

# Trabajo Fin de Grado

Iluminación artificial.  
Herramienta técnica y factor de diseño.

Autor

Belén Cortell Merino

Director

Cristina Cabello Matud

Escuela de Ingeniería y Arquitectura / EINA  
2016



**ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.  
HERRAMIENTA TÉCNICA Y FACTOR DE DISEÑO**

**Trabajo Fin de Grado.**

**Autor:** Belén Cortell Merino

**Director:** Cristina Cabello Matud

25 de noviembre de 2016

**Escuela de Arquitectura e Ingeniería.  
Universidad de Zaragoza.**

## RESUMEN

El interés de los arquitectos por la iluminación de los espacios arquitectónicos es innegable, sin embargo, la iluminación artificial es un tema que se deja sin resolver de manera específica en muchos proyectos. Generalmente, se recurre a soluciones estándar, olvidando en demasiadas ocasiones que una iluminación adecuada es fundamental para hacer confortable un espacio, además de ser una gran ayuda para explicar la arquitectura. La iluminación sirve para determinar la temperatura de un proyecto y su carácter, acentuar elementos arquitectónicos o, simplemente, guiar la mirada del usuario.

La incorporación de lámparas y luminarias a un proyecto arquitectónico requiere de un conocimiento previo sobre las magnitudes técnicas, características y posibilidades de las diferentes fuentes de luz. Así pues, en este trabajo se pretende hacer un repaso de las mismas mostrando sus innovaciones tecnológicas, sus ventajas e inconvenientes y sus aplicaciones.

Un recorrido por espacios donde la luz artificial es la protagonista, nos permitirá explicar parámetros más sensoriales y mostrar la importancia que adquiere esta iluminación para captar, emocionar o agradar a los visitantes.

Estudiar un caso concreto, servirá para ejemplificar todos los conceptos relacionados con la iluminación. Gracias a un software específico, se modificarán los parámetros lumínicos del edificio analizado, para de esta forma, mostrar cómo cambia el espacio interior dependiendo, por ejemplo, del tipo de lámpara, potencia o temperatura de color que utilicemos.

La luz natural, gratuita e ilimitada, nos ofrece sensaciones imposibles de conseguir con otros elementos y nos proporciona una calidez y un encanto especial, aunque, por otro lado, también es importante saber diseñar y elegir la iluminación artificial. Una correcta iluminación permite resolver intenciones proyectuales a la vez que el ahorro energético, consiguiendo así el confort adecuado en cada espacio. El estudio de las necesidades de cada recinto, dependiendo de su carácter y uso, es importante para definir las luminarias y lámparas acordes a cada situación. Por tanto, veremos que la clave está en aunar ambas iluminaciones, consiguiendo así potenciar las cualidades de todo proyecto arquitectónico.



# ÍNDICE

## 01\_ Introducción

- 1.1\_ Objetivos y elección del tema
- 1.2\_ Metodología y estructura del trabajo

## 02\_ Iluminación natural y artificial

- 2.1\_ Evolución histórica de la LUZ en el espacio arquitectónico

## 03\_ Iluminación artificial

- 3.1\_ Evolución y clasificación de las lámparas
- 3.2\_ ¿Es la tecnología LED lo último?
- 3.3\_ Conceptos y magnitudes
- 3.4\_ Actualidad y eficiencia energética

## 04\_ Iluminación como estrategia de proyecto

- 4.1\_ Luz atractiva
- 4.2\_ Luz cotidiana
- 4.3\_ Luz expositiva
- 4.4\_ Luz de bienvenida

## 05\_ Caso de estudio

**CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL PAISAJE.  
ESPACIO SALTO DEL ROLDÁN.** Sabayés (Huesca)  
Sixto Marín Gavín

- 5.1\_ El proyecto
- 5.2\_ Iluminación en el proyecto
- 5.3\_ Iluminación. Referentes arquitectónicos
- 5.4\_ Simulación mediante DIALUX
- 5.5\_ Cambios y propuestas realizadas
- 5.6\_ Análisis de resultados y conclusiones

## 06\_ Reflexiones y conclusiones

## 07\_ Bibliografía

## 08\_ Anexos

- 8.1\_ Tipos de lámparas
- 8.2\_ Sistemas de iluminación
- 8.3\_ Magnitudes y fórmulas
- 8.4\_ Planos generales
- 8.5\_ Programa DIALux
- 8.6\_ Fichas. Luminarias DIALux
- 8.7\_ Fichas. Resultados DIALux
- 8.8\_ Mediciones obtenidas (luxómetro)

## 01\_ INTRODUCCIÓN

### 1.1\_ OBJETIVOS Y ELECCIÓN DEL TEMA

El objetivo principal propuesto para realizar este trabajo de fin de grado es la búsqueda de la luz artificial como estrategia de proyecto. Se pretende mostrar que esta tarea se puede conseguir, entre otros factores, gracias a un conocimiento técnico previo de los conceptos y magnitudes del acondicionamiento lumínico artificial, un estudio de las diferentes lámparas y luminarias existentes, así como también el uso de programas informáticos y equipos electrónicos que permiten visualizar el espacio iluminado antes de ser construido. De esta forma se puede llegar a tener la certeza de que tanto el diseño como el confort visual han sido conseguidos. Por tanto, el objetivo principal es ver como todas estas herramientas son fundamentales y ayudan al arquitecto a crear esa luz que ideó para su proyecto.

Uno de los aspectos más importantes que me han hecho decantarme por la elección de este tema para el trabajo de fin de grado ha sido que, durante mis años de estudio se nos ha hecho principalmente hincapié en la luz natural, olvidando en cierta manera la luz artificial, que por necesidad existe y de la cual es importante conocer sus parámetros y sus funcionalidades, tal y como se mostrará en este trabajo.

### 1.2\_ METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO

Para alcanzar el objetivo anteriormente descrito, la idea es empezar con un estudio introductorio del significado y evolución que adquiere la luz en la arquitectura a lo largo de la historia. Se comenzará por la iluminación natural, viendo como poco a poco gracias a la llegada de la electricidad, la luz artificial se ha ido introduciendo en los edificios, llegando a un punto donde ambos instrumentos son importantes a la hora de proyectar.

Para entender bien la iluminación artificial es necesario conocer los conceptos y magnitudes, para posteriormente, saber aplicarlos de forma consecuente a nuestro proyecto. También es importante estudiar la normativa actualmente estipulada, pues el objetivo del acondicionamiento lumínico es alcanzar el confort visual y diseñar espacios agradables para los usuarios que los visitan o para poder desarrollar una actividad concreta.

Una vez realizada esta parte más técnica y de investigación, se han seleccionado unos espacios donde la luz artificial tiene cierta relevancia, pudiendo así explicar una serie de conceptos de carácter más sensorial.

Como caso de estudio se ha escogido un pequeño espacio expositivo. Una vez analizado el edificio, se ha visitado para poder vivirlo, fotografiarlo y tomar las mediciones necesarias de los parámetros lumínicos estudiados previamente. Gracias a estas tareas, se han podido analizar los efectos de la luz artificial, simulando también el edificio en una aplicación informática de software libre para comprobar que los datos obtenidos se corresponden con la realidad. Una vez realizados todos estos análisis se han propuesto los cambios que se han creído más oportunos para mejorar el espacio lumínico interior, que muchas veces por problemas económicos o falta de tiempo, se deja de lado, sin llegar a satisfacer la idea inicial que el arquitecto proyectó.

## 02\_ ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL

*“La arquitectura es un juego magistral, perfecto y admirable de masas que se reúnen bajo la luz. Nuestros ojos están hechos para ver las formas en la luz y la luz y la sombra revelan las formas...”*

*Le Corbusier*

Como se deduce de las palabras de Le Corbusier (1887-1965), arquitectura y luz son dos conceptos que siempre van unidos. De hecho, la iluminación es una parte esencial de cualquier proyecto arquitectónico. El mismo lugar puede cambiar radicalmente de carácter según el modo de iluminarlo. Saber iluminar cada espacio en función del ambiente deseado es una tarea imprescindible para el arquitecto.

La luz natural es la primera forma de iluminación, aunque por funcionalidad, cada vez se confía más en sistemas artificiales. De hecho, lo cierto es que la luz artificial tiene sus ventajas como, por ejemplo, que es más constante y más fácil de controlar que la solar, que puede encenderse y apagarse a voluntad y que permite graduar con precisión su intensidad, color y dirección. De cualquier forma, a pesar de los avances tecnológicos, la luz natural nos proporciona beneficios imposibles de conseguir con la artificial.

Bien es cierto que la luz artificial nos permite realizar múltiples actividades en el ámbito nocturno, es más, gracias a ella se eliminaron las diferencias entre el día y la noche y dejaron de existir barreras arquitectónicas, pues se pueden ocupar espacios anteriormente inutilizables por falta de iluminación.

En épocas anteriores, la luz, más que iluminar los espacios tenía otro carácter, la luz materializada adquiría una categoría de fenómeno espiritual y el ambiente que la luz inspiraba en esos momentos era oscuro e insólito. Esta cualidad de la luz mística actualmente sigue dándose, sobre todo en catedrales y lugares de culto, aunque como veremos en el siguiente punto, la arquitectura ha ido evolucionando hacia la búsqueda de construcciones más ligeras que permiten mayor superficie de vanos por donde la luz natural penetra de forma libre, iluminando ahora sí, el interior de los espacios.

Actualmente, la luz tiene que ver con la energía, pues en muchos espacios a falta de luz natural se debe aprovechar la artificial. El atractivo de la arquitectura contemporánea está en la capacidad de poder utilizar las virtudes de cada una de ellas para poder diseñar espacios bien iluminados.

Álvaro Siza (1933-X) tal vez sea uno de los autores contemporáneos que mejor y más conscientemente emplea la luz natural para hacer vibrar su arquitectura, así nos lo hace saber en sus proyectos y en la cita que se muestra a continuación, donde hace mención a la luz natural, pero sin perder de vista a la artificial.

*“Luz natural: el máximo tiempo posible. Luz artificial: tanta como sea necesaria.”*

*Álvaro Siza*

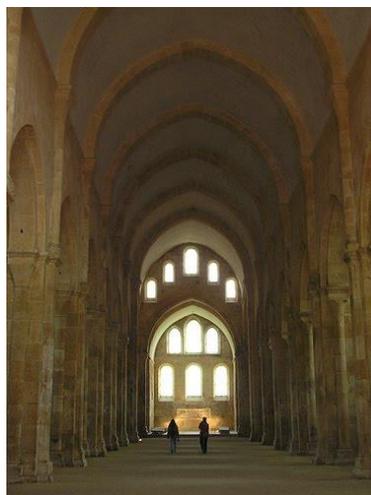
## 2.1\_ EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LUZ EN EL ESPACIO ARQUITECTÓNICO

A lo largo del tiempo, cada estilo arquitectónico ha tenido una actitud propia frente a la luz y su empleo constructivo. Desde la época romana hasta las ligeras construcciones del siglo XIX, los mayores cambios estructurales en edificación mostraron el interés por incrementar la entrada de luz. Por desgracia, la luz artificial era cara y, además, poco eficiente, es por ello que los edificios debían conseguir la máxima cantidad de luz natural en su interior. A continuación, se pretende realizar un breve repaso recorriendo los principales estilos arquitectónicos y sus estrategias de proyecto con la luz, para de esta forma mostrar el cambio que ha experimentado la luz natural en la arquitectura a lo largo de la historia.

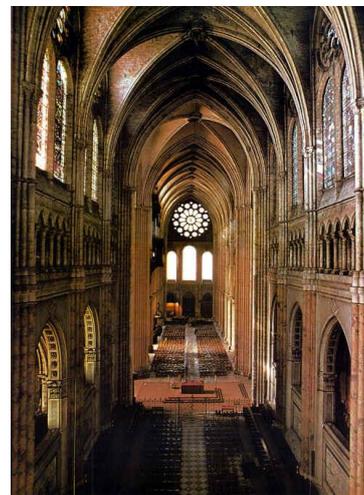
En la antigua cultura romana, con una arquitectura maciza y pesada, la luz apenas estaba presente. No obstante, en el Panteón, lugar de reunión, aparece un auténtico foco solar, una abertura de 9 metros de diámetro que después de varios estudios, parece ser que los romanos usaron única y exclusivamente como elemento meramente compositivo.

Las catedrales románicas (900-1250), no fueron construidas sólo para los hombres, sino para una divinidad capaz de hacer milagros visibles. La arquitectura románica debe ser contemplada desde dentro hacia fuera. Si bien el exterior de las iglesias establecía un medio directo de comunicación entre Dios y el mundo, en el interior se permitía poca entrada de luz para crear un ambiente místico que hiciera estremecer al espectador y provocar en él un gran respeto y admiración por la divinidad. (Imagen [2.01]).

Es en la arquitectura gótica (1250-1500) donde esta relación entre arquitectura, luz y simbolismo se vuelve definitiva. El arquitecto medieval, buscando la luz, descubre el hito estructural más importante de la historia de la arquitectura, la bóveda de crucería. Con este magistral descubrimiento libera al muro de su función estructural creando un esqueleto que permitió abrir ventanales de grandes dimensiones. También el arco apuntado se corresponde con el sentido gótico por la verticalidad, pues gracias a los nervios, éstos concentran en su vértice el movimiento ascendente de las pilastras que modelan los pilares, permitiendo así que la arquitectura parezca elevarse hasta el infinito.



[2.01] Monasterio de Fontenay, 1147 (Francia).



[2.02] Catedral de Chartres, 1260 (Francia).

Por primera vez, el arquitecto puede introducir la luz libremente en el interior de sus espacios. La génesis de la relación libre entre la luz y la arquitectura nace en este momento, donde el arquitecto es el que decide cómo, cuándo y con qué efecto va a utilizar la luz para generar escenografías arquitectónicas. Escenografías compuestas de vidrieras de colores que muestran el deseo de lograr una transparencia material. Las vidrieras góticas sólo pueden considerarse ventanas desde el punto de vista constructivo, constituyendo una pared iluminada etéreamente. (Imagen [2.02]).

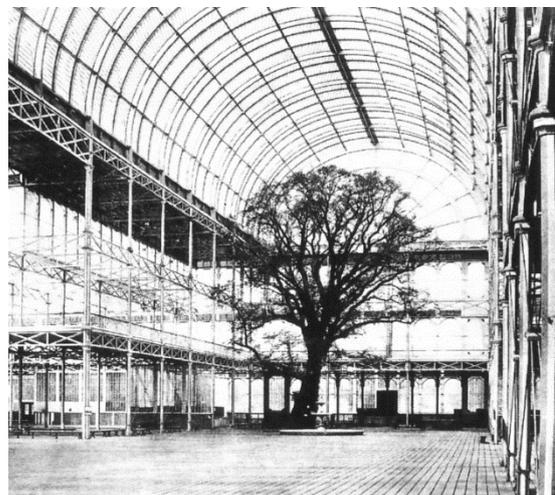
En el renacimiento (1420-1660) la luz perdió su connotación religiosa y fue adquiriendo una significación representativa y estética. Este hecho hizo que la luz perdiera importancia y su función se viera reducida a la tarea de iluminar espacios. Las ventanas amplias y numerosas caracterizaron este tipo de arquitectura, dominaban las fachadas y permitían por vez primera la contemplación de dentro a fuera y de fuera a dentro. La transición entre el espacio interior y el exterior cobró una gran importancia desde entonces.

A partir de este momento, las iglesias se encuentran articuladas en tres ámbitos diferenciados por la luz. Cada rincón de la nave se ilumina de un modo preciso, con lo que se consigue crear un lugar de culto sobrio y desmitificado (Imagen [2.03]). Por otro lado, las fachadas de los palacios renacentistas fueron diseñadas para dar la impresión de grandes estructuras macizas, pero sus plantas en forma de E o H solucionaban los requerimientos de ventilación y la entrada de luz natural. Es más, dichas tipologías fueron las más habituales en los edificios de gran tamaño hasta el siglo XX.

Con los comienzos de la industrialización del siglo XIX, fue posible realizar edificios totalmente acristalados gracias a la creciente disponibilidad del vidrio unida a los nuevos sistemas constructivos en hierro. El nuevo anhelo por la luminosidad que se experimenta en el terreno arquitectónico es puesto de manifiesto en el Palacio de Cristal para la Exposición Universal de Londres en 1851, (Imagen [2.04]). Sin embargo, los avances realizados en el terreno de la construcción residencial distaban mucho de la evolución experimentada. El interior de las viviendas era oscuro y una de las características fundamentales de la arquitectura residencial era la gran separación entre el interior y el exterior. Los espacios repletos de luz provistos de fachadas de cristal tan sólo se encontraban en edificios públicos.



[2.03] Il Redentore, Venecia, 1576. Andrea Palladio.



[2.04] Crystal Palace, Exposición Universal de Londres, 1851. Joseph Paxton.

Durante las primeras décadas del siglo XX, principio del Movimiento Moderno, la luz natural se introdujo finalmente en los edificios residenciales, procurando que cada rincón de la vivienda estuviera bien iluminado.

Los nuevos procesos industriales del momento, permitieron a los arquitectos la posibilidad de desarrollar nuevas formas que se adaptaran a la arquitectura contemporánea. La disgregación entre estructura y fachada permitiría a partir de entonces la disposición libre de los huecos, otorgando a los arquitectos una gran autonomía para la composición de la luz en su conjunto, donde las ventanas corridas abrían la posibilidad de iluminar homogéneamente los interiores que se hallaban dentro de los edificios.

En este periodo del Movimiento Moderno, hasta su última etapa, puede apreciarse la libertad de los arquitectos para abrir huecos, que unida al progreso técnico permitía construir todo aquello que ellos mismos deseaban. Estos hechos hicieron que la luz natural fuera uniforme y constante invadiendo los espacios a lo largo del día. Además, en este mismo momento, mediados del siglo XX, se dio la bienvenida a las fuentes de luz eléctrica, que permitía un efecto similar durante las horas nocturnas. Ejemplo de ello son las torres de oficinas, grandes edificios transparentes donde esa intención de luminosidad del Movimiento Moderno se traducían en el empleo de fluorescentes que plagaban los techos iluminando abundantemente los espacios de trabajo (Imagen [2.05], Imagen [2.06]). Quizá en estos años, sin percatarse los arquitectos de que las construcciones realizadas enteramente con vidrio llevaban implícitos problemas energéticos y climáticos.



[2.05] Interior Lever House, New York, 1952.  
Gordon Bunshaft.



[2.06] Lever House, New York, 1952. Gordon Bunshaft.

Fue entonces cuando la crisis energética de mediados de los 70 obligó a los arquitectos a reexaminar el potencial de la luz natural. Se iban encontrando soluciones de forma paulatina y consecuentemente se indagó en cómo poder dosificar la luz natural. Tras la fascinación inicial por lograr el máximo de luz en cada uno de los diferentes espacios, los temas que preocupaban a los arquitectos de esta época fueron la medida y el control de la misma.

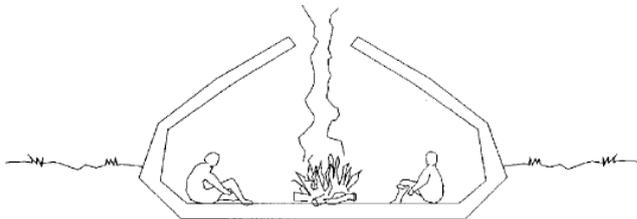
Hoy en día, la posición es bien distinta, se buscan soluciones "a medida" para lograr la luz ideal según la situación a la que corresponda. Los estilos específicos de cada época han sido sustituidos por cada edificio concreto y sus exigencias de iluminación, poco a poco se ha ido tomando conciencia de que la solución a los problemas de iluminación no puede ser una respuesta unitaria, ni quedan resueltos con una única tendencia. La experiencia, unida a la historia de la arquitectura que ha acontecido con el paso del tiempo, ha demostrado que el control de la luz y su cantidad ideal depende del uso concreto de cada edificio y de cada uno de sus espacios.

## 03\_ ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

### 3.1\_ EVOLUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS

En este apartado se pretende realizar un recorrido histórico, desde la aparición de la primera fuente luminosa hasta la llegada de las lámparas eléctricas gracias al descubrimiento de la electricidad para, finalmente, realizar una clasificación de estos elementos lumínicos que se encuentran en la actualidad y forman parte de nuestra vida cotidiana.

El fuego fue la primera fuente luminosa que permitió a nuestros antepasados prolongar de forma artificial las horas del día. Además de iluminar el espacio, se reunían en torno a él para calentarse y protegerse de los posibles ataques de los animales, permitiéndoles también elaborar sus propios alimentos; y por ello, el fuego se convirtió en el auténtico centro de la vivienda.



[3.01] Esquema básico del hábitat primitivo.

Con el paso de los años, las lámparas de aceite pasaron a ser las principales fuentes de luz artificial, pero incluso los más ricos las utilizaban por poco tiempo pues su coste era muy elevado; los más humildes, debían elegir entre luz o alimento, pues el aceite que consumían las lámparas era comestible.

A finales del siglo XVIII – principios del siglo XIX la industria de la caza de la ballena era la que abastecía de aceite y cera las necesidades de iluminación hasta mitad del siglo XIX cuando el queroseno, que se extraía del petróleo, pasó a ser el aceite preferido. Ya entrado el siglo XIX, el gas hulla se convirtió en una importante fuente de iluminación urbana, para más tarde, pasar a iluminar el interior de los edificios.

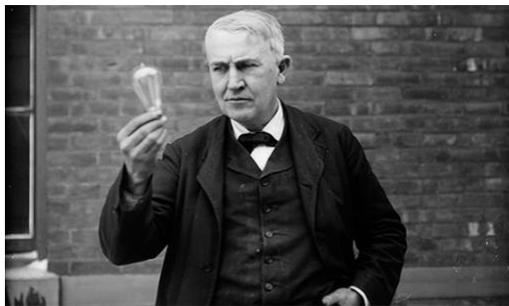
Con la invención de la camisa "incandescente" se mejoró sustancialmente tanto la calidad como la cantidad de la luz de gas, hecho que ocurrió en la década de 1880. Este método generaba altos niveles de calor y polución del aire interior, por lo que rápidamente fue remplazado por la iluminación eléctrica a comienzos del siglo XX.

Thomas Edison es ampliamente citado como el inventor de la bombilla, aunque lo cierto es que él no la inventó, la desarrolló y perfeccionó hasta conseguir la primera bombilla de larga duración rentable comercialmente. Humphry Davy construyó la primera fuente luminosa eléctrica basada en filamentos incandescentes que posteriormente fue mejorada por Edison.

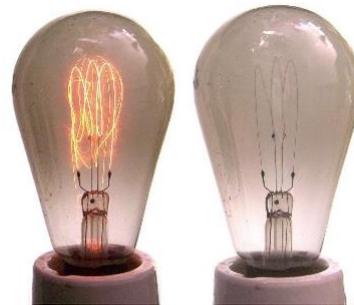
La historia de la bombilla se remonta al año 1800, cuándo el inventor italiano Alessandro Volta consiguió por primera vez proveer de electricidad corriente a través de un cable de cobre conectado a una pila voltaica inventada por él. Este cable producía brillo y se podría considerar como una de las primeras manifestaciones de iluminación por incandescencia (calentar un filamento metálico hasta producir luz).

Unos pocos años más tarde, en 1809, el científico inglés Humphry Davy desarrollaría una lámpara incandescente que se considera la primera fuente de iluminación eléctrica de la que se tiene constancia. Sin embargo, estas primeras fuentes de iluminación eran bastante inestables y duraban tan sólo unos minutos antes de que el filamento se rompiera. En las décadas posteriores muchos inventores intentaron fabricar lámparas incandescentes de larga duración, pero Thomas Edison fue el primero en conseguirlo.

Así pues, en el año 1879 Thomas Edison no inventó la bombilla, pero la perfeccionó. El 21 de octubre de ese mismo año, Edison encendió su primera bombilla y estuvo encendida más de 48 horas, sin duda marcando una gran diferencia respecto a las anteriores, gracias a que el filamento de la misma no era metálico, sino de bambú carbonatado. De aquí en adelante, Edison siguió trabajando hasta que consiguió una bombilla que podía proveer de hasta 1.500 horas de luz, muy eficiente desde un punto de vista comercial.



[3.02] Thomas Edison (1847-1931).



[3.03] Bombilla de filamento de carbono.

A partir de la segunda guerra mundial, mediados del siglo XX, se desarrollaron nuevas lámparas y numerosas tecnologías que además de mejorar la su eficiencia, se hicieron más adecuadas a las tareas del usuario y su aplicación. Entre los desarrollos de las lámparas fluorescentes, se incluyeron los balastos de alta frecuencia que eliminaban el parpadeo de la luz y la lámpara fluorescente compacta, la cual ha logrado su aceptación en ambientes domésticos.

Podríamos clasificar las fuentes luminosas en dos grandes grupos, donde, si los ordenamos de menor a mayor efectividad, en primer lugar, encontramos las lámparas de filamento (incandescentes y halógenas), y en segundo, las lámparas de descarga.

Las **lámparas de filamento** han mantenido su popularidad por varias razones, siendo la principal su bajo coste inicial. Cabe destacar que este tipo de lámparas presentan una amplia gama de medidas, tipos y potencias eléctricas. En las lámparas incandescentes, la luz es emitida al calentarse eléctricamente un filamento de tungsteno, y, por ende, cuanto más se caliente este, más luz es emitida y más alta será la temperatura de color de la misma, pero, por otro lado, la vida de la lámpara se verá acortada.

La evaporación del tungsteno provoca el ennegrecimiento de la lámpara y finalmente el fallo mecánico. Dicha evaporación puede reducirse al añadir elementos halógenos a los gases inertes de su interior. De hecho, este tipo de lámparas incandescentes puede, por consiguiente, trabajar a temperaturas más elevadas sin acortar excesivamente la vida de la misma. Este tipo de lámparas se conocen como halógenas o de cuarzo, las cuales emiten una luz intensa y tienen un tamaño reducido, siendo aptas para faros de automóviles, lámparas de proyectores e iluminación focalizada.

La reproducción cromática de las lámparas incandescentes es excelente, siendo utilizadas por su asociación con entornos tradicionales. Además, permiten conseguir una intensidad baja de iluminación y una atmósfera cálida en bares, restaurantes y viviendas. En cambio, la iluminación incandescente es inadecuada para iluminar grandes espacios que requieren niveles de iluminación altos o moderados.



[3.04] Modelo lámpara incandescente.



[3.05] Modelo lámpara halógena.

Dentro del grupo de las **lámparas de descarga**, el desarrollo de las lámparas fluorescentes y más tarde el de las de descarga de alta intensidad (de mercurio, halogenuros metálicos y de sodio a alta presión) supuso una importante mejora en iluminación artificial. Estas lámparas se basan en un fenómeno conocido como descarga, la luz es emitida por un gas ionizado.

Todas las lámparas de descarga requieren de un dispositivo conocido como balastro, el cual primero enciende la lámpara con un alto voltaje y después limita la corriente eléctrica al nivel operativo apropiado. Los balastos electromagnéticos tradicionales, compuestos de filamentos de cobre, fueron reemplazados por balastos electrónicos más eficaces. La larga duración de las lámparas de descarga y su alta eficacia son más que suficientes para compensar el coste añadido del balastro y el sobrecoste de cada una de ellas en relación con las lámparas incandescentes.

Las lámparas fluorescentes son más eficaces que las convencionales, permitiendo además la creación de luminarias muy esbeltas con buen control del haz luminoso. Otra gran virtud que poseen es su larga vida útil, aunque los frecuentes encendidos/apagados reducen su duración. Las lámparas de descarga de alta intensidad necesitan unos minutos para alcanzar su máxima potencia luminosa y su encendido no es inmediato cuando se produce una interrupción temporal de la corriente, aunque en la actualidad ya existen lámparas de reencendido instantáneo.



[3.06] Modelos lámparas fluorescentes.



[3.07] Modelos lámparas de descarga de alta intensidad.

Un tercer grupo, que explicaremos más adelante, aparece como lo último en tecnología lumínica, se trata de los LED, unos dispositivos que, aunque no lo parezca, llevan más de 50 años entre nosotros. Los avances se han ido optimizando progresivamente mediante sistemas de producción más modernos, además de la aparición de nuevos materiales y numerosas ventajas que han hecho que los LED, hoy en día, se hayan convertido en los protagonistas de la iluminación artificial.

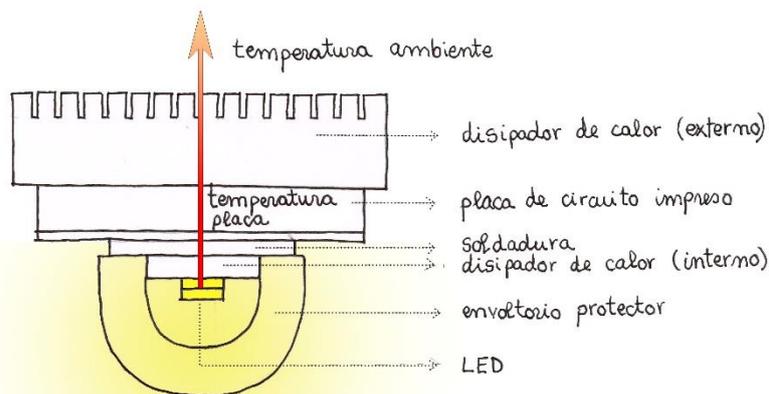
### 3.2\_ ¿ES LA TECNOLOGÍA LED LO ÚLTIMO?

Los LED (*Light Emitting Diode*) son semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz, considerados actualmente como la mejor fuente de luz artificial, ya que presentan grandes ventajas frente a las lámparas convencionales.

Estas pequeñas fuentes de luz brillante se agrupan formando lámparas, pudiendo producir así más lúmenes por vatio, consiguiendo luminarias de mayor potencia, siendo estas hasta un 80% más eficientes que las lámparas incandescentes. Se encienden rápidamente a diferencia de las lámparas fluorescentes, y tienen una duración de 25000 horas frente a las 1000 horas de las lámparas incandescentes o las 8000 horas de las compactas. Reproducen muy bien los colores y apenas emiten calor hacia el exterior, por lo que reducen costes de climatización.

En cuanto a los aspectos ambientales, las lámparas LED no contienen mercurio ni elementos contaminantes, disminuyen el volumen de residuos al tener una mayor vida útil, además, contribuyen a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, pues la demanda de energía para su funcionamiento es menor. En las instalaciones donde se utilizan consiguen una menor huella de carbono.

Pero como todos los dispositivos, presentan también algunos inconvenientes, de entre los cuales destacaremos su elevado precio inicial y el calor que genera en la parte posterior del LED. Si bien producen menos calor que las convencionales, el que generan es muy importante disiparlo, para ello es imprescindible que los disipadores cuenten con mucha superficie de disipación. El buen funcionamiento de los LED y su mayor durabilidad reflejada en su vida útil se basa en la capacidad que tienen estos de disipar el calor. Si este sistema es el adecuado, la temperatura del LED no se elevará demasiado manteniendo de esta forma la eficacia luminosa máxima y alargando la vida útil del LED. El rango de temperatura en el que estos diodos emisores de luz trabajan de forma eficiente es de 0°C a 70°C.



[3.08] Disipación del calor en un LED.

Debido a este problema, no conviene lanzarse a reemplazar todas las lámparas de la casa u oficina por lámparas LED sin realizar un estudio previo y ver si las instalaciones del lugar cuentan con suficiente espacio para la disipación del mismo. Es fundamental valorar todas las opciones y comprobar si realmente es conveniente realizar el cambio, puesto que para ciertas estancias puede no resultar aconsejable.

La historia de estos dispositivos no corresponde con una fecha concreta, sino que con el paso del tiempo y las sucesivas innovaciones se ha conseguido dar forma a esta tecnología actual.

Dichos diodos emisores de luz se han ido descubriendo poco a poco. El primer LED que se desarrolló fue el rojo en 1962, luego llegó el verde en 1974 y la tecnología se plasmó en los grandes monitores de aeropuertos y estaciones, pero sin la luz azul no era posible crear lámparas cuya combinación de colores fuera la luz blanca. El led azul se resistió a los esfuerzos de numerosos científicos y continuó siendo una incógnita durante tres décadas, el primer led azul nació en 1989.

Por ello, Isamu Akasaki (Universidad de Meijo, Japón), Hiroshi Amano (Universidad de Nagoya, Japón) y Shuji Nakamura (Universidad de California), han sido reconocidos con el Premio Nobel de Física 2014 por la invención de los diodos emisores de luz azul, que ha permitido generar fuentes de luz blanca brillantes y que ahorra energía.

Mientras el siglo XX contó con bombillas incandescentes, se cree que el siglo XXI estará iluminado por lámparas LED, pero la búsqueda de lámparas más eficientes sigue sin detenerse. La batalla por descubrir nuevas tecnologías cada vez más sostenibles y eficientes ha llevado a crear otra, la de diodos orgánicos emisores de luz (OLED).

La tecnología **OLED** (Organic Light-Emitting Diode) consiste en un diodo que se basa en una fina capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan a una estimulación eléctrica generando y emitiendo luz por sí mismos. Una lámpara OLED tiene una vida útil alrededor de 30000-40000 horas, algo menos que las LED pero muy elevada si las comparamos con las lámparas convencionales. Estos paneles producen una luz difusa y uniforme, podemos mirarlos sin riesgo de deslumbramiento, además se consigue luz con un menor calentamiento y una mayor eficiencia energética (30-60lm/W). Su principal inconveniente es su elevado coste de fabricación, lo que se traduce en su actual alto precio inicial. Las lámparas OLED permiten recrear una luz casi natural muy cercana a la luz solar (al margen de los beneficios de la luz natural).

Pero todo no acaba aquí, volvemos a Japón, donde un equipo de científicos de la Universidad de Tohoku, ha dado con un ingenio que parece superar dichas tecnologías. Se trata de un nuevo tipo de fuente de luz plana fabricada con **nanotubos de carbono**, estructuras muy resistentes y delgadas que conducen la electricidad. Este material puede permitir una nueva generación de dispositivos brillantes de baja potencia, de bajo coste, muy eficientes y con muy bajo consumo de energía, que podrían desafiar el dominio de las lámparas LED. Es una investigación novedosa, por tanto, habrá que esperar a su evolución y ver su factibilidad dentro del mercado de la iluminación.



[3.09] Modelos lámpara LED.



[3.10] Modelo lámpara OLED.

### 3.3\_ CONCEPTOS Y MAGNITUDES

Para diseñar una iluminación de calidad, deberemos empezar por entender la luz, sus conceptos generales y magnitudes. La luz se define como una porción del espectro electromagnético a la que nuestros ojos son sensibles.

#### Flujo luminoso ( $\Phi$ )

El flujo luminoso es la cantidad de energía luminosa emitida por una luz. La potencia con la que una lámpara emite luz se mide en **lúmenes (lm)**. El valor de los lúmenes indica la cantidad de luz que una lámpara emite en todas las direcciones.

#### Intensidad luminosa (I)

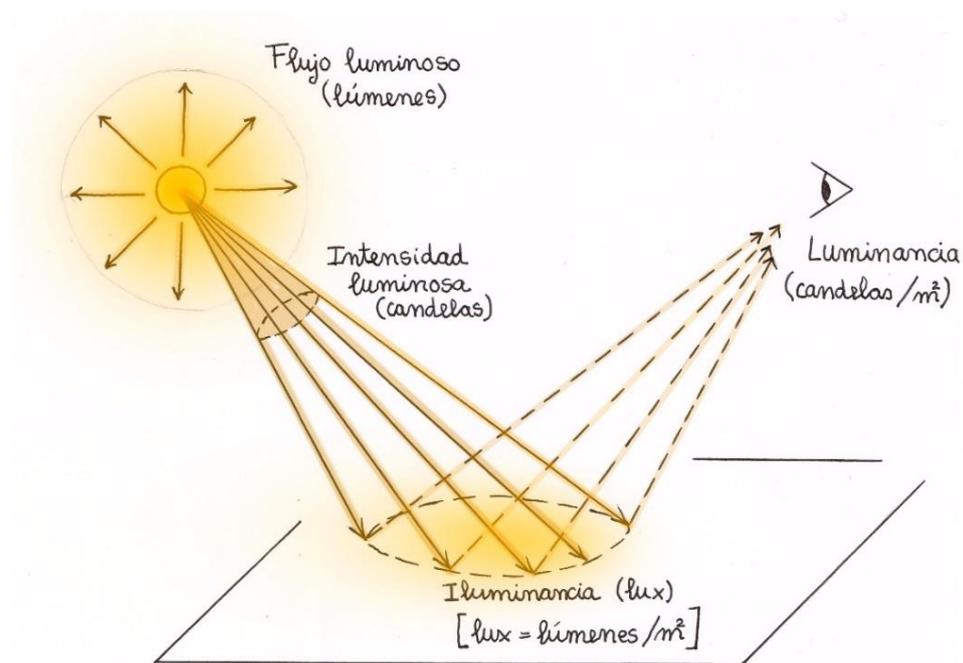
La intensidad luminosa es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Se mide en **candelas (cd)** y depende de la distancia y la dirección. Los fabricantes suministran curvas fotométricas que describen la intensidad luminosa de cada una de sus luminarias.

#### Iluminancia (E)

La iluminancia es igual al número de lúmenes que recibe cada uno de los metros cuadrados de una superficie. La unidad de la iluminancia es el **lux (lx)**. El nivel de iluminación se mide con un **luxómetro**, instrumento de medición que nos permite medir la iluminancia real de un ambiente.

#### Luminancia (L)

La **luminancia** es la cantidad de luz que la superficie de un objeto refleja y llega a nuestros ojos. La luminancia se mide en **candelas por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )**. En determinadas circunstancias aparecen discrepancias entre lo que el ojo ve, claridad, y lo que lee un aparato de medida, luminancia.



[3.11] Conceptos y magnitudes iluminación.

### 3.4\_ ACTUALIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

El Código Técnico de la Edificación contempla en el Documento Básico HE3 de Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación medidas para reducir el consumo eléctrico del alumbrado artificial que se resume a continuación. Esta sección es de aplicación a la mayor parte de edificios públicos y las zonas comunes de los edificios residenciales, entre otros.

La primera de ellas es justificar un determinado Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI), que dependerá de la potencia de la lámpara (W), de la superficie iluminada ( $m^2$ ) y de la iluminancia media horizontal mantenida (lux). Los valores límite oscilan entre 3 y  $5W/m^2$  por cada 100 lux en espacios de uso utilitario y hasta  $10W/m^2$  por cada 100 lux en espacios públicos o de representación. La segunda medida es la potencia máxima instalada en el edificio que, dependiendo del uso de cada zona, varía desde  $5W/m^2$  en aparcamientos y hasta  $18 W/m^2$  en espacios de restauración. Otra medida obliga a que las instalaciones de iluminación dispongan, para cada zona, de un sistema de regulación y control tal y como indica el apartado 2.3 Sistemas de control y regulación.

Para los lugares de trabajo, los niveles mínimos de iluminación se definen en el Real Decreto 486/1997, en el Anexo IV. Se muestra una tabla donde se marcan los niveles mínimos de iluminación recomendados en cada zona dependiendo de la característica de la actividad que se efectúe en ella. En el siguiente punto del trabajo se muestra dicha tabla, dentro del apartado de "luz cotidiana" donde el objetivo es hablar de la importancia que adquiere la luz artificial en los lugares de trabajo.

La UNE 12464.1 es una norma europea sobre la iluminación para interiores a la que debe acudir en el origen de todo proyecto de iluminación. En ella se estiman los valores límite  $E_m$  (Iluminancia mantenida), UGR (Índice de Deslumbramiento Unificado) y  $R_a$  (índice de Rendimiento de Colores), haremos referencia a ella en el siguiente apartado cuando se expliquen los diferentes espacios seleccionados donde la luz artificial es la protagonista.

Además de todo lo anterior, la Unión Europea conforme a la directiva comunitaria 2009/125 que, apuesta por el diseño ecológico de los productos relacionados con la energía, elimina del mercado lámparas cuya eficiencia sea prácticamente nula.

El 1 de septiembre de 2012 fue la fecha límite para que las lámparas incandescentes tradicionales dejaran de fabricarse. Son poco eficientes, pues utilizan sólo el 5% de la electricidad consumida para transformarla en luz, el otro 95% es transformado en calor. Se dijo adiós a este tipo de lámparas 133 años después de que Thomas Edison, comercializara la primera. Seis años después, el 1 de septiembre de 2018 será el turno de los focos halógenos que lucieron en todos los hogares durante más de un siglo. Son apenas más eficaces que las incandescentes, pero sigue siendo insuficiente. No son órdenes drásticas, sino que dejarán de fabricarse y poco a poco se irán eliminando del mercado. El objetivo es sustituir las estas lámparas por sistemas de iluminación de bajo consumo, que ahorran energía, son más duraderas y respetan el medio ambiente. La Unión Europea recomienda y permite usar lámparas halógenas mejoradas (de bajo consumo). Las nuevas tecnologías (fluorescentes compactos y LED) suponen un ahorro energético de 80-90% respectivamente, en comparación con las incandescentes, y tienen un ciclo de vida útil 10-20 veces mayor que ellas.



## 04\_ ILUMINACIÓN COMO ESTRATEGIA DE PROYECTO

Siguiendo el hilo del trabajo, en este apartado se ha decidido escoger una serie de espacios donde el diseño de la luz artificial es fundamental, son lugares sencillos, frecuentados en mayor o menor medida por todos y, por tanto, conocidos por la mayoría.

La iluminación artificial pasa a ser la protagonista, aunque también se dan combinaciones de ambas. En estos ambientes tiene una doble función, por un lado, iluminar la zona y por otro, atraer, emocionar, agradar e ilusionar a la gente que los frecuenta y visita.

Aquí la iluminación artificial es primordial, está pensada y estudiada al milímetro, pues en cada una de estas zonas el efecto que se quiere transmitir es distinto y esto sólo se consigue con un cuidadoso estudio y diseño de la misma.

Por otro lado, se han extraído una serie de conceptos y términos que se han considerado representativos en cada uno de los espacios y que se van a definir y explicar en base a ellos.

Los lugares seleccionados son los siguientes:

- Tienda de ropa y complementos. "Luz atractiva"
- Puesto de trabajo. "Luz cotidiana"
- Espacio expositivo. "Luz expositiva"
- Lugar de acceso. "Luz de bienvenida"



#### 4.1\_ LUZ ATRACTIVA

La iluminación en un local comercial es vital para marcar espacios y destacar productos. La primera toma de contacto con los objetos se hace a través de un vistazo general del lugar donde se hallan, mientras los puntos de luz suponen un foco de atención de la mirada, un rincón en sombra provocará la indiferencia del cliente.

La iluminación crea en las tiendas o comercios ambientes atractivos, atmósferas frescas, lugares que como imanes atraen a los clientes, los anima e inspira en su decisión de compra. La iluminación debe ser flexible y dinámica, es una tarea que se debe llevar a cabo tanto desde fuera (con el escaparate) como en el interior del local. El escaparate es un lienzo donde los puntos de luz deben causar curiosidad y atraer la mirada del transeúnte para captar su atención.

Una vez en el interior del local, el nivel de luz es importante para poder realizar la actividad que se necesite. Sin darnos apenas cuenta y jugando con la intensidad de las luces se crea un recorrido visual interior. Es necesaria una iluminación general suficiente para apreciar todo el espacio, y destacar con golpes de luz ciertos productos ubicados en zonas donde queremos que se acerque el cliente. Es posible utilizar también la iluminación indirecta que nos permite embellecer el lugar y dar una sensación de amplitud.

Aún con bombillas blancas cada fuente de luz favorece el reflejo de unos tonos. Las lámparas halógenas dan un tono amarillento-anaranjado, mientras el mercurio halógeno posee una luz azulada-verdosa.

La cantidad de luz también depende del color del techo, las paredes y los mismos productos. Los colores oscuros requerirán más fuentes de luz para la iluminación general, pero permitirán mejores resultados en la iluminación puntual de algunos productos. Los tonos claros en la decoración permitirán reflejar más la luz en el espacio general haciendo que necesites menos lámparas, pero más potencia en los focos de luz que quieras destacar.

Hablaremos en este espacio de la importancia de la temperatura de color y del índice de reproducción cromática. La **temperatura de color** se utiliza para describir la calidez o frialdad de una fuente de luz. Las fuentes de luz cálidas, o con temperatura de color baja, suelen reproducir bien los colores rojos, mientras que las fuentes de luz más frías, o con alta temperatura de color, tienden a reproducir bien los azules. La luz fría anima a la actividad y compra, y la cálida invita a la relajación, entonces el comportamiento de las personas que visiten el local se verá afectado en función a la temperatura de color que se haya escogido.

El **índice de reproducción cromática** (IRC o Ra) es la capacidad que tiene una fuente de luz para reproducir los diferentes colores del espectro visible sin modificar los mismos. El índice máximo es 100 y corresponde a una luz blanca con el mismo espectro que la luz del Sol. Un Ra de 90 se considera bastante bueno, y uno de 70 es muchas veces aceptable. Es muy importante y el cliente valorará que el color de las prendas u objetos que vaya a adquirir se vea real y que al llegar a casa no haya sorpresas.

Otra razón para observar el máximo cuidado con la iluminación de un local comercial es la salud visual de los que trabajan en él. A menudo se tiende a sacrificar al personal en favor de la mercancía, sin considerar los negativos resultados que se producirán con el tiempo.

Por ello, la UNE 12464.1-Norma Europea sobre la iluminación para interiores, recomienda que un establecimiento minorista cumpla con lo siguiente:

| Ref. | Tipo de interior, tarea actividad | $E_{mlux}$ | $UGR_l$ | Ra |
|------|-----------------------------------|------------|---------|----|
| 1.1  | Área de ventas                    | 300        | 22      | 80 |
| 1.2  | Área de cajas                     | 500        | 19      | 80 |
| 1.3  | Mesas de envolver                 | 500        | 19      | 80 |

Dicha norma, mencionada en el apartado anterior, tiene como finalidad cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual, a la vez que crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones. Nos referiremos a ella en los distintos espacios que explicamos a continuación.

Como contrapunto, existen locales comerciales donde ninguna de estas recomendaciones respecto a la iluminación se cumple, interiores donde dominan las paredes de color café con recargados objetos de decoración y mobiliario. Una serie de focos de luz concentrada iluminan cada uno de los expositores. Dichos focos se encuentran instalados en el techo, similares a los de un plató de televisión, la iluminación es siempre fija y los focos son todos iguales, lo que varía es el tipo de enfoque. Son tiendas pequeñas, oscuras y con obstáculos. Este tipo de establecimiento capta a los clientes por la curiosidad, ya que no existe escaparate y la visión del interior queda bloqueada mediante el hall de la entrada.

En principio, un ambiente oscurecido invita a la relajación, pero este tipo de tiendas convierten el efecto de iluminación tenue en una de sus características diferenciadoras, aunque contravenga las recomendaciones y estudios existentes sobre el tema de iluminación, pues son preferibles los tonos fríos en el interior del punto de venta.

Es por ello que los empleados, siempre gente joven y con ciertos estándares físicos, se encuentran en constante cambio y renovación pues el cansancio y fatiga visual que conlleva el estar ahí dentro trabajando en la penumbra durante tantas horas diarias pasa factura tanto a corto como a largo plazo.

Se puede afirmar que este tipo de establecimientos rompe con la mayoría de reglas y recomendaciones sobre iluminación para conseguir originalidad, y visto lo visto, funciona. Tanto la luz como la ausencia de la misma, son estrategias de luz atractiva.



[4.01] Interior tienda H&M (Zaragoza).



[4.02] Interior tienda Loewe (Tokyo).

## 4.2\_ LUZ COTIDIANA

A pesar de que se recomienda contar con luz natural en las oficinas, la ley no impone un mínimo, además la luz natural no garantiza durante todo el día una iluminación uniforme, y por lo tanto se recomiendan instalaciones que combinen luz natural y luz artificial.

Una solución efectiva consiste en suministrar una iluminación focalizada sobre las mesas de trabajo mediante luminarias de sobremesa, por ejemplo, al mismo tiempo que disponer de luminarias de luz indirecta para la iluminación general de la sala.

La iluminación general consiste en luminarias de componente indirecto montadas en el techo, más o menos uniformemente espaciadas. Este sistema de iluminación se combina con la iluminación focalizada que consiste en una disposición no uniforme en la cual las luminarias se concentran sobre las áreas de trabajo. Con esta estrategia lumínica se consigue una mayor eficiencia, porque las zonas en las que no se trabaja no están iluminadas del mismo modo que las áreas de trabajo. El deslumbramiento directo y los reflejos se minimizan con este sistema que permite un amplio grado de libertad a la hora de distribuir las luminarias.

El nivel de iluminación general puede calcularse como un tercio de la iluminación de las áreas de trabajo, y el de las zonas de paso, como un tercio de la iluminación general. Por ejemplo, si la iluminación del plano de trabajo en una oficina es de 750 luxes, la general sería de 250 luxes y la de los pasillos 84 luxes aproximadamente.

Si la iluminación de la oficina o despacho no es adecuada, el trabajador podrá cansarse más rápidamente, con mayor fatiga visual, lo cual repercutirá en su rendimiento. Para optimizar la eficiencia en el trabajo, habrá que elegir una buena iluminación. No solo el sistema de iluminación debe garantizar la comodidad visual, sino que también debe contribuir a crear un ambiente agradable y una atmósfera adecuada para el trabajo. Iluminar correctamente la oficina y sus diferentes puestos es imprescindible, pues la productividad del empleado, depende de una buena iluminación en la oficina.

Hablaremos aquí del deslumbramiento, que es el "ruido visual" que interfiere con el rendimiento visual. Existen dos clases de deslumbramiento, el directo y el reflejado, y cada uno tiene diferentes efectos negativos sobre la visión.

El **deslumbramiento directo** está causado por una fuente de luz lo suficientemente brillante como para causar molestia, fatiga o pérdida del rendimiento visual. Se considera molesto cuando produce incomodidad física y reduce el rendimiento visual y la visibilidad. El deslumbramiento causado por una fuente de luz es en gran parte debido a la claridad. Una simple lámpara instalada en un techo negro deslumbrará mucho más que en uno blanco. Ésta es una de las razones por las que los techos son normalmente blancos. Las ventanas son a menudo una importante fuente de deslumbramiento, pero la principal causa son las luminarias de techo. Para minimizarlo se utilizan celosías, lamas parabólicas, lentes y difusores, reguladores ópticos que eliminan o reducen la luz emitida en las zonas de deslumbramiento directo.

El **deslumbramiento indirecto** lo produce el reflejo de la luz sobre superficies brillantes o suelos pulidos, por tanto, este deslumbramiento se puede evitar con acabados mates. Pero cuando las superficies de trabajo tienen un acabado brillante, la solución está en el sistema de iluminación que tienen que ser diseñado para evitar que se produzca deslumbramiento reflejado.

Con el fin de garantizar una correcta visión en el lugar de trabajo, existe una serie de normas y regulaciones, que definen los niveles de iluminación, las limitaciones al deslumbramiento directo, tonalidad de la luz, rendimiento y/o reproducción cromática, entre otros aspectos.

La UNE 12464.1-Norma Europea sobre la iluminación para interiores, recomienda los siguientes requisitos para un espacio destinado a oficinas:

| Ref. | Tipo de interior, tarea actividad | E <sub>mlux</sub> | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> |
|------|-----------------------------------|-------------------|------------------|----------------|
| 1.1  | Archivo, copias, etc.             | 300               | 19               | 80             |
| 1.2  | Escritura, lectura                | 500               | 19               | 80             |
| 1.3  | Dibujo técnico                    | 750               | 16               | 80             |
| 1.4  | Puestos de trabajos de CAD        | 500               | 19               | 80             |
| 1.5  | Salas de conferencias y reuniones | 500               | 19               | 80             |
| 1.6  | Mostrador de recepción            | 300               | 22               | 80             |
| 1.7  | Archivos                          | 200               | 25               | 80             |

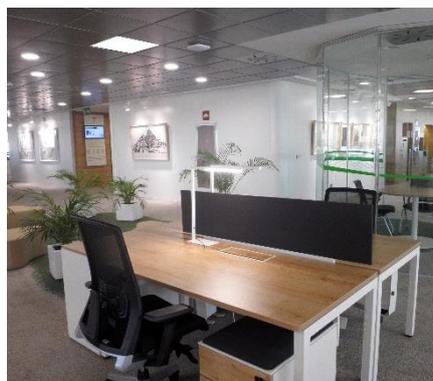
Los niveles mínimos de iluminación en los lugares de trabajo se definen en el Real Decreto 486/1997, en el Anexo IV – Iluminación en los lugares de trabajo se muestra la siguiente tabla:

| Zona o parte del lugar de trabajo    | Nivel de iluminación (lux) |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Zonas donde se ejecuten tareas con:  |                            |
| 1º Bajas exigencias visuales         | 100                        |
| 2º Exigencias visuales moderadas     | 200                        |
| 3º Exigencias visuales altas         | 500                        |
| 4º Exigencias visuales muy altas     | 1000                       |
| Áreas o locales de uso ocasional     | 50                         |
| Áreas o locales de uso habitual      | 100                        |
| Vías de circulación de uso ocasional | 25                         |
| Vías de circulación de uso habitual  | 50                         |

Las oficinas o puestos de trabajo, son entornos donde se pasan la mayor parte de la jornada y dónde deben fluir nuestras ideas, por lo que el ambiente que nos rodea debe reunir las condiciones óptimas para ello. Una oficina bien iluminada puede ofrecer a los empleados una sensación de bienestar que, a su vez, favorezca la productividad.



[4.03] Interior oficinas DKV (Zaragoza).



[4.04] Espacio de trabajo oficinas DKV.

### 4.3\_ LUZ EXPOSITIVA

El diseño de iluminación es un elemento importante en los museos o espacios expositivos, pues es el intermediario entre el visitante y la obra. De él depende que ésta reluzca y saque todo su esplendor.

El exceso de iluminación natural hay que mitigarlo por cuestiones de conservación, para evitar reflejos y por comodidad del visitante. Para ello generalmente se utilizan filtros en ventanas y se suelen combinar luz natural y dos formas de iluminación artificial: por un lado, una iluminación general y, por otro, la incidencia de luz dirigida.

La iluminación general da ambiente a la sala, es una iluminación básica que no busca detalles. Esto se consigue mediante el bañado de paredes, se crea un fondo neutro para exposiciones y, al mismo tiempo, presenta de manera objetiva las obras de arte colgadas. Con la iluminación expandida de las superficies verticales, los visitantes del museo experimentan una sensación espacial luminosa y amplia. La distribución uniforme de la luminosidad crea una atmósfera armoniosa en la que los cuadros o paneles expositivos forman un todo con la pared. Para este sistema de iluminación se utilizan tubos fluorescentes y/o lámparas fluorescentes compactas, no generan calor y pueden ser usadas tanto directa como indirectamente sobre las obras siempre que se cuente con filtros ultravioleta.

La iluminación puntual, empleada para potenciar visualmente objetos o puntos en el espacio expositivo. Dicha iluminación deberá ser unas diez veces más elevada que el nivel de iluminación circundante. Como este tipo de iluminación es muy subjetivo y tiene gran impacto visual, se debe extremar el cuidado a la hora de utilizarlo. La iluminación individual de elementos mediante conos de luz intensivos crea una atmósfera dramática en los museos, además dirigen la mirada de los visitantes de la exposición. Para este sistema de iluminación se utilizan lámparas halógenas pues tienen una excelente reproducción del color y permite un alto control óptico, se suelen utilizar carriles electrificados para adaptar la iluminación a los distintos tamaños de las obras, o incluso, sustituir fácil y rápidamente las luminarias para nuevas exposiciones.

Definiremos aquí el término **contraste** que es la diferencia de claridad entre un detalle y su entorno más próximo. En cualquier museo la mayoría de las veces se desea destacar cuadros, paneles, o bien resaltar esculturas, por tanto, la iluminación de acento es la iluminación por excelencia de cualquier espacio expositivo, está siempre presente en mayor o menor medida creando una atmosfera rica en contrastes. Los contrastes nos permitirán separar planos o generar jerarquías y, lo que es más importante, no fatigar al visitante durante el proceso de la visión.

Bien es verdad que, la iluminación de acento exclusivamente dramática o el bañado de paredes uniforme se revelan como conceptos de presentación demasiado extremos. Se recomienda la combinación de ambos planteamientos de iluminación, a menos que se quiera conseguir un efecto espacial distinto.

La iluminación tanto diurna como artificial puede provocar daños negativos sobre las obras o piezas expositivas, por ello es muy importante controlar el diseño de iluminación utilizado para la conservación de las mismas, no hay que dañar la obra con la luz.

La UNE 12464.1-Norma Europea sobre la iluminación para interiores, no establece requisitos de iluminación para lugares de pública concurrencia en museos, pero muestra las siguientes observaciones:

- La iluminación es determinada por los requisitos de presentación.
- La protección contra radiación dañina es prescindible.

Y es que cuando se trata de aplicar la técnica de iluminación a las obras de arte no existe en la actualidad praxis de métodos o normas que no sean algunas recomendaciones dadas por el Consejo Internacional de Museos (ICOM) o sugerencias para evitar efectos perjudiciales en las obras. Los niveles de iluminación máxima recomendables por el ICOM dependiendo de la sensibilidad de las obras según los materiales son los siguientes:

| Sensibilidad | Materiales   | Iluminancia (lux) |
|--------------|--|-------------------|
| Alta         | Acuarelas, telas, papel, grabados, tapices, etc.               | 50                |
| Media        | Pinturas al óleo y acrílicas, hueso, marfil, cuero, etc.       | 200               |
| Baja         | Piedra, metal, cerámica, vidrio, fotos en blanco y negro, etc. | 300               |

También es importante el nivel de iluminación y el tiempo de exposición de las obras, los cuales se relacionan inversamente, a mayor nivel de iluminación menor ha de ser el tiempo de exposición y viceversa. Este aspecto permite incrementar niveles de iluminación en ciertas ocasiones, compensado con la reducción del tiempo de exposición al público. A continuación, se muestran los valores acumulativos máximos recomendados para reducir el daño manteniendo condiciones adecuadas de visibilidad.

| Sensibilidad | Materiales   | Iluminancia (lux) |
|--------------|--|-------------------|
| Alta         | Acuarelas, telas, papel, grabados, tapices, etc.               | 50000 lux-h/año   |
| Media        | Pinturas al óleo y acrílicas, hueso, marfil, cuero, etc.       | 600000 lux-h/año  |
| Baja         | Piedra, metal, cerámica, vidrio, fotos en blanco y negro, etc. | -                 |

La iluminación es un elemento esencial para que la imagen permanezca en la mente del visitante. La luz debe ser su guía, dirige su atención y muestra las características del objeto expuesto, igualmente debe crear un ambiente confortable y estimulante. Una disposición cuidadosa de las luminarias garantiza, a su vez, la calidad de la luz y el confort visual en la exposición.



[4.05] Caixa Forum (Zaragoza).



[4.06] Museo Pablo Serrano (Zaragoza).

#### 4.4\_ LUZ DE BIENVENIDA

Siendo el hall el primer espacio al que llegan los huéspedes, es importante generar un ambiente acogedor, cálido y bien iluminado. La iluminación de un hotel debe potenciar los espacios y aportar un toque singular.

En general, en el vestíbulo de los hoteles lo esencial es construir un espacio agradable, potenciando los diferentes rincones que lo integran, como pueden ser: el área de relax o espera, la recepción y la zona de tránsito. La iluminación homogénea en los vestíbulos no es nada recomendable, contienen espacios distintos que requieren diferente tipo de iluminación, pues en cada uno de ellos se desarrolla una actividad.

La recepción es el corazón de todo hotel. Los huéspedes llegan aquí, toman contacto con el personal, y disfrutan del servicio del establecimiento por primera vez. Ante todo, la luz debe crear una atmósfera cordial, clara y acogedora. En la propia recepción, la información y la comunicación están a la vanguardia, es por ello que las caras deben verse claramente y sin la interferencia de sombras.

El mostrador de la recepción es un área de trabajo, por lo que debe tener buena iluminación y un buen índice Ra de reproducción del color. El nivel de iluminación del mostrador debe ser tres veces superior al del entorno para posibilitar un trabajo cómodo tanto a los operarios del hotel como a los usuarios del mismo. El rodapié de los mostradores se suele iluminar con un baño continuo de luz, para enfatizar la ubicación del mismo. Este efecto se consigue utilizando lámparas lineales regulables de gran intensidad.

No obstante, en las zonas de espera o relax es necesario un ambiente más íntimo. Los huéspedes deben sentirse cómodos y relajados, pero sin limitar el poder leer catálogos y guías turísticas, por ejemplo. Una iluminación específica ayuda también a destacar la arquitectura interior del espacio o a dirigir la atención a cuadros, esculturas o imágenes.

Una transición lumínica armoniosa entre las zonas convierte la estancia en una experiencia agradable y ofrece a los clientes un recorrido por los espacios donde la luz juega un importante papel. Además de crear una atmósfera coherente con su esencia, la iluminación en un hotel debe garantizar el confort de los clientes, ser capaz de transmitir sensaciones y aportar calidez a los diferentes espacios. Destacamos en este lugar el término **confort visual** que es el grado de satisfacción visual creado por la iluminación. Se deben conseguir ambientes cómodos para los huéspedes a la vez que entornos agradables donde los trabajadores puedan desarrollar su actividad, se trata pues de lograr un equilibrio entre la cantidad, calidad y estabilidad de la luz, pues como ya se ha dicho anteriormente, un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz, sino aquel que tiene la cantidad de luz adecuada a la actividad que allí se realiza.

Uno de los objetivos es buscar una armonía entre la iluminación natural, de la cual dispone el hotel, y la artificial dando así vida al conjunto. Muchas veces, la luz natural es insuficiente y además se trata de un elemento dinámico, es por ello que, en la mayoría de los casos, es necesaria una iluminación artificial adicional.

El hall de los hoteles es un lugar frecuentado durante el día, y en menor medida, pero no por ello menos importante, durante la noche, donde además es también un lugar de trabajo, por lo que no se debe descuidar la iluminación que nos ayuda a crear ambientes distintos y acordes con las sensaciones que queremos transmitir a los usuarios.

La UNE 12464.1-Norma Europea sobre la iluminación para interiores, también establece requisitos de iluminación para lugares de pública concurrencia en restaurantes y hoteles:

| Ref. | Tipo de interior, tarea actividad            | $E_{mlux}$ | UGR <sub>L</sub> | Ra |
|------|--|------------|------------------|----|
| 2.1  | Recepción, cajas, conserjería                | 300        | 22               | 80 |
| 2.2  | Cocinas                                      | 500        | 22               | 80 |
| 2.3  | Restaurante, comedor, salas de reuniones,... | -          | -                | 80 |
| 2.4  | Restaurante autoservicio                     | 200        | 22               | 80 |
| 2.5  | Sala de conferencias                         | 500        | 19               | 80 |
| 2.6  | Pasillo                                      | 100        | 25               | 80 |

La iluminación del hall de los hoteles suele ser fija, aunque en la mayoría la intensidad de la luz se ajusta dependiendo de la hora del día o de la necesidad, si el día es nublado o soleado. Pero existen zonas que cuentan con una iluminación peculiar, por ejemplo, los restaurantes. Estos espacios tienen diversos usos durante el día y la noche, por ello se instala una iluminación específica para cada uso. Esto se puede conseguir mediante un diseño de la iluminación versátil asociado a un sistema de control de la iluminación que permite crear distintas escenas en función del uso y del horario. Con las mismas luminarias y la combinación entre iluminación técnica e iluminación decorativa, se pueden llegar a diseñar escenas distintas ya sea para el desayuno, para la cena, o para eventos especiales como banquetes, reuniones o convenciones.

Queda claro entonces que, en un hotel, el proyecto de iluminación puede influir de manera determinante en la percepción que el cliente reciba de la instalación. Aunque un hotel esté pensado como un establecimiento temporal para el usuario, debe ser un espacio tan confortable y agradable como un establecimiento permanente. El objetivo principal de la iluminación en hoteles es la de atraer al cliente y ofrecer el confort visual el cual ya se ha definido anteriormente.



[4.07] Recepción Hotel Alfonso (Zaragoza).



[4.08] Zona de descanso Hotel Alfonso (Zaragoza).



## 05\_ CASO DE ESTUDIO

### **CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL PAISAJE. (2009-2011) ESPACIO SALTO DEL ROLDÁN.**

Sabayés (Huesca)  
Sixto Marín Gavín

- Ganador del Premio de Arquitectura GARCIA MERCADAL en su edición XXVII. Septiembre 2012.
- Obra seleccionada por los premios FAD 2013. Junio 2013.



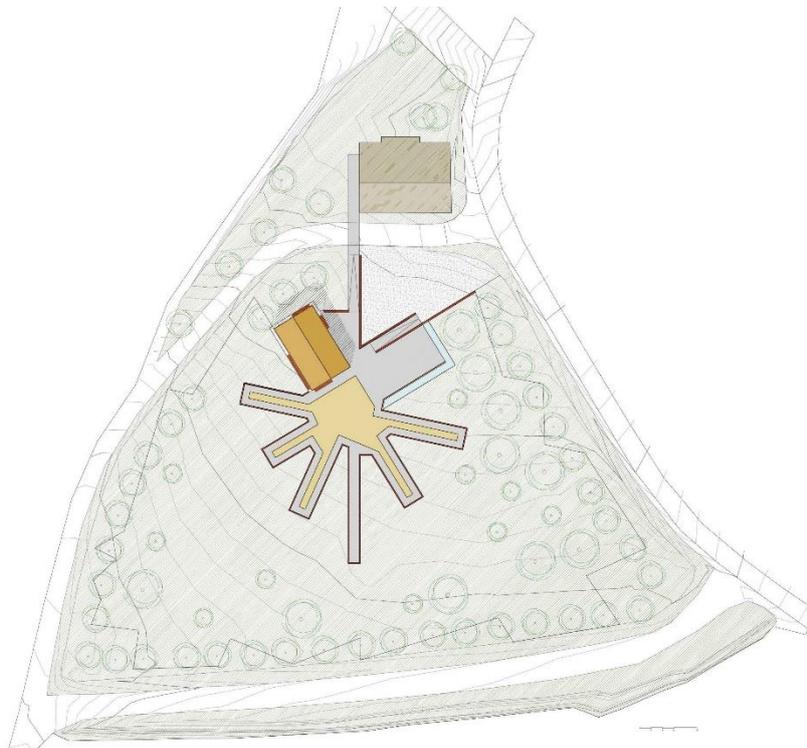
## 5.1 \_ EL PROYECTO

Sabayés (Huesca) es uno de los siete núcleos que existen en el municipio de Nueno, elegido para la construcción del centro por su posición elevada, su céntrica ubicación y las vistas directas sobre el entorno. Todo ello hace que este emplazamiento sea el enclave idóneo.

El programa de la intervención se articula en dos partes: por un lado, el edificio, que ha de albergar los contenidos expositivos y, por otro, un jardín vinculado al proyecto, en el que se recrean los distintos ecosistemas del municipio. Con ello, se consigue algo más que un Centro de interpretación, algo dinámico, vinculado a la pedagogía, al trabajo intelectual, a la investigación y al pensamiento. Los contenidos del edificio van cambiando al igual que la vegetación del jardín con el paso de las estaciones.

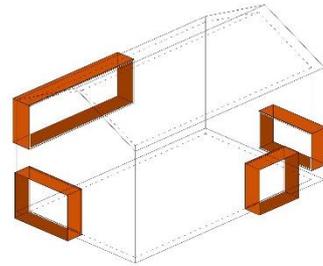
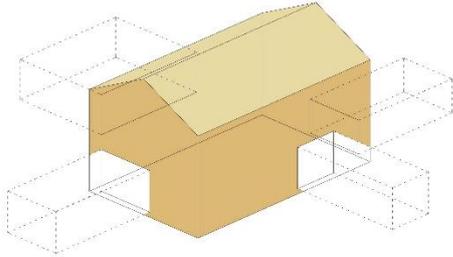
Se trata de un jardín lineal que se extiende colonizando la parcela del proyecto, un murete bajo que se pliega sobre sí mismo y te guía a lo largo de todo el recorrido. En él, se reúnen las especies vegetales más representativas del pie de la sierra, de esta forma, el visitante adquiere unos conocimientos básicos sobre las plantas más usuales del entorno, que podrá posteriormente reconocer en todo el paisaje circundante de la hoya de Huesca. Se trata de realizar un breve paseo que permite al usuario desarrollar además una percepción sensorial completa, pues se puede observar, tocar y oler las plantas. Todo este espacio exterior se encuentra adaptado para personas de movilidad reducida y también está pensado para todo rango de edades.

En cuanto al edificio, es un proyecto de pequeña escala, un contenedor creado para ayudar al visitante a entender mejor su entorno a la vez que sirve a los siete núcleos para organizar cualquier tipo de actividad, cumpliendo así una doble función, didáctica y de reunión.



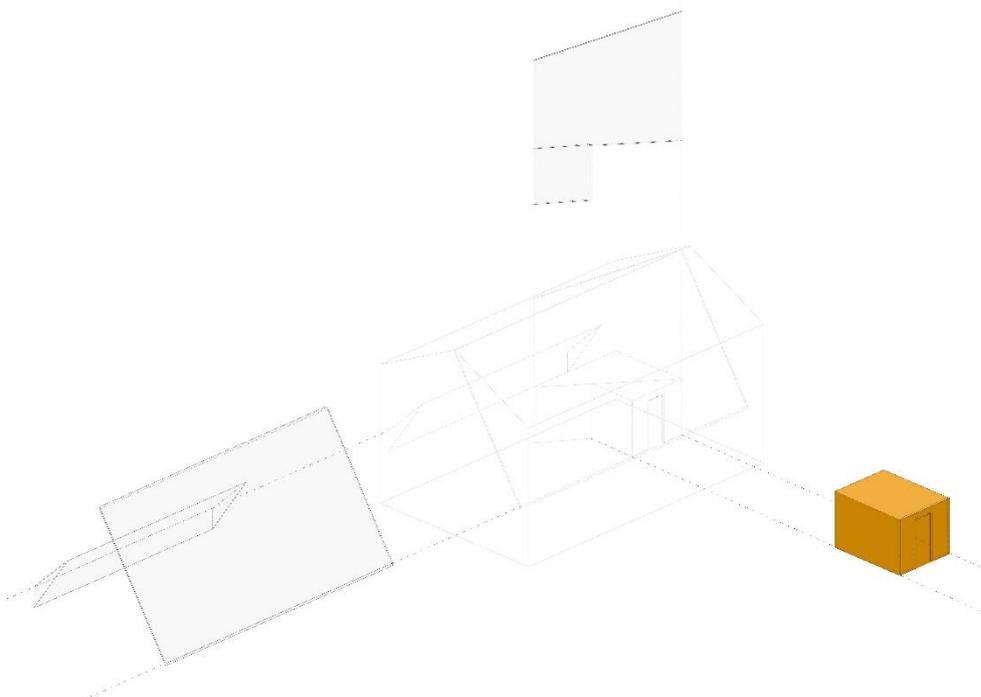
[5.01] Planta de situación.

Una obra sencilla que, por su cubierta a dos aguas, recuerda a un edificio tradicional. Un volumen de hormigón gutinado en el exterior con cuatro aperturas que perforan y emergen de la piel rocosa y que se conciben como cajas de acero corten a modo de umbrales, balcón o lucernario, en función de la orientación. Los materiales utilizados convierten al centro en una roca que parece desprendida del Salto del Roldan a la que el paso del tiempo y la acción del hombre le han dado forma. De este modo, el diálogo volumétrico con la ermita existente situada en el linde norte y matérico con el territorio, le permiten relacionarse a todos los niveles con su entorno.



[5.02] Volúmenes y huecos

En el interior del edificio, un paño de pared vertical continua hasta la cota 2,40 se reserva para los contenidos expositivos, para las aperturas al exterior y para las cajas de madera encargadas de alojar el aseo, armarios e instalaciones. En el techo, un juego de planos inclinados adapta su geometría para componer un gran lucernario. Los planos no llegan a tocar las paredes, y así, al desmaterializar el conjunto y situar los espacios expositivos en la base de las paredes, se pretende concentrar la atención sobre los contenidos, ensalzando la iluminación natural y, sobre todo, enriqueciendo la experiencia espacial del visitante.



[5.03] Juego de planos inclinados.

## 5.2\_ ILUMINACIÓN EN EL PROYECTO

En el Centro de Interpretación, todo el juego de planos e interior blanco está concebido desde el punto de vista de la iluminación natural. Grandes ventanales ubicados en sus cuatro fachadas dejan paso a la luz. En los huecos orientados hacia el norte, sur y este, la luz entra de forma directa, no hay ningún elemento que mate o impida su entrada. Son aberturas de grandes dimensiones que se encuentran casi a ras de suelo, de hecho, el hueco ubicado en el este funciona también de acceso al edificio. Dado que sus orientaciones son distintas, las intensidades de la luz también lo son.

En cambio, por el gran ventanal del oeste, con una altura de 3,30 metros, la luz penetra de forma indirecta. Un plano inclinado hace que esta luz se refleje en el techo y en el mismo plano tras el cual se encuentra la ventana.

Con todo ello, se crea un juego de luz muy interesante, atractivo y cambiante el paso de las horas del día, a la vez que consigue un espacio interior bien iluminado cuando todos los ventanales permanecen abiertos. También es posible un oscurecimiento total cuando se cierran todos ellos para poder crear un ambiente más íntimo y así utilizar elementos externos como, por ejemplo, proyectores y plasmar reproducciones que sirven de apoyo a todo lo mostrado en la exposición.

El citado juego de planos que configura el techo de este espacio nos ayuda a integrar las luminarias artificiales, el encuentro de los mismos con los planos verticales se articula a través de las líneas de iluminación. Una línea de luz perimetral a base de tubos fluorescentes ilumina las paredes, y unos focos de luz puntual camuflados tras el plano inclinado simulan, al caer el sol, la magia que durante el día nos ofrece la luz natural en el interior.

Las luminarias quedan ocultas a la vista, se desdibujan en la arquitectura, es en las intersecciones de los planos donde aparece la luz. Son grietas por donde la luz se cuela y te acompaña a lo largo de toda la exposición desmaterializando el interior y creando un ambiente acogedor y único.

Parece ser que cuando se habla de iluminación artificial en un edificio, ésta es siempre para iluminarlo interiormente. No es cierto, la iluminación interior producida por las lámparas se manifiesta también en el exterior. El Centro de Interpretación de noche se muestra como un farolillo en el paisaje donde la luz cálida del interior se asoma por los grandes ventanales queriendo devolver al paisaje esa luz que durante el día lo ilumina de forma natural.



[5.04] Centro de Interpretación (interior).



[5.05] Centro de Interpretación (exterior).

### 5.3\_ ILUMINACIÓN. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS

Este juego que Sixto realiza ocultando los focos detrás del plano inclinado para que al llegar la noche imiten el efecto que durante el día produce la luz natural, ya lo realizaban algunos arquitectos en épocas pasadas.

Alvar Aalto (1898-1976) arquitecto finlandés, cuidaba hasta el mínimo detalle de cómo se iba a sentir el usuario en sus edificios. Sus bibliotecas funcionan a la perfección gracias, entre otros aspectos, a la fusión entre los lucernarios y las luces artificiales perimetrales. Las bibliotecas necesitan luz natural, aunque esta no esté permanente durante todo el día. Es necesario tener en cuenta la posición de la luz artificial, y más en las largas tardes de invierno de los países escandinavos. Por ello, en la "Biblioteca de Viipuri" gran parte de las luces artificiales se sitúan en la misma posición que la entrada de luz natural, así, el usuario percibe una continuidad en el tiempo, y se mantiene el principal objetivo, facilitar una lectura sin sombras.

En la "Iron House", Aalto propone un elegante atrio central iluminado cenitalmente a través de lucernarios, se trata del tipo utilizado en Viipuri pero evolucionado gracias a la incorporación de una alfombra exterior de luz artificial, una suma de estrellas individuales situadas sobre el vidrio que remata cada uno de los huecos. Con esto, consigue una doble intención, por un lado, el atrio se encuentra igualmente iluminado durante el día y la noche, por otro, las lámparas derriten las nevadas del invierno y habilitan el uso del lucernario en cualquier momento del año en Helsinki. La intención del arquitecto es eliminar la diferencia entre iluminación natural y artificial.



[5.06] Biblioteca de Viipuri, Finlandia (1927-33).



[5.07] Iron House, Finlandia (1953-55).

Otro ejemplo similar pero más reciente ocurre en las Termas de Vals (1993-1996) diseñadas por el arquitecto Peter Zumthor (1943-X), donde un conjunto de pequeñas claraboyas aporta una suave luminosidad teñida de azul. Dichas claraboyas poseen sus propias fuentes de luz artificial que han sido desplazadas al exterior del recinto.



[5.08] Termas de Vals (exterior).



[5.09] Termas de Vals (interior).

## 5.4\_ SIMULACIÓN MEDIANTE DIALUX

Hoy en día existen muchos programas que nos facilitan enormemente la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores. Algunos de ellos son: DIALux, Lumenlux, Calculux, etc.

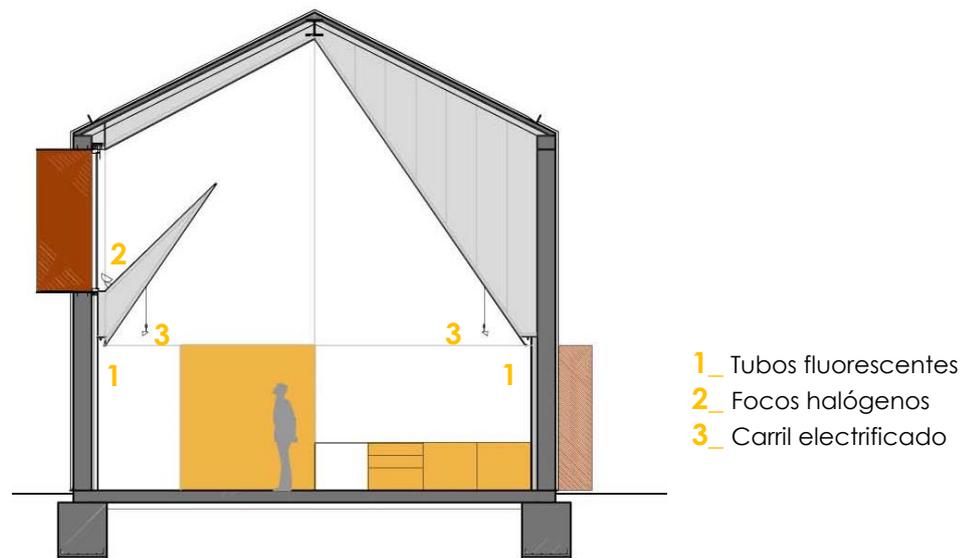
Para la simulación se ha utilizado la versión DIALux evo 6.1. Este programa es del Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada (Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik) DIAL y es Osram la empresa que más impulso le está dando. Es útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial y trabaja con catálogos reales de fábricas europeas. DIALux está siendo desarrollado continuamente y se adapta a las necesidades y requerimientos de todo diseño de iluminación.

En el programa DIALux se ha modelado, en primer lugar, la geometría del edificio con las aberturas y huecos correspondientes tomando como plantilla la planta dibujada previamente en AutoCad, pues el programa DIALux te permite importar dicho archivo y dibujar sobre él.

En segundo lugar, se han introducido las luminarias. DIALux cuenta con un amplio catálogo de marcas, diseños, modelos, potencias, etc. y se han seleccionado las que más se asemejan a las que a día de hoy existen.

Como ya se ha comentado anteriormente, el Centro de Interpretación es un único volumen contenedor de una amplia zona expositiva en la cual nos vamos a centrar para realizar el estudio actual de la iluminación artificial.

Como bien muestra la siguiente sección del proyecto, contamos a priori con dos tipos de luminarias distintas para el área expositiva. Por un lado, 15 tubos fluorescentes son los encargados de iluminar las paredes laterales donde hay una exposición de paneles. Dichos tubos, se encuentran empotrados en el techo, concretamente en la intersección de la pared vertical con los planos inclinados por lo que quedan ocultos a la vista. Por otro lado, 3 focos de mercurio con halógenos metálicos se encuentran ubicados en el ventanal oeste, tras el plano inclinado. También se observa un carril electrificado que existe, pero sin uso, del cual hablaremos más adelante.



[5.10] Sección norte. Indicación de las luminarias.

Para la elección de estos elementos lumínicos se han tenido en cuenta los datos tomados con un luxómetro el día de la visita al edificio. La misma cantidad de luxes que las luminarias actuales marcan a una distancia de 1,50 metros del suelo, es la que se obtiene con las lámparas elegidas para la simulación, sus características son las siguientes:

| <b>Tubo fluorescente PHILIPS TL-D58W HFP</b> |      |
|--|------|
| Potencia nominal lámpara (W)                 | 50   |
| Flujo de lámpara (lm)                        | 4350 |
| Eficiencia luminosa (lm/W)                   | 42   |
| Temperatura de color (K)                     | 3000 |
| Índice de Rendimiento en Color (%)           | 90   |
| Flujo total (lm)                             | 2335 |
| Potencia total (W)                           | 55   |

La iluminación general del proyecto es a base de líneas de fluorescencia. La luz se genera mediante una descarga eléctrica entre dos polos, al vapor de mercurio se le añade polvo fluorescente en la pared interior de la lámpara.

Los tubos fluorescentes requieren un dispositivo anexo para funcionar, el cebador insertado en un porta cebador, produce una chispa en su interior elevando la temperatura del gas en el encendido y una reactancia electromagnética primero enciende la lámpara con un alto voltaje (1000 V) y después limita la corriente eléctrica al nivel operativo apropiado (220 V). En este caso, los dispositivos necesitan 5 W para su funcionamiento, que sumados a la potencia nominal de la lámpara hacen un total de 55 W.

Los tubos instalados cuentan con una eficiencia luminosa de 42 lm/W, esto es la relación existente entre el flujo luminoso emitido por una fuente de luz (2355 lm) y la potencia consumida (55 W). Su eficacia se podría considerar moderada, pues transforman aproximadamente en luz el 25% de la electricidad que consumen, el otro 75% es transformado en calor.

La temperatura de color es de 3000 K, por tanto, la luz es cálida con tonalidad blanca-amarillenta. Reproduce muy bien el color, pues su índice de rendimiento es del 90%. Como ya hemos definido anteriormente, este índice muestra la capacidad de una fuente de luz artificial en reproducir los colores, se toma como referencia la luz del Sol, cuyo índice es 100%.

El tipo de luminaria produce una iluminación directa, pues al encontrarse encajado entre los dos planos, envía la totalidad de la luz hacia abajo alcanzando un nivel de iluminación alto en el plano vertical. Este tipo de iluminación puede producir deslumbramiento directo cuando la distancia entre luminarias es excesiva, por ello los tubos se encuentran solapados y contrapeados para evitar sombras, aunque veremos que no es suficiente.

Este tipo de lámpara ha ido evolucionando y hoy en día cuentan con grandes ventajas, pues gracias al empleo de balastros electrónicos desaparece el parpadeo y el encendido es casi instantáneo. Pero sigue contando con inconvenientes que hacen que no sean la más adecuada dependiendo de la actividad que se desarrolle, pues la cantidad de luz emitida es proporcional al tamaño del tubo y si el encendido/apagado es frecuente, la vida útil del mismo que suele estar entre 10000-15000 horas, disminuye. En este caso, al tratarse de una zona expositiva, el encendido/apagado de los tubos fluorescentes no es constante, por lo que la vida útil no se verá reducida.

Analizamos ahora los focos de mercurio con halogenuros metálicos ubicados tras el plano inclinado, sus características son las siguientes:

| <b>Lámpara de halogenuro metálico WE-EF PIA230-CMH70</b> |      |
|--|------|
| Potencia nominal lámpara (W)                             | 70   |
| Flujo de lámpara (lm)                                    | 6600 |
| Eficiencia luminosa (lm/W)                               | 59   |
| Temperatura de color (K)                                 | 3000 |
| Índice de Rendimiento en Color (%)                       | 81   |
| Flujo total (lm)   | 4690 |
| Potencia total (W)                                       | 78   |

Los focos de halogenuros metálicos pertenecen a la familia de las lámparas de descarga de alta presión. La luz se genera mediante un arco de descarga en vapor de mercurio a alta presión y halogenuros metálicos.

Por su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, ya que las tensiones que necesita al inicio son muy elevadas (1500-5000 V). Este equipo auxiliar consume 8W que sumados a la potencia nominal de la lámpara suman un total de 78W.

Los focos de halogenuros metálicos instalados cuentan con una eficiencia luminosa de 59 lm/W, pues la cantidad de energía luminosa emitida por la lámpara es de 6600 lúmenes y la potencia total eléctrica consumida es de 78 W. La eficacia de las lámparas con halogenuros metálicos es también moderada, ya que aproximadamente transforman en luz el 30% de la electricidad que consumen, el otro 70% es transformado en calor.

La temperatura de color es de 3000 K, por tanto, la luz es cálida con tonalidad blanca-amarillenta. Reproduce muy bien el color, pues su índice de rendimiento es del 81%. Cuanto más elevado sea el índice, más se respetarán los colores, un índice superior a 80% se considera muy bueno.

El tipo de luminaria es indirecta, pues al encontrarse tras el plano, la mayor parte de la luz es dirigida hacia arriba quedando reflejada en el techo y en el plano inclinado. Se introduce una iluminación difusa de baja intensidad en el espacio expositivo creando una luz ambiental. De esta forma, tanto el deslumbramiento directo, indirecto y las sombras desaparecen.

Las ventajas de las lámparas de mercurio con halogenuros metálicos son: la alta reproducción de color, su vida útil entorno 10000-12000 horas y que podemos encontrar lámparas de este tipo con potencias muy elevadas. Pero, por otro lado, necesitan un tiempo de reencendido, un inconveniente que en este caso no se manifiesta, pues al tratarse de un centro expositivo las lámparas se encenderán/apagarán una o dos veces al día, cuando sea necesario y no constantemente.

En general, en cualquier espacio expositivo, ambos sistemas de iluminación quedan muy bien combinados, pues la iluminación directa en las paredes laterales donde se encuentran los paneles o cuadros ilumina la zona de la tarea visual y su entorno inmediato. Para evitar contrastes excesivos entre las zonas iluminadas y las que no lo están, se emplea la iluminación ambiental producida por las luminarias de componente indirecto. Con esta estrategia, el deslumbramiento directo y los reflejos se evitan casi por completo.

En este caso, como se puede apreciar tanto en las imágenes reales como en la simulación, las luminarias escogidas no reproducen fielmente lo que el arquitecto tenía en mente. Una luz continua que bañara las paredes iluminando los paneles expositivos es muy difícil de lograr con tubos fluorescentes, pues irremediablemente, al no ser piezas continuas en toda su longitud, aparecen sombras no deseadas que hacen que no se llegue a conseguir nunca esa continuidad de luz que recorre el perímetro interior del edificio. Lo mismo ocurre con los focos halógenos instalados detrás del plano, pretenden imitar la luz natural y limpia que proviene del exterior, pero en realidad son tres puntos de luz muy marcados que se reflejan en el interior creando un efecto que, probablemente, tampoco fuese el deseado.



[5.11] Iluminación interior actual.



[5.12] Tubos fluorescentes.



[5.13] Imagen interior actual. Simulación DIALux.

A continuación, se proponen cambios que pretenden mejorar el espacio interior acercándonos en la medida de lo posible a esa iluminación que el arquitecto se imaginó dentro de su edificio.

### 5.5\_ CAMBIOS Y PROPUESTAS REALIZADAS

Como ya hemos visto y comentado anteriormente, con el empleo de tubos fluorescentes solapados no se consigue el ambiente lumínico de líneas de luz que se quiere para este proyecto. Por ello, se ha considerado oportuno el sustituir este tipo de lámpara por una perfilera LED, con ellas se crea un bañado de luz continua alrededor de todo el perímetro expositivo.

Este tipo de lámpara quedaría encajado en las mismas fosas donde actualmente se encuentran los tubos fluorescentes, por tanto, seguirían quedando ocultas como hasta ahora. Esta luminaria propuesta no presenta cortes ni interrupciones por lo que contaríamos con una única pieza

Los focos halógenos de detrás del plano inclinado tampoco cumplen su función, pues al ser piezas unitarias no ofrecen una iluminación continua. Si los eliminamos y los sustituimos por los mismo perfiles LED anteriores, sí que conseguimos ese efecto de luz limpia que imita muy bien a la natural. Ambas luminarias funcionarían a la par, contarían con la misma potencia y temperatura de color creando un ambiente agradable y cálido donde aparecen grietas de luz continua bañando los elementos verticales que contienen la exposición.

Otro aspecto a resolver en este espacio expositivo es el uso de un carril electrificado suspendido que actualmente existe. Tanto en los detalles constructivos como en las fotos del interior del edificio se puede observar que en ambos laterales existe este elemento. Al preguntar por su presencia, se dijo que dicho carril nunca se llegó a definir del todo ni a estudiar posibilidades para su uso, pues no había presupuestado para ello. Por tanto, se va a realizar una propuesta para que pueda tener algún uso que beneficie a las actividades que se podrían llegar a realizar en ese espacio.

El carril electrificado se podría utilizar, por ejemplo, para iluminar de frente una exposición de pintura o piezas expositivas concretas, donde la iluminación de los tubos fluorescentes que es lo que hoy en día existe, o los perfiles de iluminación LED propuestos, no serían útiles para este tipo de exposición. Es por ello que se propone, siguiendo con la tecnología LED, unas lámparas con tres ópticas distintas y con una potencia que se pueda regular manualmente. Dichas lámparas, dependiendo del tamaño de la exposición o incluso del objeto expuesto pueden abrirse iluminando más o menos espacio. Además, gracias al carril existente, bastan unas pocas maniobras manuales para modificar la ubicación y la orientación de las luminarias, a fin de adaptarlas a las necesidades de cada momento.

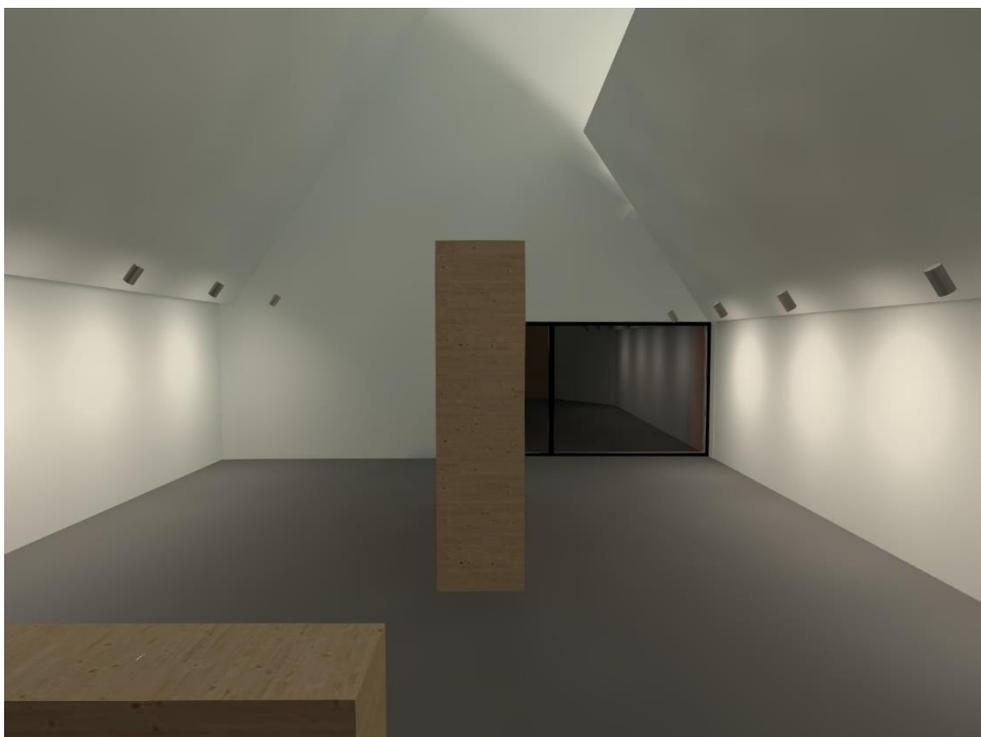
Estas propuestas de iluminación han sido comentadas a la empresa italiana de iluminación artificial de Viabizzuno, donde una vez expuestas, nos han ofrecido las siguientes lámparas que son las que en mayor medida responden fielmente a nuestras ideas inicialmente planteadas:

|                | Potencia (W) | Flujo luminoso (lm) | Rend. Lumínico (lm/W) | Temperatura de color (K) | Rend. de color (%) |
|----------------|--------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>LED C1</b>  | 23           | 2500                | 108,70                | 3000                     | 100                |
| <b>LED n55</b> | 34           | 3000                | 39,2                  | 3000                     | 100                |

Estos cambios y mejoras han sido introducidas nuevamente en el programa DIALux para hacernos una idea del cambio experimentado y del nuevo espacio interior que se crea. El resultado ha sido el siguiente:



[5.14] Imagen interior propuesta. Perfiles LED C1.  
Simulación DIALux.



[5.15] Imagen interior propuesta. Lámparas LED n55 para carril electrificado existente.  
Simulación DIALux.

## 5.6\_ ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con todos estos cambios, se logra el objetivo más deseado, la línea continua de luz perimetral que ilumina los paños verticales del edificio y que te acompaña a lo largo de toda la exposición. A su vez, conseguimos desaparecer las diferencias entre el día y la noche, pues al caer la tarde la iluminación de detrás del panel producirá el efecto del sol, inundando el espacio con una luz tenue y continua evitando los fuertes golpes de luz que actualmente crean los focos. También, con este nuevo sistema desaparecen las sombras creadas por los tubos fluorescentes que, además, quedan reflejadas en los paneles interrumpiendo visualmente la exposición.

Por otro lado, con estas propuestas se unificaría todo el sistema de iluminación artificial contando únicamente con la tecnología LED. En puntos anteriores ya hemos comentado las ventajas que este tipo de iluminación conlleva además de ayudarnos a conseguir espacios limpios y uniformes. A día de hoy, se trata de la última tecnología en cuanto a iluminación artificial que apuesta siempre por una mejor eficiencia energética.

Los luxes conseguidos con este nuevo sistema de iluminación son los adecuados para este tipo de espacio teniendo aproximadamente una media de 550 luxes en la zona expositiva medidos a 1,50 metros desde el suelo. Esta cantidad de luxes es la correcta para crear un confort visual y que la lectura de la exposición sea cómoda sin llegar a producir fatiga.

Además, al ser un edificio que se integra tan bien en el entorno, muchas veces pasa desapercibido, camuflado en el paisaje. Con este cambio en el sistema de iluminación se podría proponer dejar la iluminación artificial encendida unas horas durante la franja nocturna y en periodos vacacionales, de esta manera, se potenciaría aún más ese efecto farolillo en el lugar que le permitirá ser visto y reconocido desde diferentes puntos del municipio. Como ya se ha explicado anteriormente, las lámparas LED son muy eficientes y su consumo tanto energético como económico es mínimo.



[5.16] Imagen exterior. Simulación DIALux.



## 06\_ REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

*\_ La iluminación artificial, puede ser considerada en la arquitectura como una estrategia más de proyecto.*

La forma de cómo percibimos un ambiente se ve altamente influenciada por la manera en que está iluminado. Como hemos visto a lo largo de este trabajo, controlar y diseñar la iluminación permite generar los espacios que el arquitecto persigue cuando diseña sus proyectos. Una iluminación uniforme y de contraste es perfecta para los espacios expositivos, pero nada tiene que ver con la requerida en las zonas de trabajo, donde se trata de conseguir una iluminación que evite el deslumbramiento y que permita que los usuarios puedan realizar de forma confortable sus actividades diarias.

Lo mismo ocurre en los espacios comerciales donde una luz fría anima a la actividad y compra, en cambio, la luz cálida que podemos encontrar, por ejemplo, en el hall de los hoteles invita a la relajación, donde la luz debe de ser confortable y el usuario debe sentirse cómodo. Por tanto, como bien hemos visto, son espacios que tienen como finalidad provocar sensaciones bien distintas en los usuarios. Estas se consiguen con un buen empleo de las lámparas y luminarias y, con la correcta disposición de las mismas.

*\_ La iluminación artificial y la natural se complementan perfectamente para optimizar el confort lumínico y el espacio arquitectónico.*

Un buen diseño lumínico es aquel que combina los diferentes tipos de luz explotando las virtudes de cada uno de ellos y potenciando, de esta forma, las cualidades de todo proyecto arquitectónico. A lo largo del trabajo se han mostrado ejemplos donde el arquitecto busca aunar ambas luces, pues la misma estrategia de iluminación natural la reproduce de forma artificial, consiguiendo así una continuidad en el tiempo, es decir, iluminando por igual un espacio durante el día y la noche.

En el espacio expositivo elegido como caso estudio también se recurre a la idea de imitar la entrada de luz natural por el lucernario cuando cae el sol. El arquitecto oculta las lámparas tras el plano inclinado con lo que consigue crear ese efecto de luz que parece venir del exterior simulando a la iluminación natural.

*\_ Cuantos más conocimientos y herramientas técnicas tenga el arquitecto a su disposición sobre la iluminación artificial, más fácil le resultará utilizarla como estrategia de proyecto, consiguiendo así unos mejores resultados.*

La incorporación de lámparas y luminarias a un espacio arquitectónico, requiere de un conocimiento previo de las magnitudes técnicas, características y posibilidades de las diferentes fuentes de luz. Con todo ello, es posible obtener los criterios necesarios para la selección adecuada de las luminarias. Las lámparas escogidas dependerán también del efecto que se quiera lograr, según el uso o actividad que se desarrolle en cada caso. Para llevar a cabo esta tarea, existe una gran variedad de luminarias disponibles, con unos determinados parámetros físicos que nos permiten seleccionar la más adecuada para nuestro proyecto, pues una buena iluminación influye en el ambiente de los espacios y mejora la calidad de los mismos.

La instalación de lámparas y luminarias no se acaba cuando el proyecto se ejecuta, sino que sigue viva a lo largo de una serie de años durante los cuales deben prestar un servicio, garantizando las prestaciones visuales de las personas que hacen uso de ellas sin olvidar el necesario mantenimiento de las mismas.

*\_ Es innegable el constante proceso de cambio hacia nuevas tecnologías en luminotecnía y en herramientas para el control lumínico, que permiten a los arquitectos un riguroso dominio de la luz.*

Toda esta evolución exige a los arquitectos una formación continua que les llevará a lograr esos espacios interiores que desean para su proyecto. Un repaso de la evolución de las lámparas nos ha servido para ver cómo se han ido desarrollando nuevas formas de iluminar a lo largo del tiempo. Además, estas innovaciones apuestan siempre por una mayor eficiencia energética, punto a tener muy en cuenta a la hora de proponer las luminarias en cada uno de los espacios proyectados. Un buen diseño de iluminación apoya siempre un mundo más sostenible.

En este trabajo de fin de grado he disfrutado investigado y aprendido sobre la iluminación artificial y, además, me ha resultado muy útil para comenzar a manejar programas como DIALux el cual se ha utilizado para realizar la simulación del caso estudio. Se trata de una aplicación libre y muy completa en cuanto a acondicionamiento lumínico artificial ofreciendo un amplio catálogo de luminarias donde elegir la más adecuada para el proyecto. Además, te permite visualizar el espacio iluminado antes de ser construido y de esta manera poder hacerte una idea de cómo será el resultado aproximado. También se pueden obtener todos los datos lumínicos que sirven de ayuda para cumplir con las necesidades de iluminación que se requieren en cada uno de los espacios.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, me gustaría agradecer el apoyo de mi tutora, por el tiempo que me ha dedicado durante estos meses para el correcto desarrollo del trabajo fin de grado. Por otro lado, a la empresa Viabizzuno por la documentación aportada y por las molestias ocasionadas al tener que realizar diferentes visitas al establecimiento. También, a la empresa DKV, por darme la oportunidad de realizar fotografías dentro de sus oficinas y, por último, aunque no por ello menos importante, a Sixto Marín, arquitecto del proyecto estudiado, tanto por la documentación aportada, así como por la información que me ha proporcionado de forma desinteresada del mismo.

## 07\_BIBLIOGRAFÍA

### Revistas.

- TECTÓNICA nº24. Iluminación (I) artificial.
- TECTÓNICA nº26. Iluminación (II) natural.
- DETAIL. Iluminación. Año 2004
- LUMINOUS. Revista internacional de luminotecnia 2010/4.
- L+C. Luz y color en arquitectura números: 01,03,04,06.
- ECOLOGÍA. DISEÑO. SINERGIA. Behnisch Architekten + Transsolar Climate Engineering.
- ERCO. Luz para museos. Conceptos, aplicaciones y técnica.

### Libros.

- SERRA, RAFAEL y COCH, HELENA, (septiembre de 1995, 1ª Edición). *Arquitectura y energía natural*. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- GANSLANDT, RÜDIGER y HOFMANN, HARALD. *Cómo planificar con luz*. ERCO Edición.
- WITTKOWER, R. (Madrid, 1995). *Los fundamentos de la arquitectura en la Edad del Humanismo*.
- GIEDION, S. *Espacio, tiempo y arquitectura*.

### Normativa.

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Publicado en BOE, nº97, de 23/04/1997.
- UNE 12464. - Norma europea sobre la iluminación para interiores. Publicación año 2002.
- CTE-DB-HE 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- CTE-DB-SU 4. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

### Páginas WEB.

#### Lámparas:

- <http://www.lighting.philips.es/>
- [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion)

#### Iluminación de espacios:

- <http://www.hogarlux.com/links/hoteles.html>
- <http://www.iluminet.com/los-secretos-de-la-iluminacion-de-museos/>
- <http://www.icom-ce.org/>
- <http://www.airfal.com/noticias-iluminacion/como-iluminar-un-hotel-6422/>

#### Iluminación. Programa y productos:

- <https://www.dial.de/es/dialux/download/>
- [www.lumsearch.com](http://www.lumsearch.com)
- [www.viabizzuno.com](http://www.viabizzuno.com)

#### Noticias y artículos:

- <http://www.revistadiagonal.com/entrevistas/la-luz-es-el-tema/la-luz-artificial-es-el-tema/>
- Lighting LAMP. Eficiencia energética en proyectos de iluminación interior.
- Lighting LAMP. I+D al cuidado y salud de las personas.
- <http://www.airfal.com/category/iluminacion-residencial-noticias/>

#### Centro de Interpretación. Sixto Marín:

- <http://www.espaciosaltoderoldan.es/memoria-del-edificio/>
- <http://sixto-marin-arquitecto.blogspot.com.es/>
- <http://blog.rtve.es/somosdocumentales/2014/12/edificios-los-nuevos-centros-de-interpretaci%C3%B3n.html>

### Documentación gráfica:

- [2.01] Fuente: <http://lineaserpentinata.blogspot.com.es/2010/01/arquitectura-cisterciens.html>
- [2.02] Fuente: <http://historiaybiografias.com/chartres/>
- [2.03] Fuente: <https://ksamedia.osu.edu/item/77130>
- [2.04] Fuente: <http://www.justinnichollsarchitect.com>
- [2.05] Fuente: <http://www.metalocus.es/es/noticias/gordon-bunshaft-y-som-en-nueva-york-lever-house>
- [2.06] Fuente: <http://www.metalocus.es/es/noticias/gordon-bunshaft-y-som-en-nueva-york-lever-house>
- 
- [3.01] Fuente: Arquitectura y energía natural. Rafael Serra y Helena Coch. Pág. 125
- [3.02] Fuente: <http://alevo.com/edisons-1882-pearl-street-station/>
- [3.03] Fuente: <http://www.ecologiaverde.com/las-bombillas-incandescentes/>
- [3.04] Fuente: <http://www.lighting.philips.es/>
- [3.05] Fuente: <http://www.lighting.philips.es/>
- [3.06] Fuente: <http://www.lighting.philips.es/>
- [3.07] Fuente: <http://www.lighting.philips.es/>
- [3.08] Fuente: Elaboración propia según datos de: <http://ecomedioambiente.com/energia/propiedades-de-los-led/>
- [3.09] Fuente: <http://www.lighting.philips.es/>
- [3.10] Fuente: <http://www.lighting.philips.es/>
- [3.11] Fuente: Elaboración propia según datos de: <http://en.e4g.org/solution/measuring-light-levels/>
- 
- [4.01] Fuente: Elaboración propia.
- [4.02] Fuente: Ricardo Santonja, fotógrafo.
- [4.03] Fuente: Elaboración propia.
- [4.04] Fuente: Elaboración propia.
- [4.05] Fuente: Ricardo Santonja, fotógrafo.
- [4.06] Fuente: <http://culturadesevilla.blogspot.com.es/2011/10/cultura-instituto-aragones-de-arte.html>
- [4.07] Fuente: Elaboración propia.
- [4.08] Fuente: Elaboración propia.
- 
- [5.01] Fuente: <http://www.espaciosaltoderoldan.es/memoria-del-edificio/>
- [5.02] Fuente: <http://www.espaciosaltoderoldan.es/memoria-del-edificio/>
- [5.03] Fuente: <http://www.espaciosaltoderoldan.es/memoria-del-edificio/>
- [5.04] Fuente: <http://www.espaciosaltoderoldan.es/memoria-del-edificio/>
- [5.05] Fuente: <http://www.espaciosaltoderoldan.es/memoria-del-edificio/>
- [5.06] Fuente: <http://www.dimeic.com/viiipuri-biblioteca-de-alvar-aalto/>
- [5.07] Fuente: <http://madc-texts.blogspot.com.es/2014/04/visibilizar-el-calor.html>
- [5.08] Fuente: <http://fioreb.blogspot.com.es/2010/04/termas-de-vals-peter-zumthor.html>
- [5.09] Fuente: <http://fioreb.blogspot.com.es/2010/04/termas-de-vals-peter-zumthor.html>
- [5.10] Fuente: <http://www.espaciosaltoderoldan.es/memoria-del-edificio/>
- [5.11] Fuente: Elaboración propia.
- [5.12] Fuente: Elaboración propia.
- [5.13] Fuente: Elaboración propia.
- [5.14] Fuente: Elaboración propia.
- [5.15] Fuente: Elaboración propia.
- [5.16] Fuente: Elaboración propia.

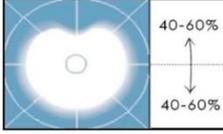
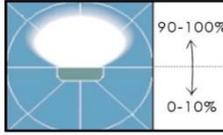


08\_ ANEXOS

| FUENTE LUMINOSA                  | LÁMPARAS DE FILAMENTO   |   | LÁMPARAS DE DESCARGA   |  |   |   |   |  |   |   |  | SEMICONDUCTORES |
|----------------------------------|---|---|--|--|---|---|---|--|---|---|--|-----------------|
|                                  | LÁMPARAS INCANDESCENTES   | LÁMPARAS HALÓGENAS  | ALTA PRESIÓN   |  |   | BAJA PRESIÓN  |   |  |   |   |  |                 |
|                                  |   |   | ALTA INTENSIDAD LUMINOSA (HID)   |  |   |   |   |  |   |   |  |                 |
| GENERACIÓN DE LA LUZ             | FILAMENTO INCANDESCENTE   |   | DE MERCURIO CON HALOGENUROS METÁLICOS  | DE MERCURIO LUZ MEZCLA   | DE MERCURIO   | DE SODIO  | DE SODIO  | SIN ELECTRODOS   | CON ELECTRODOS  |   | LED  |                 |
| EQUIPO ELÉCTRICO                 | No.   | Transformador para las de bajo voltaje.   |  |  |   |   |   | DE INDUCCIÓN   | LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS  | TUBOS FLUORESCENTES   |  |                 |
| POTENCIA ELÉCTRICA (w)           | 15 - 1000   | 5 - 2000  | 20 - 2000  | 150 - 500  | 50 - 1000   | 50 - 1000   | 18 - 180  | 50 - 170   | 3 - 120   | 4 - 80  |  |                 |
| EFICIENCIA LUMINOSA (lm/w)       | 6 - 12  | 12 - 24   | 80 - 125   | 18 - 30  | 30 - 60   | 80 - 140  | 130 - 180   | 70 - 80  | 50 - 80   | 50 - 100  |  |                 |
| VIDA MEDIA (horas)               | 1000  | 2000  | 10000 - 20000  | 6000   | 16000   | 20000 - 24000   | 14000   | 60000  | 8000 - 15000  | 12000 - 20000   |  |                 |
| TEMPERATURA DE COLOR (°k)        | Bianca cálida 2600  | Bianca 2900   | Diferentes tonalidades blancas 3000 - 6000                                       | Bianca 3600  | Bianca 4000   | Bianca amarilla 2000 - 2500   | Amarilla 1800   | Diferentes tonalidades blancas 2700 - 4000                                 | Diferentes tonalidades blancas 2600 - 6500  | Diferentes tonalidades blancas 2600 - 6500  |  |                 |
| REPRODUCCIÓN DEL COLOR (Ra)      | 90 - 100  | 90 - 100  | 60 - 100   | 60 - 70  | 40 - 60   | 20 - 40   | 20  | 80   | 80 - 90   | 40 - 100  |  |                 |
| REGULACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO    | Fácilmente regulables   | Fácilmente regulables   | No es posible  | No es posible  | No es posible   | Es posible regularlas   | No es posible   | No es posible  | Es posible regularlas   | Es posible regularlas   |  |                 |
| CAMPOS DE UTILIZACIÓN            | Iluminación focalizada: viviendas, hoteles, etc. Dado su bajo coste, son interesantes en utilización intermitente.  | Alumbrado interior decorativo (iluminación de acento). Alumbrado por proyector en zonas deportivas y aeropuertos. | Compite con la fluorescencia en usos. Estadios deportivos, iluminación exterior. | Sustituyen a las incandescentes en donde el rendimiento de color no importe. | Uso muy limitado (viales o almacenes). Existen otras opciones más eficaces: sodio a alta presión. | Iluminación general donde la reproducción de los colores no es importante (industrias, viales, almacenes, espacios exteriores). | Autovías, túneles y aparcamientos.  | Lugares de difícil acceso.   | Vivienda y usos residenciales   | Iluminación general difusa: oficinas, escuelas, industrias. Iluminación para todo tipo de tareas: desde las más básicas a otras donde la reproducción del color sea importante. | Señales de tráfico y equipos electrónicos, lugares de difícil acceso y mantenimiento, vialinas.  |                 |
| CURVAS DE DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL | Indican la capacidad de una fuente luminosa para reproducir los colores. Luz cálida -> valores del espectro elevados en la zona amarillo-rojo. Luz fría -> valores del espectro elevados en la zona azul-verde. |   |  |  |   |   |   |  |   |   |  |                 |
| IMAGEN                           |   |   |  |  |   |   |   |  |   |   |  |                 |
| VENTAJAS                         | Bajo coste inicial. Muy flexible. Luminarias pequeñas, cálida.  | El gas halógeno aumenta la vida y la eficacia de la lámpara. Luz  | Muy buena eficacia luminosa y reproducción del color. Altas potencias.           | Duran más y son más eficaces que las incandescentes.                         | Sin ventajas significativas.  | Muy eficaces. Algunas tienen reencendido instantáneo.   | Muy eficaces, aunque las de sodio alta presión las están reemplazando por sus mejores prestaciones. No atraen a los insectos. | Gran vida útil.  | De menor tamaño que los tubos, vienen a sustituir a las de incandescencia al incorporar la rosca. | Con los balastos electrónicos desaparece el parpadeo, el efecto estroboscópico y el encendido se hace instantáneo.  | Se pueden mezclar los colores. Emiten muy poco calor. Idóneos cuando su apagado/encendido es muy frecuente. Tamaño muy pequeño. Agrupándolos forman luminarias de mayor potencia. Resisten sacudidas e impactos. |                 |
| INCONVENIENTES                   | Poca eficacia. Derroche energético. Carga térmica.  | Aunque son más eficaces, tienen los mismos inconvenientes que las incandescentes.                                 | Necesitan un tiempo de reencendido. Pobre reproducción del color.                | Necesitan un tiempo de reencendido. Vida media no muy alta.                  | Necesitan un tiempo de reencendido. Pobre reproducción del color.                                 | Por lo general, necesitan un tiempo de reencendido.   | Necesitan un tiempo de reencendido. No se distinguen los colores.   | Interferencias con aparatos eléctricos. No funcionan a bajas temperaturas. | No se consiguen niveles tan elevados de eficacia y reproducción del color como con los tubos.     | La cantidad de luz es proporcional al tamaño del tubo. Si se encienden y apagan con frecuencia disminuye su vida útil.  | La corriente ha de ser muy estable y continua. Elevado precio.   |                 |



### 8.2\_ SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

| SISTEMAS DE ILUMINACIÓN   |                          | Tipos de iluminación artificial según distribución y colocación de las luminarias.  |  |
|---|--------------------------|---|--|
|    | <b>DIRECTA</b>           | Envía la mayor parte de la luz hacia abajo. Es eficaz para alcanzar un nivel de iluminación alto en el plano de trabajo. Puede producir deslumbramiento directo y por reflejos, así como sombras sobre la tarea cuando la distancia entre luminarias es excesiva. |  |
|    | <b>SEMIDIRECTA</b>       | La pequeña proporción de luz emitida hacia el techo crea algo de luz difusa y un techo más claro, reduciendo las sombras y la aparente claridad de la luminaria. Aun así, puede producir reflejos molestos.   |  |
|    | <b>GENERAL DIFUSA</b>    | Distribuye la luz más o menos homogéneamente en todas las direcciones. El componente horizontal puede causar deslumbramiento directo si el difusor es reducido y las lámparas de potencia elevada.  |  |
|    | <b>DIRECTA-INDIRECTA</b> | Distribuye la luz por igual hacia arriba y hacia abajo. Al haber poca luz en la dirección horizontal, no suele producir deslumbramiento directo. El importante componente indirecto también reduce las sombras y reflejos.  |  |
|   | <b>SEMI-INDIRECTA</b>    | Refleja gran parte de la luz en el techo, proporcionando iluminación de alta calidad, aunque penalizando la eficacia.   |  |
|  | <b>INDIRECTA</b>         | La mayor parte de la luz es dirigida hacia el techo. Elimina la mayor parte del deslumbramiento directo e indirecto y las sombras. Se utiliza mucho para crear luz ambiental.   |  |

### 8.3\_ MAGNITUDES Y FÓRMULAS

· **Flujo luminoso (Φ):** es la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz. Unidad: lúmen (lm).

(Difiere del flujo radiante, la medida de la potencia total emitida, en que está ajustada para reflejar la sensibilidad del ojo humano a diferentes longitudes de onda).

$$\Phi_L = 683.002 \int_{\lambda_{vis}} Q_\lambda(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

$Q_\lambda(\lambda)$  → potencia radiante por unidad de longitud de onda (W/m).

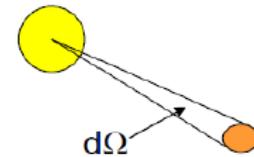
$V(\lambda)$  → sensibilidad luminosa, coeficientes correctores que miden la diferente sensibilidad del ojo frente a  $\lambda$ .

$\lambda$  → longitud de onda.

683.002 es el número de lúmenes que hay en 1 W a 555 nm (longitud de onda para la que la sensibilidad del ojo es máxima).

· **Intensidad luminosa ( $I_L$ ):** es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Unidad: candela (cd).

$$I_L = \frac{d\Phi_L}{d\Omega}$$



$d\Phi_L \rightarrow$  flujo luminoso.  
 $d\Omega \rightarrow$  ángulo sólido.

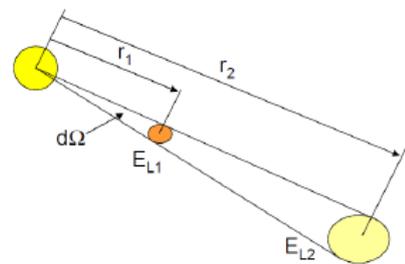
· **Iluminancia ( $E_L$ ):** es el flujo luminoso recibido o emitido por una unidad de superficie. Unidad: lux ( $\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$ ).

$$E_L = \frac{d\Phi_L}{dS}$$

$d\Phi_L \rightarrow$  flujo luminoso.  
 $dS \rightarrow$  superficie ( $\text{m}^2$ ).

Ley inversa de los cuadrados:

$$\frac{E_{L2}}{E_{L1}} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$



· **Luminancia ( $L$ ):** es una característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada.

· Intensidad luminosa **emitida** por una fuente luminosa. Unidad: Nit ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) o Stilb ( $\text{cd}/\text{cm}^2$ ).

$$L_f = \frac{I}{S}$$

· Intensidad luminosa **reflejada** por una superficie iluminada. Unidad:  $\text{lm}/\text{m}^2$  o Lambert ( $\text{lm}/\text{cm}^2$ ).

$$L_r = E * r$$

$r \rightarrow$  coeficiente de reflexión.

· **Resumen magnitudes de la luz:**

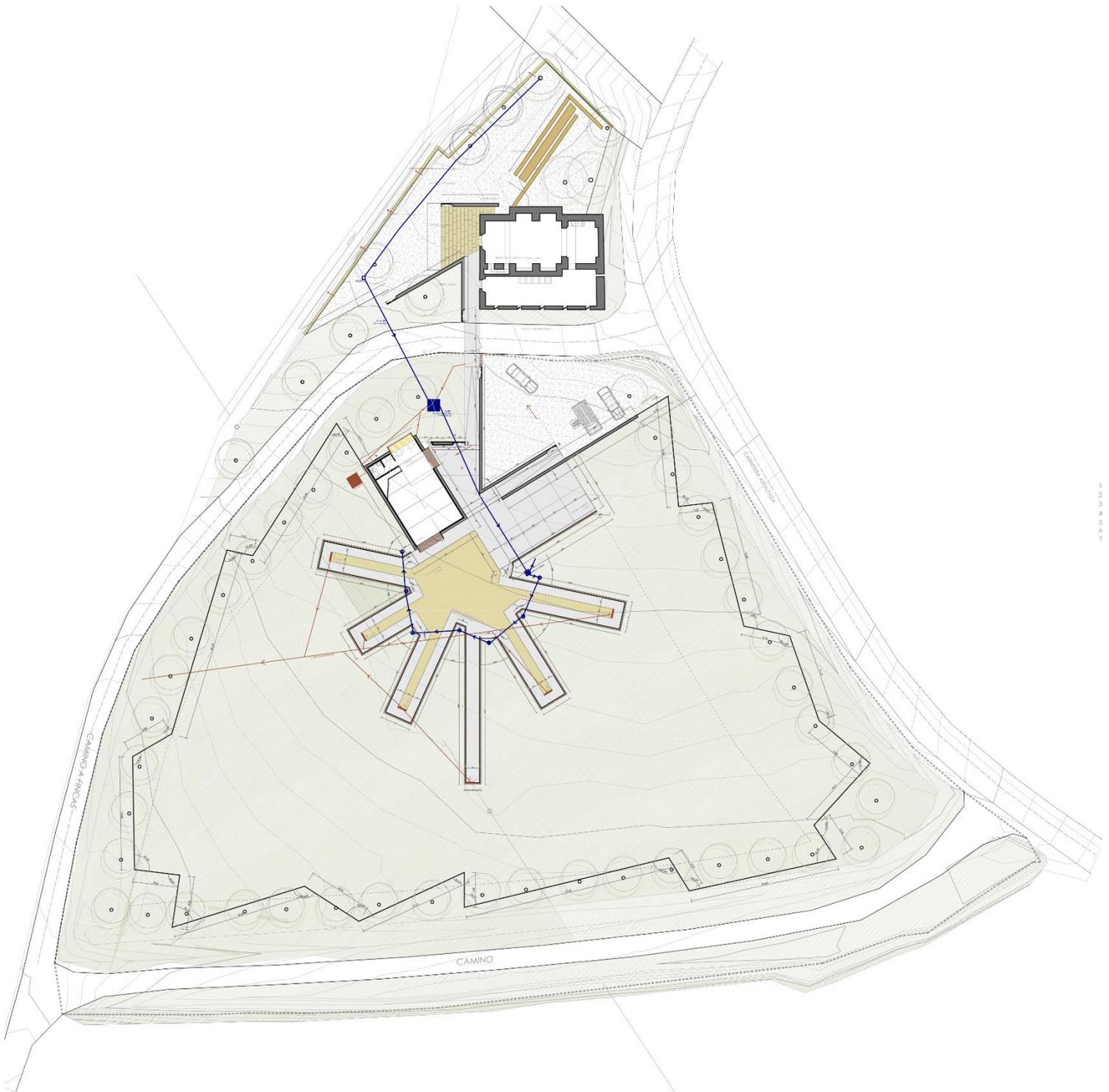
| Magnitud            | Símbolo                 | Unidad                 |
|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Flujo luminoso      | $\Phi_L$                | Lúmen (lm)             |
| Intensidad luminosa | $I_L = d\Phi_L/d\Omega$ | Candela (cd)           |
| Iluminancia         | $E_L = d\Phi_L/dS$      | Lux (lx)               |
| Luminancia          | $L = E * r$             | $\text{lm}/\text{m}^2$ |

Nota: Información extraída de los apuntes de teoría de la asignatura Acondicionamiento y Servicios 1, impartida por la profesora Belinda López Mesa.

### 8.4\_ PLANOS GENERALES

#### Emplazamiento

E\_1:400

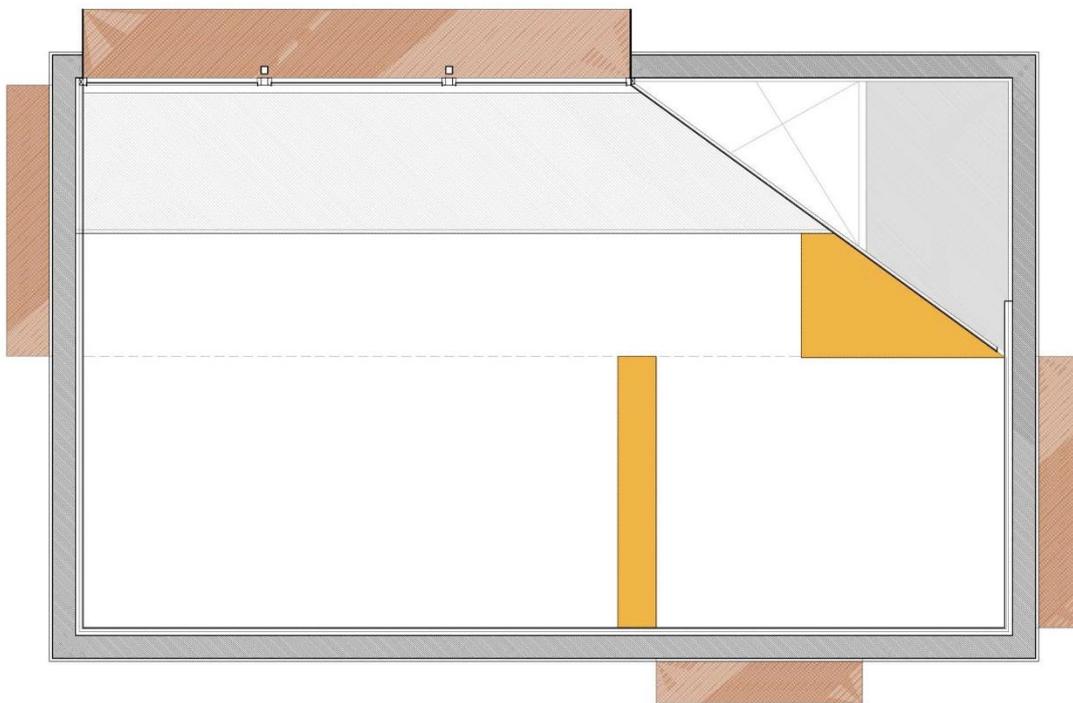


1  
2  
3  
4  
5  
6  
7

**Plantas**  
E\_1:100

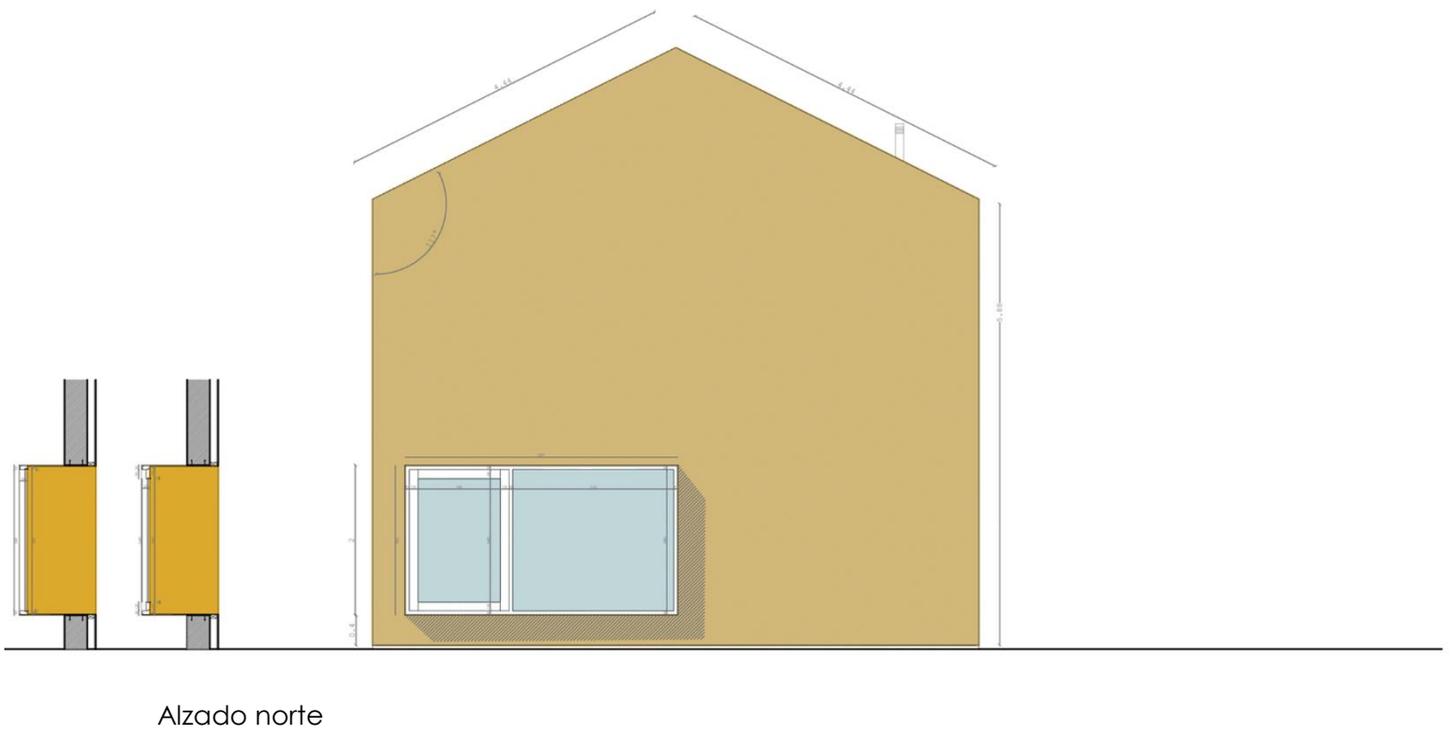
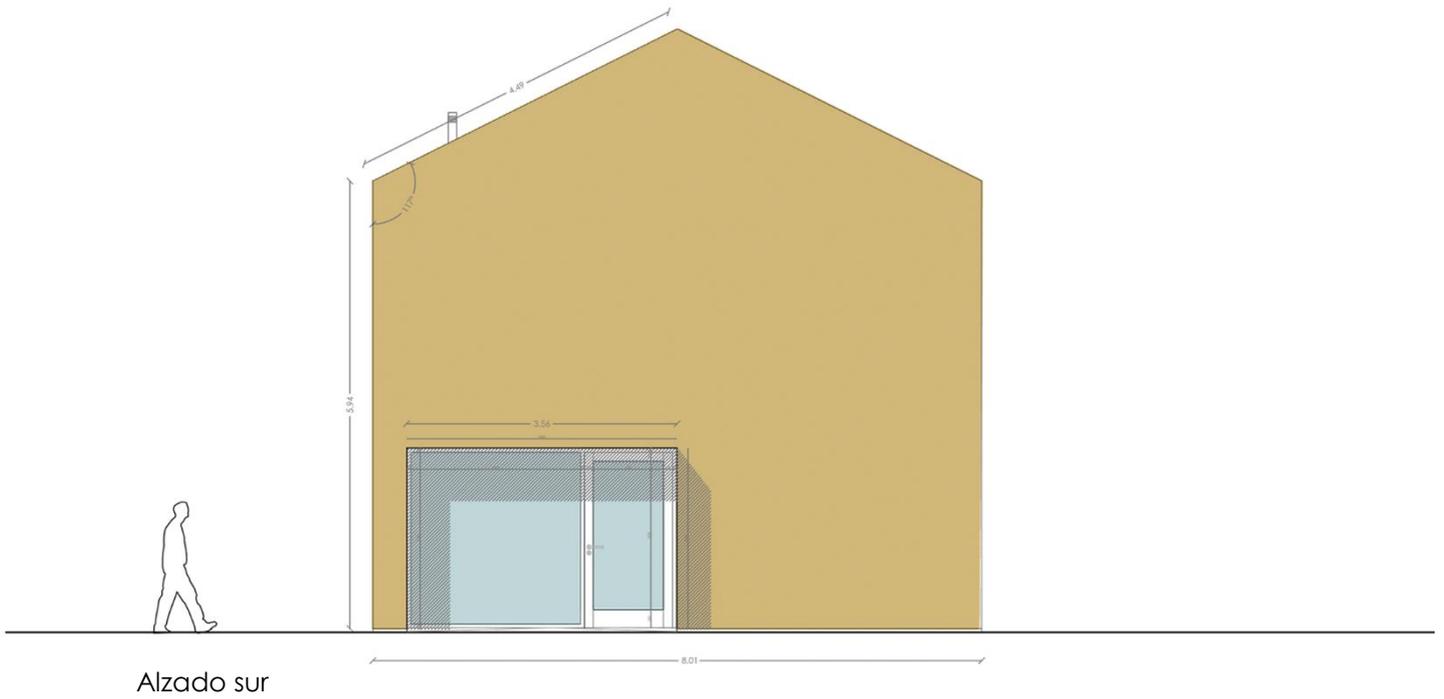


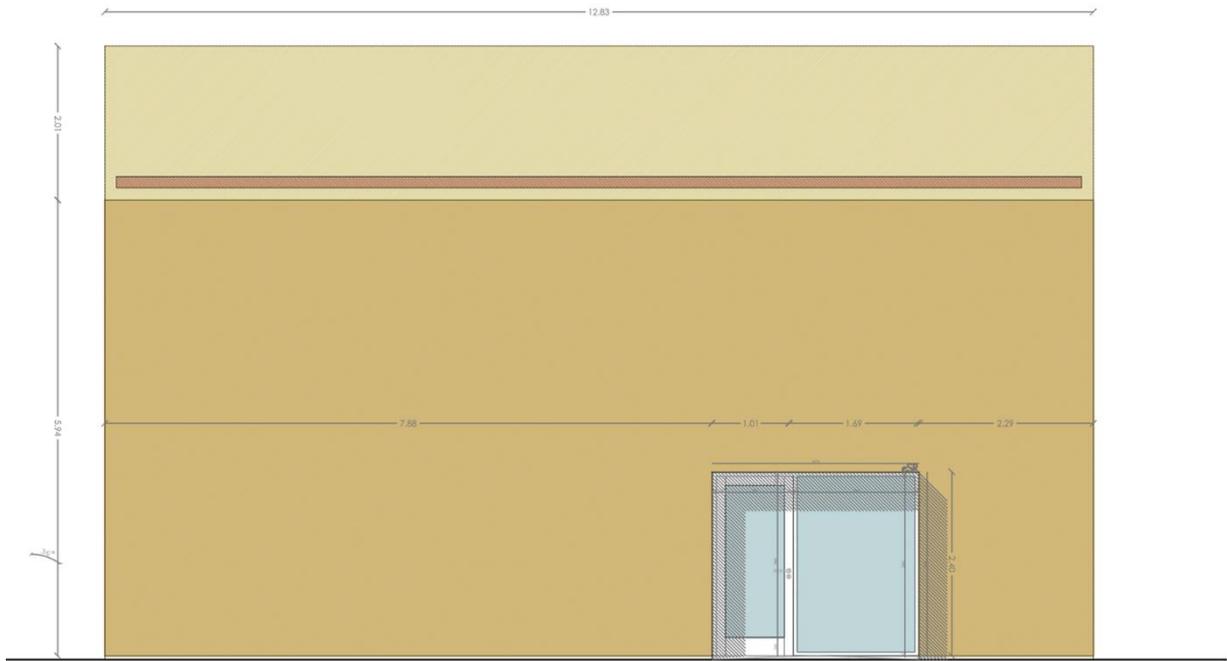
Cota 0.00



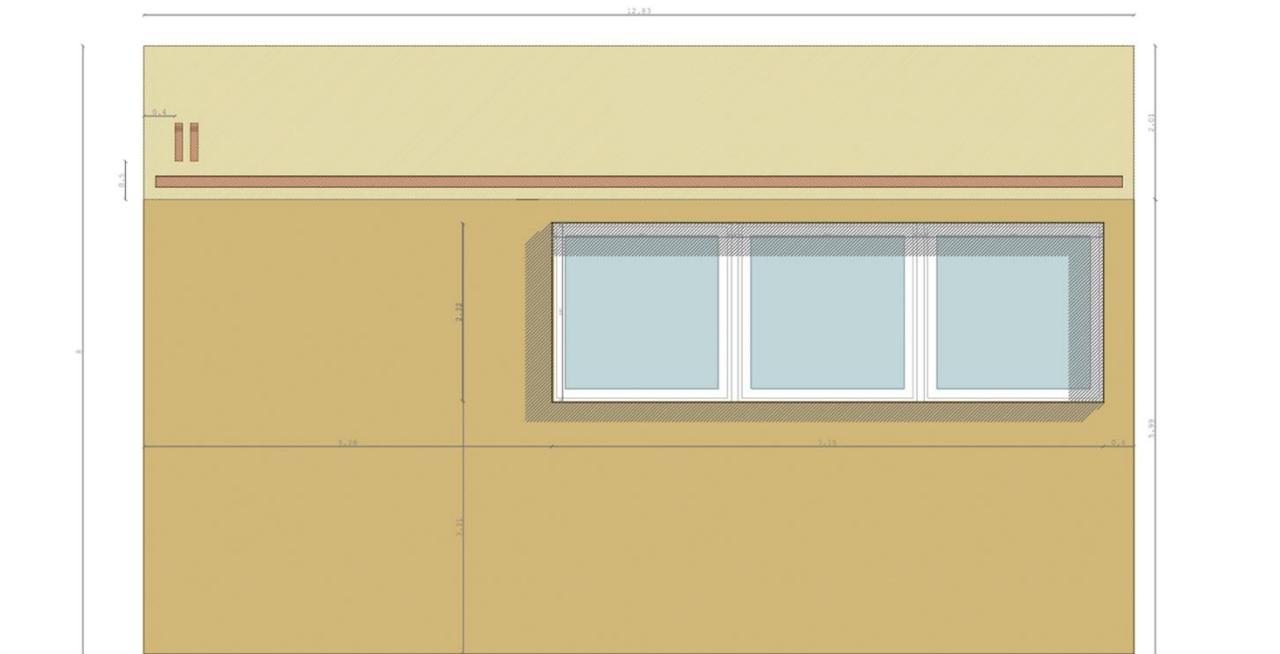
Cota +4.00

**Alzados**  
**E\_1:100**





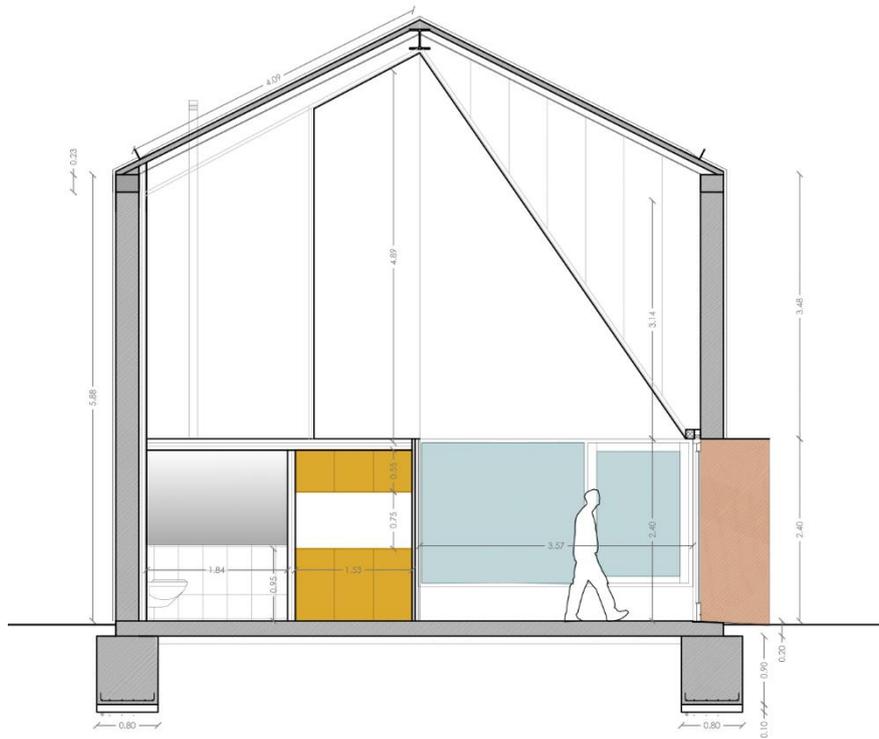
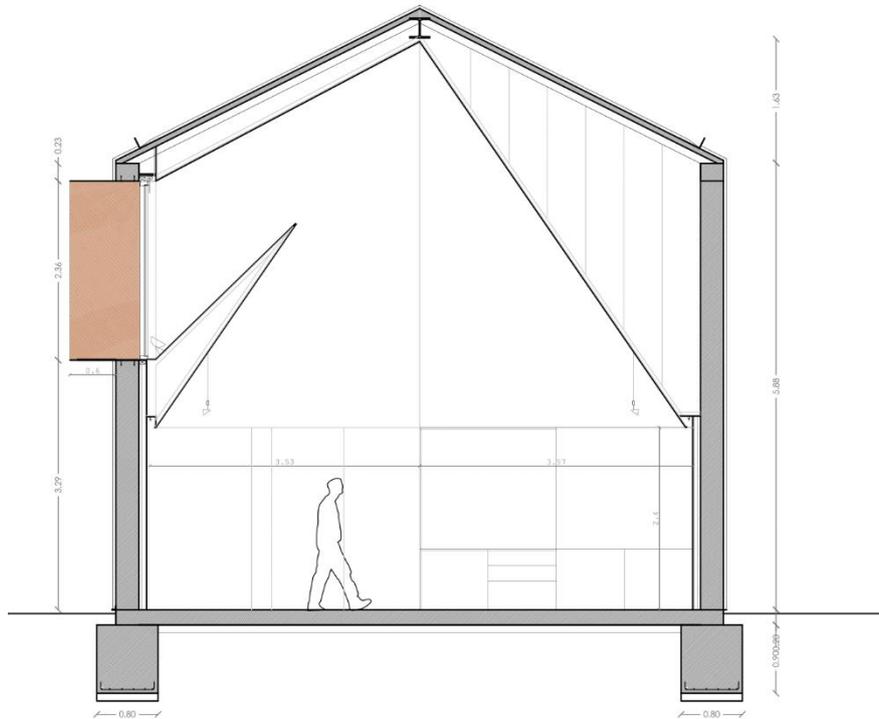
Alzado este



Alzado oeste

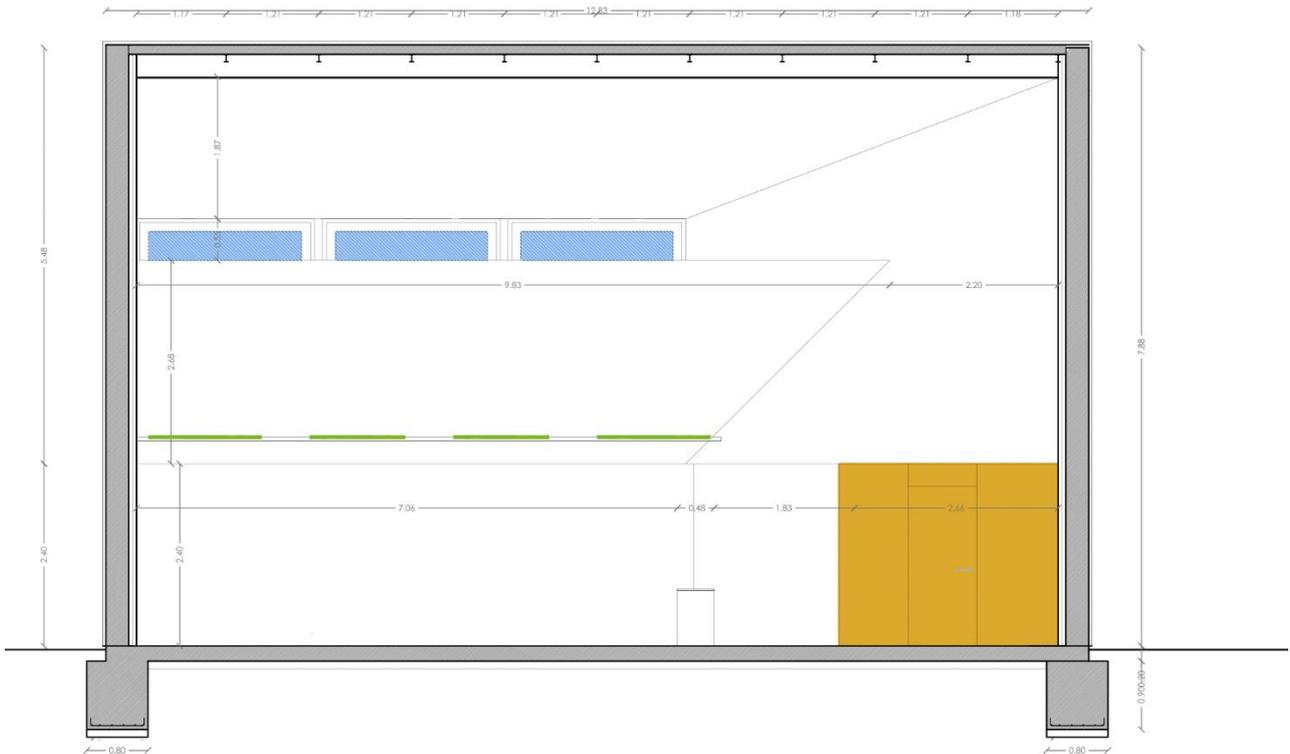
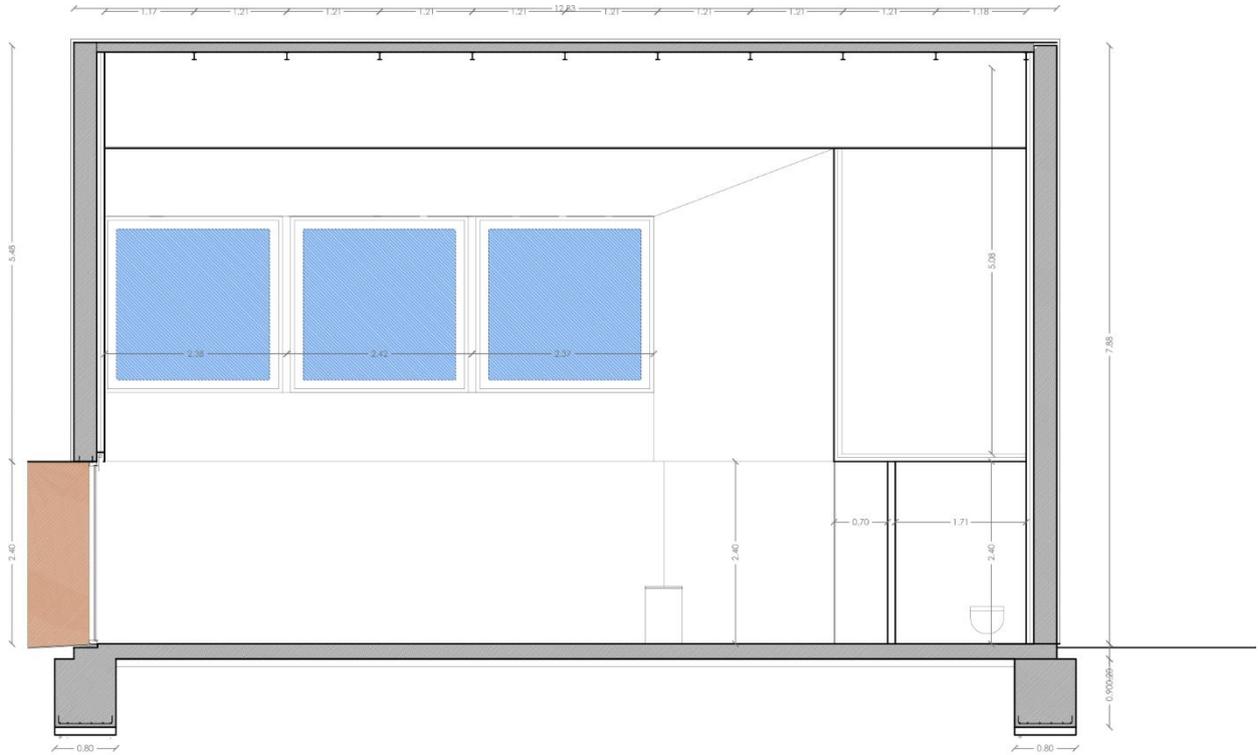
Secciones trasversales

E\_1:100



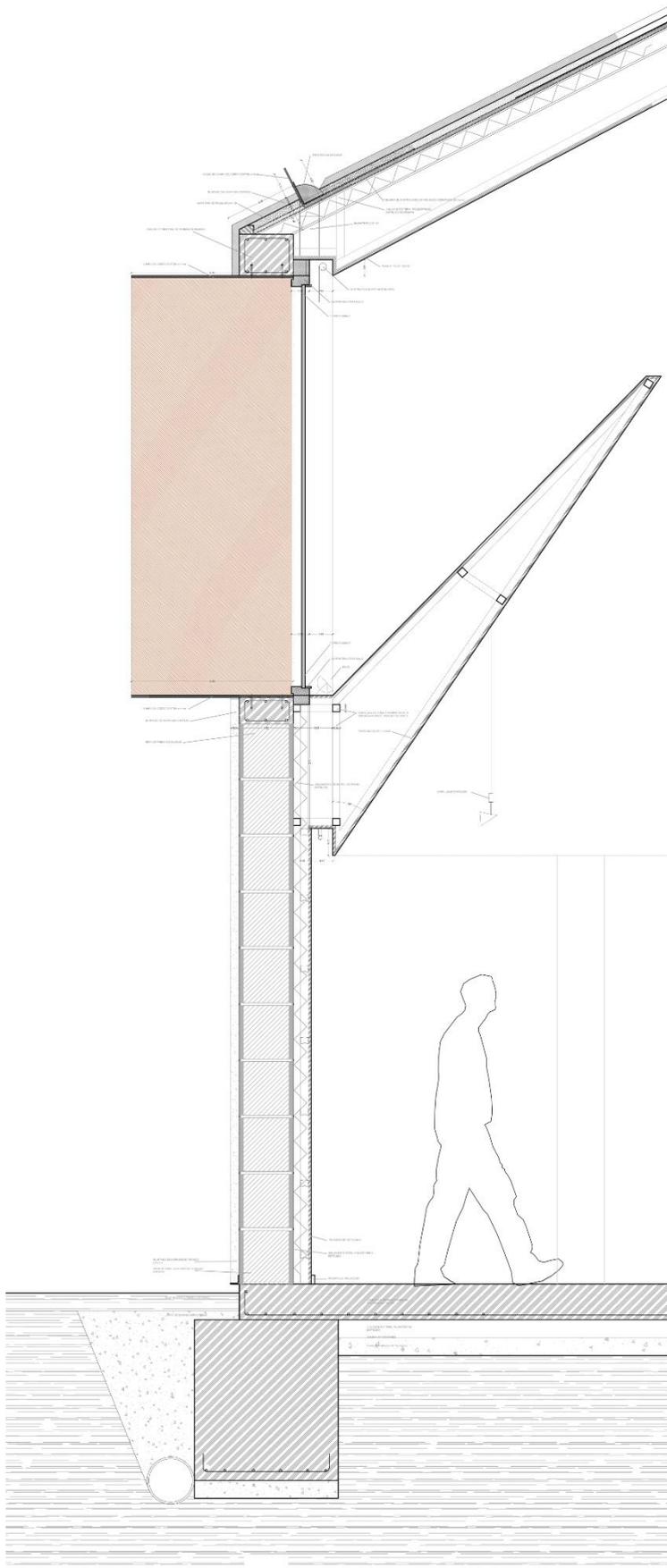
### Secciones longitudinales

E\_1:100



**Detalle constructivo**

**E\_1:40**



## 8.5\_ PROGRAMA DIALux

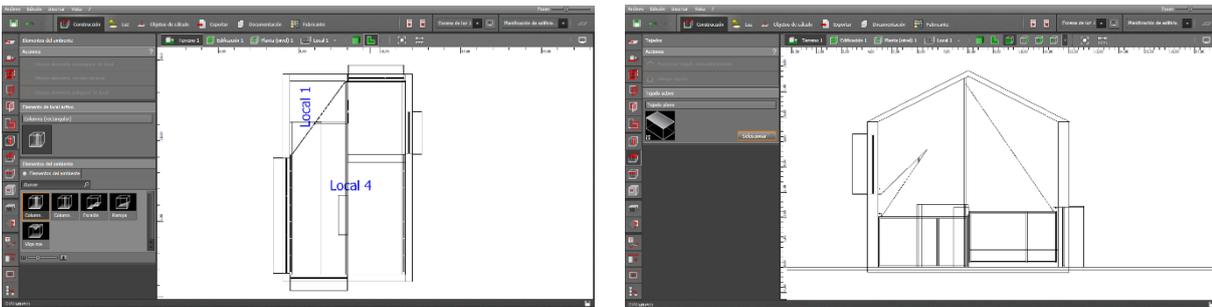
DIALUX es un programa de software libre útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial, además se pueden descargar catálogos de lámparas y luminarias reales de fábricas europeas para utilizarlas y poder trabajar con ellas. Es un programa bastante completo que se adapta muy bien a las necesidades y requerimientos necesarios para diseñar un sistema de iluminación. La versión con la que se ha trabajado es la DIALux evo 6.1

El primer paso a realizar, es dibujar la planta en AutoCad, el programa DIALux te permite importar dicho archivo para tomarlo como plantilla y así poder dibujar sobre él.

Pasamos a definir y a introducir los primeros datos que nos pide el programa dentro del bloque de **CONSTRUCCIÓN**.

Una vez importado el plano comenzamos dibujando el volumen general definiendo previamente la orientación del norte y el lugar donde se ubica el proyecto.

Pasamos a dibujar las aberturas que contenga el edificio, tanto puertas como ventanas asignándole a cada hueco las medidas correspondientes. El programa incorpora una extensa galería de dichos elementos a los cuales se les puede modificar los datos conforme interese al usuario.



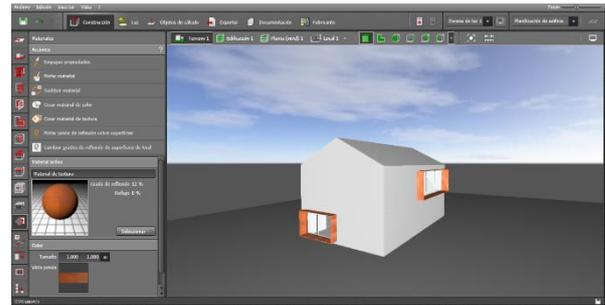
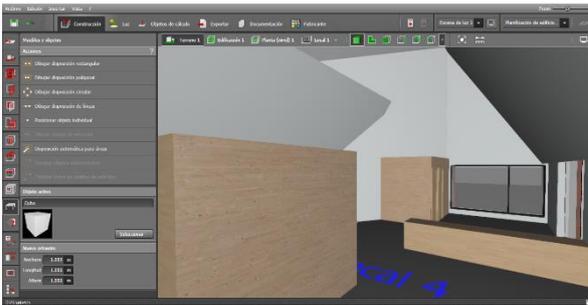
El siguiente paso es distinguir los distintos espacios que contenga el edificio, en este caso, el proyecto cuenta con un área expositiva y una zona más pequeña donde se aloja el aseo, armarios e instalaciones. De esta forma el programa nos permite activar y/o desactivar zonas para poder medir la luz y analizarlas por separado.

Si el proyecto contiene pilares, escaleras, rampas, etc. las dibujaremos como elementos de ambiente, también se incluyen aquí las particiones interiores sencillas como pueden ser mamparas. En este caso se han dibujado los planos inclinados interiores tan característicos en este proyecto.

Pasamos a modelar el tejado a dos aguas del edificio, el programa ya nos brinda dicha opción. Cambiando los datos que aparecen por defecto, se diseña la cubierta del edificio.

El programa DIALUX ofrece un extenso catálogo de mobiliario tanto interior como exterior al cual podemos incorporar alguno personal. Los objetos que el programa ofrece se pueden modificar, cambiando las medidas, materiales, etc. adaptándolos de esta forma al gusto de cada diseñador.

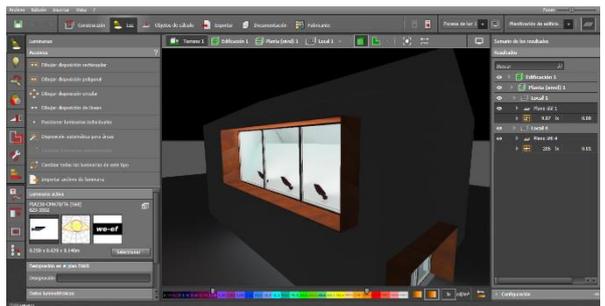
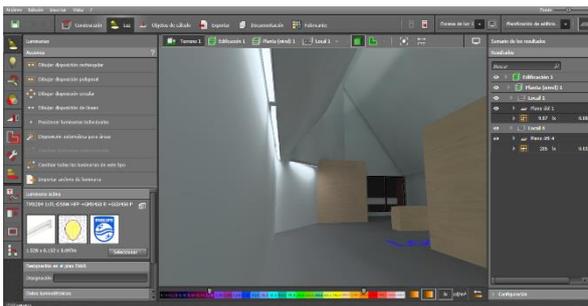
El siguiente paso sería definir los materiales, en este caso se han utilizado cuatro. El hormigón gunitado tintado como acabado exterior y acero cortén para las embocaduras de las puertas y ventanas. Para el interior se ha elegido un acabado en pintura blanca imitando las placas de yeso laminado y la madera de pino para la carpintería interior y el mobiliario.



El segundo bloque es definir las luminarias, en el apartado de **LUZ**. El programa dispone de un amplio catálogo, y desde la página web [www.lumsearch.com](http://www.lumsearch.com) se pueden cargar directamente al programa las luminarias más apropiadas para nuestro proyecto, cuenta con infinitudes de marcas, diseños, modelos, potencias, etc.

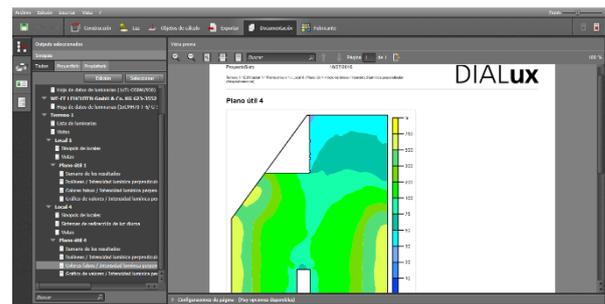
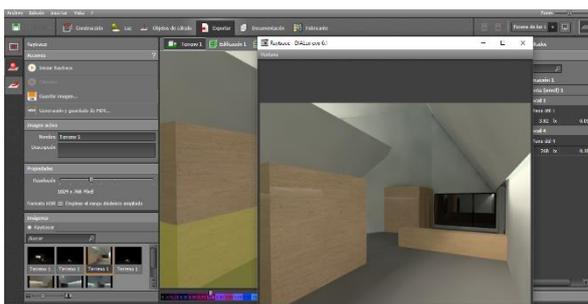
Una vez terminado el modelo, tanto geométrico, constructivo como el diseño de la iluminación artificial, vamos a proceder a realizar los cálculos. Para ello, nos moveremos dentro de la sección **OBJETOS DE CÁLCULO**, el programa realizará todos los cálculos necesarios mostrándonos los resultados que se obtienen.

En el siguiente apartado, **EXPORTAR** ofrece la posibilidad de guardar imágenes que creamos representativas del proyecto estudiado. Son solo vistas que nos ayudan a hacernos una idea de cómo puede resultar ese tipo de iluminación escogido en el interior/exterior del edificio.

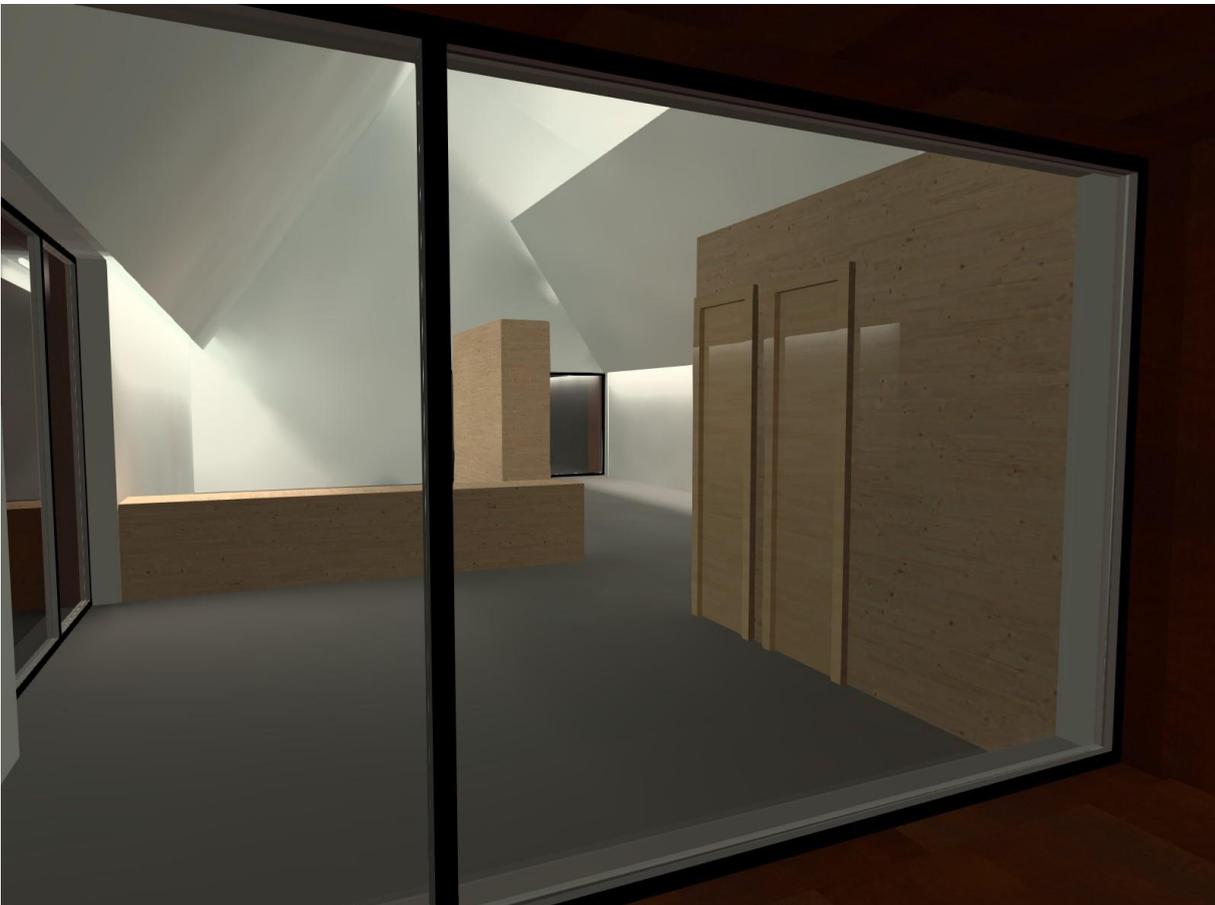


Dentro del bloque **DOCUMENTACIÓN**, en el apartado Outputs seleccionados, seleccionamos Todos y en los desplegable nos aparecen los planos necesarios que nos servirán de ayuda para comprobar que nuestro sistema de iluminación cumple con lo establecido y que la intensidad lumínica en cada punto o en cada espacio es la que se quería conseguir. Son planos con isolíneas, colores y gráficos de valores que muestran los resultados obtenidos.

En estos mismos desplegable podemos encontrar una lista de las luminarias utilizadas con todas sus características y propiedades, además de las vistas que hayamos realizado del interior/exterior de nuestro proyecto, así como información adicional que nosotros le hayamos aportado al programa sobre el edificio. La aplicación ofrece la opción de poder imprimir y descargar toda esta información.



- Imágenes del interior del edificio simuladas en el programa DIALux.



## 8.6\_ FICHAS. LUMINARIAS DIALux

Fuente luminosa: Tubo Fluorescente **(actual)**

Marca: Philips. Modelo: TL-D58W HFP

Fuente: [www.lumsearch.com](http://www.lumsearch.com)

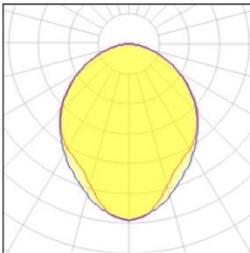
### Hoja de dato de productos

TMX204 1XTL-D58W HFP +GMX450 R +GGX450 P  
PHILIPS



TMX204 LS – slender and versatile TMX204 LS is a functional batten for TL-D and TL5 fluorescent lamps for general lighting. A wide range of reflectors and attachments from the TTX400 series can be fitted to enhance system efficiency and versatility, making it suitable for a variety of applications. This batten can be suspended or surface-mounted. Thanks to its slim design, it is also well suited for build-in applications and coves.<BR/>

#### Emisión de luz 1



1 x TL-D58W/930

Potencia nominal de lámpara

Flujo de lámpara 4350 lm

Eficiencia luminosa 42 lm/W

CCT 3000 K

CRI 90

LOR

54 %

Flujo total

2335 lm

Potencia total

55 W

#### Tipo de Montaje

Montaje en techo

#### Eléctrico

Potencia: 55 W

#### Forma y medidas

Longitud: 1528 mm

Anchura: 63 mm

Altura ajustable: 97 mm

Fuente luminosa: Foco halógeno **(actual)**

Marca: Philips. Modelo: PR-0937-N3-00

Fuente: [www.lumsearch.com](http://www.lumsearch.com)

## Hoja de dato de productos

PIA230-CMH70/T6 [S60]

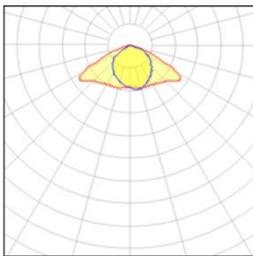
623-3552

WE-EF

**we-ef**

IP66. Surface mounted ceiling uplight and downlight. Suitable for installation over 4" recessed junction box in uplight or downlight position.

### Emisión de luz 1



#### 1 x Lámpara de halogenuro metálico

|                             |         |                |         |
|-----------------------------|---------|----------------|---------|
| Potencia nominal de lámpara | 70 W    | Enchufe        | G12     |
| Flujo de lámpara            | 6600 lm | LOR            | 70 %    |
| Eficiencia luminosa         | 59 lm/W | Flujo total    | 4590 lm |
| CCT                         | 3000 K  | Potencia total | 78 W    |
| CRI                         | 81      |                |         |

### Tipo de Montaje

Montaje en pared

### Eléctrico

Potencia: 78 W

### Forma y medidas

Longitud: 250 mm

Anchura: 140 mm

Altura ajustable: 620 mm

### Protección

IP: 66

Fuente luminosa: Tira LED **(propuesta)**

Marca: Viabizzuno. Modelo: C1-F6.193.02/.02.1

Fuente: Viabizzuno

Viabizzuno F6.193.02/.02.1 c1 incasso tutta luce led  
19,2W 3000K

Emisión de luz 1

Lámpara: 1xHOslim led 19,2W

Grado de eficacia de funcionamiento: 100.04%

Flujo luminoso de lámparas: 2500 lm

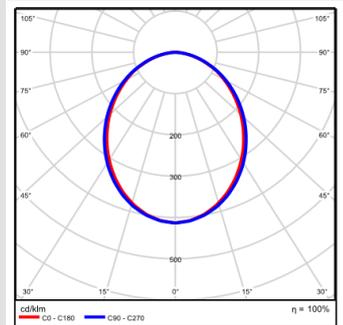
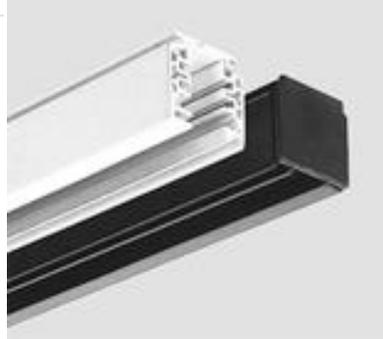
Flujo luminoso de las luminarias: 2501 lm

Potencia: 23.0 W

Rendimiento lumínico: 108.7 lm/W

Temperatura de color: 3000 K

Índice de reproducción de color: 100



Fuente luminosa: Lámpara LED **(propuesta)**

Marca: Viabizzuno. Modelo: n55

Fuente: Viabizzuno

Viabizzuno n55 34W 1050mA 40° spot 82 con vetro  
sabbato

Emisión de luz 1

Lámpara: 1xled 34W 1050mA

Grado de eficacia de funcionamiento: 44.40%

Flujo luminoso de lámparas: 3000 lm

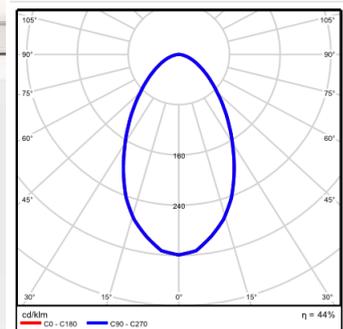
Flujo luminoso de las luminarias: 1332 lm

Potencia: 34.0 W

Rendimiento lumínico: 39.2 lm/W

Temperatura de color: 3000 K

Índice de reproducción de color: 100



### 8.7\_ FICHAS. RESULTADOS DIALux

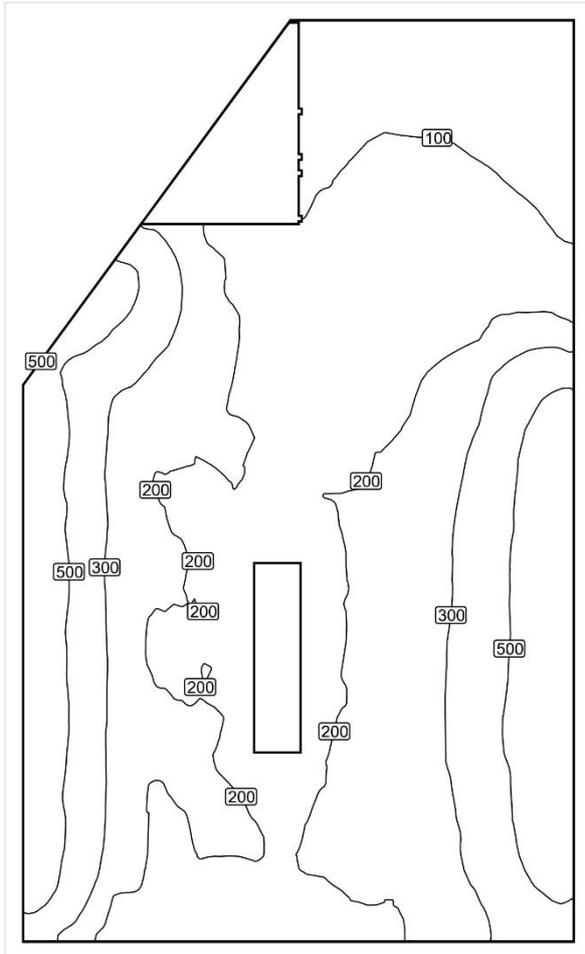
Resultados de las luminarias actualmente existentes. [Tubos fluorescentes].

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

# DIALux

#### Plano útil 4



Escala: 1 : 75

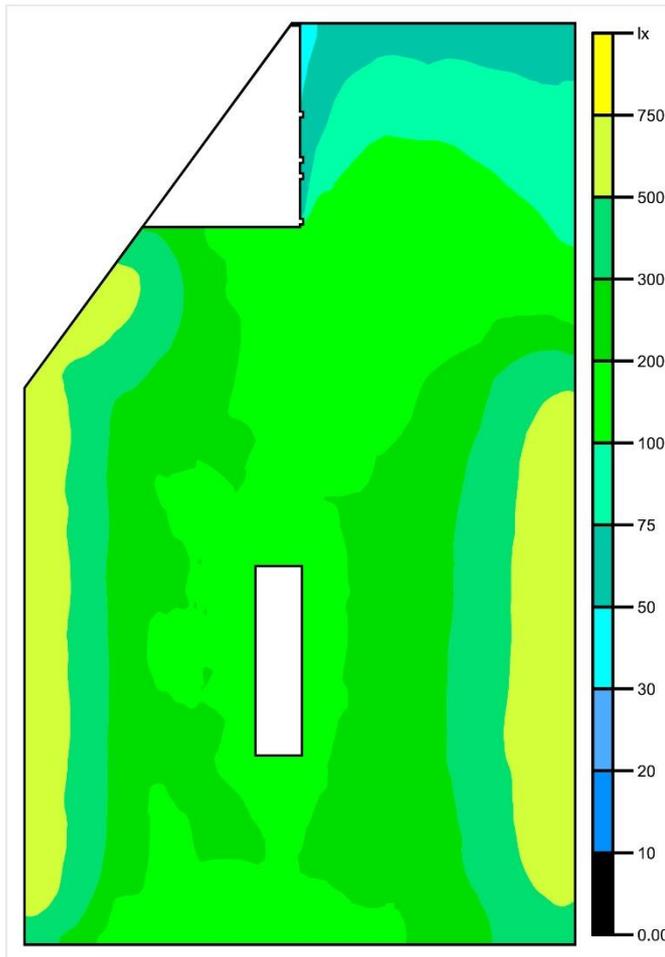
**Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)**  
Media (real): 270 lx, Min: 12.5 lx, Max: 749 lx, Min./medio: 0.05, Min./máx.: 0.02  
Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular  
(Adaptativamente)

# DIALux

## Plano útil 4



Escala: 1 : 75

### Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)

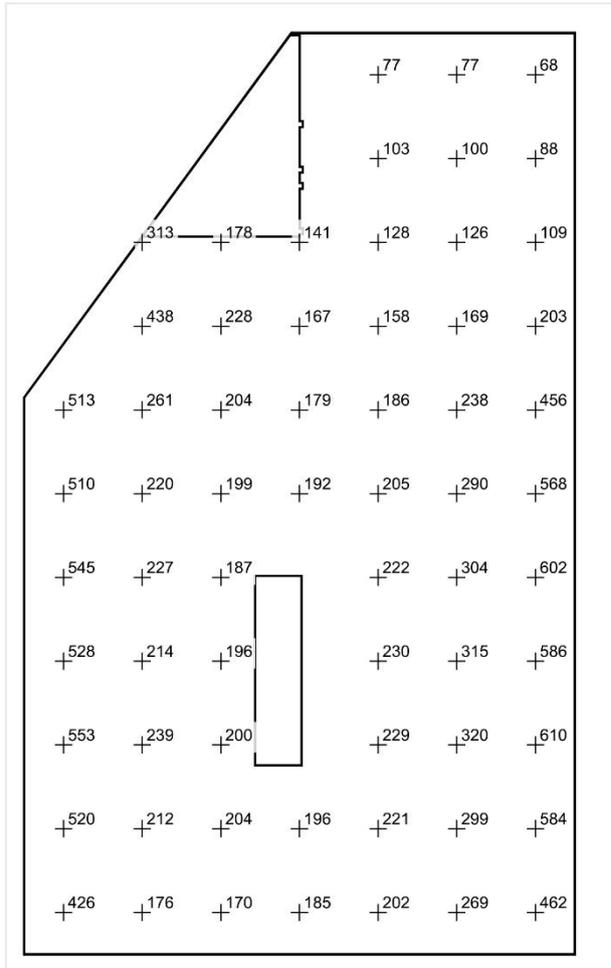
Media (real): 270 lx, Min: 12.5 lx, Max: 749 lx, Min./medio: 0.05, Min./máx.: 0.02  
Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

## ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

# DIALux

## Plano útil 4



Escala: 1 : 75

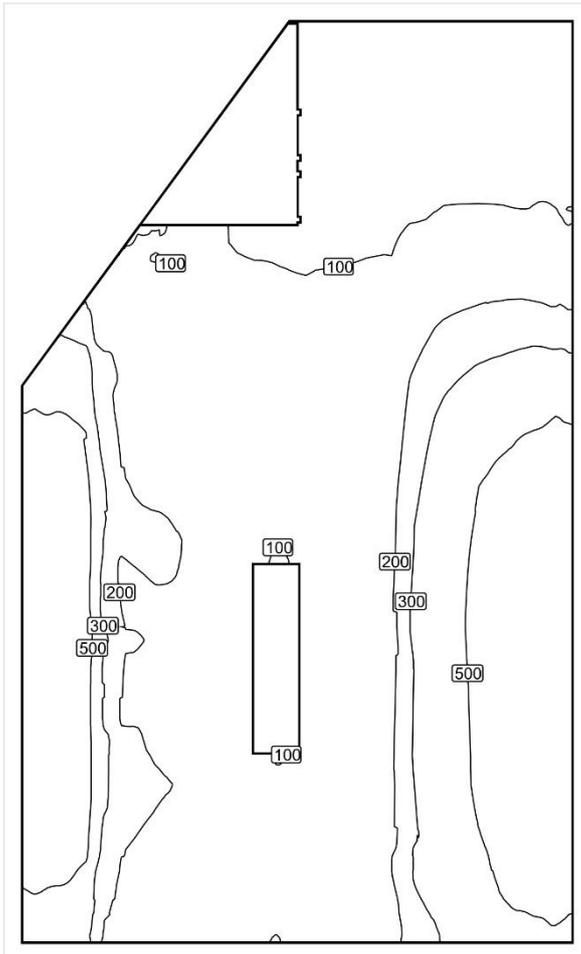
### Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)

Media (real): 270 lx, Min: 12.5 lx, Max: 749 lx, Min./medio: 0.05, Min./máx.: 0.02  
 Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

Resultados de las **luminarias propuestas. [Perfiles LED C1].**

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

**DIALux****Plano útil 4**

Escala: 1 : 75

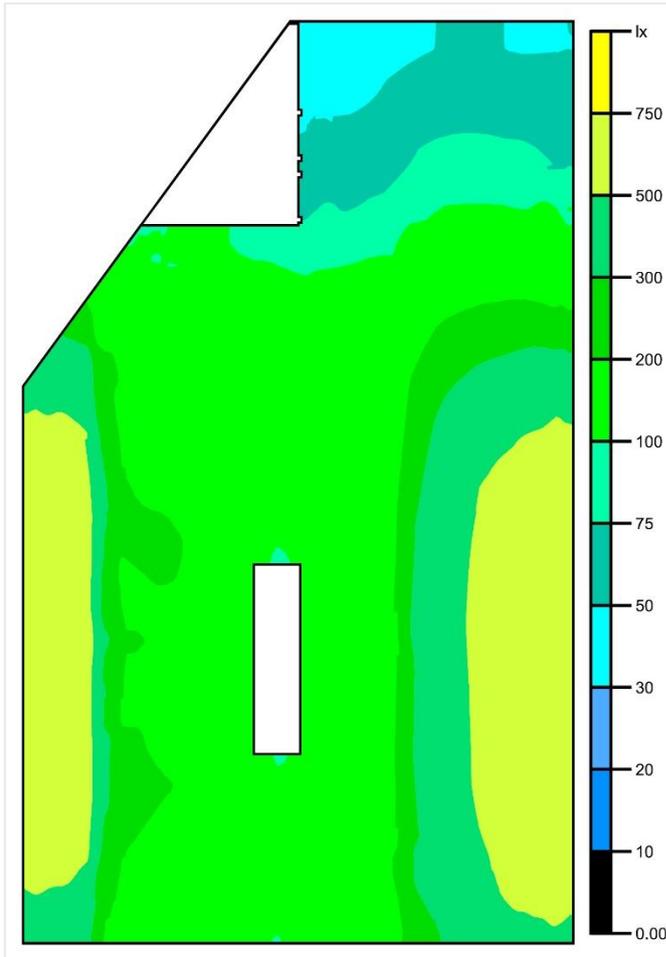
**Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)**Media (real): 265 lx, Min: 8.7 lx, Max: 709 lx, Min./medio: 0.07, Min./máx.: 0.03  
Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Colores falsos / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)

# DIALux

## Plano útil 4



Escala: 1 : 75

**Intensidad luminica perpendicular (Superficie)**

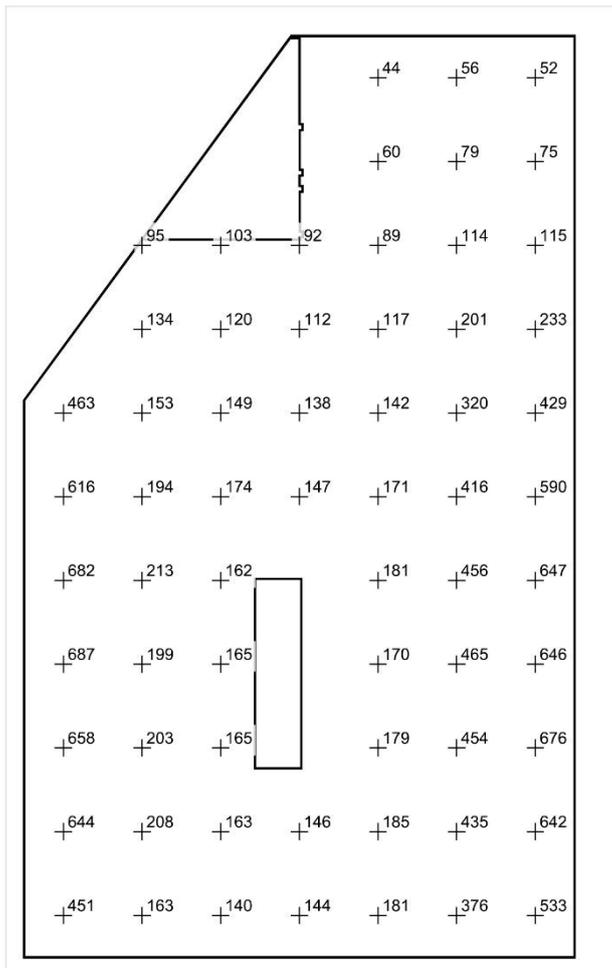
Media (real): 265 lx, Min: 18.7 lx, Max: 709 lx, Min./medio: 0.07, Min./máx.: 0.03  
Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Gráfico de valores / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

## Plano útil 4



Escala: 1 : 75

**Intensidad luminica perpendicular (Superficie)**

Media (real): 265 lx, Min: 18.7 lx, Max: 709 lx, Min./medio: 0.07, Min./máx.: 0.03

Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

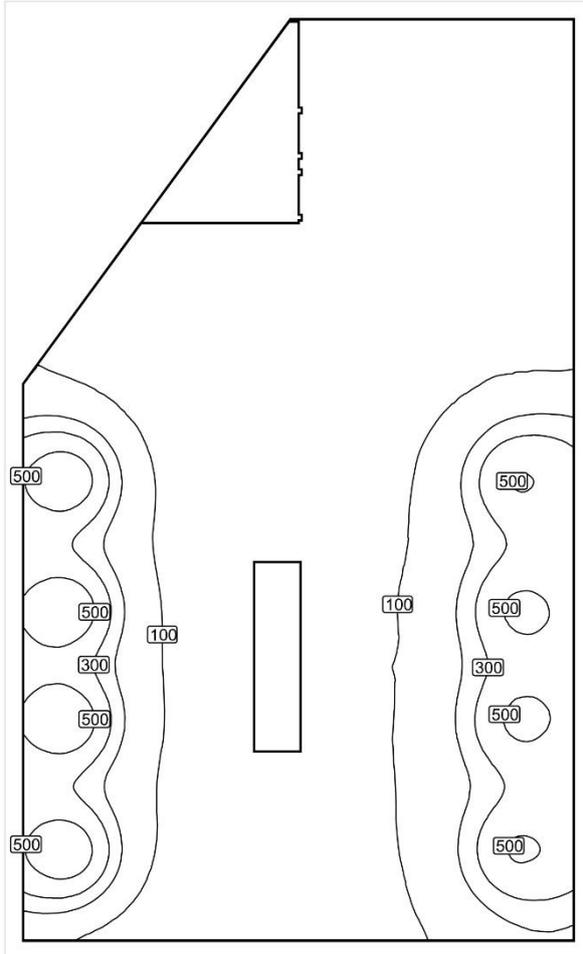
Resultados de las luminarias propuestas. [Lámparas LED n55 en carril electrificado].

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Isolinneas / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 4



Escala: 1 : 75

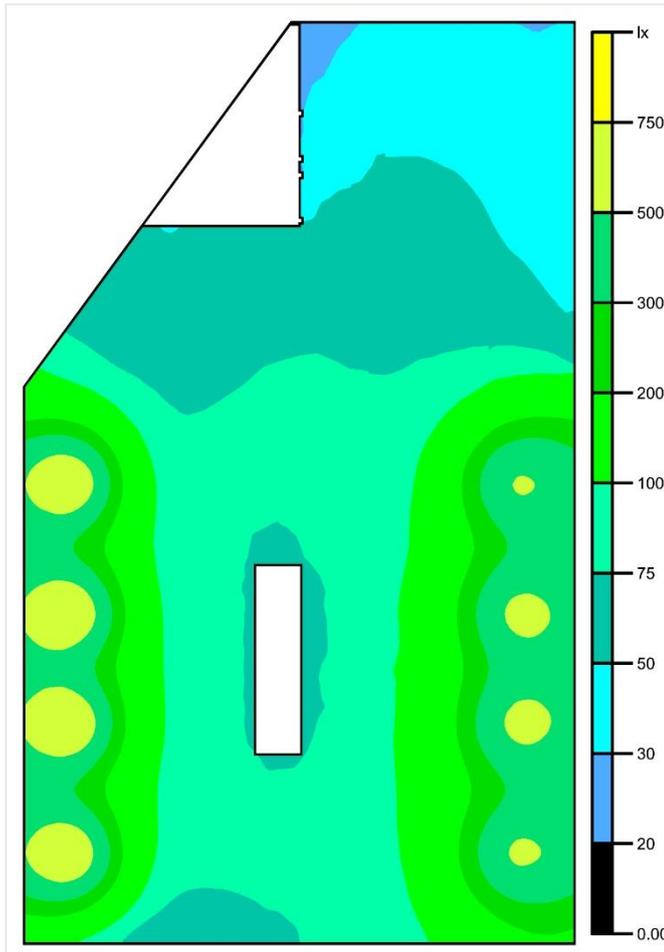
**Intensidad luminica perpendicular (Superficie)**  
Media (real): 154 lx, Min: 22.8 lx, Max: 745 lx, Min./medio: 0.15, Min./máx.: 0.03  
Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular  
(Adaptativamente)

# DIALux

## Plano útil 4



Escala: 1 : 75

### Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)

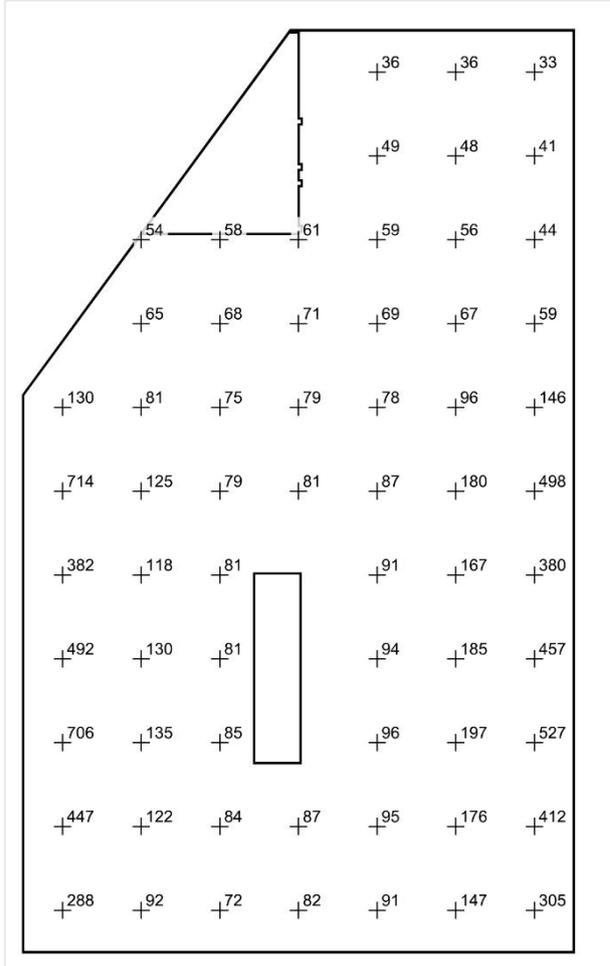
Media (real): 154 lx, Min: 22.8 lx, Max: 745 lx, Min./medio: 0.15, Min./máx.: 0.03  
Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

ProyectoSixto

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 4 / Plano útil 4 / Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

**Plano útil 4**



Escala: 1 : 75

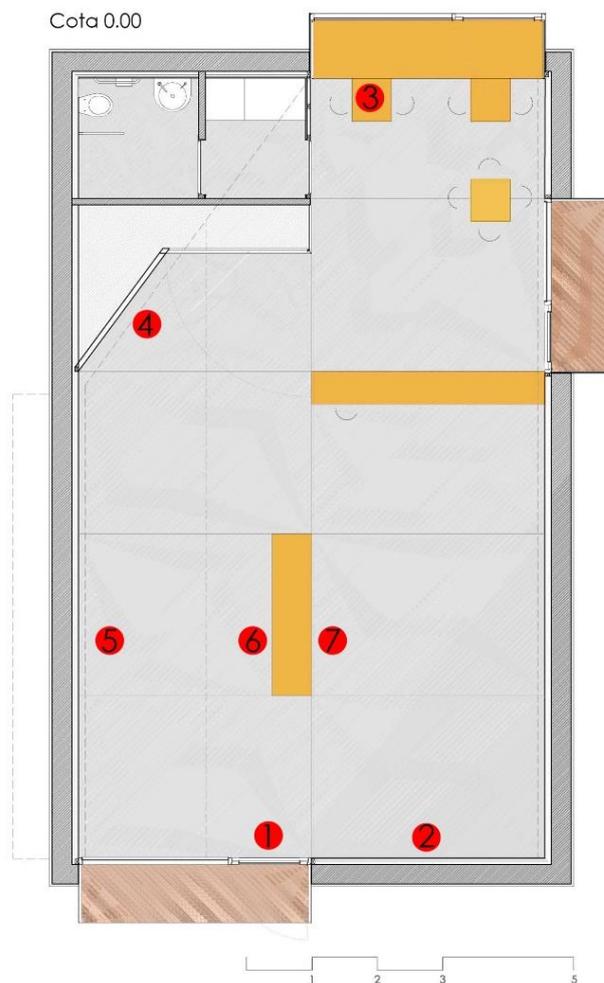
**Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)**  
 Media (real): 154 lx, Min: 22.8 lx, Max: 745 lx, Min./medio: 0.15, Min./máx.: 0.03  
 Altura del plano útil: 1.500 m, Zona marginal: 0.000 m

### 8.8\_ MEDICIONES OBTENIDAS (LUXÓMETRO)

En la visita al edificio se aprovechó para realizar medidas reales de la iluminación actual con un luxómetro. Un luxómetro es un instrumento de medición que permite medir la iluminancia real de un ambiente. Las mediciones fueron tomadas el 8 de noviembre a las 10:45h. se tomaron medidas en varios puntos a 1,50 metros desde el suelo y con diferentes estados de iluminación. Este experimento sirvió también de referencia para escoger las lámparas que se han introducido en la simulación, de forma que los luxes medidos en una superficie a una determinada altura (1,50 metros) son aproximadamente los mismos tanto en la realidad como en la simulación realizada.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

| Puntos | Orientación | Luz natural (lux) | Todo cerrado excepto lucernario (lux) | Luz artificial (lux) |
|--------|-------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|
| 1      | Sur         | 87.500            | 42,50                                 | 180,20               |
| 2      | Sur         | 51.000            | 83,60                                 | 275,20               |
| 3      | Norte       | 2.400             | 68,50                                 | 150,10               |
| 4      | Norte       | 1.030             | 80,60                                 | 475,50               |
| 5      | Oeste       | 1.370             | 83,50                                 | 475,50               |
| 6      | Interior    | 1.223             | 61,20                                 | 54,40                |
| 7      | Interior    | 440               | 60,90                                 | 54,40                |



Planta Centro de Interpretación marcando los puntos desde donde se tomaron las mediciones.



Luxómetro con el que se tomaron las mediciones.