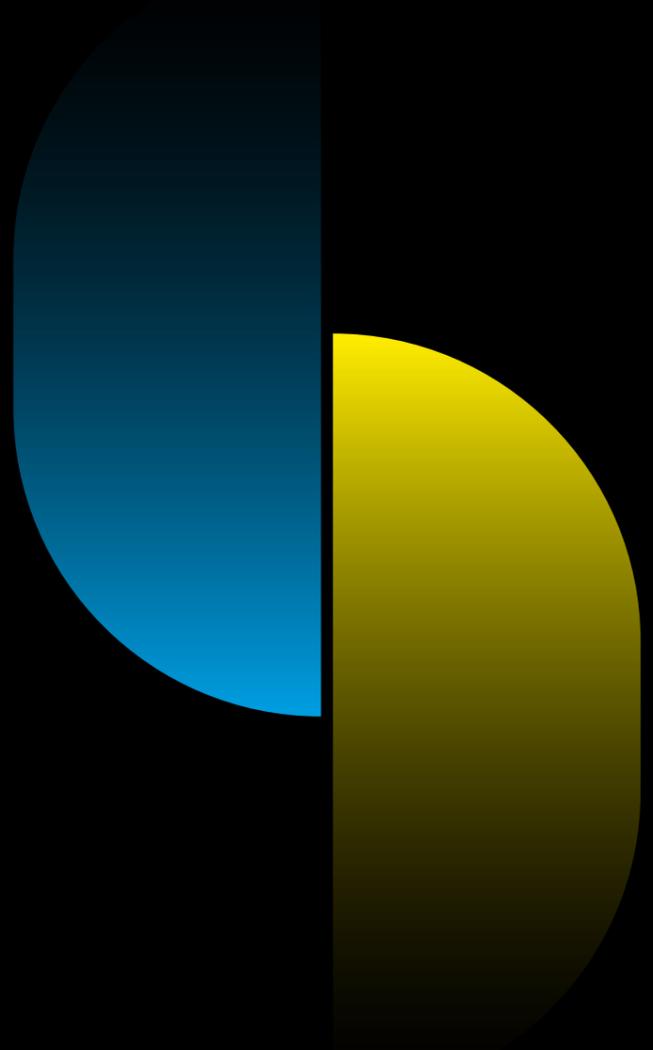




# **Soluciones de luz para la accesibilidad cognitiva y la integración sensorial**

La iluminación  
artificial: diseñando  
espacios accesibles



## REDACTORES

## PRESENTACIÓN

## INTRODUCCIÓN

LA LUZ ARTIFICIAL COMO ARQUITECTURA

Iluminación funcional

Iluminación emocional

Iluminación sensorial

Iluminación expresiva

Consideraciones estéticas y funcionales

VISIÓN INTEGRADORA DE LA ILUMINACIÓN

## ESPACIO, CONDUCTA ESPACIAL Y DISEÑO

MODELO PARA DISEÑAR

ACCESIBILIDAD COGNITIVA Y PARA LA INTEGRACIÓN SENSORIAL

PERFILES FUNCIONALES Y ESCENARIOS ESPACIALES

LA ILUMINACIÓN EN LA CONDUCTA ESPACIAL

ILUMINACIÓN ADAPTADA A DIVERSOS PERFILES FUNCIONALES

## NEUROCIENCIA Y ARQUITECTURA

SISTEMA NERVIOSO HUMANO

LA ILUMINACIÓN EN RELACIÓN CON EL SISTEMA NERVIOSO, VISUAL Y ENDOCRINO

MECANISMOS E INTERACCIÓN: RESPUESTA VISUAL, MOTORA, EMOCIONAL, COGNITIVA Y CIRCADIANA

## MODELO PARA DISEÑAR

EL MODELO DESDE LA NEUROCIENCIA

PRINCIPIOS O POSTULADOS

Principios universales

Principios del diseño

COMPONENTES DE DISEÑO

## PLANIFICACIÓN LUMÍNICA INTEGRADA EN EL MODELO

PROYECTO LUMÍNICO Y JERARQUÍAS DE NECESIDADES

ESTRATEGIAS DE ILUMINACIÓN

REDACTORES

# Berta Brusilovsky Filer ACFEE



ARQUITECTA, URBANISTA.

Máster en accesibilidad y diseño para todos por la Universidad de La Salle. Madrid. Se ha desempeñado en trabajos de cooperación internacional con Naciones Unidas. Crea en 2.015 la Asociación para la comprensión fácil de entornos y edificios -ACFEE- de la cual es presidenta.

Desde 2011 trabaja en una metodología de diseño para la accesibilidad cognitiva, modelo que en 2018 comienza a enriquecerse con un enfoque de neurociencia y arquitectura. Y que en 2020 ya asume un derrotero más integral incluyendo las variables de la integración sensorial. Estas innovaciones en materia de diseño y arquitectura le han abierto las puertas como docente en universidades -y otros centros de estudio en temas relacionados con sus experiencias- en España, Latino América: Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, Perú. Y países de Europa central: entre ellos Grecia y Malta país este último que asumió el modelo con todas sus consecuencias trabajando una semana completa con la metodología del modelo.

En Chile ha podido formar parte de equipos de proyectos sobre legislación de vivienda social y accesibilidad cognitiva y para la integración sensorial en instituciones oficiales.

Ganadora de premios, galardones y participado en congresos nacionales e internacionales. Sus libros publicados se han traducido al inglés y muchos de los artículos redactados para el CENIE<sup>1</sup> al inglés y al portugués.

<sup>1</sup> CENIE. Centro internacional sobre el envejecimiento. Universidad de Salamanca.

Colaboradora de equipos que diseñan espacios para mayores, personas con discapacidades intelectuales, autismo y centros de educación para mejorar la movilidad consciente de las personas asistentes a estos equipamientos y centros de estudios.

Un breve recorrido por los proyectos de accesibilidad cognitiva revela la intención de que la luz natural y artificial participen del espíritu del espacio. Pero por diversos motivos: económicos, existencia previa de las instalaciones, facilidades en el uso de elementos tanto formales como de color, los proyectos llevados a cabo se inclinaron hacia el uso de un vocabulario de contrastes de volúmenes, formas, colores y elementos no constructivos: paneles, vinilos y figuras humanas como elementos denominadores del espacio: para ser guías y movilizadores.

La enseñanza de este conjunto de metodologías y conceptos en las Escuelas Técnicas puede cambiarles a muchas personas el uso natural y espontáneo de los espacios porque son conceptos que sin esfuerzo y de manera natural las acompañan en todos sus recorridos.

REDACTORES

# Lamp S.A.U

Diseño, desarrollo,  
y producción de  
soluciones de  
iluminación  
técnica interior  
y exterior

DESDE 1972.

**Lamp S.A.U.** es una empresa dedicada al diseño, desarrollo y producción de soluciones de iluminación técnica interior y exterior. **Fundada en 1972, tiene su sede central ubicada en Terrassa** (España), centro en el que se realiza tanto la producción de luminarias como la función de headquarters de Lamp y sus **filiales situadas en Francia, México, Colombia, Chile y Dubái, así como del resto de oficinas comerciales.**

Desde **hace más de 50 años** La historia de Lamp, empresa con una fuerte tradición industrial, es una **historia de transformación**, que discurre en paralelo a los cambios tecnológicos que han ido acompañando a la industria de la iluminación, y también a los cambios sociales, ya que la iluminación acompaña la transformación de los espacios y la forma en la que las personas habitan en ellos.

En Lamp somos trabajo y actitud, somos Worktitude For Light.

Para hacer realidad nuestra visión, trabajamos guiados por nuestros tres ejes estratégicos o *Working Paths*:



#### WORKTITUDE FOR WELLBEING

Entendemos la iluminación como un elemento fundamental para mejorar el bienestar de las personas, analizando los efectos visuales y los no visuales de la luz.



#### WORKTITUDE FOR INNOVATION

Promovemos y adoptamos proyectos de innovación orientados a la mejora constante de manera transversal, entendiendo que la innovación es un proceso sistémico y sistemático.



#### WORKTITUDE FOR LIFE

Impulsamos proyectos que generan un impacto positivo en el medioambiente y promovemos una industria de la iluminación más sostenible.

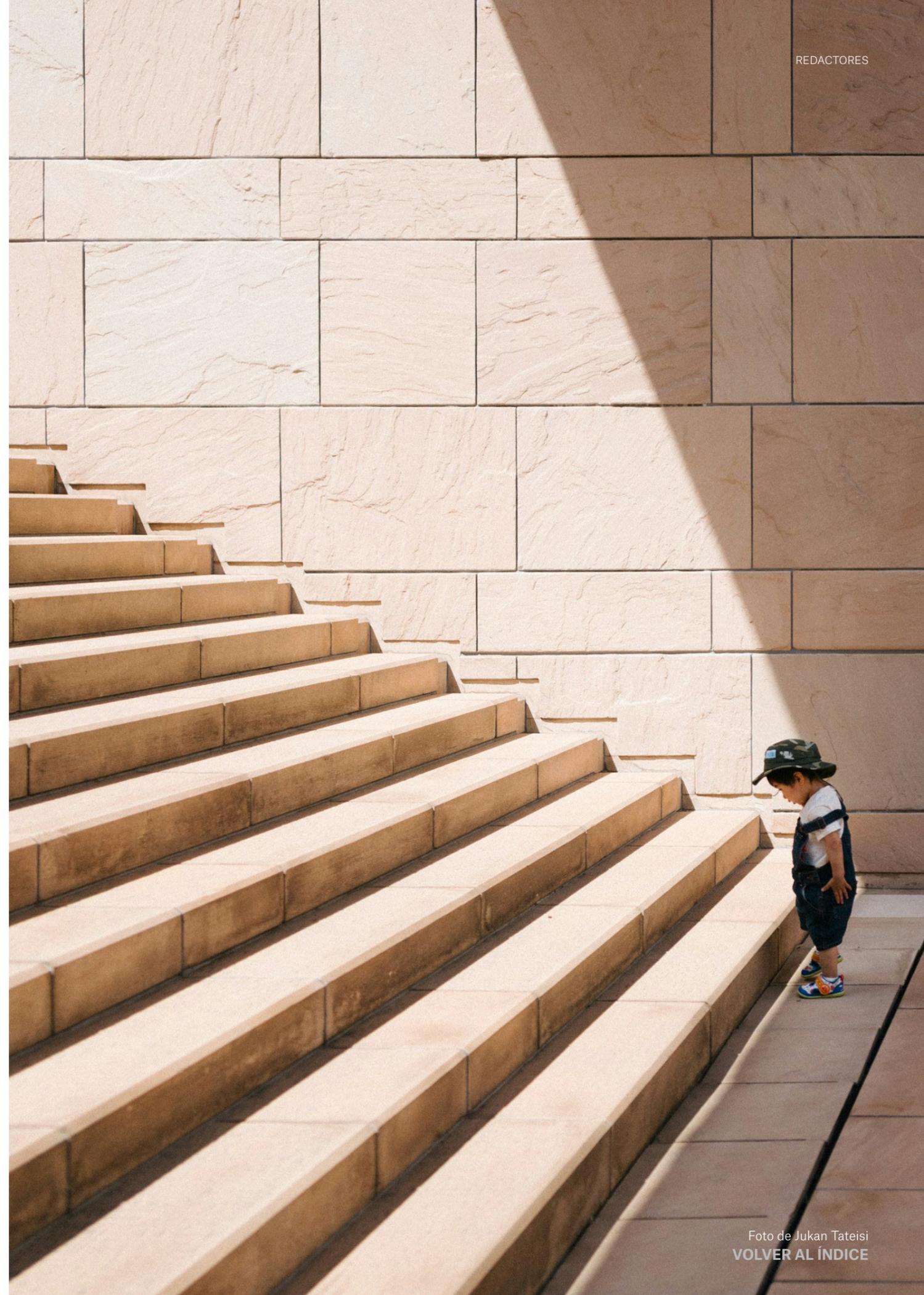
# ARQUITECTURA

## Sana

A principios del mes de abril de 2024, nos pusimos de acuerdo para conectar investigaciones, conocimientos y experiencias acerca de dos temas importantes dentro de la arquitectura y el diseño: la iluminación y la accesibilidad universal. Más concretamente la iluminación artificial y la accesibilidad cognitiva y para la integración sensorial. Puestas en común las primeras ideas, deseamos que la reunión de estas dos formas de crear hábitat de calidad, accesible y comprensible para el bienestar y la salud integral de las personas y la mejor convivencia, tenga no solo impacto en los proyectos que sigan esta comunión de supuestos y recomendaciones. Creemos que con el entusiasmo de quienes hemos participado se puede mejorar la calidad de muchos proyectos cuyos autores buscan reglas innovadoras para incluirlas en sus realizaciones y creaciones. Los ejemplos que se incluyen son prácticos, muchos ya probados, otros ideados por el maridaje de la luz y el enfoque del modelo para diseñar espacios accesibles, siempre justificándolos, para que no sean el círculo cerrado de un autor. Sino una forma de crear nuevas miradas y soluciones y en el futuro, nuevos conocimientos de quienes vengan detrás del tándem inicial.

Se han incluido en el documento principios básicos de ambos temas, que, desarrollados en conjunto, crean un enfoque nuevo que se ofrece para ser mejorado cuando nuevos autores lo conviertan, como hecho nosotras, en un juego vocacional cuyo resultado es la arquitectura sana. Es por eso por lo que resulta imposible decir qué parte ha sido redactada por una o por otra participante, ya que el texto está formado por una carga tan importante de acuerdos que el resultado de la experiencia se puede considerar como un nuevo e interesante punto de partida para quienes quieran diseñar con accesibilidad cognitiva e integración sensorial y con luz. Con el mejor acompañante en esta experiencia: una empresa de iluminación que sabe lo que hace y lo que ofrece a sus clientes, que se pueden sentir tranquilos porque tanto las formas, los materiales y las condiciones lumínicas crean ambientes sostenibles y destinos para ideas y realidades diferentes.

LAS AUTORAS:  
BERTA BRUSILOVSKY Y RAQUEL QUEVEDO,  
DE LA MANO DE LAMP



# Introducción

La luz artificial, utilizada como un lenguaje arquitectónico de comunicación con las personas es capaz de transmitir las ideas de la propia arquitectura manteniendo una elevada coherencia formal y conceptual con el proyecto arquitectónico.

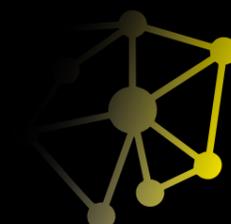
La idea de simplemente obtener un nivel de iluminación que cumpla con las normas ha sido superada por su utilización como justificante de determinadas actuaciones que sirvan para organizar, a través de ella, propuestas conectoras y orientadoras con cualidades para:



Orientar a partir de los diferentes tipos, lugares, colores y formas.



Incidir sobre las acciones en movimiento: modificando o reduciendo la longitudinalidad de los espacios.



Crear actuaciones que incidan en los diferentes componentes arquitectónicos para que sirvan de conectores en secuencia.



Incorporar factores específicos de diseño incluyendo sus componentes técnicos que no puedan afectar la salud de las personas. Por el contrario, deben servir como interlocutores entre ellas, sus actividades y el espacio donde estas se llevan a cabo.

Esto significa incorporar conceptos que definen componentes que cambian o se refuerzan en base a sus efectos, tanto en el exterior como en el interior.

# La luz artificial como ARQUITECTURA

## Iluminación funcional

Se centra en garantizar las condiciones lumínicas básicas y necesarias para desempeñar la actividad prevista en el espacio, respondiendo a criterios cuantitativos y de cumplimiento normativo, sin considerar otros aspectos de carácter cualitativo, desde un enfoque puramente “funcionalista”. Capaz de proporcionar la cantidad adecuada para realizar tareas específicas de manera eficiente y segura. Este tipo de iluminación tiene como objetivo maximizar la visibilidad y minimizar la fatiga ocular, asegurando que el espacio esté adecuadamente iluminado para su propósito principal. Se diseña teniendo en cuenta los requisitos de cada actividad, como la intensidad, la distribución y la temperatura de color.

## Iluminación emocional

Busca crear ambientes que influyan en el estado de ánimo y las emociones de las personas. Utiliza la luz para generar atmósferas que pueden ser relajantes, estimulantes, acogedoras o dramáticas, dependiendo del contexto. Este tipo de iluminación puede cambiar la percepción del espacio teniendo en consideración los acabados y las texturas, así como la combinación de luces y sombras, creando diferentes efectos lumínicos a través del uso adecuado de ópticas y distribuciones lumínicas.

### ELEMENTOS CLAVE

-  Niveles lumínicos
-  Uniformidad
-  Criterios de deslumbramiento
-  Calidad lumínica

### ELEMENTOS CLAVE

-  Atmósfera lumínica
-  Temperatura de color
-  Combinación de sistema lumínicos directos e indirectos
-  Jerarquías lumínicas

## Iluminación sensorial

Se enfoca en la experiencia sensorial y la percepción del espacio a través de la luz. Este tipo de iluminación estudia cómo sus cualidades: la intensidad, la dirección y el color interactúan con los materiales, las formas y los volúmenes en un entorno arquitectónico, afectando a la percepción espacial y el desempeño cognitivo de los usuarios, incluyendo los criterios y necesidades específicos de los usuarios con diversidad etaria y funcional.

### ELEMENTOS CLAVE

- Experiencia visual
- Orientación: dirigir la atención a detalles específicos creando un recorrido visual
- Estimulación. realzar texturas y colores, acentuar formas arquitectónicas y materiales, fomentar la actividad física
- Interrelación con el usuario evitando experiencias negativas

## Iluminación expresiva

Es una tipología utilizada como un medio de expresión artística y de comunicación. Este tipo de efectos no solo ilumina el espacio, sino que también lo transforma, añadiendo una capa de significados y emociones que puede comunicar ideas, contar historias o enfatizar características específicas del diseño arquitectónico. Por eso se caracteriza por su creatividad y su capacidad para evocar sensaciones y respuestas emocionales intensas. Permite a los diseñadores y artistas ir más allá de una funcionalidad básica, utilizando su poder para transformar y animar los espacios. Al combinar creatividad con tecnología, puede convertir cualquier entorno en una obra de arte dinámica e interactiva.

### ELEMENTOS CLAVE

- Dramatismo: Uso de contrastes fuertes entre luz y sombra para crear efectos dramáticos y resaltar elementos arquitectónicos
- Uso del color: empleo de luces de colores para alterar la percepción del espacio y provocar diferentes emociones
- Plasticidad: creación de patrones lumínicos a través de proyectores y filtros para generar interés visual y dinamismo
- Interactividad: en algunos casos puede ser interactiva, respondiendo a la presencia o acciones de las personas en el espacio
- Un tipo que hay que calibrar antes de su aplicación en espacios con población con neurodiversidad

## Consideraciones estéticas y funcionales

Equilibrio entre estética y funcionalidad: debe ser atractiva visualmente, pero también debe cumplir funciones prácticas, ayudando a la orientación y movilidad sin causar sobrecarga sensorial.

## Vocabulario lumínico claro

Utilizando un diseño que sea comprensible y accesible para todos, independientemente de su estado o condición contribuye a crear un entorno inclusivo y funcional.



# Visión integradora de la ILUMINACIÓN

En 2019 la Comisión Internacional de Iluminación (CIE: *Commission Internationale de l'Éclairage*), introdujo como término oficial en su ILV: *International Lighting Vocabulary, 2nd edition*, el término Iluminación integradora para referirse a la "iluminación que integra efectos visuales y no visuales y produce beneficios fisiológicos y/o psicológicos en los seres humanos".

## Efectos no visuales

No solo influye en la visión, sino también en otros aspectos de la salud humana, como la regulación de los ritmos circadianos en relación con el sistema endocrino, la producción de melatonina y el bienestar general. Estos efectos no visuales son mediados por fotorreceptores específicos en el ojo, llamados células ganglionares intrínsecamente fotosensibles de la retina (ipRGC), especialmente sensibles a las emisiones en las longitudes de onda entorno a los 480nm.

## Recomendaciones para la iluminación interior

Se recomienda un ajuste que imite los patrones naturales. En general, y entendiendo las particularidades de los usuarios y el espacio en el que se está trabajando, se sugiere mantener durante el día mayor intensidad para promover la alerta, mientras que por la noche esta debería reducirse con las emisiones azules, priorizando aquellas fuentes con mayores valores en las tonalidades cálidas. De esta forma se promueven los mecanismos biológicos que ayudan a preparar el cuerpo para un adecuado descanso, condición necesaria para que tengan lugar los mecanismos de regeneración llevados a cabo por el sistema nervioso parasimpático.

El artículo de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) titulado "*Position Statement on Non-Visual Effects of Light: Recommending Proper Light at the Proper Time*" aborda los efectos no visuales de la luz en la fisiología humana, el estado de ánimo y el comportamiento, destacando los siguientes puntos:

## Importancia de la exposición a la luz natural

La exposición durante el día es crucial para mantener una correcta sincronización biológica. Pasar tiempo al aire libre se asocia con mejores resultados de salud y bienestar. La natural, ayuda a sincronizar el reloj biológico interno con el ciclo día-noche, al ser un estímulo que de forma natural activa la segregación de cortisol, hormona necesaria para que se desencadenen los mecanismos de activación llevados a cabo por el sistema nervioso simpático.

## Riesgos del uso inapropiado

El uso inapropiado de luz artificial, especialmente de fuentes con altas emisiones en las longitudes de onda comprendidas entre los 380 y 450nm, correspondiente a las tonalidades azules del espectro visible, puede perturbar el ritmo circadiano y afectar negativamente a la salud.

The background features several abstract shapes: a large blue semi-circle on the left, a yellow semi-circle below it, a yellow circle in the upper left, a yellow circle in the upper right, a yellow semi-circle on the right, and a blue circle overlapping the bottom of the word 'diseño'.

# Espacio, conducta espacial y diseño

# Modelo para DISEÑAR

El modelo escrito hace más de diez años se ha ido recreando con un enfoque más complejo y analítico basado en la neurociencia. Los contenidos iniciales incluían un visión experimental basada en las experiencias de usuario: sensoriales y de la percepción que jugaban inicialmente un papel preponderante. Entrar en las profundidades del SNH y sus complejos procesos relacionados con la conducta espacial, ha permitido explicar sistemáticamente cada uno de los conceptos del modelo más allá de los momentos iniciales. Llegando también a grupos etarios más amplios que aquellos que se incluían inicialmente: las personas con discapacidades intelectuales o del desarrollo.

Entre ellas, se ha trabajado profundamente:

- **Poblaciones mayores que tanto atraen por su diversidad y los cambios que han ido mostrando a lo largo de este siglo.**
- **Personas de muy diversas características pertenecientes al entorno del autismo.**
- **Infancia y adolescencia con enfermedades no específicas o raras.**

Este enriquecimiento ha sido posible partiendo de un enfoque que incluye a los procesos del sistema nervioso implicados en las conductas espaciales y la deambulación. En este proceso, los cambios de la cultura de finales del siglo XX y del siglo XXI y el concepto de inclusión han ejercido un papel fundamental permitiendo entender que las relaciones persona-entorno influyen sobre actitudes y valores que condicionan la perspectiva y las miradas desde los individuos hacia lo que los rodea para reconocerlo, disfrutarlo y sencillamente vivirlo. La pregunta siguiente fue el desencadenante de estas investigaciones: ¿Puede un edificio hecho de materia inerte hacernos sentir angustiados o felices, aburridos o estimulados, comprometidos o indiferentes? ¿Seguros o inseguros? ¿Orientados? ¿Perdidos?

## LAS CLAVES

Saber cómo funciona el cerebro humano en las aferencias sensoriales, percepción, y eferencias de la cognición, emociones y acciones motoras durante la deambulación y en la conducta espacial ha permitido incluir estrategias de diseño más adecuadas, apropiadas e imaginativas. Principios y componentes tienen su anclaje en el sistema nervioso: funciones y procesos de la percepción y cognitivos que desencadenan acciones motoras espaciales. E inciden sobre la salud del sistema nervioso reduciendo efectos negativos sobre la autonomía humana.



# Accesibilidad COGNITIVA y para la integración SENSORIAL

La neurociencia explica el porqué de las reacciones humanas en los entornos y en la arquitectura, visiones que hasta ahora eran o no comprendidas o que habían recibido justificaciones subjetivas. Desde este enfoque, determinadas soluciones espaciales pueden colaborar para resolver o mejorar la deambulación natural, bloqueada por motivos que tienen solución con diseños adecuados.

Con este enfoque, el modelo se entiende:

- 01 Como el conjunto de características que debe desarrollar un entorno urbano, una edificación o conjunto.
- 02 Definido por componentes integrados en un vocabulario accesible teniendo en cuenta el espectro cognitivo y para la integración sensorial.

## Cognitivamente accesible

Se refiere a un vocabulario de componentes del diseño comprensible y accesible desde el punto de vista de su facilidad para ser utilizado porque no ofrece barreras o dificultades para la orientación y la autonomía espacial de las personas. Conjunto de relaciones secuenciales sin fracturas para la orientación espacial.

## BENEFICIA A PERSONAS CON

- **Dificultades para percibir los objetos en relación consigo mismo. no de uso individual o colectivo.**
- **Desorientación de dirección.**
- **Desorientación tomando como base los puntos de referencia circundantes.**
- **Amnesia topográfica: desorientación que remite a la incapacidad para aprender y recordar relaciones topográficas entre puntos de referencia. Difícilmente será autónomo.**

## Para la integración sensorial

Conjunto de componentes de un vocabulario espacial que por sus condiciones y por sus relaciones entre componentes de diseño disminuye los problemas de las personas con alta sensibilidad para la integración sensorial. Siendo este el proceso mediante el cual el sistema nervioso central recibe todas las sensaciones que le llegan a través de los sentidos, las reconoce e interpreta (procesos perceptivos) y las organiza para dar lugar a respuestas adaptativas, cognitivas motoras

## BENEFICIA A PERSONAS CON

- **Trastorno del espectro autista.**
- **Demencias.**
- **Epilepsia y otras afecciones que incluyen ataques epilépticos como el Síndrome de Dravet.**
- **Personas sensibles a componentes del diseño con fuertes efectos sensoriales.**

## El sistema de apoyos

Se basa en un lenguaje de componentes espaciales y sus relaciones:



FIG 1. EL MODELO. COMPONENTES DEL DISEÑO.

- **Componentes de diseño:** vocabulario que desarrolla el modelo: son **conceptos individuales y relacionados** que se entienden más allá de aquellos valores tradicionales que son dominantes. Porque la neurociencia le aporta valores innovadores basados en el mejor funcionamiento del sistema nervioso humano en su **conducta espacial**.
- Que puede equipararse a un conjunto de coordenadas espaciales materializado en estructuras relacionadas: utilizando materiales naturales, elaborados o artificiales, introduciendo aspectos técnicos y estéticos.
- La arquitectura aporta una respuesta que consolida la noción global de "Hábitat para la seguridad espacial cognitiva y para la integración sensorial".

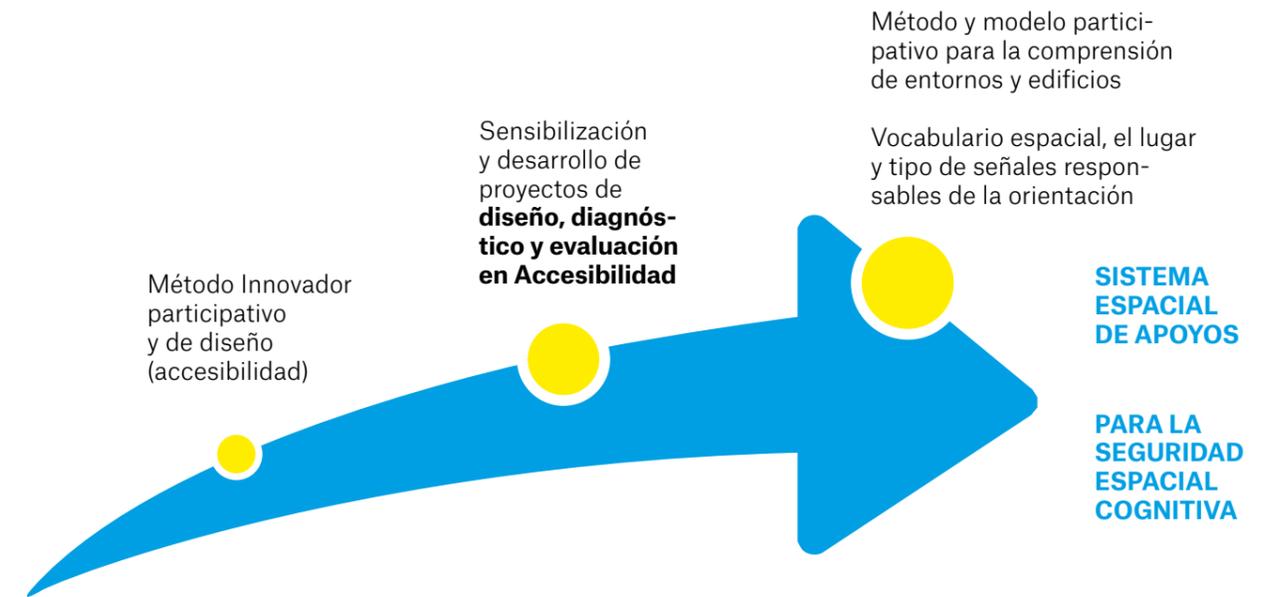


FIG 2. EL MODELO. ESQUEMA SECUENCIAL DEL SISTEMA DE APOYOS.

## La función de la arquitectura

Intervenir en la mejora o re-equilibrio de las respuestas de las personas en su desenvolvimiento espacial: a partir del sistema de apoyos o escenarios espaciales que ejercen efectos de desbloqueo de los impulsos nerviosos que pudieran estar limitando las acciones motoras.

Porque representa ese velo que rodeándolo todo permite descubrir la realidad, ¡mejorándola tantas veces!

# Perfiles FUNCIONALES y escenarios ESPACIALES

Conocer cómo funciona el sistema nervioso: procesos y funciones relacionados con las acciones motoras ha guiado las investigaciones y experiencias para crear o sintetizar un conjunto interactivo de “perfiles funcionales” basados en sensaciones, percepción, cognición, emociones y conductas motoras. En paralelo y al final del proceso que implica identificar, investigar y centrar cada perfil funcional, crea respuestas para la prefiguración de “patrones de escenarios espaciales” adaptados a cada conjunto de necesidades o situaciones que presentan dificultades para la deambulación y realización de actividades en entornos complejos: criterios que son abiertos y multiplicables<sup>2</sup>. Prefiguración que cada diseñador o especialista concreta y adapta a su proyecto.

Cada uno de estos perfiles representa un “patrón de activación específico” que puede generar conductas o comportamientos para ejecutar acciones, preferentemente espaciales.

<sup>2</sup>Tomando como referencia a los “patrones” de Christopher Alexander para el diseño de espacios urbanos.



FIG 3. PERFILES FUNCIONALES

## ¿QUÉ REPRESENTAN LOS PERFILES FUNCIONALES?

Organización selectiva de funciones y procesos del SNH implicados en el desarrollo espacial: aspectos sensoriales, de la percepción, cognitivos, motores, atención, memoria y emocionales. Representan procesos donde se pueden producir bloqueos en la transmisión de los impulsos nerviosos. En base a estos perfiles se proponen “patrones o escenarios espaciales” que a criterio de la autora son los que mejor se ajustan para desbloquear o actuar de sistemas de apoyos entre los entornos y el funcionamiento humano.

**EXPLICATIVOS**  
**De la normalidad.**

**PREDICTIVOS**  
**De lo que va a suceder: caso de lesión.**

# La iluminación en la conducta ESPACIAL

Un diseño lumínico basado en una comprensión profunda de la integración con los mecanismos nombrados puede mejorar la calidad de vida, promoviendo un entorno que favorezca la salud física y mental al crear espacios que no solo sean funcionales. También saludables y estimulantes bajo una mirada inclusiva. Para ello será necesario tener presentes las siguientes consideraciones y entender los requerimientos particulares para el grupo poblacional específico que va a usar un espacio determinado.

Un diseño lumínico basado en una comprensión profunda de la integración con los mecanismos nombrados, así como las necesidades particulares de los diferentes “perfiles funcionales” permitirá crear escenarios adaptados que permitan mejorar la calidad de vida de las personas al promover un entorno que favorezca tanto la salud física como la mental.

En definitiva, crear espacios que no solo sean funcionales, sino también saludables y estimulantes bajo una mirada inclusiva.

## Accesibilidad cognitiva

**La Iluminación como guía:** si es la adecuada, puede facilitar la orientación espacial, reduciendo barreras y dificultades: permitiendo a las personas percibir mejor los objetos, su relación con los mismos y con el entorno global.

**Secuencias sin fracturas:** debe crear un entorno continuo y comprensible, evitando áreas mal iluminadas que puedan causar desorientación o confusión favoreciendo así la transición de secuencias sin fracturas.

## Integración sensorial

**Adaptación sensorial:** debe minimizar la sobrecarga sensorial, una iluminación suave y uniforme puede ayudar a reducir estímulos visuales abrumadores.

**Estímulos visuales controlados:** debe evitar luces demasiado brillantes o parpadeantes que puedan desencadenar respuestas negativas en personas sensibles.



# Iluminación adaptada a diversos PERFILES FUNCIONALES

Foto de Leon Seibert

Este tipo de diseño debe atender a la diversidad funcional de los usuarios, considerando diferentes características sensoriales y cognitivas, mejorando la interacción de las personas con su entorno. El apartado incidirá sobre los requerimientos específicos de diferentes perfiles funcionales para lograr una iluminación inclusiva, que mejore la calidad de vida de estos usuarios, fomentando su bienestar físico, cognitivo y emocional.

## Adultos mayores

### SEGURIDAD Y CONFORT VISUAL

Con el paso del tiempo, especialmente a partir de los 45 años, las personas tienen a experimentar una progresiva reducción de la capacidad de acomodación y una mayor dificultad para enfocar objetos en distancias cortas. Por otro lado, la progresiva opalización de cristalino aumenta la dispersión de los rayos, provocando una mayor sensibilidad al deslumbramiento y una pérdida de sensibilidad a los contrastes.

Además, los adultos mayores necesitan un mayor tiempo para recuperación después de haber estado expuestos a una fuente brillante, así como un mayor tiempo de adaptación a situaciones de oscuridad. Por estas razones lo recomendable es aumentar los niveles de iluminación, hasta tres veces más que los establecidos para una persona joven, así como aumentar los contrastes de superficies adyacentes para facilitar la percepción espacial: profundidad, texturas, contornos y bordes.

El índice de deslumbramiento conocido como UGR, por sus siglas en inglés de "Unified Glare Rating", es el criterio por el cual se evalúa el deslumbramiento que ocasiona una fuente de luz en un espacio, no obstante, este indicador, no tiene en cuenta el aumento de sensibilidad al deslumbramiento debido al mayor esparcimiento en el ojo ocasionado por el envejecimiento. El "Límite entre Confort y Malestar" (BCD) por su parte, si contempla el factor del envejecimiento, siendo, sin embargo, de difícil

aplicación a proyectos lumínicos. Por este motivo se recomienda utilizar el UGR como índice de deslumbramiento estándar, bajando el requerimiento máximo de índice permitido, es decir: si para una tarea de trabajo se marca un UGR máximo de 19, la recomendación, en un espacio de destinado a adultos mayores es marcar un límite máximo de 16.

Se deben evitar las luminancias elevadas, las fuentes con emisión directa en el campo visual y las superficies reflectantes, utilizando en su lugar luminarias de alto grado de apantallamiento, reduciendo así el deslumbramiento.

Respecto a la calidad lumínica la utilización de fuentes cálidas presenta menos deslumbramiento molesto que fuentes con longitudes de ondas cortas (fría). Con la edad también cambia la sensibilidad a la percepción del color, por este motivo es necesario utilizar fuentes con una alta reproducción cromática.

*\*Recomendaciones tomadas del informe CIE 227:2017: Iluminación para personas mayores y personas con baja visión.*

## Infancia

### ESTÍMULO COGNITIVO Y BIENESTAR EMOCIONAL

La infancia es una etapa de desarrollo visual y cognitivo acelerado, en la cual los estímulos visuales contribuyen de forma significativa a la percepción espacial y la interacción con el entorno.

Asegurar un elevado confort visual en los espacios donde los usuarios pasan un periodo prolongado es muy importante para la salud ocular y del sistema nervioso. Este aspecto cobra aún más relevancia si estos usuarios se encuentran en periodo de desarrollo, como es el caso de los niños. Controlar el deslumbramiento, directo (proveniente de la luminaria) o indirecto, es uno de los aspectos que más influyen en este confort visual, ya que pueden causar fatiga o situaciones de estrés.

Es importante priorizar la utilización de luminarias con un adecuado control del deslumbramiento que favorezcan los índices de deslumbramiento (UGR) bajos de un espacio, así como el uso de luminarias con ausencia de parpadeo o "flickering".

En el caso de los alumnos del ciclo infantil y primaria, es importante extremar el cuidado de este confort, y considerar su relación con el entorno y su escala. La propia altura de los ojos de los niños, así como su mayor sensibilidad a las emisiones "azules", al estar en periodo de desarrollo, los hacen más vulnerables a lo deslumbramientos directos. En estos casos es recomendable el uso de las lumina-

rias catalogadas como exenta de riesgo fotobiológico RGO según la norma UNE 62471, norma que evalúa el riesgo de daño ocular o dermatológico de una lámpara o luminaria. Así como la priorización de iluminación indirecta, especialmente en aquellos espacios destinados a lactantes, ya que el desarrollo ocular tiene un periodo intensivo hasta los 2 años, siendo críticos los dos o tres primeros meses de vida.



## Neurodiversidad

### CONTROL SENSORIAL Y REDUCCIÓN DEL ESTRÉS

La iluminación debe asegurar entornos visuales seguros y confortables adaptándose a las condiciones y necesidades individuales de cada usuario. En el caso de las personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA) suelen experimentar hipersensibilidad o hiposensibilidad a los estímulos sensoriales, incluida la luz, de forma que una iluminación mal diseñada puede provocarles sobrecarga sensorial, aumentando la ansiedad. Para este perfil de usuario, es esencial diseñar entornos controlados que eviten estímulos visuales excesivos.

Algunas estrategias clave para la iluminación de personas con TEA incluyen:

Uso de iluminación indirecta: la que es suave y difusa, sin reflejos directos y sombras pronunciadas, proporciona una experiencia lumínica continua permitiendo una mejor comprensión espacial que ayuda a no percibir el espacio de forma fragmentada. De esta forma la iluminación invitará a recorrer y reconocer el espacio. Evitar al máximo el efecto parpadeo de las fuentes, debido a la mayor sensibilidad de estos usuarios.

Uso generalizado de temperaturas de color cálidas, ya que estos implementan sistemas de control y regulación sencillos que permitan a los usuarios interactuar con la iluminación y ajustarla a sus necesidades.

Adecuar la iluminación según la zonificación sensorial, adaptándose a los diferentes estímulos que presentan los espacios según su grado de actividad e intensidad sensorial: espacios de baja estimulación, espacios de alta estimulación, y espacios seguros. Planificar espacios de transición lumínica entre diferentes zonas sensoriales o espacios con gran diferencia de niveles de iluminación para ayudar a una adaptación sensorial y permitir la anticipación del usuario.

## Neurodiversidad

### CONTROL DE MOVIMIENTOS Y COLORES

Especificidades que se refieren a personas con epilepsia y otras condiciones que conlleven ataques epilépticos. Además de las referencias anteriores los cambios de luces en movimiento, si además incorporan colores pueden afectarlos provocando ataques epilépticos.

## Enfermedad mental

Estos casos son complejos ya que hay una variedad bastante grande a los que la luz podría afectar. En principio lo que habría que evitar es que se generen imágenes que distorsionen una realidad que ya puede estar alterada por la enfermedad. Por otro lado, y esto sí que es una función del diseñador, es que a través del tipo de elementos y su distribución no se fomenten imágenes que en condiciones diferentes y para otros públicos podrían resultar atractivas. La distorsión de las formas que se busca a través de las luces y sombras no es aconsejable para estas experiencias que no son visuales sino de la percepción; por causas que no son atribuibles al procesamiento visual.



# Neurociencia y arquitectura

Los conceptos, procesos y funciones que se desarrollan y comentan en este punto son aquellos que se refieren en general a la conducta espacial y en especial a la luz como medio. A través de los materiales teóricos que se incluyen se quiere poner en valor a todo lo que proviene del exterior de la persona y que provoca alteraciones en su interior y en su conducta, aunque parezcan detalles sin importancia cuando no se conoce el origen de los procesos que pudieran estar afectándola.

La luz es radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano - solo capaz de distinguir radiaciones entre 400 y 700 nm-: es una onda electromagnética oscilante o en movimiento que permite ver objetos. Tiene componentes que pueden influir sobre la salud global. Y para distinguirlos y estimular el uso del rango positivo, hay que conocer el comportamiento del sistema nervioso humano en relación con el entorno y la luz.

En este apartado se profundiza el primero para posteriormente analizar la influencia positiva de esta energía sobre el ser humano.

# Sistema NERVIOSO HUMANO

Se introducen los conceptos necesarios para avanzar con los puntos siguientes: una descripción del SNH<sup>3</sup> con sus componentes estructurados a partir de las aferencias al SNC<sup>3</sup> y referencias desde este centro hacia las extremidades.

## Células Madre Neurales (CMN)

Son las células que dan origen al sistema nervioso humano: son indiferenciadas y se dividen para convertirse en neuronas y células gliales.

Se sabe que, durante el desarrollo de las CMN, estas dan lugar a todo el sistema nervioso. En los adultos, una pequeña cantidad de CMN permanecen y en su mayoría están inactivas. Sin embargo, un amplio número de estudios confirma su papel en la plasticidad, el envejecimiento, las enfermedades y la regeneración del sistema nervioso. Una de las zonas con alta actividad de células madre se encuentra en el hipocampo, donde tienen lugar ciertos aspectos del aprendizaje y almacenamiento de información. Se cree que una renovación de las células piramidales en el hipocampo puede ser importante para reemplazar conocimientos viejos por otros nuevos.

El entorno del organismo "Juega un papel clave en la regulación de las CMN. El rol del ambiente en la producción de células fue observado en el estudio de Gerd Kempermann (2011), donde exploró en laboratorio que la actividad física es clave para la generación de nuevas neuronas en el hipocampo, además de un ambiente enriquecido para que estas neuronas generadas en el hipocampo sobrevivieran"<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> SNH: sistema nervioso humano. SNC: sistema nervioso central.

<sup>4</sup> El sistema nervioso y las neuronas. Curso neurociencia para docentes. Campus TECH 2024.

## Neuronas y células gliales

Las neuronas son las células nerviosas fundamentales que se encargan de procesar y transmitir la información a través de todo el sistema nervioso. Con un cuerpo variable en su forma y provisto de diversas prolongaciones, una de las cuales, de aspecto filiforme y más larga que las demás, es el axón o neurita. La sinapsis es el proceso que posibilita la conexión entre las neuronas, un requisito indispensable para que los impulsos nerviosos viajen a través de las redes neuronales: sin ellas, el cerebro estaría "desconectado" de ahí su organización en complejas cadenas y redes que constituyen las diferentes vías por las cuales la información se transmite dentro del sistema nervioso. Tienen una característica en común: su actividad es de dos tipos: eléctrica y química.

Las neuronas receptoras cuentan con una estructura química diseñada para unirse únicamente a determinados receptores, como si fuesen llaves que encajan con una única cerradura. De este modo interpretan el mensaje que les llega y es capaz de transmitirlo a la siguiente neurona.

## Los neurotransmisores

Son mensajeros químicos cuya función es la de enviar señales para que las neuronas generen o no un *impulso eléctrico*. Moléculas que se producen, almacenan y liberan en y desde las neuronas hacia la sinapsis. Todos -más de cuarenta- trabajan provocando excitación, inhibición y son moduladores es decir influyen -modulan- la actividad de numerosas otras neuronas en el cerebro. Y las neurohormonas, que son producidas y secretadas al torrente sanguíneo-

Su *liberación* se produce como respuesta a un estímulo actuando luego sobre otra neurona post-sináptica, o sobre un órgano como pasa con los músculos, es decir, sobre células que tienen capacidad de recibir y traducir información. De todos

los neurotransmisores, la dopamina -es excitatoria e inhibitoria- es especialmente importante en la motivación y en la búsqueda de placer, pero tiene otras funciones, como la atención, el aprendizaje o el *movimiento*: personas con Parkinson con problemas de rigidez y lentitud de movimientos presentan disminución de dopamina. De ahí que su ingestión por vía artificial hace que mejoren los síntomas motores.

El *glutamato* es el neurotransmisor principal del sistema nervioso central y la *serotonina* un anti-depresivo. El principal neurotransmisor inhibitorio en el cerebro adulto es el *ácido gamma-amino-butírico* (GABA): inhibe movimientos involuntarios. Además de los anteriores, son excitatorios: la *acetilcolina*, secretada por neuronas motoras, la *norepinefrina* que activa el estado de alerta y vigilia y la *histamina*, que también influye sobre la vigilia. Todos los elementos citados se ven influidos por la presencia de un agente físico como la luz, que natural o artificial crea diferentes efectos, nunca iguales, en los ambientes.

- La luz diurna favorece la producción de serotonina y dopamina, que activan la atención y estimulan la actividad y mejoran la movilidad.
- En ausencia de estímulos luminosos, aumenta la melatonina, que induce el sueño.

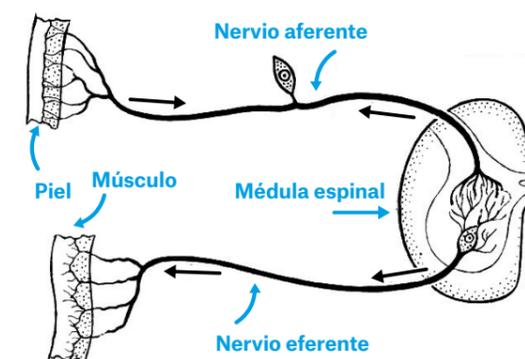


FIG 4. SNH. AFERENCIAS Y EFERENCIAS.

## Ondas cerebrales

Son patrones repetitivos y oscilatorios de actividad eléctrica que generan las diferentes estructuras del encéfalo. Estas oscilaciones son de muy baja amplitud, del orden de microvoltios en humanos y no siempre siguen una sinusoide regular. Cuando predominan las más lentas, predomina mayor cansancio. Con frecuencias más altas predominará mayor más alertas o incluso ansiedad.

- Ondas Delta: con una frecuencia de 0.2-4 Hz. Ondas Theta: 4-8 Hz. Ondas Alfa: 8-12 Hz. Ondas Beta: 12-30 Hz.
- Las Gama aparecen en un momento de extrema atención y concentración o bien en momentos altamente estresantes. Son las de máxima frecuencia, por encima de 30 Hz.

Han aparecido ciertas técnicas que basan su eficacia en entrenar al cerebro para que aprenda a aumentarlas o a inhibirlas y así conseguir una regulación cerebral óptima y, en consecuencia, mejorar el funcionamiento y bienestar.

Se podrá ver más adelante como la adecuación luminosa influye de manera completamente natural en relación con la potenciación de las ondas (altas o bajas) según el espacio y la actividad deseada.

## SNH

Se presentan los componentes más importantes del sistema nervioso especialmente de aquellos ligados a la conducta espacial que a continuación se van a incluir para justificar, explicar y desarrollar los conceptos del modelo y de la iluminación artificial.

El sistema nervioso central está formado por el encéfalo y la médula espinal. El cerebro es una parte del muy importante del encéfalo.

- El encéfalo controla el pensamiento, el aprendizaje, la movilidad, los sentimientos y emociones.
- La médula espinal transporta mensajes entre el encéfalo y los nervios presentes en todo el cuerpo.

Encéfalo y médula espinal están protegidos por huesos: el encéfalo, por los huesos del cráneo, y la médula espinal, por una serie de huesos entrelazados en forma de anillo, llamados "vértebras". Ambos están protegidos por capas de membranas llamadas meninges y por líquido cefalorraquídeo. El líquido fluye a través de los espacios vacíos del encéfalo, que reciben el nombre de ventrículos, y alrededor de la columna vertebral. Protege al sistema nervioso central, le proporciona nutrientes y elimina los desechos.

## SISTEMA NERVIOSO

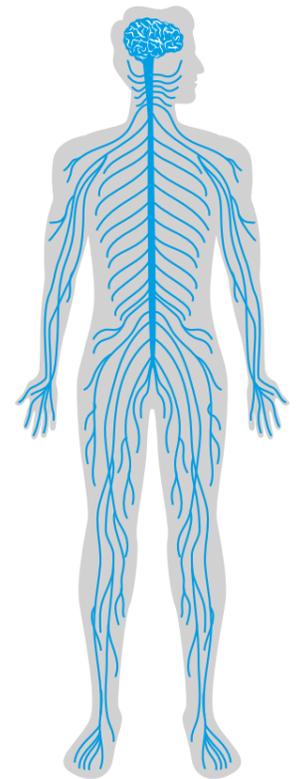
Conjunto de órganos y estructuras de control e información del cuerpo humano, constituido por células altamente diferenciadas, conocidas como neuronas, que son capaces de transmitir impulsos eléctricos a lo largo de una gran red de terminaciones nerviosas. **AFERENCIA SENSORIAL Y LA EFERENTES PERCEPTIVA, COGNITIVA Y MOTORES** (los nervios o extensiones de las neuronas: axones).

## SISTEMA LÍMBICO

**Hipocampo, amígdala y los ganglios basales**, son los que inicial o definitivamente hacen posible la asociación entre las diferentes representaciones del conocimiento establecidas en la corteza (gris) u otras regiones cerebrales.

## SISTEMA PRÁXICO

**Movimientos: recibir, dar órdenes y accionar.** La ejecución práxica tiene dos componentes: uno conceptual, el lóbulo parietal izquierdo, que contiene los almacenes de **conceptos**: el conocimiento sobre **la función de los objetos**; y uno de producción, el lóbulo frontal, que **almacena** la información espacial y temporal necesaria para **la ejecución de movimientos**.



SISTEMA NERVIOSO

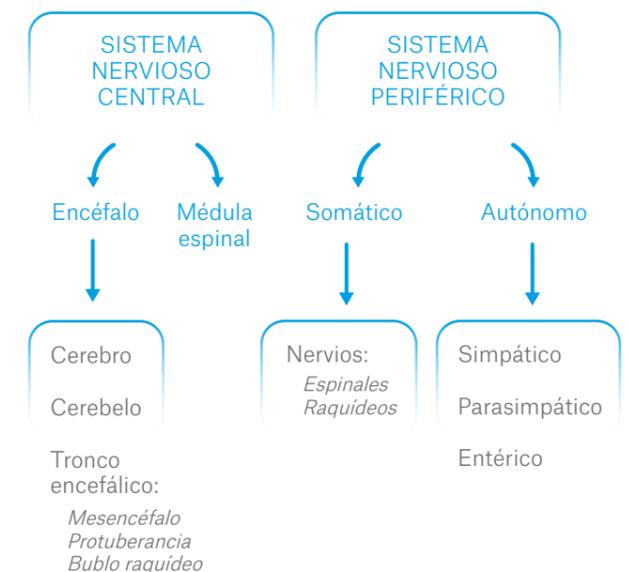


FIG 5. SNH.

El cerebro es la estructura dominante del encéfalo: estructural y funcionalmente consta de dos partes o hemisferios unidos por un cordón de materia blanca denominada cuerpo caloso que conecta ambos hemisferios. La materia blanca o melanina cubre los axones de las neuronas para facilitar las sinapsis y la comunicación en redes. Una gran parte del cerebro es la corteza cerebral (también llamada "materia gris"). La corteza tiene cuatro áreas llamadas "lóbulos" que actúan de forma conjunta para forjar la personalidad de una persona y todo lo que esta persona sabe. **Cada lóbulo** procesa un tipo de información diferente:

#### LÓBULO FRONTAL

Participa en el pensamiento complejo, con actividades como la planificación, la imaginación, la toma de decisiones y el razonamiento. Está ubicado detrás de la frente.

#### LÓBULO PARIETAL

Procesa información del tacto, el gusto y la temperatura y es importante para la orientación espacial. Se encuentra ubicado detrás del lóbulo frontal.

#### LÓBULO TEMPORAL

Permite comprender los sonidos y el lenguaje, reconocer objetos y rostros, y crear recuerdos. Se encuentra cerca de los oídos.

#### LÓBULO OCCIPITAL

Procesa la información visual que llega desde las cavidades y componentes funcionales de los ojos. Se encuentra en la parte posterior del encéfalo desde donde se inicia un camino complejo de identificación espacial y conceptual más allá de este córtex cerebral (vías ventral-dorsal).

El tronco encefálico conecta el encéfalo con la médula espinal. Está formado por el puente tronco encefálico, la médula y el mesencéfalo. Estas partes funcionan al unísono para controlar y coordinar los mensajes que llegan al encéfalo y salen de él.

Detrás del cerebro, se encuentra el cerebelo conocido como el "pequeño cerebro" controla el equilibrio, el movimiento y la coordinación.

La médula espinal es un conjunto extenso de tejido nervioso en tres secciones que se extienden a lo largo de la columna vertebral. El nombre de cada sección describe la parte de la columna a través de la cual pasa la médula: cervical, torácica y sacro-lumbar. Estas secciones envían nervios más pequeños hacia las partes cercanas del cuerpo. El **sistema límbico** incluye centros tan importantes como:

#### TÁLAMO

Para la percepción ya que es el centro por el cual pasan todas las fibras aferentes sensoriales (excepto el olfato), la amígdala para las emociones, y el hipocampo para la memoria de corto plazo. Su conexión con estructuras práxicas le aporta impulsos motivacionales.

#### HIPOTÁLAMO

Que controla el pulso, la sed, el apetito, los patrones de sueño y otros procesos que ocurren en el organismo de forma automática. Es el reloj biológico del organismo que controla la mayoría de los ritmos circadianos. Las señales del hipotálamo viajan a diferentes regiones del cerebro que responden a la luz, incluida la glándula pineal.

#### GLÁNDULA PINEAL

Es una pequeña estructura ubicada en el techo del diencefalo, cuya principal función es la de regular los ritmos circadianos: sueño-vigilia.

#### GLÁNDULA PITUITARIA

Que genera las hormonas que controlan el crecimiento, el metabolismo, el equilibrio de agua y minerales, la maduración sexual y la respuesta al estrés.

#### PARAHIPOCAMPO

Investigaciones donde un participante ha de memorizar un conjunto de fotografías muestran que las imágenes sobre lugares activan el parahipocampo (Prince, Dennis, & Cabeza, 2009). El parahipocampo o giro parahipocampal, responsable de reconocimiento de "escenas", proporciona un camino para la comunicación entre el hipocampo y todas las áreas corticales de asociación mediante las cuales los impulsos aferentes entran en el hipocampo. Las escenas aparecen siempre referenciadas por tipos de iluminación que pueden influir en su reconocimiento por parte de los participantes.

#### EMOCIONES

Por su importancia en la deambulación se volverá más adelante sobre este punto.

El **sistema práxico** tiene una parte activa y otra de almacenaje y desde este almacén ejecuta los movimientos reacciones-respuesta de posición y movimiento, implica el dominio del cuerpo y para ejecutar desplazamientos, las extremidades inferiores.

- Entre los componentes del sistema funcional práxico, se encuentran las áreas 39 y 40 de Brodmann, encrucijada parieto-temporo-occipital -hemisferio izquierdo- que constituyen el núcleo central de los procesos práxicos; esta zona permitiría la conversión de los elementos de la percepción o de la representación en elementos de acción.
- Esto es posible por la existencia de un almacén de las representaciones motoras adquiridas, representación sensorial de los movimientos, y participaría en la programación de la corteza motora para la ejecución de los actos. Zonas claves son el lóbulo parietal inferior del hemisferio izquierdo -circunvolución angular y supramarginal izquierdas-.
- A través de las fibras correspondientes del cuerpo caloso, el sistema funcional práxico continúa hacia áreas motoras de asociación y primarias del hemisferio derecho. Si hubiera cortes en estas conexiones<sup>5</sup> los movimientos podrían ser llevados a cabo por reproducción, imitación o vía directa. Las condiciones de iluminación son fundamentales para facilitar una reproducción más precisa y el control de los movimientos.

<sup>5</sup> Desconexión callosa. Nota de las autoras.

## Interacción persona-entorno

Se lleva a cabo a través de los sentidos: son los modos que tiene el SNH para captar todo lo que hay en el exterior, el ambiente: se perciben sus características físicas, informacionales, cognitivas y simbólicas, actitudes o juicios en relación con el espacio. Y aunque no determinan completamente, contribuyen sin duda a explicar comportamientos en él y con respecto a él. Los sentidos captan también lo que sucede en el interior de la persona. Este cúmulo de datos externos e internos es luego transformado en experiencia y cognición para la acción: son determinantes para reconocer lo que es real o percibido e interpretar aquello que se puede modificar con efectos lumínicos.

## SENSACIONES

Es el modo de recibir estímulos nerviosos a través de los sentidos (externos e internos): EX: visual, auditivo, táctil, olfativo, gustativo. INT: vestibular, interoceptivo y propioceptivo. Lo hace a través de los receptores sensoriales del organismo.

## PERCEPCIONES

Integración o información sensorial convertida en experiencia: dar significado; capacidad de captar y poder organizar, integrar, interpretar sensaciones, objetos, sucesos para darles sentido, saber qué es y donde está cada uno de ellos (tálamo y memoria). Es activo y complejo desde el punto de vista psicológico; la persona, como ser propositivo, busca y estructura sus percepciones implicando a la vez procesos cognitivos, emocionales, interpretativos y evaluativos que se asocian a estas percepciones que son. patrones individuales o comunes generados por las acciones de la sociedad y de la cultura.

## MOTOR

Reacciones-respuesta de posición y movimiento, implica dominio del cuerpo.

## COGNICIÓN

A partir de los anteriores estadios el ser humano **atiende, aprende, analiza, memoriza, decide, ejecuta y vive plenamente**; intervienen los lóbulos del cerebro y regiones adyacentes, internas: necesita memorizar, prestar aten-

## EMOCIONES

Reacciones psicofisiológicas a estímulos externos.

## Integración multisensorial

La actuación en un mundo particular que rodea al ser humano - todos los seres vivos y objetos que interactúan entre sí - se basa en la integración de información proveniente de sistemas sensoriales diferentes. Esta interacción de modalidades parece estar relacionada con la activación de neuronas "multisensoriales" situadas en diferentes regiones cerebrales. Esto indica la complejidad de las operaciones necesarias que conlleva la representación estable del entorno en el que se está desarrollando una actividad. Existen una serie de condiciones para la integración multisensorial<sup>6</sup>.

De estos estímulos actuando de manera aislada o simultánea, siempre que la integración sea tolerable, depende en gran medida la salud y el equilibrio del sistema nervioso y de las acciones que cada persona pueda llevar a cabo en el espacio. Y los estímulos externos tienen un peso importante.

<sup>6</sup>Referencias tomadas del instituto del cerebro dirigido por la doctora Rebeca Creadora de ECG-Estimulación Cognitiva Global.

# CONDICIONES PARA LA INTEGRACIÓN MULTISENSORIAL

- 01** Que la información que llega al cerebro de las distintas modalidades por separado sea adecuada a la intensidad y duración del estímulo que las provoca.
- 02** Que la intensidad y duración del estímulo estén ajustados a la capacidad del sistema (si no es así provoca dolor, malestar y en el peor de los casos daños neuronales).
- 03** Que los mecanismos de inhibición a nivel periférico y central funcionen para dejar pasar los datos relevantes a la corteza cerebral (si no es así se producirá ruido en el sistema).
- 04** Que los estímulos sean procesados por separado, en paralelo y vueltos a integrar a nivel cortical superior.
- 05** Que se establezcan nuevas conexiones (esto se consigue con la repetición).
- 06** Que sean significativos para el sujeto (en este último aspecto se requiere cierto nivel de conciencia).



## El caso de la negligencia unilateral en la actividad motora

Un trastorno de orientación que se caracteriza por un conjunto diverso de síntomas relativos a la ausencia de conciencia de señales, objetos o partes de objetos en el lado espacial opuesto a la lesión que se produce en un hemisferio cerebral. Es sumamente importante el papel que ejercen los mecanismos atencionales junto con otros motores y representacionales en esta afección. Presentan un sesgo motor hacia el lado ipsilesional y déficit en la generación de sacádicos voluntarios, una desmedida orientación atencional refleja hacia el lado ipsilesional, junto a una capacidad deteriorada para desenganchar la atención de aquello que automáticamente la ha captado y una orientación que muestra ciertas dificultades para orientarse hacia el lado contralesional.

- Dada la importancia de la atención para el procesamiento sensorial y cognitivo es común encontrar que los desórdenes atencionales son muy frecuentes y, sobre todo, han sido considerados como una de las condiciones neurológicas más devastadoras.

Nuevamente hay que apuntar a la necesidad de un estudio muy calibrado de la iluminación para este y otros casos similares.

## Las memorias

La memoria es el proceso de almacenamiento: a este hay que recurrir para traer al presente determinada información cuando resulta necesaria. Hay diferentes tipos, aunque es la operativa o de trabajo, corta en el tiempo -ya que almacena información por unos pocos segundos- la que interesa aquí en relación con la conducta espacial. La memoria de largo plazo retiene por un período más largo de tiempo y muchas veces se mantiene inalterable a pesar de algunas enfermedades y del envejecimiento.

Han sido descritas como sistemas complejos que incluyen componentes dedicados a mantener información verbal y visoespacial, así como la selección de la información para posteriormente procesarla. Para ello son importantes los sistemas atencionales ya que la retención de un concepto o un suceso requiere que no haya dispersión del interés o atención. Si el número de elementos supera la capacidad funcional para poder retenerlos simultáneamente se podría hablar de desatención y distractibilidad.

Aprendizaje y memoria están estrechamente vinculados. No se puede aprender algo sin almacenarlo en algún tipo de memoria para utilizarlo en el futuro, ya sea para recordarlo como nuevo conocimiento o para mejorar las habilidades. Gracias a la neurociencia, sabemos que los recuerdos se codifican mediante cambios físicos en el cerebro (aunque todavía se debate qué es exactamente lo que cambia y cómo). Por lo tanto, el cerebro cambia físicamente cada vez que se aprende algo, y así las experiencias y el aprendizaje a lo largo de la vida cambian y moldean el cerebro.

### MEMORIA SENSORIAL

Retiene durante un espacio muy corto de tiempo los estímulos sensoriales que ya han desaparecido para procesarlos y enviarlos a la MCP. Sería el caso de la memoria icónica (visual) y de la memoria ecoica (auditiva).

### MEMORIA A CORTO PLAZO (MCP)

Retiene una cantidad limitada de información durante un período corto de tiempo.

### MEMORIA DE TRABAJO U OPERATIVA

Es un proceso activo que permite manipular y trabajar con la información retenida en la MCP.

### MEMORIA A LARGO PLAZO (MLP)

Retiene una cantidad virtualmente infinita de información, parte de la cual proveniente de la MCP, durante un tiempo indefinido.

## Procesamiento visual

La habilidad para deambular tiene sus bases en la interacción entre el sistema visual y motor<sup>9</sup>, y los sistemas atencionales colaboran para que sea posible la interacción de los procesos, concentración y selección de mensajes.

Este punto es sumamente importante porque ya sea natural o artificial es el motor del sentido de la vista. La capacidad del sistema visual para descubrir una escena -forma de los objetos, brillo de partes diferentes, sombras, etc.- depende de la corteza visual primaria y los principales sincronizadores circadianos son el ciclo día-oscuridad, durante las actividades diarias. Sin embargo, el más importante es la información luminosa, recibida por una subpoblación de células ganglionares de la retina que contienen melanopsina, un pigmento fotosensible que generalmente está ausente en conos y bastones; estas neuronas emiten la información a los núcleos supraquiasmáticos del hipotálamo por medio del tracto retinohipotalámico.

## La luz y la visión

Es un agente físico en forma de energía que accede al interior del ojo a través de la córnea y parte a través de la pupila. El iris, la zona del ojo que tiene color, se encarga de limitar la cantidad de energía que puede entrar al interior. Una vez en el cristalino, éste se encarga de enfocar los objetos en la retina. Convertida por el nervio óptico en impulsos eléctricos pasa a las zonas de interpretación del cerebro para llevar a cabo el proceso de la visión.

## Movimiento de los ojos

Toman un rol muy importante en la orientación por el espacio físico de ahí el interés por analizar sus condiciones de normalidad o anormalidad. Forman parte de la conducta exploratoria visual y las habilidades visoespaciales : “Los reflejos

vestíbulo-oculares y optocinéticos son respuestas automáticas para compensar los movimientos de la cabeza y del entorno visual y poder estabilizar la imagen retiniana sobre un determinado punto de fijación. Los sistemas neuronales implicados en la mirada, el equilibrio y la postura actúan para estabilizar el cuerpo y, junto con la visión, para proveer información sobre el entorno espacial<sup>10</sup>. Siempre en presencia de claridad.

Interesa especialmente la función estabilizante del cuerpo que llevan a cabo ya que mientras se ejecuta un desplazamiento, los ojos hacen un seguimiento de control e identificación, atendiendo a los diferentes planos del espacio permitiendo un mayor porcentaje del escenario con alta resolución visual.

Aunque todos forman parte de la funcionalidad de la visión, el texto apunta a aquellos que pueden verse más alterados por procesos neurológicos que siendo de diferente naturaleza, dificultan la natural movilidad de un sujeto y por eso, se incluyen dentro del grupo de trastornos oculomotores: por ejemplo en condiciones patológicas que provocan disfunción del sistema vestibular o sus conexiones pueden aparecer diferentes tipos de “nistagmo” o movimientos involuntarios de los ojos que influyen sobre la visión, el equilibrio y los desplazamientos.

El rastreo visual de una escena se produce mediante una sucesión de movimientos sacádicos o de refijación, que son desplazamientos rápidos de los ojos entre dos puntos de fijación. La mayoría se realizan para desplazar la mirada desde un punto de interés a otro punto situado fuera del campo de visión central. Con los movimientos sacádicos es posible escanear el entorno y elaborar, mentalmente, un mapa tridimensional.

<sup>10</sup> Gila L. y otros (2009) Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. Anales del Sistema Sanitario de Navarra versión impresa ISSN 1137-6627. Anales Sis San Navarra vol. 32 supl. 3 Pamplona 2009. Y Nahum Montagud Rubio. (2019, octubre 9). Movimientos sacádicos: definición, características y funciones. Portal Psicología y Mente. <https://psicologiymente.com/neurociencias/movimientos-sacadicos>

<sup>9</sup> Cuando el sistema visual está afectado entrarían componentes de otras vías: tacto y audición.

- Seguimiento o persecución lenta, son voluntarios y conjugados de ambos ojos para mantener estabilizada la imagen foveal: percepción visual o capacidad de distinguir detalles finos y con gran nitidez en la región central del campo visual.

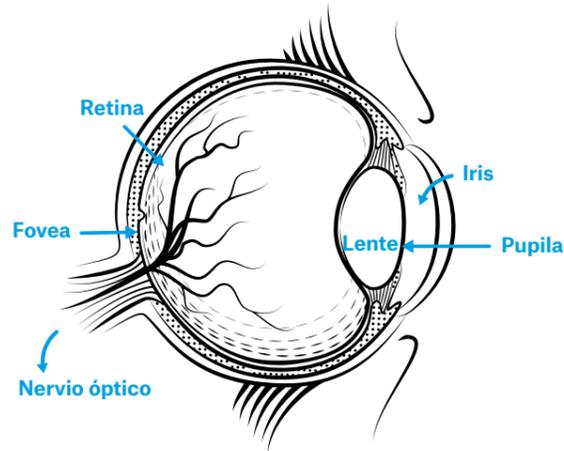


FIG 7. ESTRUCTURA DEL OJO

## El color

Cuando el rayo de color blanco incide en línea recta sobre un objeto una parte del espectro que la compone es absorbido por la superficie y el resto reflejado. Las componentes reflejadas son las que determinan el color que percibimos. Si refleja todo el espectro es blanco, y si absorbe todas es negro: la reflexión es una propiedad que permite ver los objetos que no emiten luz. Consiste en el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos cuando chocan con un objeto opaco. La mayoría de los objetos solo reflejan una parte que llega hasta ellos.

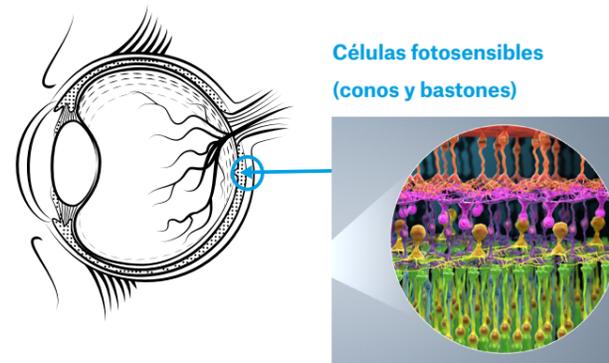


FIG 8. "PHOTORECEPTOR CELL" AMERICAN ACADEMY OF OPHTHALMOLOGY.

Pero el color "se ve" gracias a la presencia de fotorreceptoras: neuronas especializadas sensibles, localizadas en la retina externa. Los conos y bastones son unas de las células más especializadas y complejas del sistema nervioso. Hay dos tipos de fotorreceptores: los bastoncillos y los conos. Estos últimos son células fotorreceptoras y son las responsables de la visión en color. Existen tres tipos de conos:

- **Tipo L:** sensibles a longitudes de onda larga: color rojo
- **Tipo M:** sensibles a longitudes de onda mediana: color verde
- **Tipo S:** sensibles a longitudes de onda corta: color azul

El sistema visual permite distinguir colores a través de la combinación de los tres primarios: el azul, el rojo y el verde.

## Las vías ventral-dorsal

Por su importancia en la deambulación, en la conducta espacial y en su capacidad para diferenciar señales u objetos en el espacio, se amplían los conceptos relacionados con este doble sistema relacionado con el procesamiento de la visión.

Las habilidades visoespaciales que son fundamentales en los procesos de orientación espacial requieren de dos grandes subsistemas corticales; uno que se encarga de identificar lo que se ve: el "qué" y otro encargado de ubicar lo visto o el "dónde". Se originan en el lóbulo occipital y tienen terminaciones diferentes en la corteza cerebral:

- **La visión para la percepción** posee un sustrato neuroanatómico con la vía ventral: la visión del qué. Las neuronas del lóbulo temporal inferior responden de forma pasiva a estímulos visuales y, de esta forma, se facilita la identificación de las características de los objetos. La visión para la acción, asociada a la vía dorsal, tiene su referente neuroanatómico en el lóbulo parietal posterior.
- **La hipótesis de las dos corrientes** es un modelo ampliamente aceptado e influyente del procesamiento neuronal de la visión y del oído. La hipótesis, dada su caracterización más popular en un artículo de Milner y Goodale en 1992, argumenta que los humanos poseen dos sistemas visuales distintos. Recientemente, parece haber evidencia de dos sistemas auditivos distintos también.

A medida que la información visual sale del lóbulo occipital y cuando el sonido sale de la red fonológica, sigue dos vías principales, o "corrientes". La corriente ventral (también conocido como "vía del qué") está involucrado con la identificación y reconocimiento de objetos y agendas visuales. La corriente dorsal (o "vía del dónde") está involucrada con el procesamiento de la ubicación espacial del objeto en relación con el espectador y con la repetición del habla. La llegada de ambas vías al sistema límbico permite que "el dónde y el qué" se cohesionen como

un único evento formado por los componentes que han emigrado a lo largo de ambas rutas, así como las acciones motoras y emocionales. Si el procesamiento no se completa y no se lleva a cabo la indexación en el hipocampo (porque hubiera bloqueos de tipo estructural o funcional) y la información queda retenida en las áreas primarias se podría confundir todo aquello que es parecido.

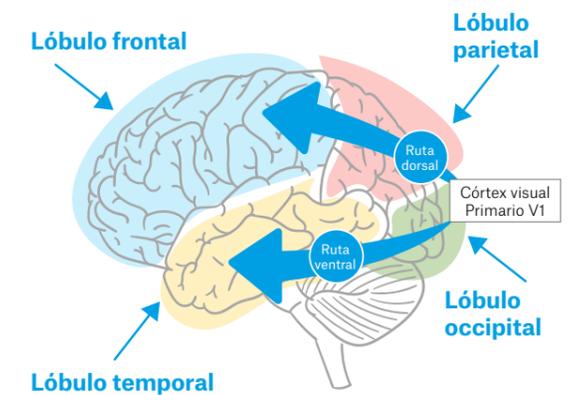


FIG 9. RUTAS DE PROCESAMIENTO VENTRAL Y DORSAL

Los movimientos sacádicos codifican y realizan el procesamiento de información a fin de tomar una decisión concreta ya que los conos se activan ante los cambios de intensidad luminosa.

- Si no existieran cambios en la luz que reciben los ojos, el cerebro dejaría de recibir estímulos en determinadas zonas.

Problemas que se pueden presentar cuando hubiera alteraciones: visión doble, problemas de motilidad ocular o de enfoque y sus consecuencias en los desplazamientos:

- Inseguridad al caminar y pérdida de la verticalidad y del equilibrio.
- Inclinar o girar la cabeza para intentar ver con mayor claridad.
- Concentrando la mirada en un punto, puede parecer que los objetos se mueven.
- Mareo si hubiera cambios rápidos en la mirada.

# La iluminación en relación con EL SISTEMA NERVIOSO, VISUAL Y ENDOCRINO

El sistema nervioso central (SNC) es el principal receptor y procesador de los estímulos lumínicos. La luz entra al ojo a través de la córnea, pasa por la pupila y es enfocada por el cristalino en la retina. La retina contiene células fotosensibles: conos y bastones, que la convierten en señales eléctricas.

Los bastones, cuya máxima sensibilidad se encuentra en las emisiones en torno a los 498 nm, son responsables del proceso de visión escotópica, un tipo de visión periférica que se da en condiciones de tenue, permitiéndonos percibir volúmenes y movimiento, que sin embargo no permite la correcta percepción de los colores.

Los conos, cuya máxima sensibilidad es a las emisiones de 534 nm, por su parte se activan en un escenario con altos niveles de iluminación, dado lugar a la visión fotópica, que permite percibir los colores.

## El sistema visual y la percepción

El sistema visual permite la percepción del entorno, influye en la orientación espacial y en la identificación de objetos. La información visual se procesa en la corteza visual primaria, situada en el lóbulo occipital. Desde allí, como se ha visto anteriormente, se bifurca en dos vías principales: la vía ventral (el “qué”) y la vía dorsal (el “dónde”).

- **Vía Ventral:** Responsable de la identificación y reconocimiento de objetos, esta vía se proyecta hacia el lóbulo temporal inferior. Es crucial para tareas como el reconocimiento facial y la interpretación de detalles visuales.
- **Vía Dorsal:** Encargada de la localización espacial y la coordinación motora, esta vía se dirige al lóbulo parietal posterior. Es esencial para la navegación y la interacción con el entorno.

Su calidad y tenuidad pueden influir significativamente en la eficacia de estas vías. Una iluminación adecuada mejora la percepción de detalles y la capacidad de orientación, mientras que una iluminación deficiente puede causar fatiga visual y desorientación.

## El sistema endocrino y la regulación hormonal

También puede afectar el sistema endocrino, que regula diversas funciones corporales mediante la secreción de hormonas. Situadas en la retina, las células ganglionares intrínsecamente fotosensibles de la retina, juega un papel crucial en la regulación de los ritmos circadianos.

Estas células ganglionares envían señales al núcleo supraquiasmático (NSQ) del hipotálamo a través del tracto retinohipotalámico. El NSQ es el reloj maestro del cerebro, responsable de regular los ciclos de sueño-vigilia, que controla la glándula pineal, responsable de la secreción de melatonina, la conocida como “hormona del sueño”. La exposición a la azul puede retrasar o adelantar estos ciclos, afectando el sueño, la vigilia y otros desajustes endocrinos.

Por su parte, el cortisol, generado por las glándulas suprarrenales, es conocida como “hormona del estrés”, juega un papel imprescindible en la activación del Sistema nervioso simpático.

# MECANISMOS E INTERACCIÓN: respuesta visual, motora, emocional, cognitiva y circadiana

## Respuesta motora

Fomenta la movilidad y la orientación espacial creando hitos que ayuden a guiar la navegación y favoreciendo la visibilidad de los espacios adyacentes para mejorar la sensación de seguridad en la interacción con el entorno.

## Respuesta emocional

Influye en las emociones, así una determinada atmósfera lumínica puede generar sensaciones de seguridad y bienestar, mientras que una iluminación inadecuada puede causar angustia o inseguridad. En este aspecto es clave la adecuada relación entre temperatura de color y nivel de iluminación. Algunos estudios<sup>12</sup> muestran como las temperaturas más altas (6500K) están asociadas con un aumento de la actividad nerviosa, mientras temperaturas de color bajas (<3000K) ayudan a relajar el sistema nervioso.

## Respuesta cognitiva

Tiene influencia en la optimización de los estados de alerta y el rendimiento cognitivo. Hay estudios que demuestran como la combinación de altas iluminancias con altas temperaturas de color optimizan la alerta y mejoran el rendimiento en tareas cognitivas complejas.<sup>13</sup>

Exposición a niveles altos de iluminancia (700 lux) afecta positivamente la atención y la memoria de trabajo, reduciendo la actividad de las ondas alfa en el cerebro, un indicador de mayor estado de alerta cerebral e incrementando la frecuencia cardíaca. Una mala calibración puede inducir estados de fatiga visual o estrés, del mismo modo que la sobrecarga en el procesamiento sensorial debido a la iluminación intensa mantenida en el tiempo, con la capacidad de mantener la atención de manera efectiva.

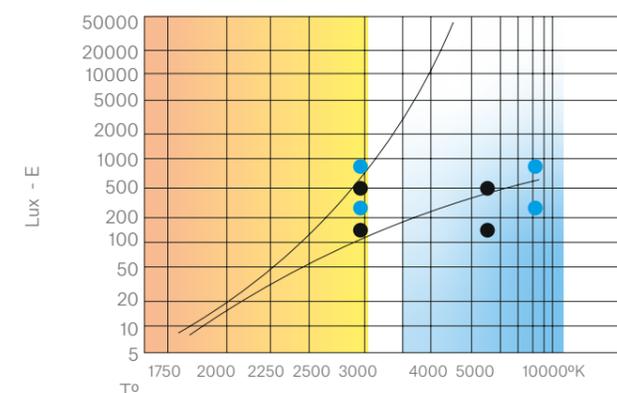


FIG 10. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LOS PUNTOS DE FOCALIZACIÓN RELACIONAN INTENSIDAD Y TEMPERATURA DE COLOR EN LA CURVA ORIGINAL DE KRUIHOF, REFLEJANDO DATOS DE DIVERSOS ESTUDIOS REALIZADOS<sup>14</sup>

## Respuesta circadiana

La exposición -natural o artificial-, es el principal estímulo de regulación de los ritmos circadianos, influyendo en patrones de sueño y vigilia.

Este ciclo afecta tanto a la secreción de melatonina, como a la secreción de cortisol. Durante la noche, su ausencia promueve la producción de melatonina, induciendo el sueño. La exposición, especialmente al componente azul, durante ciertos periodos del día, puede suprimir la producción de melatonina, dificultando el sueño y alterando el ritmo circadiano. La exposición solar o sustituto artificial, especialmente por la mañana, propicia la generación de cortisol, ayudando a la alerta y el rendimiento durante el día. Sin embargo, la exposición excesiva a la segunda durante la noche puede mantener elevados los niveles de cortisol, impactando negativamente en la correcta sincronización del ritmo biológico, contribuyendo al estrés, la fatiga. Así mismo está relacionado con el desencadenamiento de otras enfermedades tales como problemas metabólicos (aumento de la obesidad y diabetes tipo 2), o disminución del rendimiento cognitivo (disminución de la capacidad de concentración, pérdida de memoria y merma en la capacidad de toma de decisiones).

Unas condiciones que simulen los ciclos naturales, puede mejorar el bienestar general y la funcionalidad cognitiva, atendiendo a parámetros de niveles, tonalidades y estimulación circadiana.

<sup>12</sup> Componentes de la luz: factores esenciales en los espacios para modular la actividad cerebral (2021), María Jimena de los Reyes Cruz, Ricardo Gómez Maturano, Luis Guillermo Ayala Torres

<sup>13</sup> Bright illumination reduces parietal EEG alpha activity during a sustained attention task. (2013) Jin Young Park, Byoung Kyong Mi, Young Chul Jung, Hyensou Park, Yeon-Hong Jeong y Eosu Kim

<sup>14</sup> Datos de Hiroki Noguchi y Toshihiko Sakaguchi en 1999 y Jin Young Park, Byoung Kyong Min, Young Chul Jung, Hyensou Park, Yeon-Hong Jeong y Eosu Kim en 2013 – Referido en Componentes de la luz factores esenciales en los espacios (2020) María Jimena de los Reyes Cruz, Ricardo Gómez Maturano, Luis Guillermo Ayala Torres.

# Modelo para diseñar

El "Modelo para diseñar espacios accesibles, espectro cognitivo y para la integración sensorial" incorpora conceptos que desde la neurociencia explican:

- 01** En primer lugar, funciones complejas del sistema nervioso humano en relación con la deambulación o conducta espacial y el hábitat.
- 02** En segundo lugar, cómo y por qué pueden ser tratados con luz artificial para la orientación espacial y la inclusión.

Se encuadra a partir de las condiciones que deberán cumplirse de manera inequívoca:

- 01** Principios universales y del diseño.
- 02** Componentes de diseño: estructurales, funcionales, sensoriales, de volúmenes, formas y colores.
- 03** Relaciones funcionales, sensoriales entre los componentes de diseño, especialmente aquellos que tienen peso sobre la deambulación espacial.

# El modelo desde la NEUROCIENCIA

Para deambular exitosamente entre dos puntos, un organismo debe primero tener conocimiento de su localización relativa al entorno (punto de partida) antes de seleccionar una ruta, ya que la respuesta planificada dependerá de su posición inicial. La percepción de la orientación requiere el conocimiento de dos tipos de información: ubicación y rumbo direccional. A partir de la primera, y para tomar un rumbo direccional la cualidad básica es la claridad funcional y las relaciones entre actividades. Esta es la primera fuente de seguridad formal y funcional, básica para el buen diseño.

Profundizar el modelo desde la neurociencia ha moldeado los conceptos que lo desarrollan con una definición más compleja y comprometida. Aquellos que tenían su anclaje en aspectos sensoriales y de la percepción y que han ganado solidez gracias a la experiencia se completan de la mano de la neurociencia y de su complejidad, que tiene su reflejo en la conducta humana.

Ampliar estos contenidos se justifica por la necesidad de ser rigurosos en la definición de los principios y los componentes de diseño que hasta hace unos años se cimentaban en procesos aferentes. Ahondando en las funciones cerebrales las mismas unidades adquieren no solo mayor rigurosidad, coherencia y solidez.

Las investigaciones sobre funcionamiento del sistema nervioso humano reflejan:

- Por un lado, la consistencia de los enunciados y de las definiciones.
- A los que se han añadido nuevos componentes de justificación y de diseño.

Esta rigurosidad podría facilitar su inclusión en los códigos, como referencias técnicas y formales de diseño con alto impacto en la calidad de los espacios accesibles y comprensibles. Donde la iluminación tiene un papel fundamental.

## Principios o postulados

### PRINCIPIOS UNIVERSALES

**Neutralizar el efecto laberinto o confusión interna del diseño, principal barrera para la orientación en el espacio: romper el efecto laberinto:**

Las áreas parietales y occipitales reciben información sensitiva visual y con todos estos datos, calculan las coordenadas del medio visual, auditivo y corporal que la rodea. Enviando órdenes a la médula espinal para ejecutar la actividad deseada.

La integración multisensorial es esencial para la comprensión y el manejo de la información.

Las áreas de asociación integran la información que llega desde las redes o hub del cerebro.

El efecto laberinto obstaculiza el paso de ordenes claras desde sus centros o hub funcionales hacia otros centros del SNC o hacia la periferia, dificultando el trabajo de las redes cerebrales y por ello, la planificación de secuencias funcionales cognitivas y motoras.

**Acoplar perfectamente los encuentros en la uniones espaciales y encrucijadas para evitar confusión y desorientación: romper las encrucijadas.**

Excesiva presión sobre el sistema límbico (o estrés negativo) responsable de la regulación de las emociones puede bloquear el natural desenvolvimiento de las acciones motoras.

El efecto laberinto se resuelve acoplado perfectamente los encuentros en las uniones que presentan un efecto encrucijada para evitar desorientación y el distrés por exceso de presión sobre las redes cerebrales que tienen la capacidad de gestionar las funciones ejecutivas: la toma de decisiones implica aumentar la presión sobre una actividad concreta: aquella que debería concentrar todo el esfuerzo funcional -atencional- del protagonista.

**Eliminar obstáculos de la percepción en general y del diseño en particular**

Excesos en diseños y elementos superficiales pueden colapsar el trabajo de las memorias y de los sistemas atencionales. Los tres pasos del sistema atencional pueden verse afectados por excesos perceptivos – ambientales.

La consecuencia es la distractibilidad la causante en tantos casos de inseguridad y más grave aún: de accidentes -resbalones, caídas, golpes, cortes- que se atribuyen tantas veces a factores internos y que se deben a excesos ambientales que impiden el paso natural de la información de un sistema al otro.

### Crear referencias con textos fáciles, señales gráficas y símbolos numéricos. Adaptadas a cada lugar y "tipo de usuarios"

Baddeley e Hitch diferencian cuatro componentes de la memoria de trabajo citada anteriormente:

- **Bucle fonológico:** se encarga de mantener la información verbal mediante la repetición continuada de la información.
- **Agenda visoespacial:** es el responsable del mantenimiento de la información no verbal.
- **Ejecutivo central:** se encarga de guiar la información para coordinar dos o más tareas y manipular o mantener la información.
- **Almacén episódico:** almacena la información verbal y visoespacial.

La memoria de trabajo según Baddeley -citada anteriormente- funciona mediante una estructura centrada en un área que denomina "ejecutivo central" organizador y coordinador de los dos brazos: *el gráfico o Agenda visoespacial y el Fonológico o del lenguaje.*

**Por exceso de información o desacuerdo entre la parte gráfica y la fonológica** el ejecutivo se puede colapsar impidiendo la fluidez de las conexiones entre el centro y los almacenes que captan, almacenan y devuelven los aspectos visuales y auditivos.

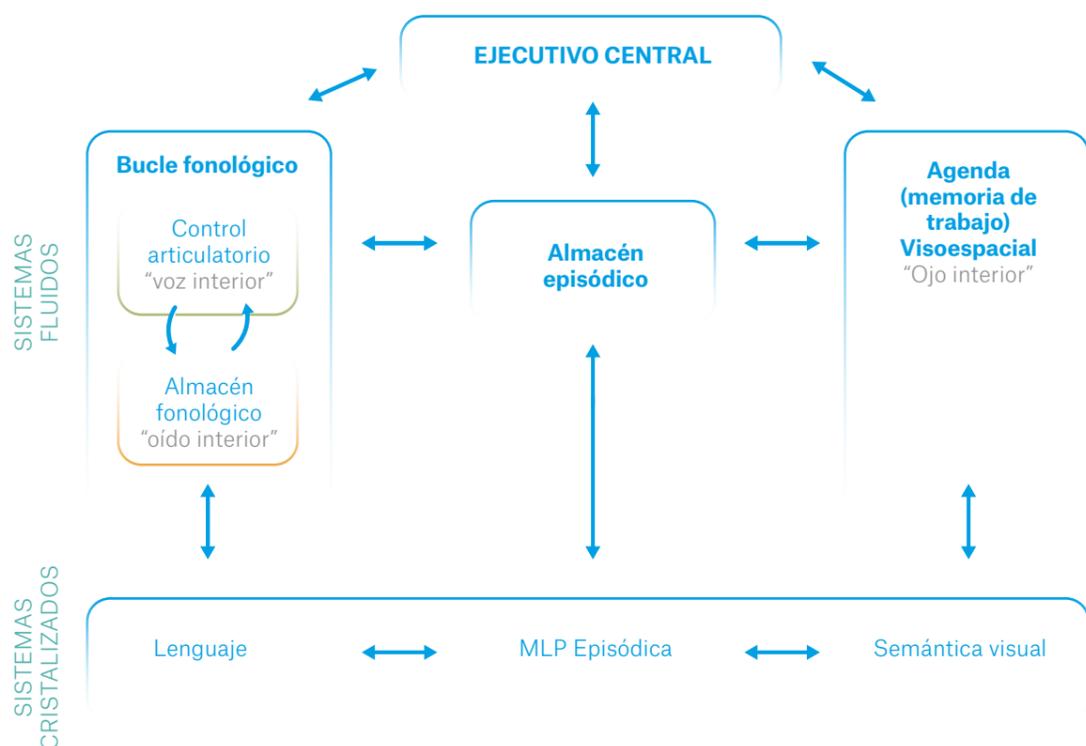


FIG 11. MEMORIA DE TRABAJO (BADDELEY, 2000)

### Organización en secuencias funcionales, sensoriales y anticipatorias para la cognición predictiva

La conducta motora requiere la toma de conciencia por parte del sujeto del entorno, de la posición de su cuerpo y extremidades con respecto al espacio en unas condiciones de orden -organización- que debe ser funcional y sensorial. Dadas las características de los usuarios con los que trabaja el modelo se incluyen la sensorial y la anticipatoria para el equilibrio emocional. Organización, implica:

- **Estructuras funcionales** representan la coherencia de los programas y proyectos de acuerdo con sus objetivos y resultados deseados más allá del enfoque científico hay unas necesidades que se resuelven mediante la disposición de las actividades localizadas e interrelacionadas en el espacio.
- **Estructuras sensoriales** se fundamentan en la compatibilidad o incompatibilidad sensorial que tiene algunos casos de neurodivergencia: por ejemplo, dentro del espectro autista. Establecen los gradientes de actividad que deben mantenerse entre diferentes intensidades entre las actividades porque sean complementarias o de diferentes intensidades. Creciente o decreciente por ejemplo desde los patios a las zonas de estudio o aulas.
- **Que sean anticipatorias.** Siguiendo un modelo de procesamiento de la información visual conocido como "codificación predictiva" investigadores de la Universidad de Duke han llevado a cabo experiencias que demuestran que "las neuronas predicen y corrigen lo que vemos antes de que lo veamos realmente" (Tobías Egner. 2010), proceso que se produce inconscientemente, en tan sólo unos milisegundos

en un área del cerebro conocida como área fusiforme que se sabe está relacionada con la identificación de rostros. Cada capa de neuronas ajusta su percepción de la imagen, con el fin de eliminar el error de predicción y enviar la información correcta de nuevo en la escala neuronal.

### Secuencia sin fractura de los componentes del diseño para romper las encrucijadas

A través de los sentidos, **el cerebro recibe** un flujo enorme de información del mundo que nos rodea, la procesa y hace que cobre significado: **organiza y controla el movimiento.** Además, entre las funciones del cerebro también están las de regular la temperatura corporal, la circulación sanguínea, la respiración y la digestión.

- Un grupo de científicos del Instituto Kavli, perteneciente a la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología (NTNU), ha revelado un patrón en el cerebro humano que permite construir secuencias: el proceso es guiado por un **algoritmo** fundamental que es intrínseco al cerebro e independiente de la experiencia, (revista Nature).
- Según investigadores **las secuencias de acciones en el cerebro optimizan la ejecución mecánica de la secuencia motora o "trozos motores"**.
- El cerebelo es el motor por el que pasan todos los procesos de coordinación de los movimientos.
- Cuando "se salta" una parte de la secuencia puede producirse un **bloqueo en la velocidad de procesamiento** y de las funciones interconectadas: sensoriales, de la percepción cognitivas y emocionales.

# PRINCIPIOS DEL DISEÑO

## Efecto umbral colocación de “recuerdos” en espacios longitudinales

Para evitar alteraciones visuales, emocionales y, en especial, mantener **la información siempre presente en la memoria operativa o de trabajo**. La integración multisensorial es esencial para la comprensión y el manejo de la información.

- Tienen similitudes por su corta duración: la operativa o de trabajo se refiere a aquellos contenidos que son manipulables o utilizable en cortos periodos de tiempo con una duración aproximada y variable de entre 25 y 40 segundos según autores.

Marcadores que pueden ser de índole formal, visual, táctil, cromáticos, sonoros, iluminación: colocados de tal manera que no interfieran sobre la actividad visual, la fluidez y el equilibrio durante la marcha, incluso si hubiera problemas leves de la visión. Estrategias para mejorar las habilidades de memoria:

- Descomponer las tareas en pasos pequeños.
- Emplear la repetición a menudo
- Estrategias: repeticiones verbales, agrupamiento, creación de imágenes mentales, asociaciones, etc.
- Practica de forma distribuida a lo largo del tiempo.

Atendiendo a las dificultades que puede generar la colocación de elementos de guía o recuerdo:

- Suelo: los menos aconsejables si acompañan a la caminata porque pueden interferir con el procesamiento de los pasos, obligando a llevar los ojos el suelo. Colocados a

larga distancia pueden ser aconsejables siempre que sean en número inferior a dos o tres y solo para posicionar, marcando direcciones.

- Laterales en zona inferior o central: los más aconsejables porque no captan la atención como los anteriores y no exigen que la mirada se mueva de un al otro: la persona se deja llevar o acompañar. Son un apoyo como el pasamanos que también puede cumplir esta función de guía.

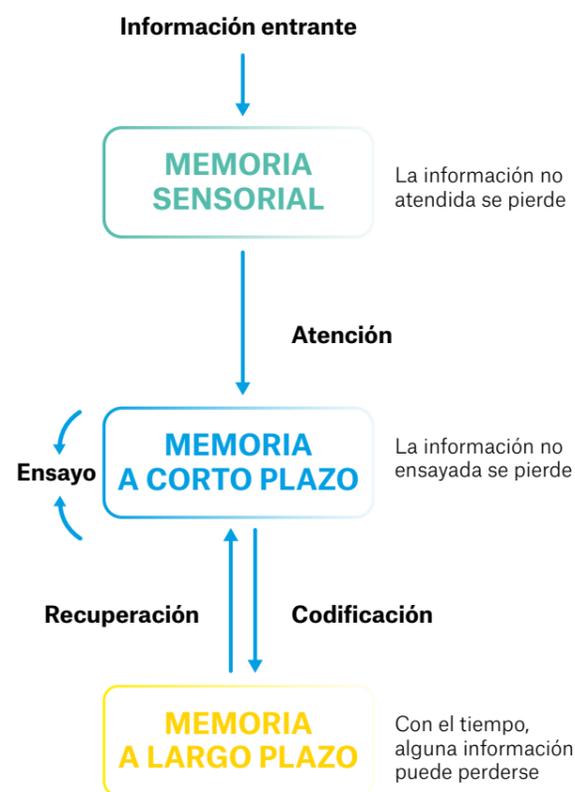


FIG 12. ESTRUCTURA Y TEMPORIZACIÓN DE LAS MEMORIAS

## Técnicas de diseño para retener información<sup>14</sup>

**Palacio de la memoria (Método de loci):** técnica que implica asociar elementos de información con lugares familiares y hacer uso de las emociones creando imágenes. Al imaginar estos lugares en tu mente y asignar partes específicas de la información a cada ubicación, se puede recorrer mentalmente el «palacio» para recordar la información cuando se requiera.

**Método de la cadena:** Consiste en crear una historia o secuencia lógica que conecte los elementos que se desea recordar. Cada elemento se vincula con el siguiente de manera “memorable”, lo que facilita su recuperación en orden secuencial.

**Método mnemotécnico:** Utiliza acrónimos, acrósticos o frases mnemotécnicas para recordar información. Por ejemplo, puedes crear una frase donde la primera letra de cada palabra represente un concepto que necesitas recordar.

**Mapas mentales:** Organiza la información en un diagrama o coherencia visual que muestra relaciones entre conceptos. Esto puede ayudar a visualizar la información de manera más clara y facilitar su recuerdo.

**Visualización y asociación:** Asocia la información que se está tratando de recordar con imágenes vividas o conceptos familiares. La mente tiende a recordar imágenes y asociaciones emocionales.

## El caso especial de la repetición espaciada

Esta técnica implica revisar la información a intervalos regulares en lugar de repetirla continuamente: la idea es que la información se solidifique en la memoria a largo plazo con repeticiones distribuidas en el tiempo. Pero desde este enfoque y para su implementación se tendrá en cuenta el proceso de la visión por doble vía la ventral y la dorsal.

Si hubiera bloqueos de tipo estructural o funcional y la información quedase retenida o detenida en las áreas primarias de la visión todo elemento parecido o similar se podría confundir.

Conociendo estas consecuencias, se deben calibrar muy bien las distancias entre *elementos similares*<sup>15</sup> para que no puedan ser confundidos como si estos fueran iguales: los cambios de tonalidad pueden ejercer una función diferenciadora y calibradora de los componentes que se coloquen para orientar y dirigir.

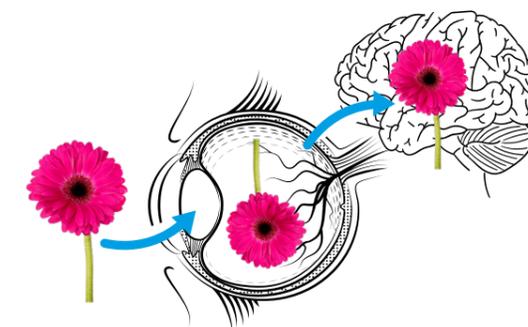


FIG 13. CÓMO SE PRODUCE LA VISIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.

<sup>14</sup> Obtenida en diversas fuentes de información, entre ellas la Clínica Vicent de Psicología infantil, psicoterapia en adultos y logopedia. Y otras, sugeridas por profesionales consultados para esta guía.

<sup>15</sup> Ver texto Brusilovsky Berta. (2020) Seguridad espacial cognitiva arquitectura: cerebro y mente. Apartado “4.1.2.2. Dónde y cómo de las habilidades visoespaciales”.

## Efecto agrupación-segregación y otros fenómenos de la percepción visual

Como organizadores visuales que, aunque son descriptivos, se constatan en base a fundamentos de neurociencia.

- **Contrastes:** Efecto agrupación-segregación importante regulador de la percepción.



Interpretar a partir de las señales formas y colores



FIG 14. RECONSTRUCCIÓN INTERPRETATIVA A PARTIR DE FORMAS Y COLORES

## Relaciones de la percepción

**Ley de la figura-fondo:** en una imagen tendemos a focalizar la atención sobre un objeto (figura) destacándolo del resto (fondo).

**Ley de la buena forma:** cuando percibimos tendemos a reducir posibles ambigüedades o efectos distorsionados, buscando la forma más sencilla.

## Leyes de pregnancia y de la agrupación de estímulos

- **Ley de proximidad:** permite relacionar y agrupar distintos elementos que están próximos entre sí.
- **Ley de semejanza o similitud:** relacionar y agrupar distintos elementos si son similares.

En las dos anteriores entendidas como un fenómeno de la percepción, van a tener unas consecuencias no siempre esperadas enfocada desde las rutas de procesamiento visual ventral y dorsal cuya reunión debe ser en el sistema límbico, si la función está dentro de unos límites de normalidad de la función visual.

**Ley de continuidad:** percibir, como parte de la misma figura, elementos que guardan una continuidad en la forma.

## Agnosias y apraxias

Son trastornos relacionados con fenómenos visuales donde aparecen alteraciones, y como resultado, hipersensibilidad o hiposensibilidad<sup>16</sup>. Al fallar la construcción del percepto, la persona no es capaz de identificar la forma de los objetos de modo, que no se pueden reconocer diferencias entre objetos similares, copiar un dibujo, reconstruirlo mentalmente o identificar límites.

*“Trastornos de la actividad gestual motora aprendida, ya se trate de movimientos adaptados a un fin, o de la manipulación real o por mímica de objetos, que no se explican ni por lesión sensitiva, motora o perceptiva, ni por alteración mental o de la comprensión verbal y que aparecen tras lesiones cerebrales” (Heilman & Rothi, 1997).*

Otra definición podría ser: *“Trastorno en la ejecución de movimientos aprendidos en respuesta a un estímulo que normalmente desencadena un movimiento, sujeto a la condición de que los sistemas aferentes y eferentes requeridos se encuentren intactos y en ausencia de trastornos atencionales o falta de cooperación” (Geschwin y Damasio, 1985).*

<sup>16</sup>Nota de las autoras: relacionados algunos casos con el trastorno del autismo o del Alzheimer precoz.

Alteraciones tipo:

- **Distorsión:** puede ser el cambio en la percepción de la forma, del espacio o del sonido, se pueden producir en momentos de sobreexcitación o stress. Por ejemplo, al subir una escalera se levantan los pies por encima de los escalones. Se producen cuando un estímulo que existe en el exterior y es accesible a los órganos sensoriales, es percibido de un modo distinto al que cabría esperar dadas las características del propio estímulo. Casos que se dan en trastorno del espectro del autismo.
- **Metamorfopsia:** la distorsión también puede ser producto de cualquier patología o incidente que afecte a la zona central de la retina cuya consecuencia es de visión distorsionada funcional.



FIG 15. VISIÓN DISTORSIONADA

## Fragmentación o escisión perceptiva

Es una tendencia de la percepción que tiende a fragmentar el espacio y los objetos, que provoca que quienes lo experimentan seleccionen y se centren en los aspectos menores de su entorno. Se trata de personas que se pierden con facilidad; no reconocen a personas en las fotografías si hubiera en ellas cambios importantes; escuchan palabras aisladas y no frases completas, etc. Interactuando con los materiales y las formas podrá ejercer efectos unificadores que ayuden a mantener, nunca romper, la percepción de la unidad de los espacios y de sus contenidos.

## Crear referencias con la semántica de las formas

Aunque el diseño sea resultado de forma-función-imaginación-creatividad, se procurará que defina actividades, oriente y dirija a través de su significado, comprensible y legible.



FIG 16 Y 2. DESPLIEGUE DE LA SALA SENSORIAL CREADA EN CENTRO DE DÍA MUNICIPAL. CARMEN LAFORRET. AYUNTAMIENTO DE MADRID

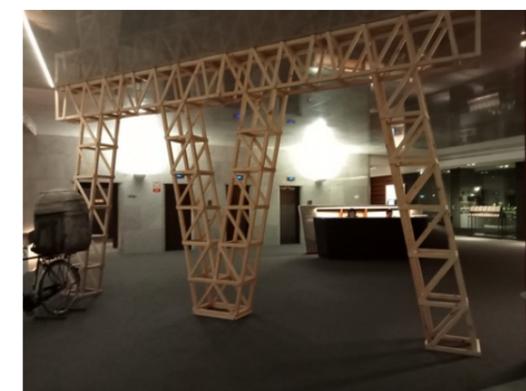


FIG 17. ESTRUCTURAS ESPACIALES PARA LIMITAR, DIRIGIR Y ORIENTAR

# Componentes del DISEÑO

## Componentes, como coordenadas espaciales para la lectura del espacio

Se crean para desarrollar un vocabulario comprensible, accesible y que se comunique con las personas en su compleja deambulación espacial.

- La arquitectura se convierte en un sistema de coordenadas espaciales para orientar, guiar, señalar, proteger, informar, anticipar, calmar, y con su estética formal, funcional y sensorial habla con las personas.

Es el despiece de la arquitectura, que armada en sus relaciones funcionales y sensoriales da como resultado espacios cognitiva y sensorialmente accesibles y rompen el efecto laberinto. Este despiece incorpora componentes permanentes del diseño cuyo resultado es funcional y estético y con los componentes del modelo, su resultado es un vocabulario accesible y comprensible.

## Relaciones de elementos de naturaleza real o física

Estos elementos o materiales de naturaleza real o física concretan las funciones de cada uno de los componentes anteriores: es el vocabulario de diseño según su objetivo siempre definido por un programa y el modelo.

- Volúmenes, formas, dimensiones, colores, iluminación.
- La estructura o soporte que los sostiene.
- Las instalaciones, permiten un uso funcional y sensorial.
- Los materiales que transforman un proyecto en un contenedor de experiencias reales.
- La estética resultante.
- *Relaciones: el lenguaje comprensible y accesible del modelo.*

### ESTRUCTURA FUNCIONAL

Es la que indica el programa arquitectónico: debe ser llevada a cabo mediante una estricta sujeción a las relaciones que se quieran crear: aquellas que son naturales y necesarias pero que en tantos casos se destruyen por razones de utilidad, de desconocimiento. O que debido a la forma y dimensiones de la parcela no se puedan crear aquellas que sean naturales y que deberían estar correlacionadas.

### ESTRUCTURA SENSORIAL

Es la secuencia de espacios adaptados según gradientes de actividad o esfuerzo, físico y mental. Que se despliegan desde los más activos desde el punto de vista de la función que desarrollen a los menos exigentes y viceversa. Por ejemplo, actividad del patio y actividad reflexiva en las aulas.

### NODOS O CENTROS FOCALES

Son las piezas especiales de unión espacial: concentran elementos de orientación y direccionamiento.

*En sus tipos: de acceso, en secuencia y de actividad.*

- **Nodos de acceso:** las condiciones de diseño son: recibir, orientar y direccionar.
- **Nodos en secuencia:** las condiciones de diseño son: definir espacios intermedios de encuentro y direccionamiento. Colocados entre espacios funcionales y circuitos rompen el efecto encrucijada.
- **Nodos de actividad:** concentran actividades con numerosa asistencia: atrios, patios. También se pueden incluir pasillos que incluyan varias funciones: circulación, acceso y actividades espontáneas. Sus **condiciones de diseño son variables según actividades y localización.**

### CIRCUITOS

Son la estructura de comunicación horizontal y vertical. En su redefinición horizontal como espacios de relación y otras actividades espontáneas rompen el efecto "ausencia de final". Las experiencias en estos espacios se vinculan a las leyes de **pregnancia y de agrupación de estímulos, definidas anteriormente.**

### PUENTES O UNIONES ESPACIALES

Corresponden a las uniones o sinapsis espaciales. Cosen el efecto fractura en sus tipos:

- **Puntuales:** *expresamente colocados con señales con anverso y reverso.* Están relacionados con el modelo de procesamiento de la información visual conocido como "codificación predictiva".
- **Interfases o espaciales:** *intermediando actividades de diferente gradiente sensorial.* Están relacionados con el diseño de la estructura para la integración sensorial.

## Colocación de guías en el suelo

Son elementos lineales que, centrados en una ruta, pueden generar dificultades si son continuos y se colocan uno o varios en paralelo.

Pueden desequilibrar la caminata por la necesidad de tener que centrar la atención en uno o más señales que pueden provocar dificultades de concentración, de visión que va cambiando de distancias cortas a largas, alterando los movimientos sacádicos.

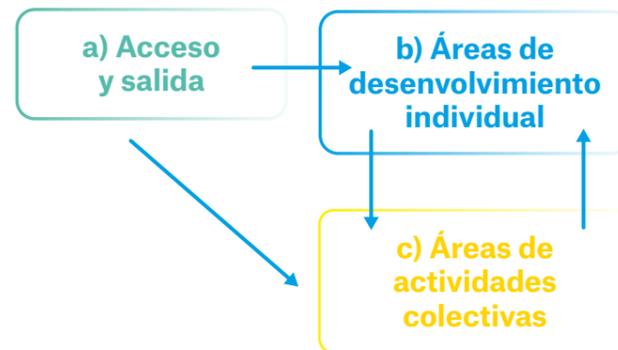
Son útiles y no nocivas colocadas en la zona inferior de muros o planos paralelos aumentando la sensación de perspectiva.

## Diagrama de flujos y secuencias

El interés y la importancia de estos diagramas generales y por áreas particulares de actividad es el de evitar que el programa definitivo genere relaciones que impidan la autonomía de las personas. Si se incluye desde el diagrama la secuencia natural de las relaciones espaciales se pueden ya prever elementos formales o gráficos que sirvan también como entrenamiento de la memoria de trabajo.

Ejemplo sencillo de diagrama natural de flujos: un caso muy común en las plantas bajas de edificios colectivos donde para acceder desde los espacios individuales a los de actividades colectivas se atraviesan las áreas de acceso-salida (hall de entrada):

El área a) acceso-salida debe conectarse con las b y c. Para comunicar las áreas b y c no se debería atravesar el área a, excepto con elementos de circulación correctamente dispuestos para no interferir las circulaciones.



A partir de este punto, y reconociendo las implicaciones y beneficios del modelo y sus componentes de diseño sobre el sistema nervioso humano, el texto se adentra en cómo la luz artificial se convierte en un componente arquitectónico estructural para la accesibilidad cognitiva y la integración sensorial.



Circuito horizontal: actividades de desarrollo preferentemente individual.

Circuitos verticales: actividades colectivas.

FIG 18. CRIA TEA CHIHUAHUA-MÉXICO. LA SALLE

# Planificación lumínica integrada en el modelo

Para abordar el proyecto lumínico se atenderá a los requerimientos lumínicos, clasificándolos en tres grupos según la jerarquía de necesidades y efectos:

- Ergonomía visual,
- Efectos psicológicos y cognitivos,
- Efectos fisiológicos o endocrinos.

Así, al igual que en el modelo propuesto por Abraham Maslow en Una teoría sobre la motivación humana de 1943, se muestra como condición necesaria cubrir las necesidades básicas, representadas en la base de la pirámide, para pasar a satisfacer las necesidades clasifi-

# Proyecto LUMÍNICO y jerarquías de NECESIDADES

## III Efectos Fisiológicos

Influir positivamente en la sincronización de los procesos biológicos de las personas, especialmente en lo referente a los procesos ligados con los ciclos de sueño-vigilia y otros procesos neuronales y hormonales.

## II Efectos Psicológicos/Cognitivos

Mejorar el confort, la experiencia y la usabilidad espacial a través de la incorporación de estímulos positivos que influyan positivamente en los procesos cognitivos y emocionales.

## I Ergonomía visual

Asegurar las condiciones básicas y fundamentales para que los usuarios puedan habitar y desarrollarse en un espacio bajo condiciones saludables y confortables.

## I Ergonomía visual

Este nivel permite asegurar las condiciones básicas y fundamentales para que los usuarios puedan habitar y desarrollarse en un espacio bajo condiciones saludables y confortables. Algunos de los parámetros a tener en cuenta son:

### NIVELES DE ILUMINACIÓN

Asegurar niveles adecuados de iluminación para diferentes actividades y condiciones, ya que hay requerimientos específicos, como por ejemplo los adultos mayores pueden necesitar hasta tres veces más nivel de iluminación que las personas más jóvenes, esto se debe a que la iluminancia retiniana disminuye con la edad debido al tamaño reducido de la pupila y el aumento de la absorción espectral del cristalino. En estos casos es adecuado aplicar un factor multiplicador para elevar el nivel de iluminación en el área de tarea, según recomendación de la CIE 227:2017.

Iluminancia en área de tarea (lx)	Iluminancia del área de la tarea dependiendo de la edad, de la complejidad de la tarea visual y del riesgo de fallo. (lx)
750	1000-1500
500	750-10000
300	500-750
200	300
<150	<150

### Modificadores de contexto para aumentar la iluminancia mantenida

La visualización en el trabajo es crítica

Los errores son costosos de rectificar

La precisión, una mayor productividad o una mayor concentración son de gran importancia

Los detalles de los objetos en la tarea son de tamaño inusualmente pequeño o de bajo contraste

La tarea se realiza durante un tiempo inusualmente largo

El área de tarea o el área de actividad tiene poca luz natural

La capacidad visual del trabajador es inferior a la normal

## CONTRASTES

Es necesario mantener buenos niveles de contraste para mejorar la percepción visual de bordes y contornos. Así mismo, en espacios habitados por adultos mayores o usuarios con alguna afectación visual, se recomienda aumentar el contraste entre el área de tarea, alrededor inmediato y remoto.

### Niveles recomendados de iluminancia y relaciones de iluminancias entre el área de tarea, alrededor inmediato y alrededor remoto

		Iluminancia del área de la tarea dependiendo de la edad, de la complejidad de la tarea visual y del riesgo de fallo		Relación 1: entre las iluminancias medias de la zona de alrededor inmediata y la del área de la tarea		Relación 2: entre las iluminancias medias zona de fondo y la del área de la tarea	
$E_{av}$	$U_o$	$E_{av}$	$U_o$	Rel. 1	$U_o$	Rel. 2	$U_o^{**}$
750	0,60	750-1000-1500*	0,60	0,65	0,50	0,20	0,30
500	0,60	500-750-1000*	0,60	0,65	0,50	0,20	0,30
300	0,60	300-500-750*	0,60	0,65	0,50	0,20	0,30
200	0,60	200-300*	0,60	0,75	0,50	0,20	0,30
150	0,50	150	0,50	1,00	0,50	0,20	0,10
100	0,40	100	0,40	1,00	0,40	0,20	0,10
≤ 50	0,40	≤ 50	0,40	1,00	0,40	0,20	0,10

\*Rango de niveles más altos dependiendo de factores como la edad o el riesgo de caídas que influirán en el nivel de la luz.  
 \*\* La iluminancia en las áreas periféricas de un a habitación tiende a ser menos uniforme que en otra área. Para evitar el uso de luminarias adicionales en las áreas periféricas, incluidas las esquinas, se puede emplear una tira de 50 cm adyacente a las paredes circundantes pudiéndose descartar en los cálculos de uniformidad.

## CONFORT VISUAL

Las condiciones lumínicas deben asegurar un bajo índice de deslumbramiento (UGR), siendo este el grado de molestia causada por las fuentes de iluminación en el campo visual. Para ello se aconseja utilizar luminarias con alto grado de apantallamiento, baja luminosidad y distribuciones lumínicas que combinen iluminación directa e indirecta, asegurando un alto nivel de confort.

### Recomendaciones actuales de iluminación según CIE S 008 y recomendaciones propuestas de iluminación para personas mayores (CIE 227:2017)

Tipo de área, tarea o actividad	$E_m$	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Requerimientos específicos
Cumplimentación, copiado, etc.	300	19	0,40	80	
Escribir, teclear, leer, procesado de datos	500	19	0,60	80	
	750*	16**	0,60	80	Adulto mayor
	1000*	16**	0,60	80	Adulto mayor y riesgos elevados de error
Dibujo técnico	750	16	0,70	80	
	1500*	13**	0,70	80	Adulto mayor y riesgos elevados de error

Las celdas en azul muestran las recomendaciones actuales.  
 \* Máximo nivel de iluminancia.  
 \*\* UGR estricto.

## CALIDAD

Se recomienda el uso de luminarias con buena reproducción cromática y sin efecto parpadeo para reducir la fatiga visual.

## II Efectos psicológicos/cognitivos

Este nivel permite mejorar el confort, la experiencia y la usabilidad espacial de a través de la incorporación de estímulos que influyan positivamente en los procesos cognitivos y emocionales, atendiendo a factores como:

## TEMPERATURA E ILUMINACIÓN

Adecuada relación entre temperatura de color y niveles de iluminación: Ajustar la temperatura de color para influir positivamente en los procesos cognitivos y emocionales, por ejemplo, usar efectos cálidos para ambientes relajantes y fríos para áreas de trabajo.

## MEJORA DE LA EXPERIENCIA SENSORIAL Y COGNITIVA DEL ESPACIO

Una adecuada iluminación mejora la orientación espacial, así como contribuye a una estimulación positiva a través de la generación de estímulos que mejoran la experiencia y usabilidad del espacio. Así su adecuado permite realzar texturas y colores, enriqueciendo el espacio.

## FOMENTO DE LAS RELACIONES

Creando atmósferas lumínicas que fomenten la actividad y la comunicación entre los usuarios.

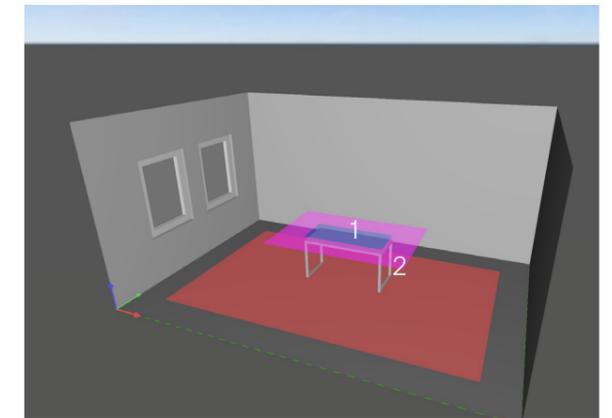


FIG 19. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL ÁREA DE LA TAREA (1), DE LOS ALREDEDORES CERCANOS O INMEDIATOS (2) AL MENOS 50 CM ALREDEDOR DEL ÁREA DE LA TAREA, Y EL ÁREA DE FONDO O ALREDEDOR REMOTO (3)

## III Efectos psicológicos/circadianos

Influir positivamente en la sincronización de los procesos biológicos de las personas, especialmente en lo referente a los procesos ligados con los ciclos de sueño-vigilia y otros procesos neuronales y hormonales.

- Sincronización de ciclos circadianos: Implementar iluminación circadiana que ayude a regular los ciclos de sueño-vigilia, ajustando la intensidad y temperatura de color durante el día y utilizando tecnologías que nos permitan tener una adecuada estimulación circadiana durante las primeras horas del día.

# Estrategias de ILUMINACIÓN

## PRINCIPIOS UNIVERSALES

**Neutralizar el efecto laberinto o confusión interna del diseño, principal barrera para la orientación en el espacio: romper el efecto laberinto:**

Los criterios de iluminación que ayudan a romper este efecto laberinto, y que por tanto favorecen la orientación espacial son:

**Iluminación uniforme:** utilizar unos niveles de iluminación uniformes y adecuados en corredores y espacios de tránsito para evitar sombras en el plano horizontal, el conocido como “efecto cebra”, que puedan generar confusión. Así mismo, diseñar la iluminación de forma coherente con el flujo de navegación, sin producir quiebres visuales que generen situaciones confusas contrarias a la lectura “natural” del espacio, puede ayudar a la comprensión espacial del espacio de tránsito.

**Balance de contrastes:** es necesario mantener buenos niveles de contraste especialmente entre áreas de tarea, áreas adyacentes y paramentos verticales, para mejorar la percepción visual de bordes y contornos. De esta forma se evitará la planificación lumínica excesivamente uniforme, que aplane los volúmenes espaciales y pueda llevar a una desorientación espacial.

**Iluminación directa e indirecta:** usar una combinación de iluminación directa e indirecta para minimizar deslumbramientos y sombras, creando un entorno visualmente confortable, eliminando el conocido como “efecto caverna”.

**Iluminancia vertical:** tener en cuenta la iluminación volumétrica de paredes y techos. Incorporar cálculos de iluminación cilíndrica para asegurar un adecuado reconocimiento facial.

**Iluminación de puntos clave:** colocar luces de acento en elementos arquitectónicos y señales que sirvan como referencias visuales, ayudando a la orientación espacial. Se intensificarán niveles de iluminación, especialmente en las zonas y elementos a resaltar, considerando planos de iluminación verticales donde corresponda.

**Calidad lumínica:** utilización de fuentes de luz con una alta reproducción cromática para mejorar la percepción de los colores, y emplear luminarias sin efecto parpadeado.

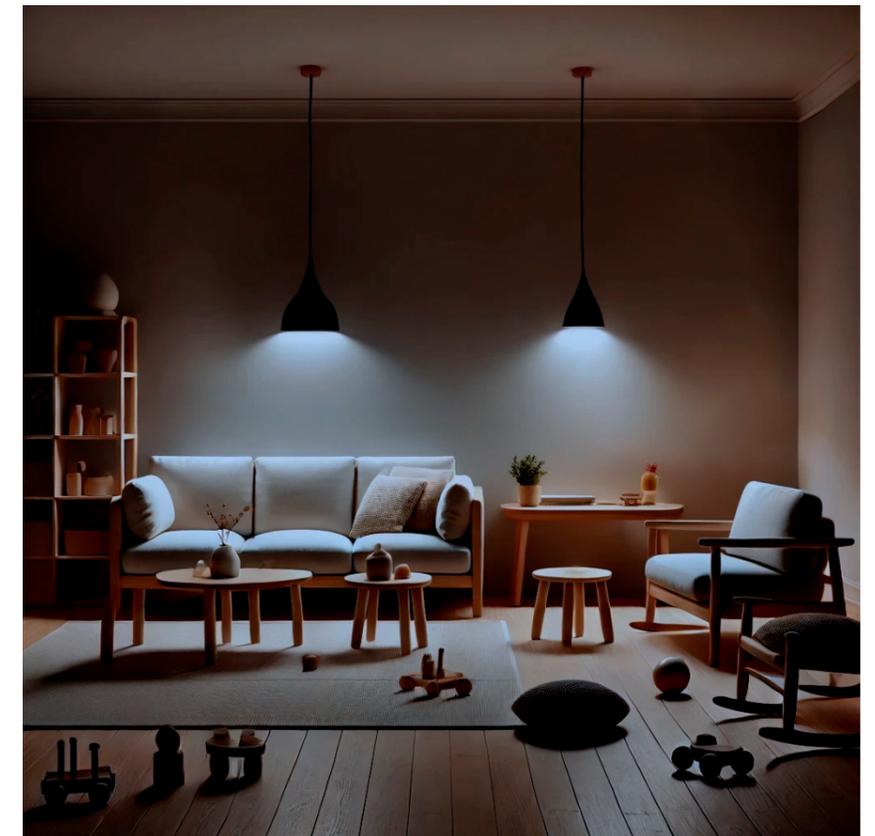


FIG 20. ESPACIOS CON Y SIN “EFECTO CAVERNA”  
IMAGEN GENERADA CON IA

Es recomendable planificar la iluminación entendida como “capas” lumínicas, considerando la **iluminación de fondo o relleno** que aseguren una correcta circulación y deambulación por el espacio. La segunda capa lumínica estará conformada por una **iluminación de tarea o acento**, asegurando unos niveles lumínicos más elevados, adecuados según la tarea a desarrollar y alineados con la normativa de referencia, y que estarán focalizados en el área propia de la tarea a desarrollar. Por último, la capa de **atmósfera lumínica** tendrá en cuenta la iluminación volumétrica, realzando aquellos elementos necesarios mejorar la percepción espacial, e incorporando elementos de iluminación puntual que llamen la atención sobre aquellos elementos deseados.

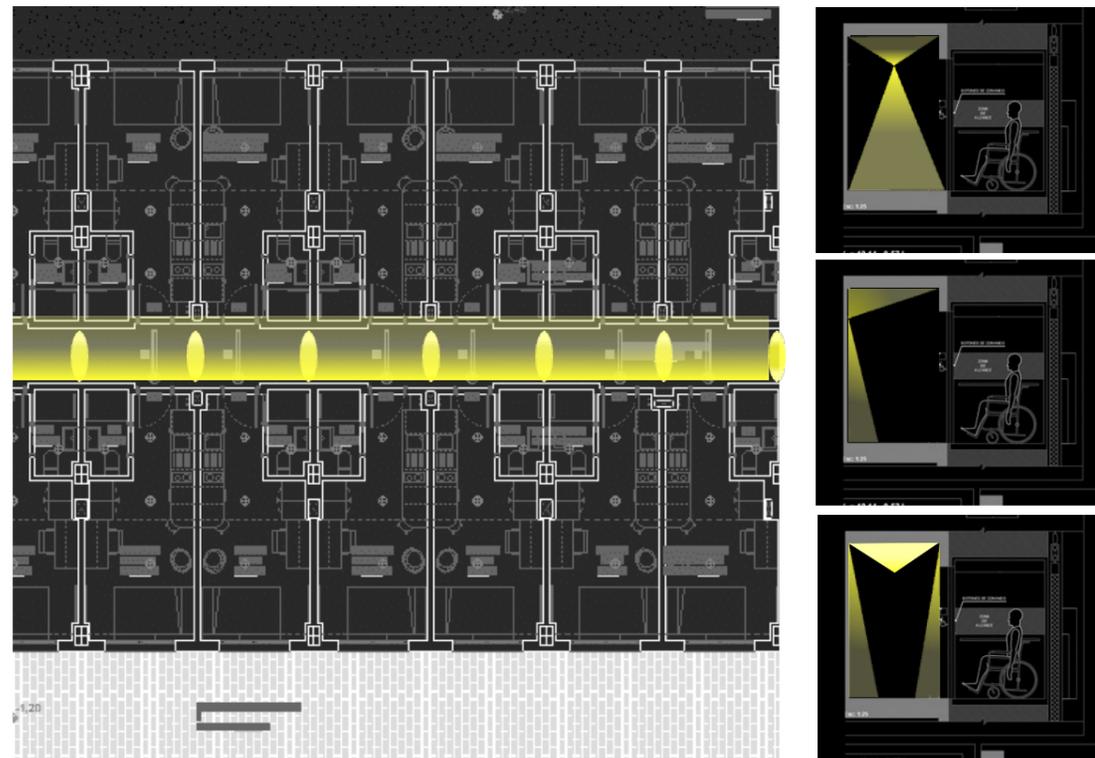


FIG 21. ESQUEMAS DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMBINANDO EMISIONES DIRECTAS-IN-DIRECTAS EN VÍAS DE CIRCULACIÓN CON AUMENTO DE INTENSIDAD EN PUNTOS CLAVE

### Secuencia sin fracturas de los componentes del diseño para romper las encrucijadas

- Iluminación en cruces y encrucijadas:** Asegurar una buena iluminación en todas las intersecciones y cambios de dirección para reducir la desorientación. Aumentar los niveles de iluminación respecto del área de circulación.
- Semántica de la iluminación:** Emplear sistemas de iluminación con una semántica propia que ayuden a reconocer el espacio intersección o nodo
- Iluminación de transición:** Implementar luces de transición entre diferentes áreas para ayudar a los usuarios a anticipar cambios en el espacio.

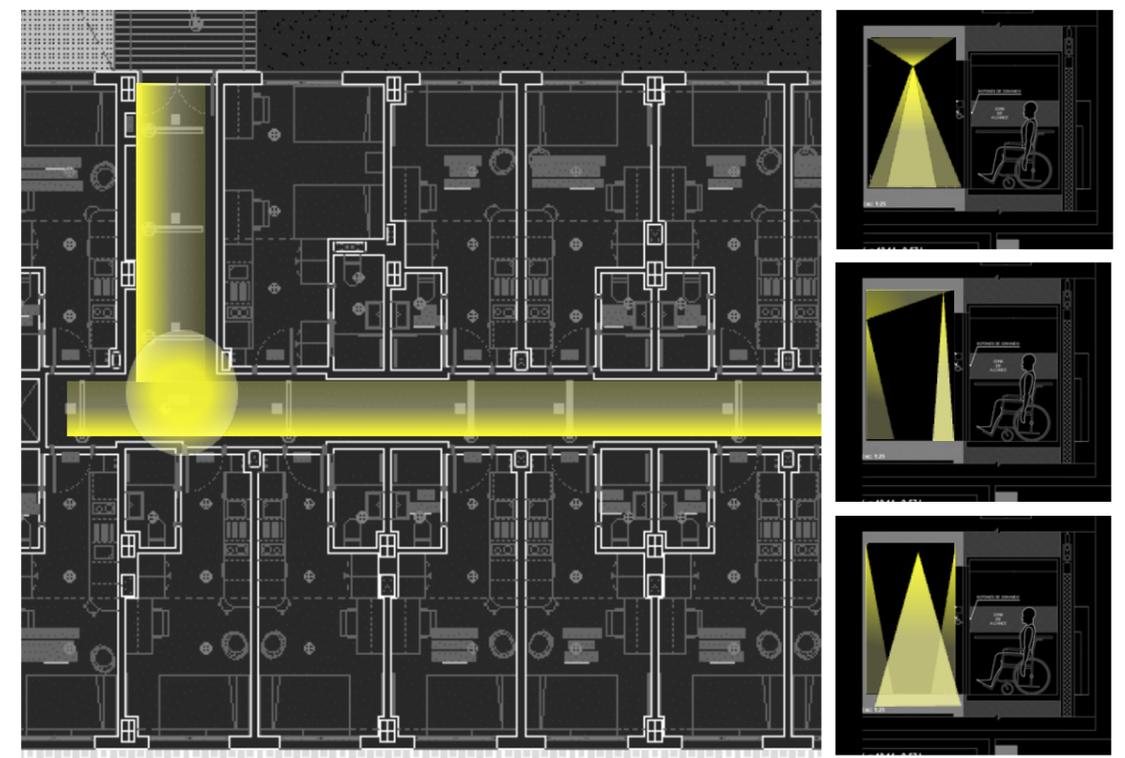


FIG 22 ESQUEMAS DE ILUMINACIÓN EN INTERSECCIONES O NODOS

## Eliminar obstáculos de la percepción en general y del diseño en particular

**Evitar exceso de contrastes:** evitar la creación de escenarios lumínicos excesivamente contrastados que generan deslumbramiento.



FIG 23. ESPACIO CON EXCESO DE CONTRASTE  
ELABORACIÓN PROPIA

**Control de reflejos y brillos:** utilizar luminarias con alto grado de apantallamiento o difusores con un buen control de deslumbramiento evitando superficies altamente reflectantes que puedan causar distracción o deslumbramiento.



FIG 23. ESPACIO CON EXCESO DE REFLEJOS

## PRINCIPIOS DE DISEÑO

**Efecto umbral colocación de "recuerdos" en espacios longitudinales**

**Reforzar la iluminación de los marcadores:** implementar luces a lo largo de los marcadores en espacios longitudinales para mantener la información visual siempre presente apoyando así la memoria de trabajo. Asegurar la legibilidad de las señales desde una distancia razonable y bajo diferentes condiciones de iluminación.

**Reproducción cromática:** incorporar fuentes con una elevada reproducción cromática (CRI>90) especialmente en los espacios donde se utiliza el color como un elemento de diseño

**Contraste y visibilidad:** utilizar iluminación que mejore el contraste de las señales, asegurando que sean visibles tanto de día como de noche. Utilizar una alta reproducción cromática para facilitar el reconocimiento de la intención semántica del color.

**Luces guía:** utilizarlas en el suelo o a nivel de la vista para marcar distancias y direcciones (Iluminación nocturna de baja intensidad para dirigir desde y hacia los aseos, si son interiores a los dormitorios y en pasillos).



FIG 24. EJEMPLO DE PROTOTIPO DE LUZ DE NAVEGACIÓN "DEVELOPING ARCHITECTURAL LIGHTING DESIGNS TO IMPROVE SLEEP IN OLDER ADULTS" - M.FIGUEIRO, M. S. REA, M. REA (2008). IMAGEN GENERADA POR IA

### Efecto agrupación-segregación y otros importantes fenómenos de la percepción visual

**Iluminación diferenciada:** emplear diferentes tipos de iluminación para agrupar o segregar áreas específicas, facilitando la percepción de los límites y zonas funcionales.

**Iluminación focalizada:** utilizar iluminación focalizada para destacar elementos clave y organizar visualmente el espacio.

### Crear referencias con la semántica de las formas

**- Iluminación temática:** entendidas como un objeto de diseño integrado. la propia forma de las luminarias puede resaltar la semántica formal, ayudando a los usuarios a identificar y comprender la función de cada espacio.

**Uso diferenciado de color:** El color de la fuente puede ser utilizado también como un elemento que refuerce el significado de cada espacio utilizando el poder expresionista del mismo.

## COMPONENTES DEL DISEÑO

### Componentes, actuando como coordenadas espaciales para la lectura del espacio

Estos aspectos lumínicos buscan mejorar la accesibilidad cognitiva y la integración sensorial de los usuarios en diferentes entornos arquitectónicos a través de componentes lumínicos:

**Temperatura de color:** Utilizar temperaturas de color que sean confortables para la vista, por ejemplo, luces cálidas en áreas de descanso y luces más frías en áreas de actividad intensa. Siempre relacionadas con los niveles lumínicos de las tareas a desarrollar.

**Intensidad ajustable:** Implementar sistemas de iluminación con intensidad capaz de adaptarse a diferentes necesidades y momentos del día.

**Sensorialmente inclusiva:** Asegurar que la iluminación no cause estrés sensorial, atendiendo a los diferentes perfiles funcionales, especialmente en personas con sensibilidad aumentada, como las del espectro autista.

**Tecnología de control:** Utilizar tecnologías de control de iluminación de fácil uso y mantenimiento, como sensores de movimiento y controles de entrada natural para optimizar la iluminación en función del uso real de los espacios. O controles accesibles para permitir la personalización de la atmósfera lumínica de forma accesible para todos los usuarios.

**Itinerarios o escenas lumínicas:** Diseño de escenas lumínicas dinámicas que acompañen de forma gradual el tránsito de actividad o el cambio de iluminación natural para ayudar a conectar los espacios interiores con los exteriores.

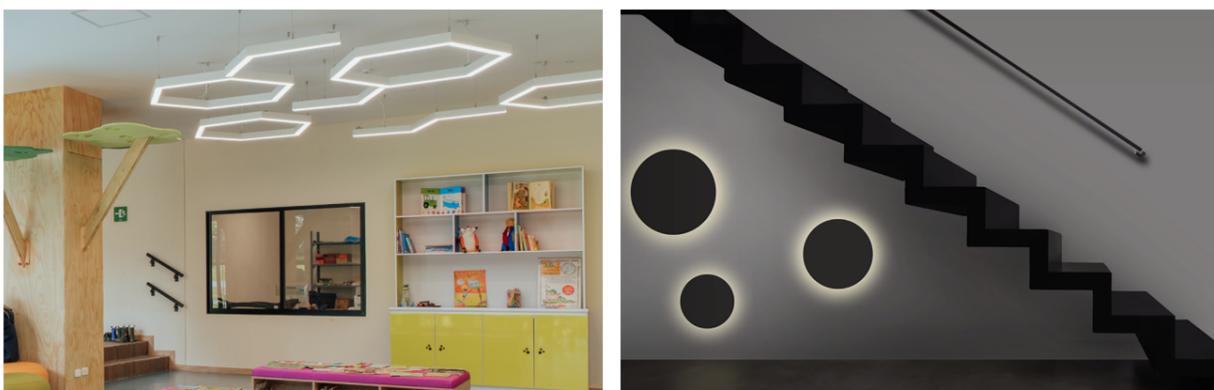
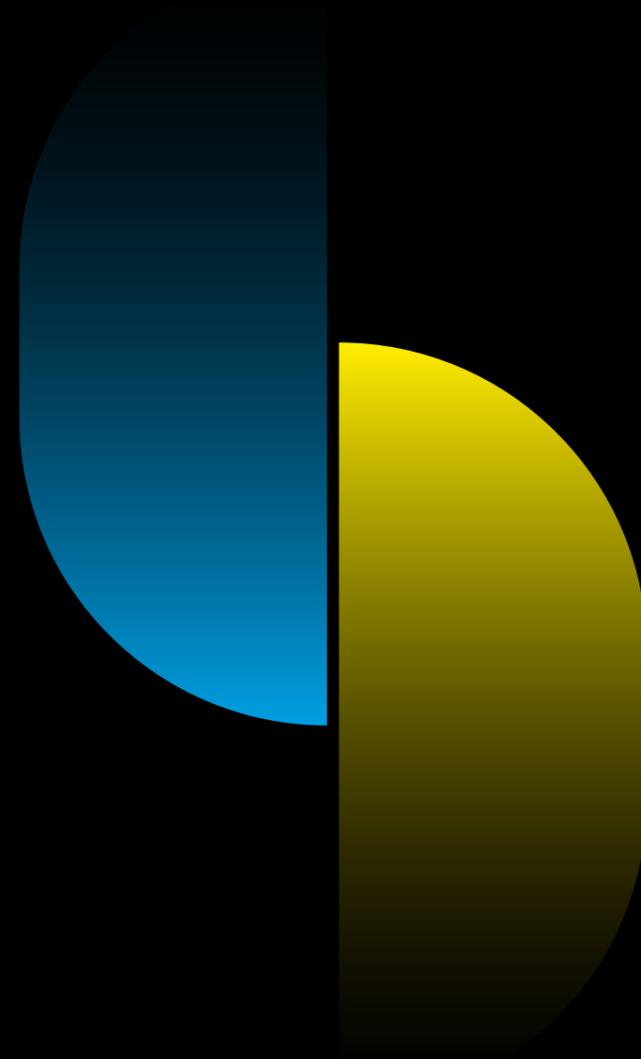
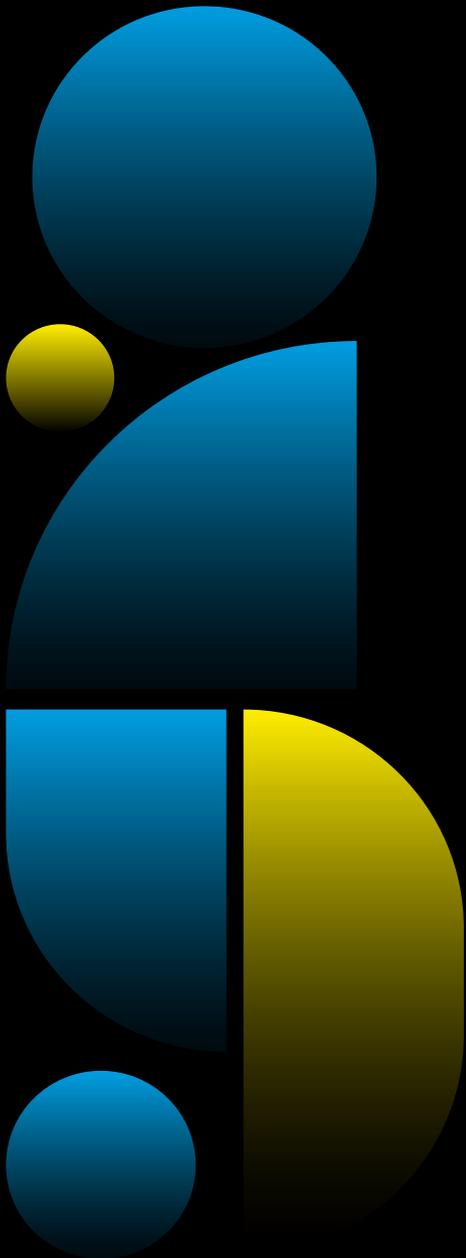


FIG 25. EJEMPLOS DE USO DE LA DIFERENCIA SEMÁNTICA DE LA LUMINARIA (MODELOS FIL Y MUN DARK) COMO ELEMENTO FORMAL QUE AYUDA A DIFERENCIAR Y CONTEXTUALIZAR ESPACIOS



FIG 26. EJEMPLOS DE USO DE LA LUZ DE COLOR PARA REFORZAR EL SIGNIFICADO DE CADA ESPACIO. IMAGEN GENERADA POR IA





BERTA BRUSILOVSKY &

**LAMP**  
Worktitude for light