. De hecho, cuando el diseño es desacertado, no sólo es difícil saber en qué se ha fallado, sino que, muchas veces, ni siquiera se sabrá que se ha fallado.

Una vez satisfechas las demandas sociales, superados los problemas técnicos y constructivos, y alcanzadas la funcionalidad y la habitabilidad en los edificios, el siguiente paso es la *humanización* de los espacios que habitamos, en cuyos interiores pasamos el 90 % de nuestro tiempo, sin la luz natural ni el aire fresco suficientes. Y es algo en lo que ya no pensamos, pero es la ciencia quien viene a recordarlo.

Hoy, la palabra racional de la ciencia, nos permite confirmar que todo aquello que sentimos, es mucho más que una experiencia fugaz, y que tiene sus raíces en lo más profundo de nuestra identidad.

Se ha comprobado que disciplinas como la Psicología Ambiental, el Diseño Basado en la Evidencia y, más recientemente, la Neuroarquitectura, se han preocupado por la profunda interacción de las personas con el entorno que las rodea y, cada una, desde su ámbito de aplicación, han ido desarrollando y aplicando una serie de metodologías y tecnologías para calificar y cuantificar esa influencia; y que, más allá de los resultados concretos a los estudios realizados, buscan poner de manifiesto la importancia de un diseño arquitectónico centrado en el bienestar del usuario. Y sin ser disciplinas independientes, es su enorme sinergia la que, a la hora de diseñar los espacios, nos ayudan a mejorar la experiencia de las personas que viven, aprenden y trabajan en ellos.

Ya no es una percepción subjetiva que los espacios visualmente abiertos a la luz natural producen mayor activación de las ondas alfa del cerebro, relacionadas con las situaciones de relajación, lucidez y ausencia de pensamientos complejos. Tampoco lo es, la sobre estimulación en entornos recargados, como productora de un aumento de la frecuencia cardíaca y, por extensión, de ansiedad. El contacto con la naturaleza, relacionado con una reducción de la falta de atención, y las zonas de intercambio social como incrementadoras de la dopamina (neurotransmisor que regula el sueño, entre otros beneficios), nos recuerdan, también, que la experiencia arquitectónica es mucho más que una “*vivencia visual*”.

Sabemos que son varias las decisiones arquitectónicas que influyen en nuestro estado mental; coincidimos en que un edificio realizado de materia inerte puede enfermarnos; reflexionamos en que un hospital o centro de salud no debe tratar “*personas enfermas*” sino que es necesario generar un cambio de narrativa desde su diseño con el fin de fomentar los espacios para sanar, para calmar, para recuperar la salud; reconocemos

que los colegios, los institutos de enseñanza media o las universidades, que se han construidos y se están construyendo en las grandes ciudades, modelan la forma de ser y pensar de aquellos que se están formando, y, al respecto, afirmamos que es posible que la arquitectura educativa, no responda hoy a lo que en verdad requiere el proceso cognitivo y emocional para aprender y memorizar acorde a los códigos del cerebro humano, y verdadera naturaleza humana.

Todos esos factores, son solo indicios de un gran universo de “causas y efectos”, donde la mirada sobre el entorno redefine nuestra experiencia cotidiana.

Y, es por ello, que el camino es ir en busca de esa arquitectura sensible, conmovedora, que pueda afectar a los sentidos de forma contundente; el camino es ir por esos espacios que cautivan, que emocionan, que erizan la piel; el camino es crear espacios que generen experiencias multisensoriales.

Nos conmovemos en el interior de una catedral gótica, por observar la tectónica de su luz interior. Oímos la arquitectura, porque cada edificio tiene un sonido característico. Podemos emprender un viaje al sublimarnos en el perfume de la piedra lavada o del campo o bosque que abraza una obra arquitectónica, o la fragancia del cuerpo de agua que completa su composición. Podemos saborear y acariciar ese espacio.

Recién con esa experiencia, que fue concebida con la mera intención de integrar y complacer todos nuestros sentidos, es cuando un espacio alcanza su máximo potencial, y se da por finalizado, el proyecto arquitectónico.

“Que tu espacio se viva más que con la vista”, sostienen los especialistas, en todo un acierto...

Sumar a lo emocional un propósito, nos llevará a una concepción del diseño que tiene a la conciencia como pilar fundamental.

Espero haber llevado a la reflexión, como proyectistas necesitamos plasmar una Arquitectura que vaya más allá de la simple necesidad de funcionalidad, confort, rentabilidad y estética, debemos alejarnos de lo abstracto para crear una Arquitectura para y por el bienestar psicológico, físico y espiritual de las personas.

“Mi casa es mi refugio, una pieza emocional de arquitectura, no una pieza fría de conveniencia. Creo en la arquitectura emocional, es muy importante para los seres humanos que la arquitectura se mueva por su belleza, sé que hay muchas soluciones técnicas para un problema, pero la más válida de ellas es la que ofrece al usuario un mensaje de belleza y emoción. Esto es la arquitectura”, Luis Barragán.

Y, como no podía ser de otra manera, me invade la necesidad de plantearles:

¿Se suman conmigo, a este universo en desarrollo? A esta ola emergente que a pasos agigantados se consolida para recordarnos que somos seres con vida y con necesidades mutantes, cambiantes... Estoy convencida de que es el camino correcto. Y lo más estimulante, es todo lo que nos queda por descubrir.

Cierro, entre suspiros, y como si fueran palabras que salieran de mi propia voz, con una cita de la autobiografía de Oscar Niemeyer:

“He aquí todo cuanto quería decir de mi arquitectura. He creado con fuerza e idealismo, pero también siendo consciente del hecho de que lo importante en la vida son los amigos e intentar convertir este mundo injusto, en un mejor lugar donde vivir”.

PROYECTO A FUTURO

POÉTICA PERSONALIZADA

Existe un movimiento de diseño sensorial cuyo objetivo consiste en eliminar los entornos dolorosos e incluso crear soluciones sensoriales que van más allá de la comodidad, para construir lugares donde las personas optimicen su rendimiento.

Sin embargo, se puede hacer mucho más.

La fusión de la tecnología adaptativa emergente con el diseño multisensorial, puede generar entornos que ayuden a las personas a cambiar, crecer y evolucionar de manera beneficiosa.

En este caso, el viaje del ocupante a través de dichos entornos ayuda de manera proactiva a las personas a realizar sus deseos, sueños y metas. Esto aumenta la búsqueda del potencial humano y la felicidad.

Así, dentro del entorno de un músico, la luz ilumina, un suave aroma floral llena el aire y el sonido reverberante de lo que tocan llena la habitación. Algunos pueden pasar por alto, tales estímulos sensoriales ambientales, pero para el músico que trabaja en este espacio arquitectónico, marca la diferencia.

Ahora bien, ¿qué pasa si la arquitectura cambia dinámicamente a medida que el músico toca su instrumento?

La luz de la habitación cambia su tono para reflejar un amanecer, el aroma del paisaje anula las notas florales y la materialidad y la forma de la arquitectura se transforman para alterar la manera en que el sonido llega al oído. A medida que el músico toca su obra maestra, el entorno se adapta para ayudar a este artista a actualizar su potencial de maestría. Así, como cada cuerda de violonchelo ayuda al músico a expresar su visión, el entorno ayuda al músico a dominar la expresión artística.

El diseño ambiental multisensorial trata de ayudar a los ocupantes a alcanzar sus niveles más altos de autorrealización. Para ello, la arquitectura debe orquestar sus estímulos, tanto de forma transitoria como a largo plazo. Dado que las características arquitectónicas se colocan no solo en el espacio, sino también en el tiempo, pueden trabajar juntas de forma dinámica para crear entornos que ayuden de manera proactiva a los ocupantes a crecer en lo mejor de sí mismos.

Así es como la Poética Personalizada puede funcionar dentro de la arquitectura que aprovecha al máximo el diseño multisensorial; marcada por la forma en que un diseño arquitectónico ayuda de manera proactiva a sus ocupantes a autorrealizarse y perseguir sus deseos, sueños y metas.

Para ello, es fundamental aprovechar la experiencia multisensorial dentro de la arquitectura y las ciudades, con un diseño que va más allá del sentido visual. Es con la orquestación de todos los sentidos que un entorno puede tener mayor efecto, donde sus espacios se componen para ayudar a los ocupantes a actualizar la obra maestra en desarrollo, que son sus propias vidas. Esta “composición” que se desarrolla a lo largo de la vida de una persona, es clave para encontrar la felicidad, y es el diseño multisensorial adaptativo el que puede ayudar a una persona a esculpir una composición de este tipo, con su vida.

¿Se embarcan conmigo, en la búsqueda de nuevas formas de ver la arquitectura?

No quiero finalizar sin antes enviar mis condolencias y cariños sinceros a todas aquellas personas que perdieron seres queridos a causa del Covid19. Como así también, a todas aquellas que, hoy en día, luchan por sus vidas. ¡Fuerzas!

Que Dios los bendiga.

María Julieta Navarro



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Colección “Maestro de la Arquitectura”, Editorial Salvat S.L., Barcelona.

Biblioteca Virtual MIGUEL DE CERVANTES, Obra Visor, Los diez libros de Arquitectura de Marc Vitruvio Polión.

Design Informed: Driving Innovation with Evidence-Based Design, Robert Brandt, Gordonh Chong, W. Mike Martin. The American Institute of Architects.

Salk Institute, salk.edu

Psicología y mente, sitio web: <https://psicologiaymente.com/psicologia/piramide-de-maslow>

Academia de Tecnología de Trabajo, sitio web: <https://www.worktechacademy.com/neuroarquitectura/>

The Center for Health Design, website: <https://www.healthdesign.org/chd/knowledge-repository/view-through-window-may-influence-recovery-surgery>

Connections by finsa, sitio web: <https://www.connectionsbyfinsa.com/neuroarquitectura/>

Tesis doctoral “Diseño arquitectónico centrado en el usuario mediante neurotecnologías inmersivas”, JUAN LÓPEZ-TARRUELLA MALDONADO. Septiembre 2017. Universidad Politécnica de Valencia

LENI Grupo de Investigación en el área de Neuroarquitectura en la Universidad Politécnica de Valencia, sitio web: <http://www.i3b.upv.es/narch/en/publications/>

Article: “Cold and warm coloured classrooms. Effects on students’ attention and memory measured through psychological and neurophysiological responses”. Carmen Llinares, Juan Luis Higuera-Trujillo, Juan Serra.

Article: “Do Attention and Memory Tasks Require the Same Lighting? A Study in University Classrooms”. Carmen Llinares, Nuria Castilla, and Juan Luis Higuera-Trujillo.

Article: “Multisensory stress reduction: a neuroarchitecture study of paediatric waiting rooms”. Juan Luis Higuera-Trujillo, Carmen Llinares Millán, Antoni Montañana i Aviñó & Juan-Carlos Rojas.

Article: “The Cognitive-Emotional Design and Study of Architectural Space: A Scoping Review of Neuroarchitecture and Its Precursor Approaches”. Juan Luis Higuera-Trujillo, Carmen Llinares and Eduardo Macagno.

Article: “The influence of classroom width on attention and memory: virtual-reality-based task performance and neurophysiological effects”. Carmen Llinares Millán, Juan Luis Higuera-Trujillo, Antoni Montañana i Aviñó, Jorge Torres & Carla Sentieri.

Article: “User Evaluation of Neonatology Ward Design: An Application of Focus Group and Semantic Differential”. Juan Luis Higuera Trujillo, Antoni Montañana i Aviñó and Carmen Llinares Millán.

ANFA, The Academy of Neuroscience for Architecture, sitio web: <https://anfarch.ucsd.edu/HomePage>

ANFA, The Academy of Neuroscience for Architecture, Base de Datos, sitio web: <https://anfarch.ucsd.edu/BRIK-database>

Philips, sitio web: <https://www.lighting.philips.es/sistemas/temas/iluminacion-dinamica>

Novelec, el valor del servicio, sitio web: <https://blog.gruponovelec.com/iluminacion/ques-la-iluminacion-dinamica/>

Libro “Hogar sin tóxicos”, autor: Carlos da Prada, Responsable de la campaña Hogar sin Tóxicos de la Fundación Vivo Sano.

Working Lab, La belleza matemática de la naturaleza, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=3dGv_pzlwkY

Plataforma Arquitectura, Acústica en la arquitectura: Estrategias y tendencias de diseño, sitio web: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/961589/acustica-en-la-arquitectura-estrategias-y-tendencias-de-diseno?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

Mixtli, sitio web: <https://www.especiasmixtli.com/blog-entry/terapia-de-sonido-binaural-y-sus-beneficios>

Ruly Villar-Document, Psychologue Clinicienne, PsychoNeurothérapeute, sitio web: <https://www.rvd-psychologue.com/es/neuroestimulacion-investigaciones-aplicaciones-sonidos-binaurales.html>

Tesis “Arquitectura y Biofilia”, ARQ. NESTOR DE JESÚS ROSALES PÉREZ. Octubre 2019. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad del Hábitat, Instituto de Investigación y Posgrado.

Plataforma Arquitectura, “Aire y naturaleza en el interior: beneficios de la biofilia en la arquitectura”, sitio web: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/927694/aire-en-el-interior-beneficios-de-la-biofilia-en-la-arquitectura>

AD Magazine, “Diseño de aromas: Un enfoque aromático del interiorismo”, sitio web: <https://www.admagazine.com/interiorismo/diseño-de-aromas-un-enfoque-aromatico-del-interiorismo-20201025-7605-articulos.html>

Blog sobre bioconstrucción y cooperativismo, construcción con paja y revocos de arcilla, apuntes sobre “Arquitectura biológica. La vivienda como organismo vivo”, de Marco Aresta, sitio web: <http://casadepaja.es/apuntes-sobre-arquitectura-biologica-la-vivienda-como-organismo-vivo-de-marco-aresta/>

Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), sitio web: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlesp.pdf>

SciELO Cuba, Biblioteca Científica Electrónica en Línea de Iberoamérica, Artículo: “Radiaciones electromagnéticas y salud en la investigación médica”, sitio web: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572010000100005

Radiansa Consulting, Sitio web: https://tienda.radiansa.com/epages/eb4936.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/eb4936/Categories/Blindaje/Campos_magn%C3%A9ticos

BCN Projecta, Telecomunicaciones en el espacio urbano, Artículo “Campos Electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja en el entorno laboral”, sitio web: <http://www.bcnprojecta.com/campos-electromagneticos-en-el-entorno-laboral-2/>

CMI Clínica Medicina Integrativa, Artículo “Biomúsica y Sincronización hemisférica”, sitio web: <https://www.medicinaintegrativa.com/tratamientos-tecnicas-mente-cuerpo-biomusica-y-sincronizacion-hemisferica/>

La Vanguardia, Artículo “Lo que pensamos varía nuestra biología”, sitio web: <https://www.lavanguardia.com/lacontra/20110909/54213913374/lo-que-pensamos-varia-nuestra-biologia.html>

Diseño desde el ser humano: Richard Neutra, escrito por Dra. Catherine Ettinger, sitio web: <file:///D:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-DisenoDesdeElSerHumanoRichardNeutraYSuProyectoPara-7435355.pdf>

The Neutra institute for survival through design, sitio web: <https://neutra.org/the-neutra-institute-for-survival-through-design/>

Biografía de Richard Joseph Neutra, sitio web: <https://neutra.org/the-neutra-legacy/richard-joseph-neutra/>

Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), sitio web: <http://www.i3b.upv.es/web/en/>

Centro de Musicoterapia Vibroacústica, sitio web: <http://www.vibroacustica.com.ar/2012/sobre-el-abordaje/>

Endémico, plataforma digital, sitio web: <https://www.endemico.org/biofilia-amor-por-todo-lo-vivo/>

Simbiotia, sitio web: <https://www.simbiotia.com/que-es-un-jardin-terapeutico/>

Estudio de Human Spaces, “El impacto mundial del Diseño Biofílico en el lugar de trabajo”, sitio web: http://interfaceinc.scene7.com/is/content/InterfaceInc/Interface/EMEA/eCatalogs/Brochures/Human%20Spaces%20report/Spanish/ec_eu-humanspacesreport-es.pdf

Plataforma de Arquitectura, sitio web: https://www.plataformaarquitectura.cl/search/cl/all?q=Javier%20Senosiain&ad_source=jv-header

Casa Batló, sitio web: <https://www.casabatllo.es/antoni-gaudi/casa-batllo/interior/>

Jardines Sanadores, historia “El vínculo del ser humano con la Naturaleza”, sitio web: <http://jardinessanadores.cl/historia/>

Revista Muy Interesante, artículo “Benoît Mandelbrot, el padre de la geometría fractal”, sitio web: <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/fallece-benoit-mandelbrot-el-padre-de-la-geometria-fractal>

Historia hoy, artículo “La fascinante teoría del color de Goethe”, sitio web: <https://www.historiahoy.com.ar/la-fascinante-teoria-del-color-goethe-n2598>

AD Magazine, artículo “Casa Gilardi de Luis Barragán”, sitio web: <https://www.admagazine.com/cultura/luis-barragan-esta-pelicula-explora-la-casa-gilardi-en-la-ciudad-de-mexico-20191127-6215-articulos.html>

Psicología Online, artículo “Qué es la Psicología Ambiental: definición, características y ejemplos”, sitio web: <https://www.psicologia-online.com/que-es-la-psicologia-ambiental-definicion-caracteristicas-y-ejemplos-4693.html>

Elementos básicos de Psicología Ambiental, sitio web: http://www.ub.edu/psicologia_ambiental/psicologia_ambiental

The Center for Health Design, sitio web: <https://www.healthdesign.org/>

Perkins & Will, Instituto de Neurociencia Gardner de la Universidad de Cincinnati, sitio web: <https://perkinswill.com/news/university-of-cincinnati-gardner-neuroscience-institute-brings-innovation-in-care-to-neurological-patients/>

Gresham Smith, Artículo “Completa el MT Mustian Center planeado y diseñado por Gresham Smith”, sitio web: <https://www.greshamsmith.com/news/gresham-smith-planned-and-designed-m-t-mustian-center-complete/>

HKS, Caso de estudio “Texas Health Hospital Frisco y UT Southwestern Medical Center Frisco “, sitio web: <https://www.hksinc.com/what-we-do/case-studies/texas-health-hospital-frisco-and-ut-southwestern-medical-center-frisco/>

PSI, Abigail Rivera – Psicóloga, Artículo: “Influencia del arte en el entorno hospitalario”, sitio web: <https://www.psi.com.sv/2018/08/17/influencia-del-arte-en-el-entorno-hospitalario/>

Ministerio de Cultura de Argentina, Artículo: “Arte en Hospitales: ¿cómo ayuda a transitar la enfermedad?”, sitio web: https://www.cultura.gob.ar/arte-en-hospitales_7250/

CONICET, “La OMS recomienda incluir el arte y la cultura en la atención sanitaria”, sitio web: <https://enys.conicet.gov.ar/la-oms-recomienda-incluir-el-arte-y-la-cultura-en-la-atencion-sanitaria/>

World Health Organization, 2019, “HEALTH EVIDENCE NETWORK SYNTHESIS REPORT 67”, sitio web: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329834/9789289054553-eng.pdf>

Hospital de Pediatría Garrahan, sitio web: https://www.1183.com.ar/portfolio/hospital_garrahan/

Revista de la Facultad de Medicina, Artículo “Efectos Terapéuticos del Diseño en los Establecimientos de Salud”, Autora: Sonia Cedrés de Bello.

Ministerio de Diseño, Artículo: “Sinestesia – Expandir los sentidos al servicio de la arquitectura emocional”, sitio web: <https://www.xn--ministeriodediseo-uxb.com/actualidad/sinestesia-expandir-los-sentidos-al-servicio-de-la-arquitectura-emocional/>

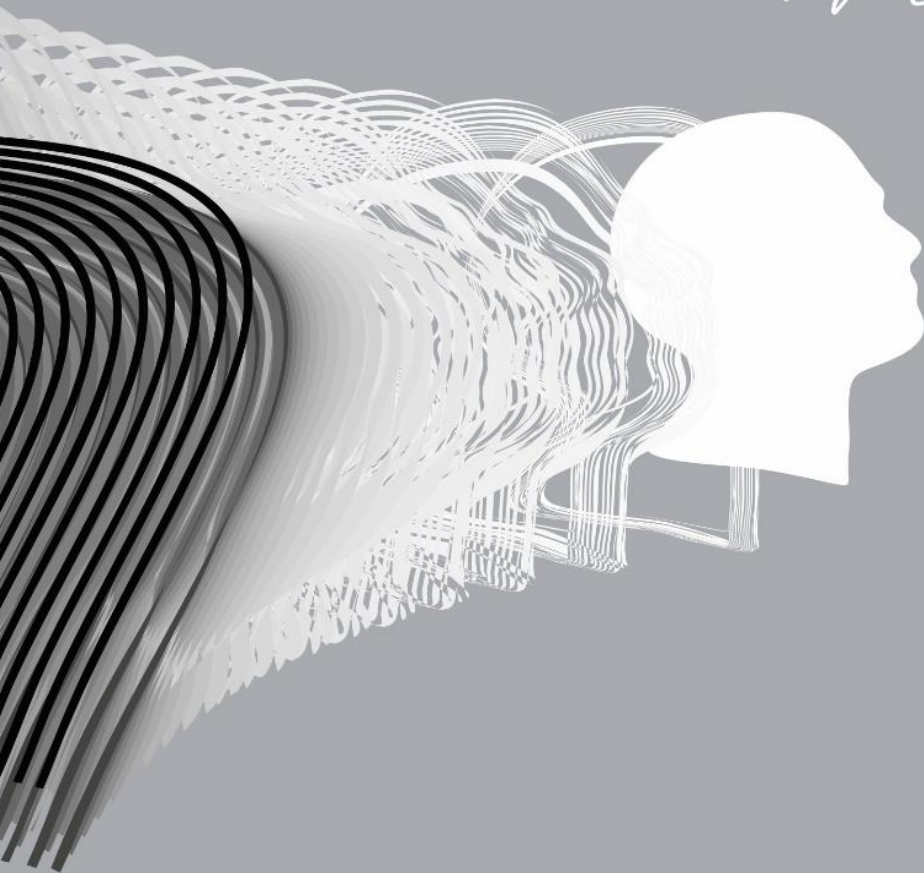
Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional, “Sistemas, Modelos, Simulación y un toque de Epistemología” de Cova, Walter José Domingo. Sitio web: http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/sistemas_modelos_simulaci%F3n.pdf

Fiuba, Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires, “sistemas, modelos y simulación”, sitio web: https://qlp.se.gob.ar/pv_qlp/publico/archivos/4.pdf

Psicología y mente, artículo: “Las diferencias entre la Psicología y la Fisiología”, sitio web: <https://psicologiaymente.com/psicologia/diferencias-entre-fisiologia-y-psicologia>

“ LA ARQUITECTURA NO SOLO TIENE
QUE SERVIR, SINO TAMBIÉN CONMOVER.”

Arq. Le Corbusier



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL