Máster en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente

Influencia de las limitaciones reglamentarias de Flujo Hemisférico Superior sobre la contaminación lumínica en diferentes zonas urbanas. Caso de estudio en los barrios El Ensanche y Gracia en Barcelona.

María Magdalena Benalcázar Jarrín

Profesor Tutor:

Dr. Manuel García Gil

Barcelona, septiembre del 2017

UPC ETSAB Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona

AGRADECIMIENTOS

A la mejor mamá del mundo y mi mejor amiga, que siempre está conmigo apoyándome en cada decisión de mi vida, aconsejándome y alentándome siempre a seguir adelante.

A mi abuelita, que me cuida y protege como a su propia hija, gracias por ayudarme a cumplir mis metas y por estar conmigo incondicionalmente.

A mi mejor amigo, compañero, consejero y mi complemento, Migue, te agradezco de la manera más sincera por tu ayuda, tu apoyo, tu paciencia y sobre todo tu cariño en la elaboración de esta tesina y en incontables momentos de mi vida.

A mi tutor, Manuel García Gil, un agradecimiento muy especial por sus enseñanzas, su dedicación y dirección para llevar a cabo este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la importancia de la limitación del FHS en las normativas vigentes para la disminución de la contaminación lumínica tomando en cuenta el tipo de zona urbana en la que influye este parámetro, valorar su relevancia al momento de exigir su cumplimiento y establecer si la posibilidad de mejora depende de otros factores.

Para ello, se inicia con una definición de la contaminación lumínica junto a sus efectos y parámetros de medida, un estudio del alumbrado artificial y un análisis general de las diferentes normativas establecidas a nivel internacional. En segunda instancia, siguiendo el método de cuantificación de contaminación lumínica RAMA-L, se realiza una clasificación de casos tipo de acuerdo a sus características urbanas tomando en cuenta altura de edificios, ancho y largo de vía e índices de reflexión de fachadas y pavimento. Posteriormente, se realizan simulaciones de los diferentes casos tipo con 4 luminarias distintas determinadas por su FHS utilizando el software Dialux 4.13. Los valores extraídos permitieron cuantificar la Emisión de Flujo Superior de cada tipo de cañón urbano con lo cual se realizó un análisis del comportamiento de cada luminaria en función de la estructura urbana analizada.

Paralelamente, se realizó un cálculo de la emisión de flujo superior por cada tipo de zona urbana con el método de cálculo rápido “Statistical modelling and satellite monitoring of upward light from public lighting”. Los resultados obtenidos con este método se utilizaron para corroborar resultados del método RAMA-L y analizar la influencia de cada variable que afecta el resultado de la EFS total.

ÍNDICE

RESUMEN **5**

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS **9**

1.1 Hipótesis 9

1.2 Objetivos 9

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE **11**

2.1 Alumbrado artificial 11

2.2 La contaminación lumínica 20

2.3 Variables de las instalaciones que miden la CL 26

2.4 Métodos de cuantificación de Contaminación Lumínica 27

2.5 Normativa de alumbrado 34

2.6 Mapa urbanístico de Cataluña 51

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA **55**

3.1 Objeto de estudio 57

3.2 Definición de casos tipo 64

3.3 Proceso de simulación 67

3.4 Proceso de cálculo 71

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS **73**

4.1 Simulación y cálculo con el método RAMA-L 73

4.2 Cálculo de CL según Modelo Predictivo de EFS 80

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES **83**

5.1 Futuras líneas de investigación 84

BIBLIOGRAFÍA **89**

ANEXOS **91**

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Con el paso de los años se han incrementado las actividades del ser humano realizadas en horarios nocturnos. Es por esta razón que la sociedad actual acepta, sin mirar los perjuicios, la necesidad de “iluminar la noche”. Es evidente que el objetivo principal del alumbrado público es el servicio al ser humano. Sin embargo, con frecuencia se ha ido aumentando el uso de instalaciones de alumbrado artificial nocturno cuyas emisiones de luz son en su mayoría inadecuadas, dando paso a una nueva forma de impacto ambiental, la contaminación lumínica, cuyas repercusiones se han evidenciado cada vez más durante los últimos años.

Si bien es cierto, el interés sobre la problemática de la contaminación lumínica cada vez es mayor, pocos proyectos urbanísticos y arquitectónicos incluyen un manejo adecuado para tratar el aspecto lumínico de tal forma que su impacto sea menor. En varios países de Europa y América ya se han desarrollado normas y reglamentos para controlar este tipo de contaminación. En particular, el parámetro que ha venido siendo más utilizado en las normativas ha sido el flujo hemisférico superior instalado o FHSi. Por esta razón, es pertinente analizar la importancia de este parámetro en las normativas vigentes y estudiar su eficacia en cuanto al cumplimiento del objetivo principal que es la prevención y control de la contaminación lumínica.

1.1 Hipótesis

La limitación del parámetro FHS en zonas urbanas compactas, para sistemas de alumbrado de tecnología actual, no repercute significativamente en la emisión de flujo contaminante.

1.2 Objetivos

Con este trabajo se pretende evaluar la importancia del parámetro de FHS en las normativas vigentes sobre contaminación lumínica de acuerdo al tipo de zona urbana donde se aplique. El análisis parte de la cuantificación del flujo contaminante que es el elemento que genera la contaminación lumínica y no es directamente el brillo del cielo. Teniendo en cuenta que el objetivo común que tienen todas las normativas es disminuir al máximo la contaminación lumínica,

es necesario determinar si la restricción más importante se debe concentrar en la limitación del FHS, por lo tanto, la investigación no se concentra en el estudio de niveles o tipos de luz. Se espera que este estudio abra nuevas líneas de investigación que ayuden a comprender los parámetros que más influyen sobre la contaminación lumínica a los cuales habrá que dirigirse al momento de establecer normas y reglamentaciones. Para ello se plantean los siguientes propósitos específicos:

- Estudiar y comparar la morfología urbana del barrio El Ensanche y Gracia.
- Analizar la cantidad de flujo lumínico emitido hacia el cielo desde cada tipo de trama urbana.
- Estudiar el comportamiento de luminarias de diferente FHSi en cada tipo de zona urbana.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Alumbrado artificial

El ser humano desde sus orígenes ha dependido de los recursos naturales para su supervivencia. Por esta razón sus actividades se realizaban en su mayoría en espacios abiertos exteriores y principalmente en horas diurnas para poder contar con la luz natural. Esto explica la razón por la cual, desde el inicio de los tiempos hasta el período de la Ilustración, no hubo la necesidad del alumbrado artificial. Fue durante la Revolución Industrial que este escenario sufrió un cambio muy radical con la utilización de la fuerza del vapor y otros tipos de mecanismos. Las horas de trabajo se prolongaron cada vez más y los trabajos se comenzaron a realizar en locales interiores para obtener mejores beneficios económicos. Ésta nueva situación causó la necesidad de utilizar el alumbrado artificial para solucionar el problema de falta de luz natural.

El alumbrado artificial sirve para producir energía lumínica que proporcione la suficiente información para que el usuario pueda realizar una actividad determinada garantizando un buen rendimiento, calidad, seguridad y satisfacción, aspectos que son regidos por la reglamentación y normativa vigente. (N.I.T, 2015)

2.1.1 Sistemas de alumbrado artificial

Son los artefactos que en conjunto sirven para generar energía lumínica y crear condiciones determinadas de iluminación. Estos son las fuentes de luz, las luminarias y los elementos de control y regulación.

2.1.1.1 Fuentes de luz

Las fuentes de luz o lámparas se encargan de transformar la energía primaria en lumínica. Las lámparas son introducidas en las luminarias para que su flujo lumínico se distribuya de la mejor manera según su uso. Sus características fundamentales son:

- Flujo lumínico.

El cual se expresa en lumen (lm), es la potencia emitida por la lámpara en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Por lo

tanto, indica la cantidad de luz que puede proporcionar por unidad de tiempo.

- Espectro de emisión.

Es el que muestra la energía radiada por la lámpara. Por lo general muestra valores energéticos en un eje Y según la longitud de onda en la que se emite en el eje X.

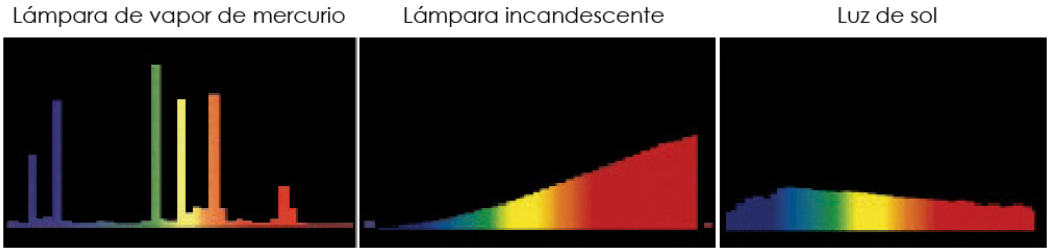


Ilustración 1: Ejemplos de espectros de emisión
Fuente: (García Gil, San Martín Páramo, Solano Lamphar, & Francia Payás, 2012), editado por María Benalcázar

Para que las lámparas, como transformadoras de energía, puedan trabajar con un alto rendimiento, casi toda la energía absorbida debería ser transformada en radiación visible. Por otra parte, su luz debería ser blanca, como la del día, y con buena reproducción cromática, lo cual exige un espectro continuo que contenga todos los colores principales desde el violeta hasta el rojo. Pero como la sensibilidad del ojo es máxima para la radiación amarillo-verdosa, lo más favorable para el rendimiento luminoso es obtener el porcentaje mayor de radiación en la zona de 555 nm. Las radiaciones en las longitudes de onda más cortas especialmente las que están por debajo de los 440 nm son las más nocivas en lo que a fenómenos de contaminación lumínica se refiere ya que se dispersan más en la atmósfera y afectan más a los seres vivos. (García Gil et al., 2012)

- Eficacia luminosa.

Es la relación entre el flujo emitido por la lámpara y la potencia eléctrica que necesita para hacerlo. Su unidad de medida es el lm/W. El máximo rendimiento luminoso que se ha logrado conseguir en el caso más

favorable es de 683 lm/W. En el alumbrado exterior, un valor aceptable es 65 lm/W.

- Vida de las lámparas.

Define su tiempo de utilización en horas. Puede ser de vida media o de vida útil.

- Tipo de lámparas.

Las familias de lámparas pueden ser:

- Vapor de sodio: alta y baja presión
- Halogenuros metálicos
- Vapor de mercurio
- Fluorescentes
- Inducción
- LED

2.1.1.2 Luminarias

La luminaria es el elemento que aloja la fuente de luz y distribuye la iluminación en distintas direcciones del espacio ya sea con espejos, prismas o difusores. Sus características principales son:

- Distribución lumínica.

Es la forma en que una luminaria distribuye en el espacio su emisión de luz en distintas formas. La fotometría es la representación de cómo las luminarias extraen el flujo lumínico, tanto en intensidad como en dirección.

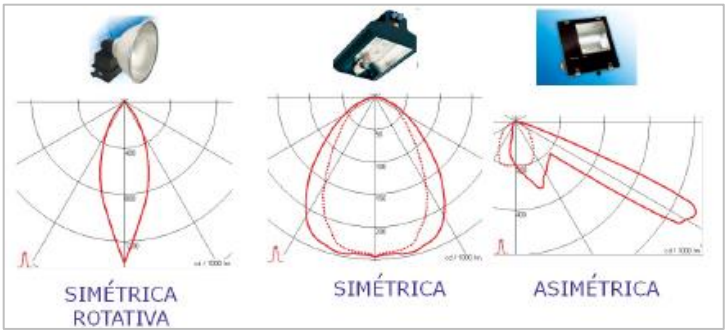


Ilustración 2: Ejemplos de Fotometría
Fuente: (García Gil et al., 2012)

- Rendimiento.

Es la fracción de luz que sale de la luminaria con respecto a la que sale de la lámpara.

- Factor de utilización.

Expresa el porcentaje que es aprovechado de la iluminación el cual consideramos útil. Depende de la distribución lumínica de la luminaria y de la amplitud de la zona que se desee iluminar.

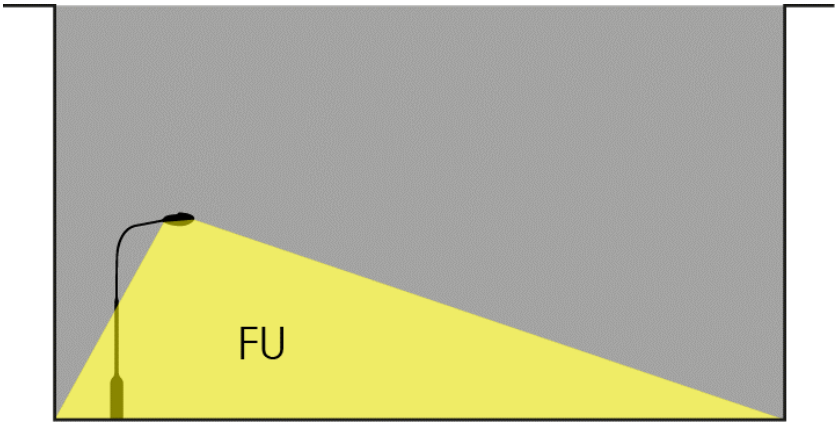


Ilustración 3: Factor de Utilización
Fuente: Elaboración propia

- Tipos de luminarias.

Se pueden distinguir varios tipos como por ejemplo la luminaria vial, destinada a iluminar calles y carreteras, la luminaria ambiente la cual ilumina principalmente plazas, jardines u obras arquitectónicas y las luminarias tipo proyectores que son las que dirigen la luz en una dirección predeterminada y suelen ser utilizadas en rótulos publicitarios, iluminación de fachadas o monumentos, entre otras.

2.1.2 Criterios fundamentales para el diseño del alumbrado público

El alumbrado artificial para exteriores tiene la finalidad de garantizar que las actividades que se realizan durante el día se puedan ampliar hacia la noche. Estas actividades pueden ser: conducción de vehículos, tránsito de peatones, actividades laborales, de ocio y de reunión, entre otras.

Por lo tanto, los objetivos principales del alumbrado público son:

a. Proporcionar al conductor la visibilidad suficiente para reconocer obstáculos y el trazado de la carretera con suficiente antelación para poder reaccionar.
b. Proporcionar confort visual al conductor mientras circula para evitar la fatiga.
c. Facilitar la gestión del tráfico.
d. Proporcionar sensación de seguridad a las personas.
e. Confort y disfrute de la zona urbana.

Para un buen diseño de alumbrado público, se deben seguir ciertos criterios fundamentales que ayudarán a cumplir con el objetivo establecido.

2.1.2.1 Tipo de alumbrado

En primer lugar, se debe elegir el tipo de alumbrado según las actividades que se vayan a ejecutar. Esta elección se realiza en función de la utilización de la vía, es decir la cantidad de tráfico de vehículos, personas o ciclistas, la dificultad de la tarea de conducción, el tipo de cruce, el nivel de luminosidad del entorno, la separación de calzadas y la seguridad para las personas.

2.1.2.2 Nivel de iluminancia

Otro criterio a tomar en cuenta es el nivel de iluminancia de la carretera, ya que influye en la capacidad visual del conductor para identificar los objetos por el fenómeno de contraste entre obstáculo y fondo. Existen ciertos valores recomendados para la iluminación horizontal media según el tipo de vía. En la siguiente tabla podemos observar las recomendaciones de valores para la iluminancia horizontal para alumbrado peatonal y de baja velocidad de circulación de vehículos según la CIE:

Descripción de la vía	Clase de iluminación	Nivel de iluminancia media Em (lx)	Nivel mínimo iluminancia Emin (lx)
Calles de gran importancia y prestigio urbano	P1	20	7,5
Calles de uso elevado por peatones y ciclistas	P2	10	3
Calles de uso moderado por peatones y ciclistas	P3	7,5	1,5
Calles de uso bajo, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P4	5	1
Calles de uso bajo, únicamente asoclada las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P5	3	0,6
Calles de uso escaso, únicamente asoclada las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P6	1,5	0,2
Calles donde solo se requiere guiado visual	P7	-	-

Tabla 1: Clasificación CIE para iluminancia horizontal
Fuente: (Morente Montserrat, 2013) editado por María Benalcázar

2.1.2.3 Uniformidad de luminancia

Debe mantenerse igual en todo momento para que las condiciones visuales del usuario ya sea peatón o conductor sean las mismas desde cualquier punto de observación.

2.1.2.4 Deslumbramiento

El deslumbramiento es uno de los criterios que más influyen en el diseño. Los criterios de deslumbramiento que se aplican en la iluminación viaria y urbana son:

- El deslumbramiento perturbador, el cual produce una pérdida de visión producida por las fuentes de luz ubicadas en el campo de visión del usuario
- El deslumbramiento molesto, el cual también es producido por las fuentes situadas en el campo de visión, pero apenas provocan una sensación desagradable.

2.1.2.5 Elección de las luminarias

Los factores más importantes que se deben tomar en cuenta para la elección de las luminarias son:

- La distribución del flujo luminoso las cuales se obtienen en las curvas fotométricas proporcionadas por el fabricante.
- Características propias de las luminarias como el alcance, la dispersión y control del deslumbramiento
- La temperatura de la luminaria debe ser la adecuada para no perjudicar a la luminaria ni a los elementos que la componen
- La resistencia al impacto de las luminarias de alumbrado público deben ser como mínimo de grado 3
- La resistencia a la corrosión se definirá a partir de la zona donde se instale la luminaria
- Facilidad de montaje y mantenimiento
- Geometría de la instalación; altura de la luminaria y ancho de la vía
- Estética y forma de la luminaria

Es necesario considerar que la luz debe incidir únicamente en las zonas por donde recorre el observador y en los objetos que sea capaz de ver. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta que las luminarias a elegir limiten su emisión a las zonas útiles y enfocarlas convenientemente.

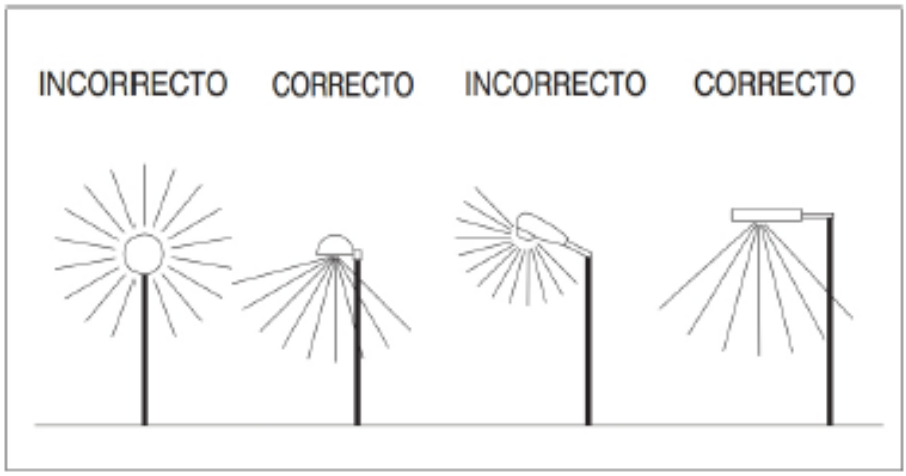


Ilustración 4: Correcta orientación de las luminarias
Fuente: (García Gil et al., 2012)

Por otro lado, las exigencias de visibilidad obligan a extender la iluminación más allá del área de uso por lo que se puede llegar a tener un descontrol sobre cómo se distribuye la luz. Por lo tanto, se debería reducir esta dispersión al mínimo escogiendo luminarias con FHSi mínimos si es posible menores a 1% y factores de utilización máximos superiores 0.4.

2.1.2.6 Tipos de implantación

- Unilateral.

Los puntos de luz están situados en el mismo lado de la vía. Se utiliza cuando la anchura (A) de la calzada es igual o inferior a la altura de montaje de las luminarias (H).

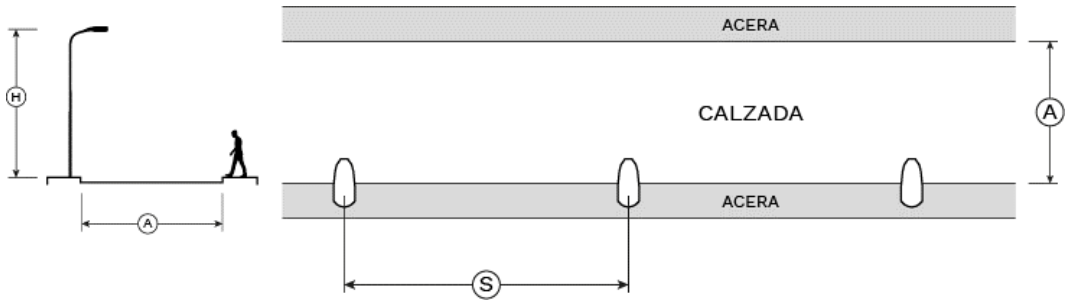


Ilustración 5: Implantación unilateral
Fuente: Elaboración propia a partir de (Morente Montserrat, 2013)

- Bilateral Tresbolillo

Los puntos de luz están situados a ambos lados de la vía a tresbolillo, es decir en zigzag. Se utiliza cuando la anchura de la calzada (A) es 1,5 veces la altura de montaje de las luminarias (H)

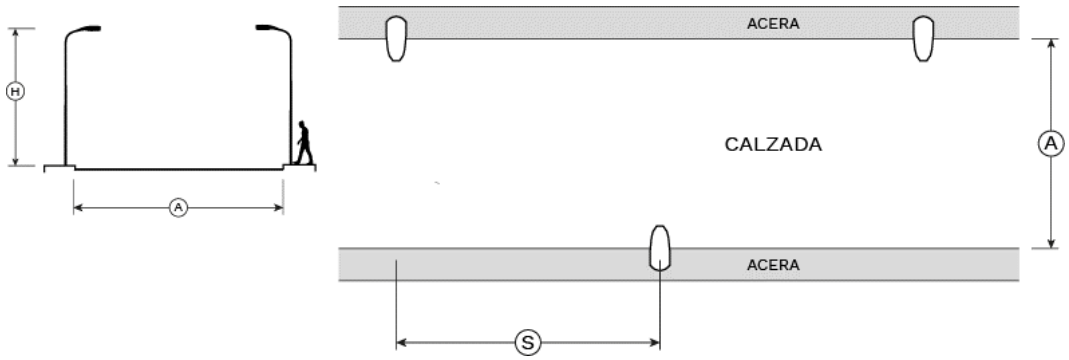


Ilustración 6: Implantación tresbolillo
Fuente: Elaboración propia a partir de (Morente Montserrat, 2013)

- Central o axial.

Los puntos de luz en las vías están situados en el centro de la vía. Se utilizan cuando la anchura de la mediana esté comprendida entre 1 y 3 m. En este caso los puntos de luz se situarán en la misma mediana en columnas o báculos de doble brazo.

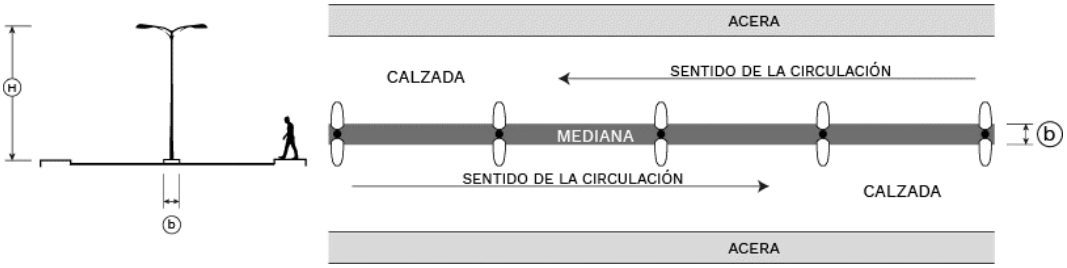


Ilustración 7: Implantación central o axial 1
Fuente: Elaboración propia a partir de (Morente Montserrat, 2013)

Asimismo, cuando la anchura de la mediana sea superior a los 3 metros, en este caso la ubicación de las luminarias se hará como si se tratara de dos vías independientes.

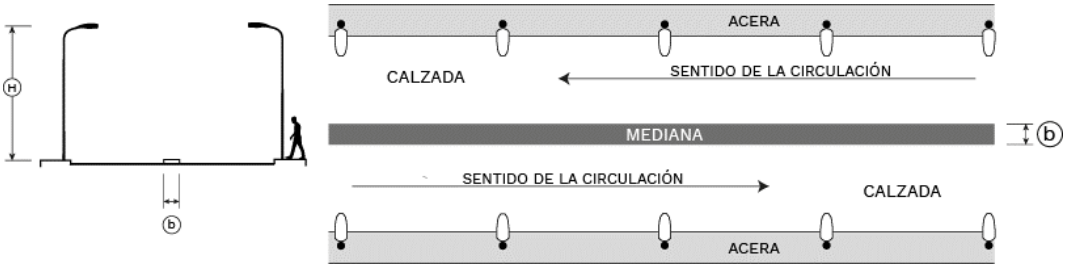


Ilustración 8: Implantación central o axial 2
Fuente: Elaboración propia a partir de (Morente Montserrat, 2013)

- Catenaria.

Los puntos de luz se fijan axialmente a los cables de la catenaria, que están sujetos entre dos soportes situados a distancias entre los 50-100 metros el uno del otro. (Morente Montserrat, 2013)

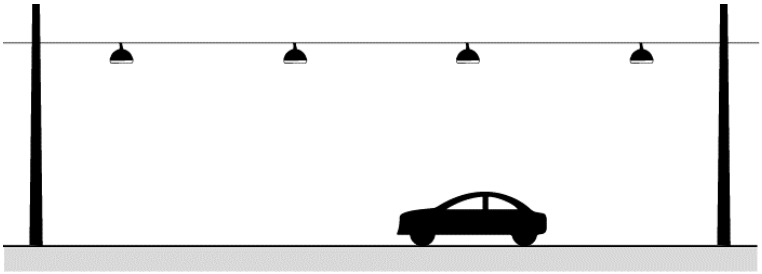


Ilustración 9: Implantación catenaria
Fuente: Elaboración propia a partir de (Morente Montserrat, 2013)

2.2 La contaminación lumínica

El término de contaminación lumínica (CL) se define como “cualquier afectación al medio natural que esté ocasionada por la iluminación artificial nocturna. Estas afectaciones son el resplandor luminoso de la cúpula celeste, la luz intrusa en hábitats naturales oscuros, el deslumbramiento y el consumo energético.” El fenómeno de la CL se origina a partir de la necesidad del ser humano de extender las horas de actividad haciendo uso de la noche. A medida que ha ido avanzando el desarrollo de la tecnología, han existido grandes adelantos en cuanto a las formas de sistemas de alumbrado. Poco a poco ha sido más fácil iluminar los exteriores de forma intensiva y como consecuencia se han incrementado los niveles de iluminación de la noche, es decir, la luz nocturna. Esta luz se escapa hacia el cielo en forma difusa llenando la noche natural de un resplandor luminoso o halo de luz. Como resultado, la oscuridad que caracteriza a la noche natural disminuye, por lo tanto, se va perdiendo poco a poco la luz de las estrellas y del resto de astros. “Acaso cuando ese resplandor era sólo una pequeña mancha en el horizonte podíamos ver estrellas en el cielo nocturno. Pero, a medida que nos acercamos, el resplandor va “borrando” las más débiles, va disminuyendo el número de astros visibles hasta desaparecer casi totalmente” (García Gil et al., 2012).

Ilustración 10: Halo luminoso de la ciudad de Barcelona, España.
Fuente: (Cel Fosc, 2016)

Como consecuencia, se iluminan ecosistemas que requieren de oscuridad para su desarrollo, por lo tanto, la contaminación lumínica es una forma de polución que trastorna las actividades naturales nocturnas del medio ambiente produciendo un desequilibrio de la biodiversidad.

Ilustración 11: Visión global nocturna, 2012
Fuente: (Blue Marble, 2012)

2.2.1 Efectos de la contaminación lumínica

La contaminación lumínica tiene muchas repercusiones tanto en el aspecto económico, ecológico y de salud como en el aspecto social y cultural. El aumento de la luminosidad del cielo nocturno o resplandor nocturno de la atmósfera es la prueba más evidente de la contaminación lumínica.

En cuanto al aspecto económico, existe un abuso en el consumo de los recursos naturales como combustibles fósiles, energía y recursos. Cada año se invierten millones de euros para la iluminación artificial de las calles, es decir, malgastan los recursos económicos para iluminar las nubes. Según el trabajo de tesis de Alejandro Sánchez de Miguel denominada “Variación espacial, temporal y espectral de la contaminación lumínica y sus fuentes: Metodología y resultados”, el gasto en energía asciende a más de 6.300 millones de euros anuales en Europa y se ha incrementado notable y constantemente, siendo en la actualidad el gasto más del doble que en los años 70. (Sanchez de Miguel, 2015) “En España solo el alumbrado público supone 116 kW-hora por año y habitante frente a 93 en Francia y 43 en Alemania”. (Jáutrgui, Umpierre, Cesca, Lumbreras, & Paredes, 2017).

El siguiente gráfico corresponde a un estudio realizado por el Grupo de Estudio de Contaminación Lumínica de la Universidad Complutense cuyo contenido es una comparación del gasto eléctrico en alumbrado público por habitante en 10

países de Europa donde se evidencia que el país con mayor consumo es España.

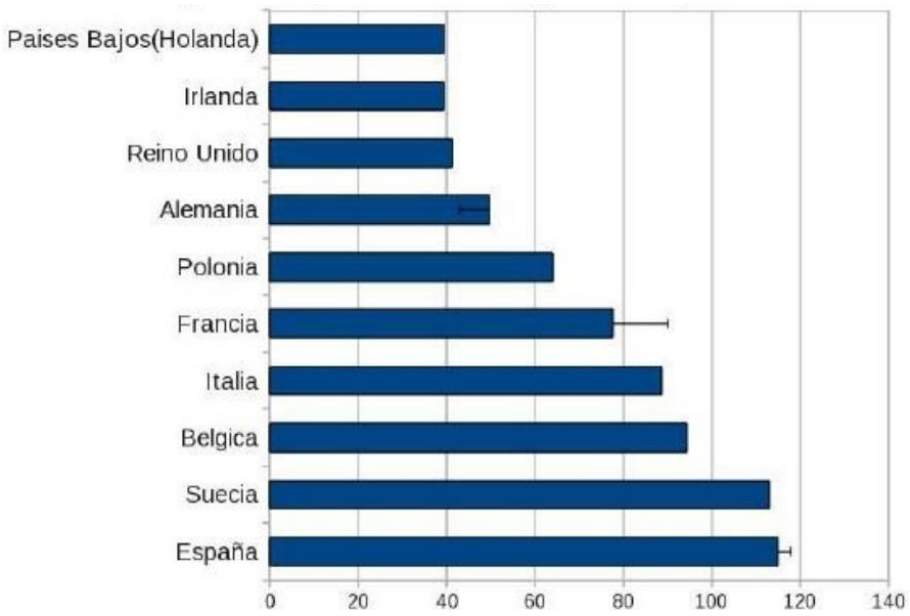


Gráfico 1: Gasto eléctrico en alumbrado público por habitante (kWh/año)
Fuente: (González Dorta, 2014)

En cuanto al aspecto ecológico, la contaminación lumínica distorsiona los procesos biológicos de los ecosistemas. Las especies del mundo nocturno precisan de la oscuridad para desarrollar sus actividades. Es sumamente necesaria la alternancia de día y noche para mantener los ciclos vitales de todos los seres vivos sin embargo la oscuridad de la noche es un estímulo imprescindible para las especies nocturnas las cuales se ven perjudicadas por el impacto causado por la iluminación artificial de la noche. Algunas de las repercusiones causadas por la CL se ven reflejadas por ejemplo en la modificación de la alimentación de algunas especies. Ciertos animales utilizan la oscuridad para esconderse de sus presas, sin embargo, si las condiciones lumínicas permiten ver sus movimientos, se reducen las posibilidades de caza. Otra posible afectación son las alteraciones en los entornos reproductivos. Por ejemplo, las tortugas marinas desovan en la arena de las playas en la oscuridad para que las crías salgan del huevo y se dirijan hacia el mar. En caso de existir contaminación lumínica, las crías son expuestas a ser vistas por depredadores. “Se ha demostrado recientemente la influencia de la luz artificial en la difusión de epidemias en las que los insectos actúan de vectores, así como en el

empeoramiento de la contaminación fotoquímica en las grandes ciudades, donde los halos luminosos entorpecen durante la noche la limpieza natural del aire". (Dorremochea, 2011)

Ilustración 12: Tinglares neonatos desorientados por deslumbramiento expuestos a depredadores. Fuente: (E. Carlos, 2014)

El impacto de la contaminación lumínica afecta también a la salud de los seres humanos. "La intrusión lumínica en nuestros domicilios y el sometimiento a un régimen de iluminación intensiva de 24 horas modifican nuestro ritmo circadiano al inhibir la producción de la hormona melatonina (un efecto que es provocado especialmente por la luz blanca intensa). Esto origina dificultades en el sueño, estrés y un déficit de defensa natural contra tumores cancerígenos y enfermedades degenerativas".(Dorremochea, 2011). Si bien es cierto, la creencia general asocia un entorno muy iluminado con la sensación de seguridad, también la sobre iluminación y las transiciones repentinas de luz y oscuridad, producen fatiga visual, deslumbramiento y falta de reacción ante las alertas en la conducción llevando a situaciones de riesgo.

En cuanto al aspecto cultural, el deterioro del cielo oscuro natural resulta en una pérdida del firmamento en el imaginario de las personas, especialmente los niños que crecen con una idea de cielo nocturno diferente a lo que era en años

pasados. “Cabe mencionar que las banderas tanto de la ciudad de Madrid como de la Comunidad de Madrid incluyen siete estrellas en referencia a la constelación de la Osa Mayor”.(Cel Fosc, 2016)

Ilustración 13: Cielo nocturno transformada por los niños de una gran población en un manto claro y amarillento
Fuente: (García Gil et al., 2012)

2.2.2 Caracterización de la contaminación lumínica

La contaminación lumínica es un término genérico que indica la suma total de todos los efectos adversos de la luz artificial. Cabe recalcar que el alumbrado público no es la única forma de contaminación lumínica, existen otras formas de impacto como el alumbrado comercial, industrial, publicitario, ornamental, pantallas luminosas y señalización.

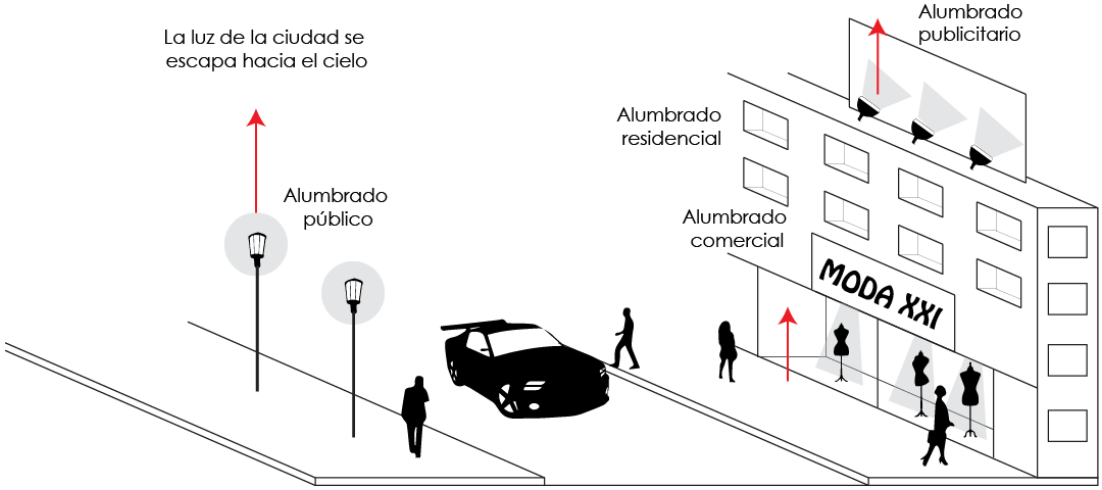


Ilustración 14: Fuentes de contaminación lumínica
Fuente: Elaboración propia

El fenómeno de la contaminación lumínica se evidencia en diversas formas tales como el halo luminoso nocturno, el brillo deslumbrante y la intrusión de luz artificial. El halo luminoso nocturno es el resplandor brillante que aparece de noche sobre las áreas urbanas y borra la visibilidad de las estrellas. Este resplandor luminoso se debe a la reflexión o refracción de la luz en las partículas que forman la atmósfera. Por otro lado, la intrusión de luz artificial ocurre cuando una luz artificial no deseada que proviene del exterior se extiende hasta una propiedad adyacente iluminando un área que de otra manera estaría oscura. (Chepesiuk, 2010)

Ilustración 15: Brillo deslumbrante, iluminación excesiva y halo luminoso nocturno Ontario 2003
Fuente: Todd Carlson

Las formas de contaminación lumínica según el origen del foco contaminante son:

- Intensidad de la fuente luminosa.

Un exceso de intensidad lumínica incrementa la contaminación lumínica por el efecto de reflexión.

- Dirección de la emisión de la luz.

  En caso de estar mal dirigida la emisión de luz, ocasiona mayor contaminación lumínica ya sea hacia el cielo o hacia los ecosistemas naturales.

- Rango espectral.

La emisión de energía lumínica en longitudes de ondas cortas, en la gama de los azules y los violetas, ocasiona una mayor dispersión de la luz en la atmósfera y

tiene una afectación más importante en las observaciones astronómicas e intrusión en la vida natural de los ecosistemas.

2.3 Variables de las instalaciones que miden la CL

2.3.1 Flujo Hemisférico Superior (FHS)

Indica el porcentaje de luz emitida por una fuente que se proyecta por encima de la horizontal. Esta es una característica propia de la distribución fotométrica de la propia lámpara o luminaria y es invariable en cualquier situación. Cuando este valor es mayor a cero, el flujo lumínico se está proyectando en direcciones innecesarias para la realización de actividades previstas en la zona en la que se están instalando las luminarias por lo tanto es un derroche de energía. Es decir, a mayor %FHS, mayor es la emisión del flujo luminoso hacia el cielo. Se expresa de dos formas distintas:

- %FHS: Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior (de la lámpara)

$$\%\boldsymbol{FHS} = \frac{\boldsymbol{Flujo\ lumínico\ emitido\ por\ la\ lámpara\ sobre\ la\ horizontal}}{\boldsymbol{Flujo\ de\ la\ lámpara}}$$

- %FHSi: Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior instalado (de la luminaria). Normalmente éste parámetro se toma en cuenta en las normativas.

$$\%\boldsymbol{FHSi} = \frac{\boldsymbol{Flujo\ lumínico\ emitido\ por\ la\ luminaria\ sobre\ la\ horizontal}}{\boldsymbol{Flujo\ de\ la\ luminaria}}$$

2.3.2 Flujo Hemisférico Inferior (FHI)

Indica el porcentaje de luz que se emite en direcciones por debajo de la horizontal.

2.3.3 Flujo útil

Es la porción de luz que esta iluminando la calle.

2.3.4 Flujo intruso

Es el flujo que ilumina innecesariamente las fachadas de los edificios e invade los espacios interiores de las viviendas.

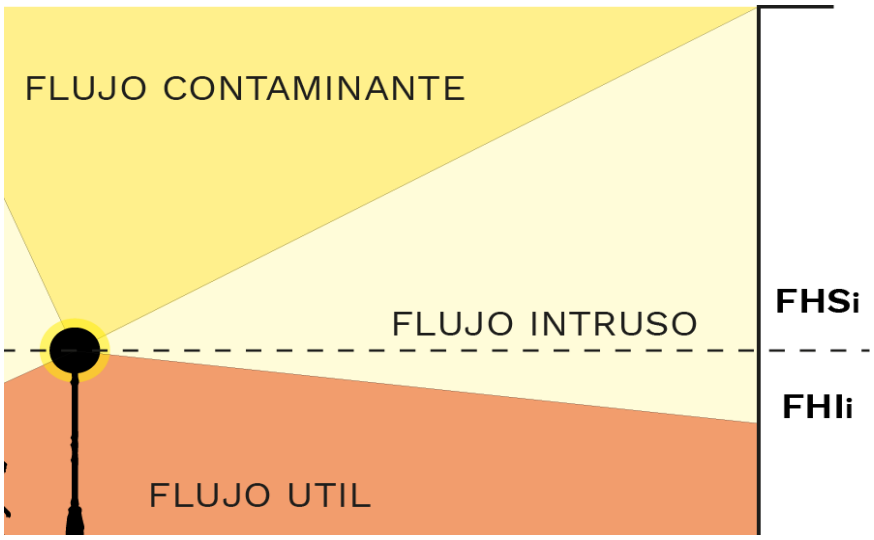


Ilustración 16: Parámetros de medida de la CL
Fuente: Elaboración propia a partir de (García Gil et al., 2012)

2.4 Métodos de cuantificación de Contaminación Lumínica

2.4.1 Método RAMA-L

El método RAMA-L (Ratio y Análisis Medio Ambiental - Lumínico) es un método desarrollado por Estudios Luminotécnicos UPC y su objetivo es "cuantificar la magnitud del foco contaminante en la repercusión del resplandor luminoso y proporcionar herramientas para *introducir los cambios necesarios que permitan reducir los efectos perniciosos*."(García Gil et al., 2012)

Este modelo de análisis parte de la consideración del flujo emitido por el alumbrado, la geometría de la zona de implantación y las reflexiones de pavimentos y fachadas. El resultado del cálculo nos indica la cantidad de flujo en lúmenes que estamos emitiendo hacia nuestro entorno. De este método se pueden extraer diferentes variables a analizar y minimizar, dos de las cuales son nuevas introducidas en el método, la Emisión de Flujo Superior (EFS) y el Grado Relativo de Emisión (GRE). (García Gil, 2011)

- Emisión de Flujo Superior (EFS)

Cantidad de flujo lumínico que escapa de una instalación de alumbrado hacia el cielo. Su unidad es el lumen y es la suma de:

a) La luz emitida directamente por las luminarias hacia el cielo es decir el FHS saliente.
b) El flujo reflejado por el suelo u otros elementos donde incida la luz artificial.
c) La disposición y la geometría de la zona iluminada aspecto que puede condicionar la cantidad real del flujo que escapa hacia el cielo.

De esta EFS total podemos conocer la proporción debida a la emisión directa o reflejada. Estudiando la iluminación de las paredes, podemos valorar la intrusión de luz. Encendiendo o apagando puntos de luz, conoceremos la influencia individual de cada uno de ellos, la proporción de contaminación debida al alumbrado público y la generada por otros tipos de alumbrado.

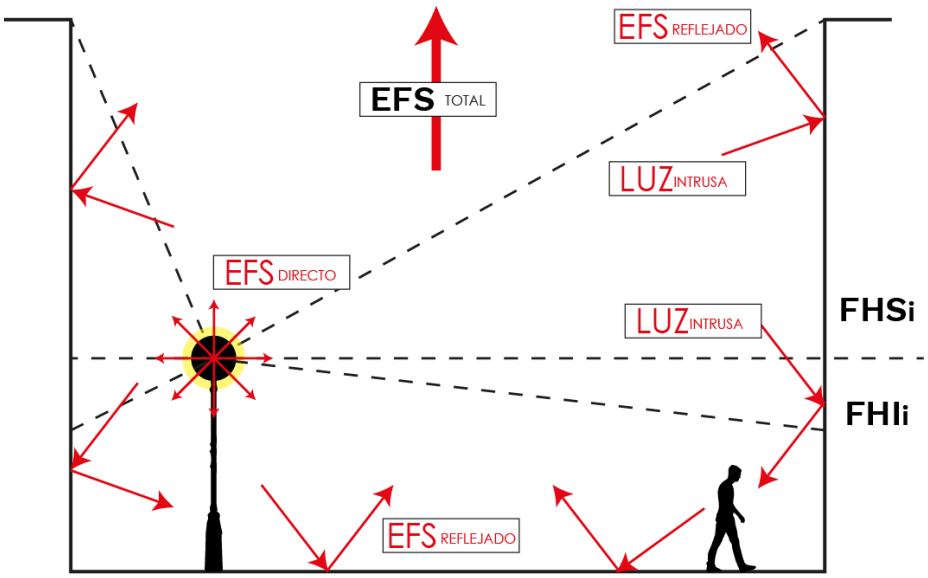


Ilustración 17: Componentes del EFS
Fuente: Elaboración propia a partir de (García Gil et al., 2012)

- Grado relativo de emisión (GRE)

Magnitud que relaciona el flujo lumínico con su distribución espectral, es decir, la emisión energética en cada banda de longitud de onda. Es una magnitud adimensional y da un valor de cuán contaminante es una instalación o un conjunto de instalaciones de alumbrado con respecto a la dispersión atmosférica.

Se considera que las emisiones cercanas a los azules son potencialmente más perniciosas que las cercanas a las rojas.

Con el análisis del Grado Relativo de Emisión (GRE) y de la Emisión de Flujo Superior (EFS), pueden obtenerse resultados, ratios y comparaciones que permitan conocer si una instalación está bien diseñada, y qué potencial de mejora tiene; su objetivo es minimizar, en lo posible, el impacto ambiental lumínico que genera, sin perjudicar la actividad humana que se desarrolla en la zona.

2.4.1.1 Fases del método RAMA – L

- Fase 1. Estudio del caso objeto de análisis

Se analiza la zona a iluminar y para esto se toma en cuenta:

- Instalación: componentes de alumbrado, posibles edificaciones u obstáculos para la luz.
- Entorno: para ver la sensibilidad a la intrusión lumínica. Para el estudio de este aspecto se tiene que considerar los siguientes factores:
  - Longitud de vía
  - Ancho de vía
  - Altura de edificios que delimitan la vía
  - Separación de los edificios con respecto a la vía
  - Tipos de fachada para determinar reflexiones

TIPO DE FACHADA	FACTOR DE REFLEXIÓN
no existe	0
obra vista	0,2
gris, estucado	0,3
estucado suave	0,5
pintura blanca	0,6
blanco mármol	0,7

Tabla 2: Reflexión según tipo de fachada
Fuente: (García Gil et al., 2012) editado por María Benalcázar

- Número de luminarias
- Tipos de luminarias (fotometría)
- Implantación de puntos de luz
- Tipos de lámparas y potencias

  - Usuarios: los que van a utilizar la instalación.

Es imprescindible analizar cada uno de los factores para definir los requisitos de la actividad artificial necesaria a desarrollar por el hombre lo que determinará qué tipo de alumbrado se debe utilizar en cada caso.

- Fase 2. Informatización del sistema

En esta fase se informatizan los datos recogidos con el objetivo de estudiar el comportamiento de la instalación y sus condicionantes. Esta fase se la puede realizar mediante cualquier software de cálculo lumínico como Dialux o Relux. Es preferible que el cálculo que se realice en cualquiera de estos programas sea de alumbrado interior para calcular las reflexiones fácilmente.

Ilustración 18: Representación en 3D alumbrado público en escala de grises
Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con Dialux

- Fase 3. Cálculo y extracción de resultados

A través del programa de cálculo y la iteración de diferentes posibilidades de funcionamiento horario y espacial, podemos obtener resultados finales de

análisis. Estos pueden ser valorados según las magnitudes que hemos visto anteriormente:

- Emisión de flujo superior (EFS)

Informáticamente, será el flujo lumínico que escape al “techo” de la calle o no, dependiendo de la consideración exacta del entorno. Su calcula se realiza multiplicando la superficie del plano superior, es decir la del “techo” por la iluminancia media que llega a esta superficie, valor obtenido del programa de cálculo en luxes.

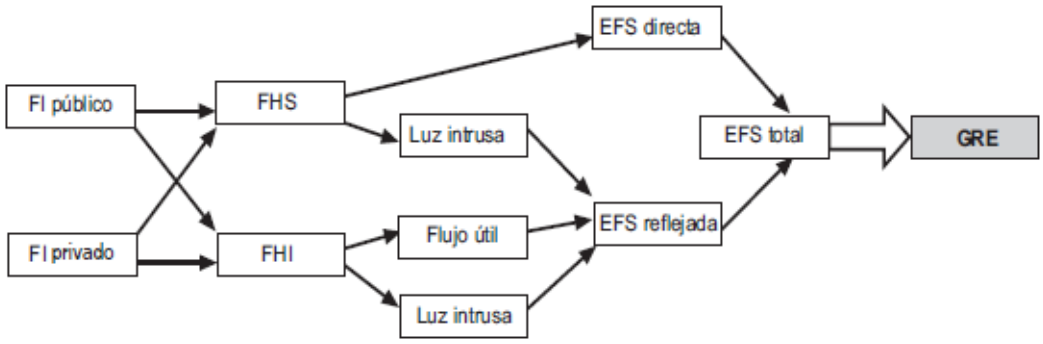
$$\boldsymbol{EFS_{total}} = [\boldsymbol{E_m}\ (\boldsymbol{lux})]\ .\ [\boldsymbol{S}\ (\boldsymbol{m^2})]$$

Asimismo, se puede obtener el porcentaje de Emisión de Flujo Superior (%EFS) dividiendo el EFS total dividido entre el Flujo Total Instalado de las luminarias asi:

$$\%\boldsymbol{EFS_{total}} = \frac{\boldsymbol{EFS_{total}}\ (\boldsymbol{lm})}{\emptyset\boldsymbol{FTi}\ (\boldsymbol{lm})}$$

Y de este porcentaje se puede desglosar que valor corresponde al %EFS directo y cual al %EFS indirecto.

- Grado relativo de emisión (GRE)



donde:

FI público: flujo instalado en alumbrado público

FI privado: flujo instalado en alumbrado privado

FHS: Flujo Hemisférico Superior

Ilustración 19: GRE
Fuente: (García Gil et al., 2012)

- Fase 4. Valoración de resultados globales

Si consideramos diferentes ratios y lecturas luminotécnicas de resultados, podremos analizar no sólo el GRE y la EFS, sino también otras relaciones:

- $(\boldsymbol{Emisión\ de\ Flujo\ Superior})/(\boldsymbol{Flujo\ Total\ Instalado})$

  Fracción de la energía luminosa que se pierde hacia el cielo, de la total emitida por las lámparas.

- $(\boldsymbol{Flujo\ Util})/(\boldsymbol{Flujo\ Total\ Instalado})$

  Fracción de la energía luminosa que es realmente útil, de la total emitida por las lámparas.

- $(\boldsymbol{Flujo\ Intruso})/(\boldsymbol{Flujo\ Total\ Instalado})$

  Fracción de la energía luminosa que puede representar una molestia o una amenaza directa al medio, de la total emitida por las lámparas.

- Fase 5. Revisión de resultados y posibilidades de mejora

Fase en la que se vuelve a estudiar el sistema objeto de análisis es decir la fase uno (usuario-instalación-entorno), para obtener una solución que presente un impacto ambiental inferior como la posibilidad de cambiar lámparas o luminarias, reorientar sistemas por proyección, optimizar el sistema de control y reducción. Siempre que se sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios en el entorno de análisis a través de la verificación de las condiciones lumínicas requeridas.

2.4.2 Modelo Predictivo de Emisión de Flujo Superior

En el año 2015 se desarrolló un modelo predictivo denominado “Statistical modelling and satellite monitoring of upward light from public lighting” (Estrada et al., 2015) cuyo objetivo es estimar la cantidad de luz desperdiciada hacia el hemisferio superior desde zonas urbanas como barrios, ciudades o áreas metropolitanas por parte del alumbrado público. El modelo proporciona la

fracción de luz dirigida hacia el cielo tomando en cuenta un conjunto de variables que caracterizan el paisaje urbano y sus fuentes de luz. Estas variables son:

- Tipo de Luminaria (t):

Variable cualitativa que describe el tipo de luminaria escogida a partir de las más utilizadas y definida por su fotometría particular.

- Factor de edificación (f)

Es el porcentaje promedio de la calle ocupada por edificios. Por razones de simplicidad, esta variable se ha fijado tomando dos valores posibles: 0 en el caso de que no exista ningún edificio construido y 1 en el caso de que la calle se encuentre completamente ocupada con fachadas continuas a ambos lados.

- Ancho de la calle (w)

Medido en metros

- Altura de edificios (b)

Es la altura promedio de los edificios en metros. Este valor es utilizado únicamente cuando el factor de edificación (f) es diferente a 0.

- Altura de luminaria (h)

Medido en metros

- Reflectancia de las paredes (r)

Es la reflectancia promedio de las paredes que dan hacia la calle cuando el factor de edificación es diferente a 0.

La cantidad total de luz emitida hacia el cielo por un área urbana (Urban Upward Flux o UUP) compuesta por *n* escenarios urbanos se determina con la siguiente fórmula:

$$UUF = \sum_{i=1}^{n} Fu(i) * TIF(i) * fd(i)$$

donde:

TIF: es el Flujo total instalado en la zona

***fd*:** es el factor de depreciación de las luminarias. (0.4 – 0.7 para instalaciones obsoletas o antiguas; 0.7 – 0.9 para sistemas de iluminación bien mantenidos y >0.9 para los recién instalados).

Fu: es el %EFS

n: es el número de escenarios (calles) que componen la zona urbana

2.5 Normativa de alumbrado

El alumbrado público ha sido necesario para la vida nocturna y las actividades humanas durante muchos años, sin embargo, es indispensable contar con exigencias de iluminación con las que se pueda controlar la seguridad y así tener una mejor calidad de vida. Estas exigencias de iluminación además de garantizar un buen funcionamiento para la calidad de vida de los seres humanos, deben tener una visión hacia una protección contra la contaminación lumínica.

A nivel internacional, una de las organizaciones que más ha investigado sobre este tema es la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) la cual participa en el intercambio de información de todas las materias referentes a la ciencia y estado del arte de las tecnologías de la iluminación entre los países miembros. Una de las publicaciones de la CIE en donde se encuentra el tema del control de la polución lumínica es: “Directrices para la minimización del brillo en el Cielo” la cual se basa en técnicas y aspectos fotométricos para la reducción del brillo en el cielo. Además, en otra de sus publicaciones denominada “Guía para la limitación de los efectos molestos de la luz procedente de las instalaciones de iluminación en exteriores”, establece criterios de zonificación para tener un marco de referencia el cual regule y resuelva los conflictos que pudiera existir entre exigencias fotométricas y calidad de cielo nocturno, (Chocho Rivas & Yunga Matute, 2012). Este sistema de zonificación se basa en el nivel de vulnerabilidad contra la contaminación luminosa y se complementa con límites de flujo hemisférico superior según cada zona de protección.

En Sudamérica existen varias zonas protegidas y observatorios astronómicos de categoría internacional. Chile y Argentina son los países con mayor interés en la conservación del resplandor luminoso nocturno por lo que han implementado normativas con un enfoque de ahorro energético y protección del cielo nocturno. En el caso de Chile, se han presentado leyes sobre “Bases Generales del Medio Ambiente” desde el año 1995. En la “Norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica” presentada en el año de 1999 se establece la cantidad máxima permitida de emisión lumínica hacia los cielos nocturnos provocada por el alumbrado público tomando en cuenta el flujo luminoso emitido por la lámpara,

el espectro del ancho de banda de luz visible y su rendimiento. La norma establece lo siguiente:

“3.1. Las lámparas cuyo flujo luminoso nominal sea igual o menor a 15.000 lúmenes, no podrán emitir, una vez instaladas en la luminaria, un flujo hemisférico superior mayor al 0,8% de su flujo luminoso nominal. Las lámparas de flujo luminoso nominal superior a 15.000 lúmenes, no podrán emitir, una vez instaladas en la luminaria, un flujo hemisférico superior que exceda del 1,8 % de su flujo luminoso nominal. Tratándose de las lamparas destinadas al alumbrado de vías públicas deberán, además, limitarse al espectro del ancho de banda de luz visible para el ojo humano (entre 350 y 760 nanómetros), para lo cual la eficacia luminosa de las fuentes de luz utilizadas no podrá ser inferior a 80 lúmenes por watt.” (Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción de Chile, 1999)

La preocupación por el problema de la conservación del cielo nocturno ha provocado que en el año 2012 se determine una modernización y adaptación a los nuevos requerimientos a través de normas de calidad ambiental regulando la contaminación lumínica. Sin embargo, Colombia es el único país de Sudamérica que ha implementado el sistema de zonificación para el control de la contaminación lumínica en su normativa.

Países como Estados Unidos, Japón y países europeos ya han desarrollado leyes que regulan la contaminación lumínica. España fue uno de los primeros países en el mundo en introducir en sus normativas la zonificación para el control de la contaminación lumínica basándose en los criterios establecidos por la CIE. Reino Unido ha desarrollado un plan a 15 años desde el 2001 hasta el 2015 para reducir la contaminación lumínica al igual que Alemania e Italia que también han desarrollado normativas destinadas a la protección del cielo. Eslovenia tiene la normativa más restrictiva en cuanto a la emisión de luz superior con un FHS de 0%. En Francia entro en vigencia una normativa en julio del 2013 para el apagado de luces desde la 1 hasta las 7 de la mañana con la intención no solo del ahorro energético si no también la reducción del impacto de la iluminación artificial en el ambiente nocturno. (Presa & Picicelli, 2014)

Recientemente, el 1 de febrero del 2012, el Ministerio de Medio Ambiente de Corea promulgó una ley denominada “Light Pollution Prevention Act” por el uso inapropiado y excesivo de luz. En virtud de esta ley se crea un Comité de Prevención de la Contaminación Lumínica el cual establece cuatro zonas ambientales y normas de emisión de luz. Plantean también niveles mínimos de iluminación suficientes para que conductores y peatones puedan distinguir movimientos en la oscuridad. Para la creación de esta ley realizaron una investigación del estado de contaminación lumínica en Corea basándose en el porcentaje que excede los valores máximos de los parámetros técnicos para el control de la luz intrusiva recomendada por la CIE. Durante la investigación se observó que la luz intrusa en su mayoría es generada por la iluminación vial y de parques. Noventa sitios de medición fueron seleccionados de cuatro zonas, incluyendo las ciudades de Seúl e Incheon. Los resultados fueron los siguientes:

Zonificación	E1	E2	E3	E4
Iluminación vertical	0.2 - 3.1 lx	0.1 - 8.9 lx	1.0 - 33.0 lx	1.3 - 85,6 lx
Porcentaje que excede lo recomendado por la CIE	25%	19%	27%	27%

Tabla 3: Resultados de la medición de la iluminancia superficial media de las fachadas de edificios en las zonas ambientales.
Fuente: Elaboración propia

En resumen, se evidenció un porcentaje total de exceso de iluminación de un 26% bajo los parámetros establecidos en la CIE. (Cha et al., 2014)

2.5.1 Normativa en España

Las observaciones astrofísicas, fueron el principal motivo por la que el gobierno de España empezó a interesarse por la protección del cielo nocturno contra la contaminación lumínica. La primera ley que se llevó a cabo con el fin de evitar el paulatino deterioro de la calidad astronómica del cielo de Canarias fue la denominada “Ley del Cielo: Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias” (Ley 31/1988, de 31 de octubre). Esta ley permitió la creación de la mejor reserva astronómica de Europa entre los observatorios más importantes de las islas de Tenerife y Las Palmas y de la Oficina Técnica de Protección de la Calidad del Cielo. El objetivo principal de esta ley es “garantizar la protección de la actividad investigadora que se realiza en el Instituto de Astrofísica de Canarias y, en especial, preservar la calidad astronómica de sus observatorios, procurando atenerse a las recomendaciones de la Unión Astronómica Internacional”. (Juan Carlos I, 1988)
A continuación, basándose en la Ley 31/1988 varias comunidades autónomas plantearon nuevas normativas con el objetivo además de preservar la calidad astronómica, la protección de los ecosistemas. La primera comunidad autónoma fue Cataluña, con la denominada “Ley catalana de contaminación lumínica: Ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno” (Ley 6/2001, de 31 de mayo) la cual por primera vez menciona la preocupación por el ahorro energético, evitar la luz intrusa y molestias lumínicas. Esta ley tiene como finalidades:

a) Mantener al máximo posible las condiciones naturales de las horas nocturnas, en beneficio de la fauna, de la flora y de los ecosistemas en general.
b) Promover la eficiencia energética de los alumbrados exteriores e interiores mediante el ahorro de energía, sin mengua de la seguridad.
c) Evitar la intrusión lumínica en el entorno doméstico y, en todo caso, minimizar sus molestias y sus perjuicios.
d) Prevenir y corregir los efectos de la contaminación lumínica en la visión del cielo.

Asimismo, determina una zonificación dividiendo el territorio en zonas en función de la vulnerabilidad a la contaminación lumínica y hace referencia a la

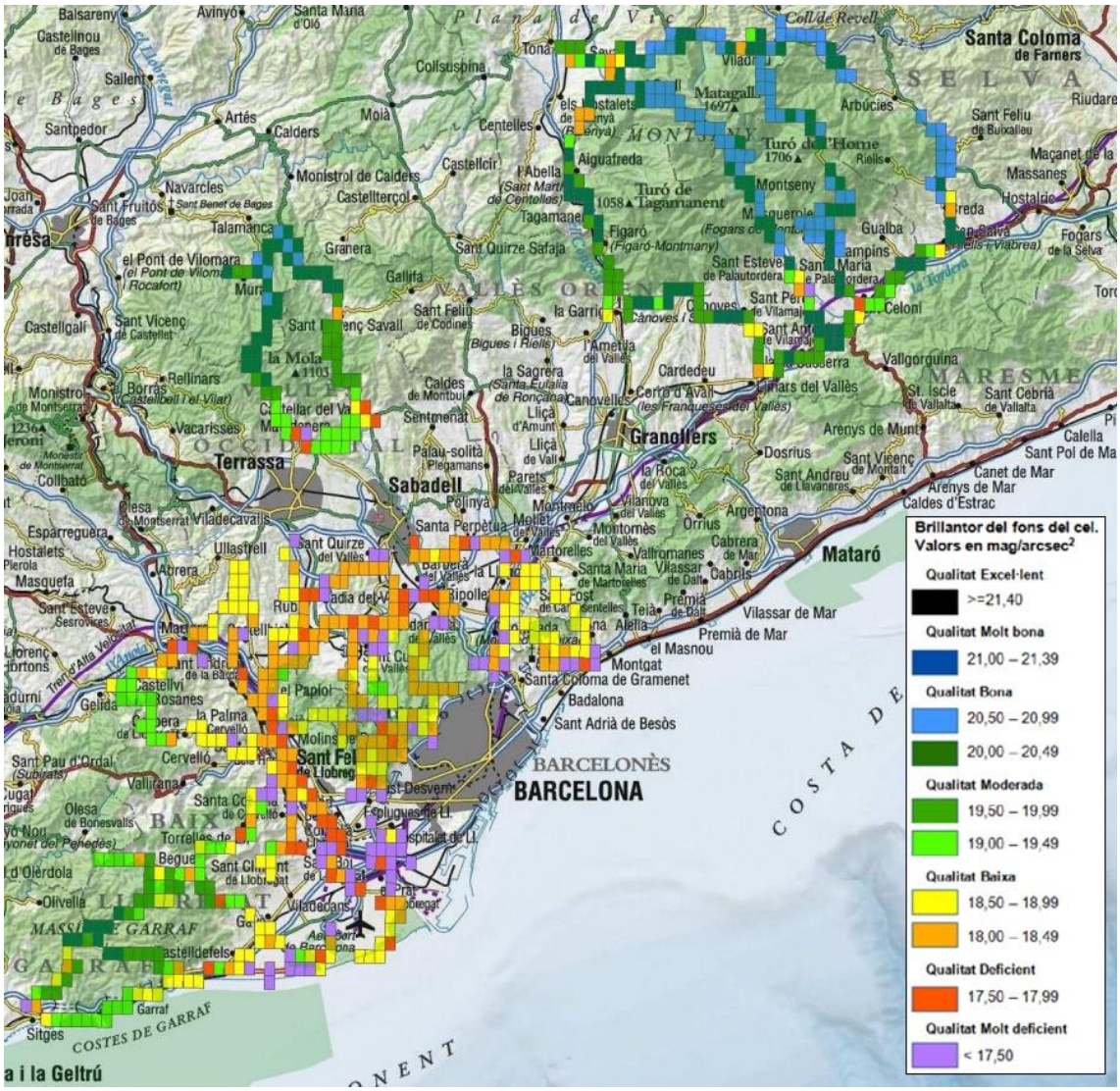
preservación de un cielo nocturno de calidad mencionada en el Artículo 8 del Decreto 190/2015, de 25 de agosto (desarrollo de la Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno) donde especifica lo siguiente:

“1. Con independencia de las zonas y de los puntos de referencia reflejados en el Mapa de la protección frente a la contaminación lumínica en Cataluña, se pueden declarar espacios con un cielo nocturno de calidad aquellas áreas que, por sus singulares características, se considera conveniente preservar la calidad de su cielo nocturno. En particular, pueden tener esta consideración:

a. Los espacios de interés natural, espacios naturales protegidos, espacios de la red Natura 2000, reservas de la biosfera u otros espacios protegidos.
b. Los entornos de observatorios astronómicos que se dediquen a estudios científicos, académicos o de posgrado, y aquellos considerados como observatorios relevantes de asociaciones de aficionados.
c. Áreas urbanas que engloban parques, zonas ajardinadas, u otros ámbitos similares.

2. Para ser declarada espacio con un cielo nocturno de calidad, el área debe cumplir los requisitos siguientes:

a. Que el valor de brillo del fondo de cielo en el cenit en horario de noche sea igual o superior a los 20 mag. arcsec-2. La medida de brillo cenital debe hacerse en noches serenas sin luna, entre las 23:00 y las 03:00 (hora central europea).
b. Que sea accesible a la ciudadanía en general.” (Comunidad Autónoma de Cataluña, 2001)



Plano 1: Mapa de calidad de cielo nocturno de Catalunya
Fuente:(Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, n.d.)

La ley de Cataluña, por ser la primera de rango autonómico aprobada en España, ha servido de referente para las normativas planteadas posteriormente por lo cual todas son muy similares en forma y contenido. Se han aprobado leyes para la protección del medio nocturno y la disminución de contaminación lumínica en otras comunidades tales como las Islas Baleares, Navarra, Castilla y León, Cantabria y Andalucía. En las Islas Baleares se desarrolló la “Ley de Protección del Medio Nocturno de las Islas Baleares” (Ley 3/2005, de 20 de abril) donde además de basarse en los objetivos de la Ley 6/2001 plantea como objetivo principal la conservación y protección de la flora y fauna “en razón a sus excepcionales valores ecológicos, geológicos y paisajísticos.” (Comunidad Autónoma de las Illes Balears, 2005). Otra de las normativas fue la denominada

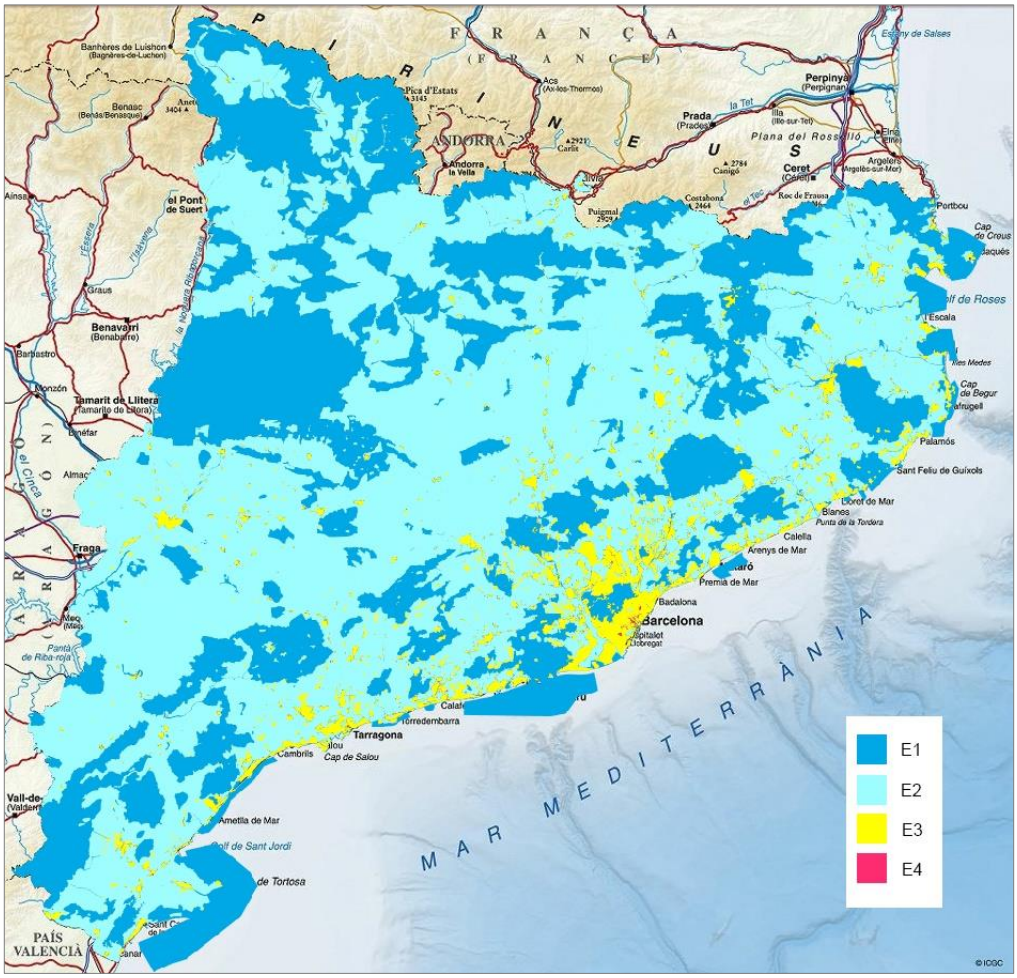
“Ley de Calidad del aire y protección de la atmósfera” (Ley 34/2007, de 15 de noviembre), una ley de rango estatal donde se fijaron objetivos y unieron criterios. Posteriormente, se aprobó el “Reglamento de Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica de Andalucía” (Decreto 357/2010, de 3 de agosto) la cual además de mantener objetivos mencionados en normativas anteriores, establece horarios de funcionamiento del alumbrado exterior con el fin de evitar el desgaste energético en horas del día donde no es necesario el uso de alumbrado artificial además de evitar al máximo la molestia de la luz intrusa en los hogares a altas horas de la noche. Asimismo, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio aprobó el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre por el que se aprueba el “Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07”, el cual aborda el problema de la eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado exterior eléctrico de manera general en todo el territorio español planteado en un reglamento específico que, a la vez, complementa a lo determinado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008).

Por lo tanto, se puede decir que todas las normativas antes mencionadas se han originado por la observación astronómica y posteriormente se han enfocado con menor interés en la protección de ecosistemas naturales y la protección a la salud de los habitantes. Cabe mencionar que a pesar de que las normativas establezcan “obligaciones de mínimos” se puede ser más proteccionista para lo cual es importante estudiar todo lo referente a la contaminación lumínica para saber cómo reducirla al mínimo en todos los proyectos no solo urbanísticos sino también arquitectónicos.

La estructura principal de cualquier normativa mencionada anteriormente sigue los siguientes parámetros:

2.5.1.1 Zonificación

Las normativas establecen una zonificación que consiste en una división del territorio en zonas en función de su protección contra la contaminación lumínica según el tipo de actividad que se desarrolle en cada una de ellas donde las zonas van desde la E1 hasta la E4.



Plano 2: Mapa de Zonificación de Protección contra la Contaminación Luminosa de Cataluña
Fuente: (Generalitat de Cataluntya, 2007)

Las zonas de máxima protección son las E1 las cuales están incluidas en el PEIN (Plan de Espacios de Interés Natural) y espacios de la red Naturaleza 2000 como playas, costas y orillas de aguas continentales que no están integradas en los núcleos de población o industriales consolidados. A continuación, las zonas E2 que son las de alta protección de la contaminación lumínica, son áreas clasificadas como suelo no urbanizable. Las zonas E3, las cuales se encuentran

en zonas de protección moderada, son las áreas clasificadas como suelo urbano o urbanizable sin embargo también pertenecen a esta clasificación las áreas de suelo no urbanizable donde los espacios son de uso intensivo durante la noche por la elevada actividad comercial o de ocio y por la alta movilidad de las personas. Finalmente, las zonas E4 que se encuentran en zonas de protección menor, son áreas de suelo urbano que tienen un uso intensivo durante la noche por su alta movilidad de personas o actividad comercial y de ocio. No se pueden clasificar como zona E4 a los espacios que están a menos de 2 km de una zona E1.

Real Decreto 1890/2008	
TIPO	**ZONIFICACION**
E1	**ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS:** Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	**ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA:** Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	**ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA:** Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	**ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA:** Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Plano 3: Zonas de Protección contra la contaminación luminosa según el Real Decreto 1890/2008
Fuente: (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008), editado por María Benalcázar

2.5.1.2 Lámparas

Una vez establecida la zonificación, la cual se debe tomar en cuenta para cualquier instalación de iluminación ya que ésta determina la cantidad de luz que se puede emitir, se escogen las lámparas que van a ser utilizadas en función del uso al que va destinada dicha instalación. Para escoger el tipo de lámpara se

debe considerar su espectro de emisión y su influencia en la contaminación lumínica. El diseño de las instalaciones de iluminación debe basarse en una optimización y aprovechamiento de energía y una prevención al máximo de la CL. Se puede observar por ejemplo en la Ley 6/2001:

Ley 6/2001, de 31 de mayo		
TIPO	**Horario vespertino**	**Horario nocturno**
E1	Tipo I	Tipo I
E2	Tipo III	Tipo II
E3 y E4	Tipo III	Tipo III

Tabla 4: Tipo de lámpara según zona de protección en la Ley 6/2001
Fuente: (Departamento de Territorio y Sostenibilidad, 2015), editado por María Benalcázar

Tipo I. Lámparas que tengan menos del 2% de radiancia por debajo de los 440 nm, dentro del rango de longitudes de onda comprendido entre 280 y 780 nm. En el caso de LED, han de tener menos del 1% por debajo de los 500 nm y longitud de onda predominante por encima de los 585 nm.

Tipo II. Lámparas que tengan menos del 5% de radiancia por debajo de los 440 nm, dentro del rango de longitudes de onda comprendido entre 280 y 780 nm. En el caso de LED, han de tener menos del 15% por debajo de los 500 nm.

Tipo III. Lámparas que tengan menos del 15% de radiancia por debajo de los 440 nm, dentro del rango de longitudes de onda comprendido entre 280 y 780 nm.

En cuanto al Decreto 357/2007:

"En zonas E1 y E2 colindantes con E1 las lámparas deben evitar en lo posible la emisión en la banda de longitudes de onda corta del espectro visible, concentrando la luz mayoritariamente en longitudes de onda superiores a 525 nm. Se instalarán lámparas o filtros que aseguren que en ningún caso se emita luz en longitudes de onda inferiores a 440 nm. Cuando el uso de la zona

iluminada no requiera un alto grado de reproducción cromática y cuando las características técnicas de la instalación lo permitan, se optará por lámparas monocromáticas o cuasi monocromáticas." (Consejo de Gobierno de Andalucía, 2010)

Para el Real Decreto 1890/2008:
"En la Zona E1 se utilizarán lámparas de vapor de sodio. Cuando no resulte posible utilizar dichas lámparas, se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm". (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008)

2.5.1.3 Luminarias

La estructura y orientación de la luz son características que se deben tomar en cuenta a la hora de escoger que tipo de luminaria se ha de utilizar. Cabe mencionar que con el objetivo claro de evitar al máximo la contaminación lumínica, hay que considerar que la luminaria escogida emita un mínimo de luz posible hacia el cielo y al entorno que no se quiera iluminar. La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del FHSi. Se pueden observar los valores límites establecidos por las diferentes normativas:

Ley 6/2001, de 31 de mayo		
TIPO	**FHSi (vespertino)**	**FHSi (nocturno)**
E1	≤1%	≤1%
E2	≤5%	≤1%
E3	≤10%	≤5%
E4	≤15%	≤10%

Tabla 5: FHSi permitido según Ley 6/2001
Fuente: (Comunidad Autónoma de Cataluña, 2001), editado por María Benalcázar

Decreto Foral 199/2007	
TIPO	**FHSi**
E1	≤1%
E2	≤5%
E3	≤15%
E4	≤20%

Tabla 6: FHSi permitido según Decreto Foral 199/2007
Fuente: (Comunidad Foral de Navarra, 2007), editado por María Benalcázar

Decreto 48/2010	
TIPO	**FHSi**
E1	≤1%
E2	≤2%
E3	≤3%
E4	≤5%

Tabla 7: FHSi permitido según Decreto 48/2010
Fuente: (Consejo de Gobierno de Cantabria, 2010), editado por María Benalcázar

Decreto 357/2010	
TIPO	**FHSi**
E1	≤1%
E2	≤5%
E3	≤15%
E4	≤15%
ALUMBRADO VIAL GENERAL	≤5%

Tabla 8: FHSi permitido según Decreto 357/2010
Fuente: (Consejo de Gobierno de Andalucía, 2010), editado por María Benalcázar

Real Decreto 1890/2008	
TIPO	**FHSi**
E1	≤1%
E2	≤5%
E3	≤15%
E4	≤25%

Tabla 9: FHSi permitido según Real Decreto 1890/2008
Fuente: (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008), editado por María Benalcázar

2.5.1.4 Valores máximos de luz intrusa

Las diferentes normativas determinan valores máximos de niveles de iluminación media en los diferentes tipos de vías. Estos valores se basan dependiendo de la zona de protección en criterios como iluminancia vertical, luminancia en fachadas, luminancia de las señales y anuncios luminosos y el incremento del umbral del contraste. Este último expresa la limitación del deslumbramiento perturbador en las diferentes vías de tráfico producido por las instalaciones de alumbrado que no son de las viales. Este incremento es el causante de la pérdida de visión por deslumbramiento. En la siguiente tabla se expresan los valores máximos permitidos de niveles de iluminación determinados en el Decreto 48/2010 de Cantabria:

Decreto 48/2010				
Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	E1	E2	E3	E4
Iluminancia vertical (Ev)	2 lux	2 lux	5 lux	10 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2,500 cd	7,500 cd	10,000 cd	25,000 cd
Luminancia media de las fachadas (Lm)	2 cd/m²	4 cd/m²	6 cd/m²	12 cd/m²
Luminancia máxima de las fachadas (Lmax)	10 cd/m²	10 cd/m²	60 cd/m²	150 cd/m²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos (Lmáx)	40 cd/m²	300 cd/m²	600 cd/m²	1,000 cd/m²
Incremento de umbral de contraste	TI = 10% para adaptación a L=0,1cd/m²	TI = 10% para adaptación a L=1 cd/m²	TI = 15% para adaptación a L=2cd/m²	TI = 15% para adaptación a L=5cd/m²

Tabla 10: Limitaciones de luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior según Decreto 48/2010
Fuente: (Consejo de Gobierno de Cantabria, 2010), editado por María Benalcázar

La iluminación que recibe la fachada de un edificio por parte del alumbrado exterior, se la debe medir por encima de los 4.5 metros.

A continuación, otro ejemplo de limitaciones de niveles de iluminación por alumbrado exterior según el Real Decreto 1890/2008 donde se puede observar que los valores son menos restrictivos si se compara con los valores máximos que se establecen en el Decreto 48/2010.

Real Decreto 1890/2008				
Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas peiurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical (Ev)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2,500 cd	7,500 cd	10,000 cd	25,000 cd
Luminancia media de las fachadas (Lm)	5 cd/m²	5 cd/m²	10 cd/m²	25 cd/m²
Luminancia máxima de las fachadas (Lmax)	10 cd/m²	10 cd/m²	60 cd/m²	150 cd/m²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos (Lmáx)	50 cd/m²	400 cd/m²	800 cd/m²	1,000 cd/m²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME3 / ME4	ME1 / ME2
	TI = 15% para adaptación a L=0,1cd/m²	TI = 15% para adaptación a L=1 cd/m²	TI = 15% para adaptación a L=2cd/m²	TI = 15% para adaptación a L=5cd/m²

Tabla 11: Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior según Real Decreto 1890/2008
Fuente: (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008), editado por María Benalcázar

Además de ajustarse a estos valores según el Real Decreto 1890/2008, para reducir las emisiones hacia el cielo tanto directas, como las reflejadas por las superficies iluminadas, la instalación de las luminarias deberá cumplir los siguientes requisitos:

"a) Se iluminará solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.

b) Los niveles de iluminación no deberán superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.

En lo que respecta a espacios peatonales de conexión, calles peatonales, aceras a lo largo de la calzada, paradas de autobús con zonas de espera, áreas

comerciales peatonales, zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones, la elección de la clase de luminaria, específicamente su nivel de iluminación, se basa en el reconocimiento facial y riesgo de criminalidad, flujo de tráfico de peatones y niveles de luminosidad ambiental. El reconocimiento facial se obtiene en la totalidad de los casos cuando la iluminancia horizontal es de 25 lux.

c) El factor de utilización y el factor de mantenimiento de la instalación satisfarán los valores mínimos establecidos en la ITC-EA-04."(Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008)

2.5.1.5 Régimen de funcionamiento

La mayoría de las normativas mencionadas anteriormente, establecen un horario de funcionamiento para determinar el tipo de iluminación permitida durante las horas de la tarde y en las horas de completa oscuridad de la noche. Por ejemplo, según el Decreto 357/2010 el horario de la franja nocturna es el siguiente:

Franja horaria nocturna		
Estación	**desde**	**hasta**
Invierno	0:00 h	6:00 h
Verano	1:00 h	6:00 h

Tabla 12: Franja horaria nocturna según Decreto 357/2010
Fuente: Elaboración propia

Además del establecimiento de una franja horaria nocturna, el Decreto 357/2010 determina que todas las instalaciones de alumbrado exterior, tanto las nuevas como las existentes, deben estar dotadas con sistemas automáticos de regulación o encendido y apagado que les sean necesarios para el cumplimiento de lo establecido en este Reglamento. Plantea adicionalmente que en zonas E1 y E2, el alumbrado exterior que no sea necesario por motivos de seguridad se mantendrá apagado durante la franja horaria nocturna y que las instalaciones de alumbrado exterior estén situadas en las zonas E3 y E4 deben reducir, en la medida de lo posible, el flujo luminoso durante el horario nocturno con respecto a los límites establecidos.

Otro ejemplo es el del Decreto 48/2010 que establece la siguiente franja horaria nocturna:

Franja horaria nocturna		
Estación	**desde**	**hasta**
Invierno	22:30 h	6:00 h
Verano	23:30 h	6:00 h

Tabla 13: Franja horaria nocturna según Decreto 48/2010
Fuente: Elaboración propia

Además, determina que durante este horario sólo permanecerán encendidas las instalaciones de alumbrado exterior cuyo objetivo sea la iluminación por razones de seguridad o la iluminación de viales, calles, caminos e intersecciones. También plantea que las instalaciones de alumbrado viario de potencia superior a 5 kW deberán de disponer un sistema de reducción de flujo de manera que en horario nocturno el nivel de iluminación sea inferior al menos en un 40% al establecido. (Consejo de Gobierno de Cantabria, 2010)

A continuación, se puede observar una tabla resumen de los límites permitidos de FHS por las diferentes normativas tanto nacionales como internacionales. Estos datos se tomarán en cuenta para el estudio que se realizará posteriormente en esta tesina.

Zona	Normativa	Propuesta	
C.I.E.	---	Protección	FHSi
		E1	0%
		E2	≤5%
		E3	≤15%
		E4	≤25%
Chile	Norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica	luminancia	FHSi
		≤15000 lúmenes	0,8%
		≥15000 lúmenes	1,8%
		≤9000 lúmenes	5%
Italia	Lombardia	Flujo total emitido hacia arriba: ≤ 2,250 lúmenes	

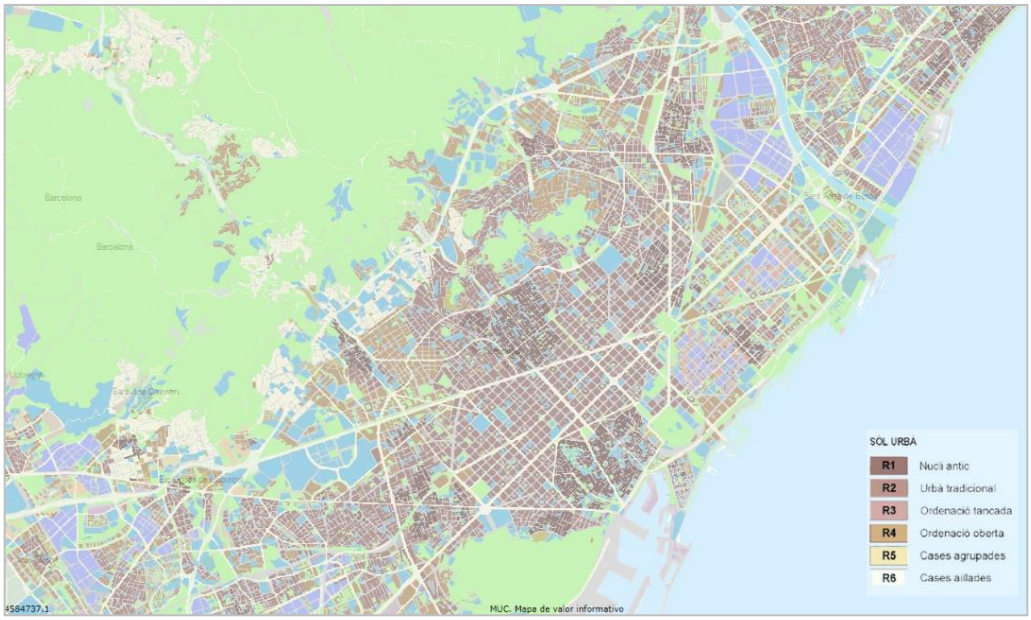
Tabla 14:Tabla resumen de la normativa internacional
Fuente: Elaboración propia

Zona	Normativa	Propuesta		
Canarias	Ley del Cielo: Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias **Ley 31/1988, de 31 de octubre**	Tipo de luminaria		FHSi
		Luminarias certificadas con lámparas de descarga		≤0.05%
		Luminarias certificadas con LED		NULO
Cataluña	Ley catalana de contaminación lumínica: Ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno **Ley 6/2001, de 31 de mayo**	Protección	FHSi (vespertino)	FHSi (nocturno)
		E1	≤1%	≤1%
		E2	≤5%	≤1%
		E3	≤10%	≤5%
		E4	≤15%	≤10%
Islas Baleares	Protección del Medio Nocturno de las Islas Baleares **Ley 3/2005**	FHSi= ≤25%		
Navarra	Ordenación del Alumbrado para la Protección del Medio Nocturno de Navarra **Decreto Foral 199/2007**	Protección	FHSi	
		E1	≤1%	
		E2	≤5%	
		E3	≤15%	
		E4	≤20%	
Cantabria	Reglamento de Contaminación Lumínica de Cantabria **Decreto 48/2010**	Protección	FHSi	
		E1	≤1%	
		E2	≤2%	
		E3	≤3%	
		E4	≤5%	
Andalucía	Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica de Andalucía **Decreto 357/2010**	Protección	FHSi	
		E1	≤1%	
		E2	≤5%	
		E3	≤15%	
		E4	≤15%	
		Alumbrado Vial General	≤5%	
Todo el territorio español (normativa vigente)	Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 **Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre**	Protección	FHSi	
		E1	≤1%	
		E2	≤5%	
		E3	≤15%	
		E4	≤25%	

Tabla 15: Tabla resumen de la normativa en España
Fuente: Elaboración propia

2.6 Mapa urbanístico de Cataluña

En cumplimiento de las determinaciones del Decreto Legislativo 1/2010 y de la Ley 3/2012 donde se establece que hay que garantizar el acceso telemático al contenido íntegro de los instrumentos de planeamiento urbanísticos vigentes (Generalitat de Catalunya, 2016), el Departamento de Territorio y Sostenibilidad desarrolló el Registro de planeamiento urbanístico de Cataluña, el cual se encuentra en funcionamiento desde el 29 de junio del 2007 en la web. El Mapa urbanístico de Cataluña (MUC) complementa esta información de expedientes individuales con una representación gráfica que permite la lectura de la ordenación urbanística del país evidenciando los planes urbanísticos vigentes en la actualidad. Para su elaboración se determinó un modelo de codificación único que permite la homogenización de todos los documentos con un lenguaje común y una orientación al estudio y análisis territorial.



Plano 4: Mapa Urbanístico de Cataluña
Fuente: (Generalitat de Catalunya, 2015)editado por María Benalcázar

El conjunto de información geográfica que la Administración de la Generalidad de Cataluña y la Administración local de Cataluña producen y utilizan consiste en planes directores urbanísticos, normas de planeamiento urbanístico, planes de ordenación urbanística municipal, programas de actuación urbanística municipal, planes parciales urbanísticos, planes parciales urbanísticos de delimitación, planes de mejora urbana y planes especiales urbanísticos. Entre

estos conjuntos de información geográfica se encuentra la categoría de Tipos de Ocupación de Suelo cuya clasificación en la categoría Residencial es:

R1	Casco Antiguo	Tramas urbanas y ordenaciones antiguas correspondientes a los núcleos fundacionales y centros históricos de las poblaciones, de las que conviene mantener la estructura urbana de edificación.
R2	Urbano Tradicional	Tejidos antiguos correspondientes a los crecimientos históricos, de estructura anterior a 1950, tanto compactas como abiertas, normalmente situados en el entorno del núcleo fundacional, a lo largo de una carretera o polo de actividad.
R3	Isla Cerrada	Eixample moderno con ordenaciones en manzana cerrada, siguiendo un modelo geométrico de ocupación del suelo en malla o cuadrícula y normalmente con edificación en alineación.
R4	Isla Abierta	Forma moderna de crecimiento configurada a partir de edificación aislada de carácter plurifamiliar o de ordenaciones por definición volumétrica donde la edificación plurifamiliar y el espacio libre definen una unidad formal y compositiva. Corresponde a las ordenaciones abiertas de bloques y / o torres, con espacios libres generalmente comunitarios que hacen de transición entre edificaciones y calle.
R5	Casas Agrupadas	Conjunto de viviendas unifamiliares dispuestos uno al lado del otro y alineados en el vial o retirados del frente del vial que en construcción individual o en conjuntos de una misma promoción, configuran unos frentes unitarios característicos del crecimiento en hilera.
R6	Casas Aisladas	Ordenaciones extensivas de baja densidad de viviendas aisladas o adosadas destinados a uso residencial unifamiliar en forma de ciudad jardín

Tabla 16: Clasificación de tipos de ocupación de suelo de la categoría tipo Residencial
Fuente: Elaboración propia a partir de (Generalitat de Catalunya, 2016)

En la siguiente tabla se observa un análisis de la trama urbana en cada zona residencial. En cuanto a la zona R1 que pertenece al “Casco antiguo” presenta una zona urbana muy compacta y una trama muy irregular debido a que es una zona que no fue planificada y a partir de ésta se desarrolló el crecimiento del resto de la ciudad. La zona R2 denominada “Urbano tradicional” presenta una zona urbana compacta, menos que la R1 y una trama urbana irregular a pesar de que en algunas áreas se ha intentado mantener un plano en cuadrícula. La zona R3 determinada como “Isla cerrada” es una trama muy ordenada que presenta una zona urbana abierta sobre un plano ortogonal. La zona R4 denominada “Isla abierta” presenta una zona urbana menos densa que la zona

R2 y una trama con ciertas irregularidades, pero en su mayor parte cierta regularidad ortogonal. La zona R5 establecida como “Casas agrupadas” presenta una zona urbana parcialmente dispersa y una trama abierta. Finalmente, la zona R6 denominada “Casas aisladas” presenta una zona urbana muy dispersa con una trama irregular de baja densidad.

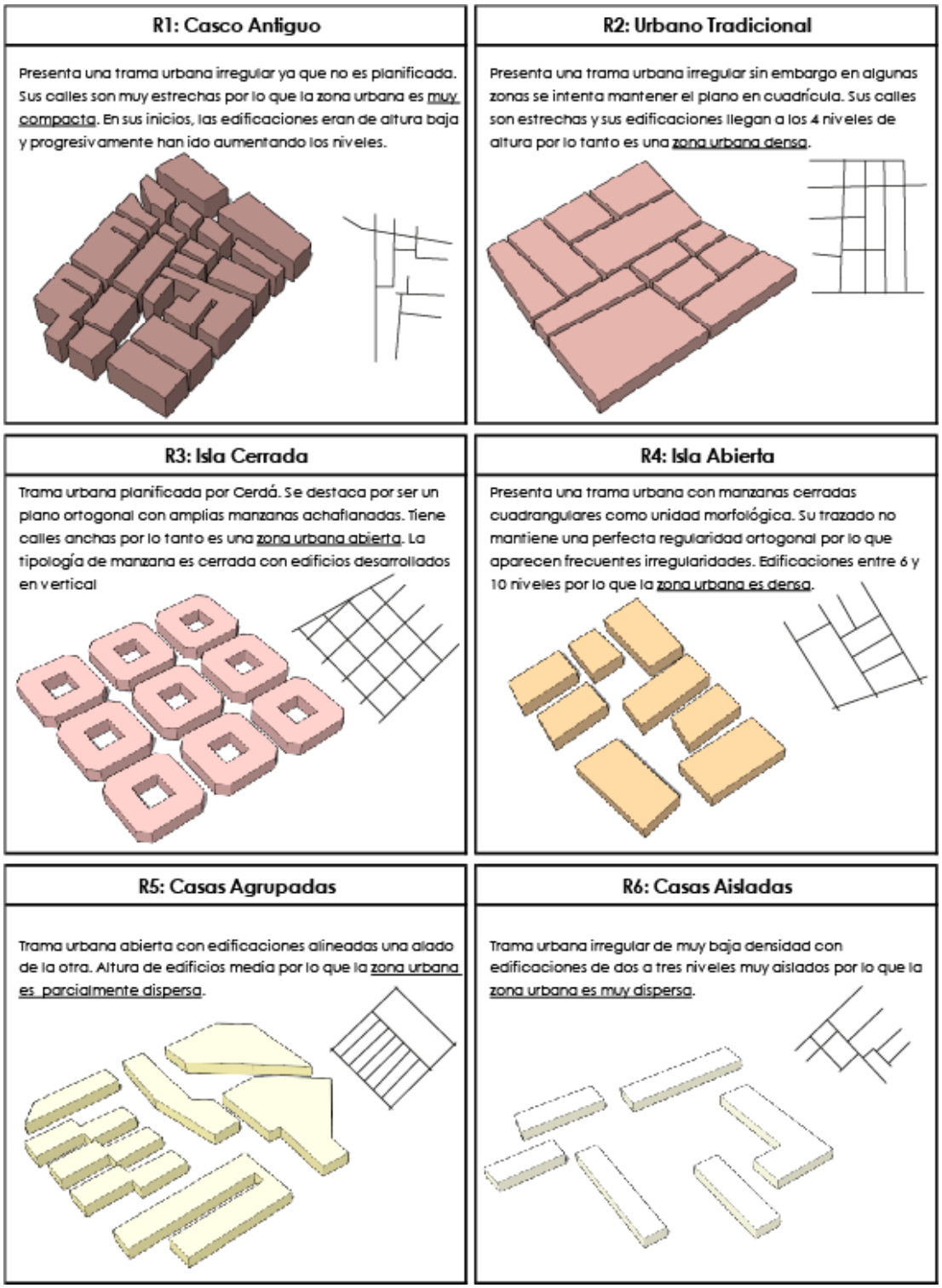


Tabla 17: Análisis trama urbana según zonificación
Fuente: Elaboración propia

La metodología aplicada se resume en el esquema siguiente:

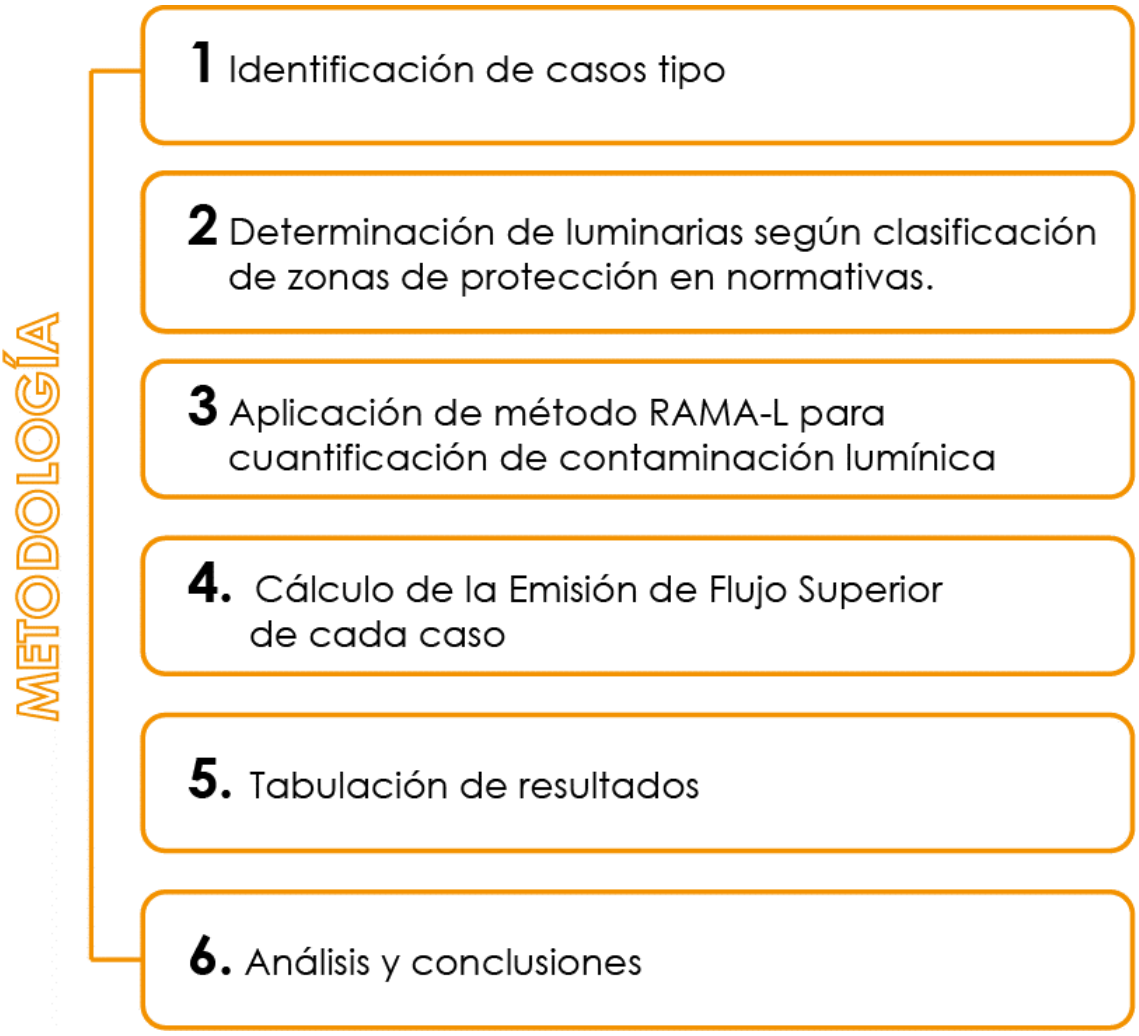


Ilustración 20: Metodología
Fuente: Elaboración Propia

Es importante mencionar que todas las simulaciones de emisiones lumínicas se han realizado mediante el programa Dialux 4.13 y para estudios de factor de vista de cielo se ha utilizado el programa Heliodón 2 de Benoit Beckers y Luc Masset.

Con el objetivo de estudiar la influencia del parámetro FHS en diferentes tipologías de cañones urbanos, se ha determinado como sistema de cuantificación el método RAMA-L (descrito previamente), sin tomar en cuenta el apartado del GRE ya que está fuera del alcance de este trabajo. El esquema de trabajo es el siguiente:

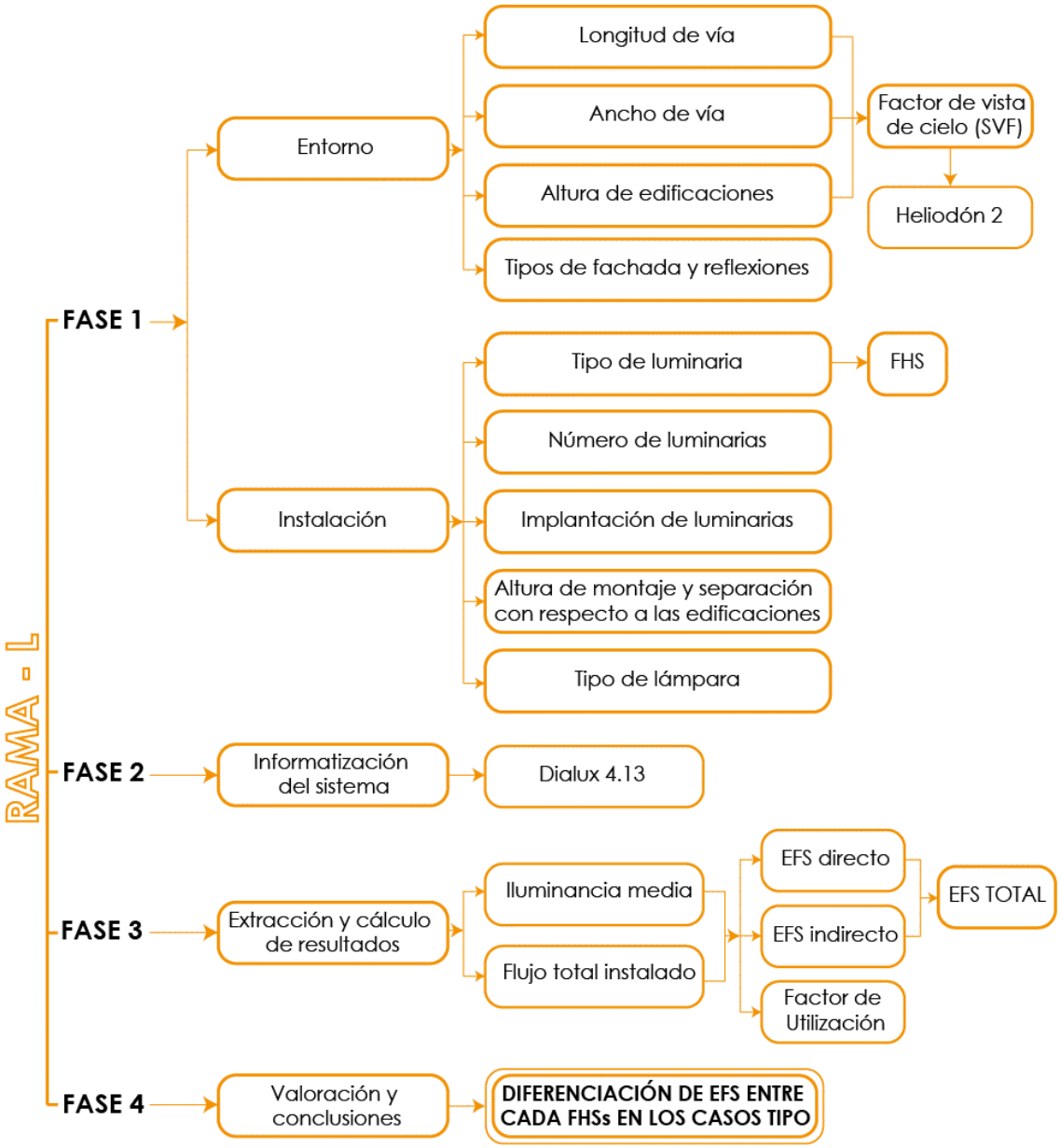


Ilustración 21: Esquema de método RAMA-L
Fuente: Elaboración propia

3.1 Objeto de estudio

Una vez estudiada la normativa que define las diferentes zonas de protección contra la contaminación lumínica, tipos de lamparas, luminarias, límites de niveles de iluminación y de FHSi y tipos de ocupación de suelo, se selecciona la tipología R2, R3 y R4 del Mapa Urbanístico de Cataluña para ser estudiadas. Se toma la Nova Esquerra del Eixample como zona de estudio de la tipología R3 y R4 y parte del barrio de Gracia para la tipología R2 tomando en cuenta que ambos barrios tienen una zona de protección contra la contaminación lumínica de tipo E3 y parte del Ensanche cuenta con zonas de tipo E4.

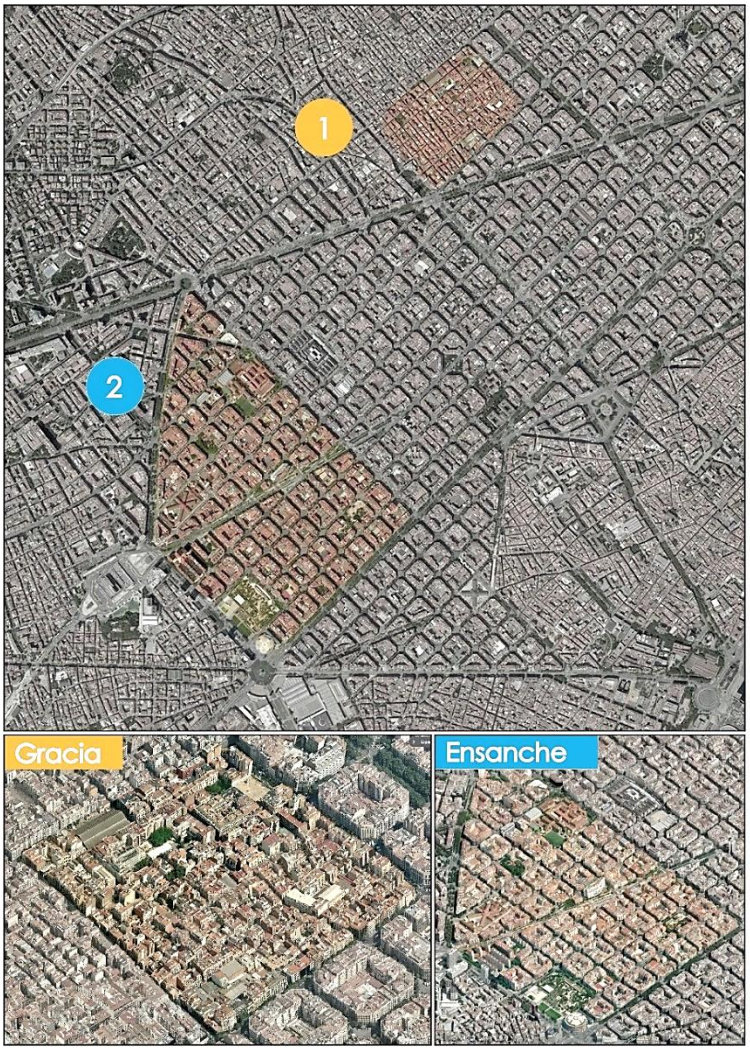


Ilustración 22: Ubicación objeto de estudio
Fuente: Bing Maps 2017 editado por María Benalcázar

Con el objetivo de tener resultados generales se escogieron estas dos zonas de estudio para analizar cómo luminarias con distinto FHSi se comportan en zonas urbanas compactas o abiertas. El proceso de análisis inicia con las mediciones

de ancho de vías y altura de edificaciones promediando una altura en el caso que existan variedad de niveles.

3.1.1 Barrio Gracia

El barrio de Gracia se caracteriza por tener calles estrechas que van desde los 3 a los 10 metros de ancho dentro de una trama que intenta ser ortogonal, sin embargo, presenta varias irregularidades. Si bien Gracia tiene como límites urbanos las vías de Travesera de Dalt al Norte, las calles Escorial y Bailén al Este, la calle Córsega y la Diagonal al Sur y Vía Augusta y Av. Princep d´Astúries al Oeste; para su estudio se delimita una zona comprendida entre las calles de Travessera de Gracia al Norte, Carrer de Córsega al Sur, Carrer de Bailén al Este y Carrer del Torrent de l`Olla al Oeste.

Plano 5: Ubicación zona de estudio Gracia
Fuente: Elaboración propia

En el estudio de alturas de edificios podemos observar que las manzanas en Gracia son de pequeñas dimensiones, con edificaciones que van de 1 a 12 pisos predominando la altura de entre 1 a 3 pisos y de 4 a 6 pisos.

Plano 6: Altura de edificaciones en Gracia
Fuente: Elaboración propia

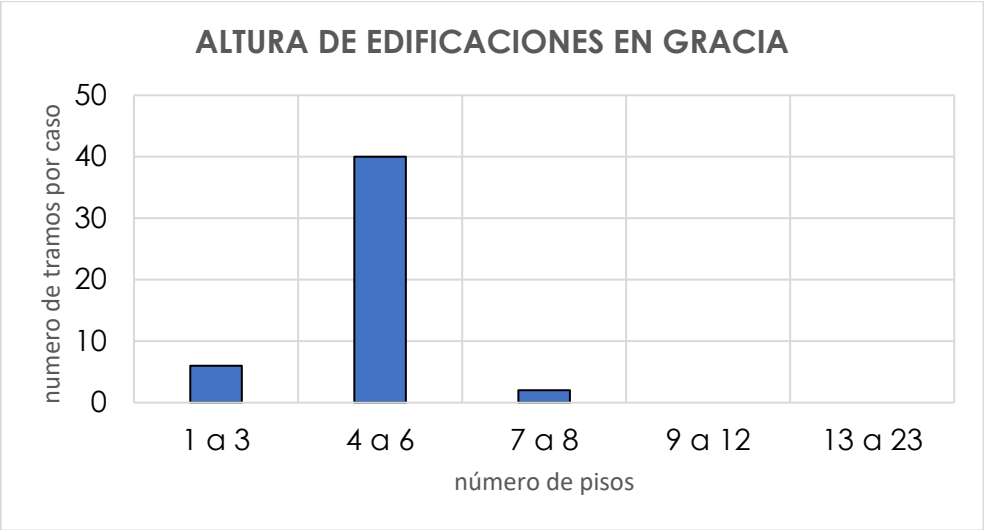


Gráfico 2: Altura de edificios en Gracia
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al estudio de ancho de vías, se identifican vías de 1 a 10 m donde predominan vías de 4 a 6 metros.

Plano 7: Tipos de vías en Gracia
Fuente: Elaboración propia

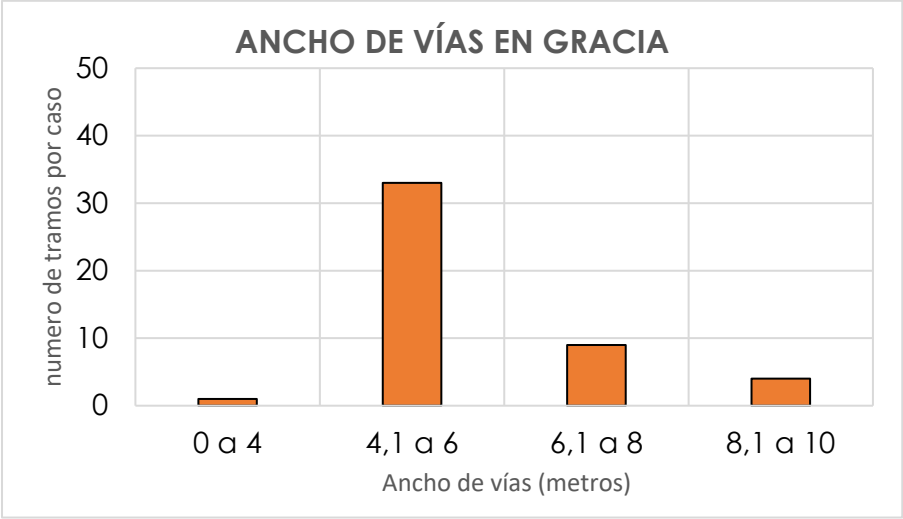


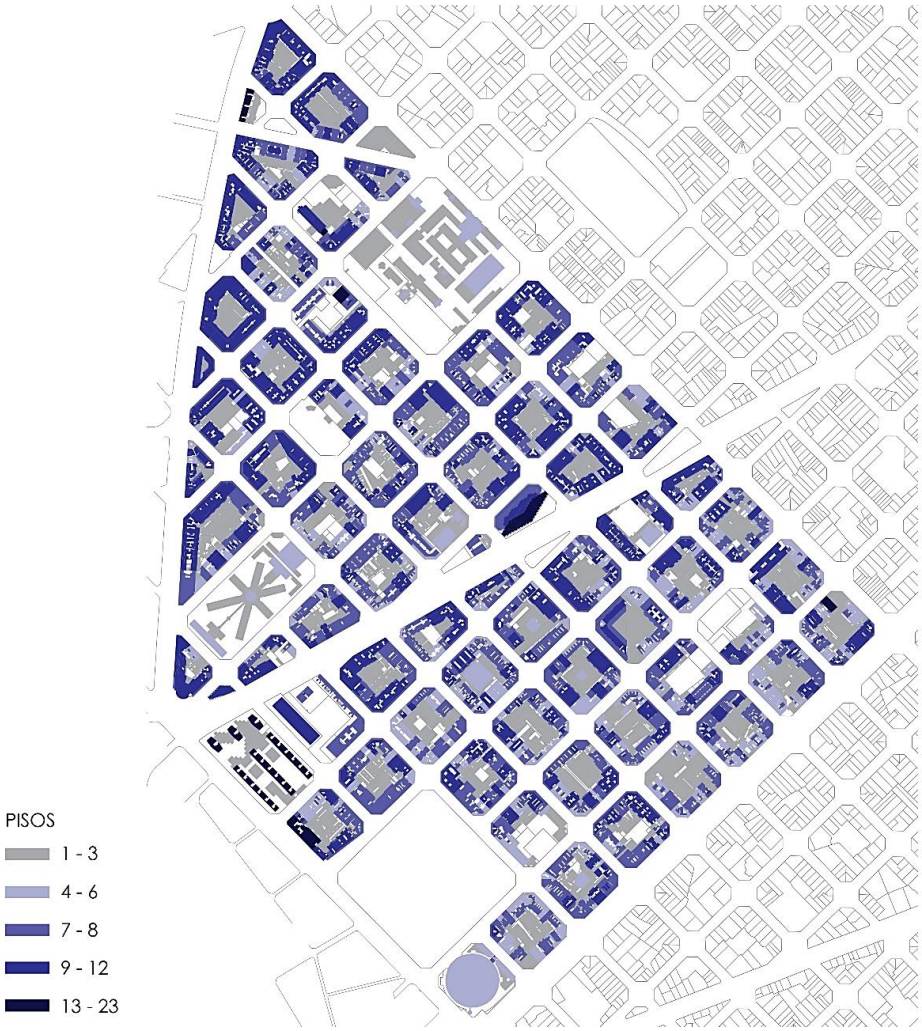
Gráfico 3: Ancho de Vías en Gracia
Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Barrio El Ensanche

Se toma a la Nova Esquerra del Ensanche que se presenta con una malla urbana regular ortogonal con manzanas octogonales de 200 metros de lado. Está zona está delimitada al Sur por la Gran vía de Les Corts Catalanes, al Norte la Av. de Sarriá, al Este Carrer del Comte de Urgell y al Oeste Av. de José Tarradellas. A esta zona se la anexó parte de la antigua Esquerra del Ensanche comprendida por las calles de Comte de Urgell, Av. de Sarriá, Av. José de Tarradellas y la Plaza de Francés Maciá.

Plano 8: Ubicación zona de estudio Ensanche
Fuente: Elaboración propia

Este sector tiene edificaciones que van desde 1 a 13 pisos sin embargo predominan los edificios de 7 a 8 pisos.



Plano 9: Altura de edificios en el Ensanche
Fuente: Elaboración propia

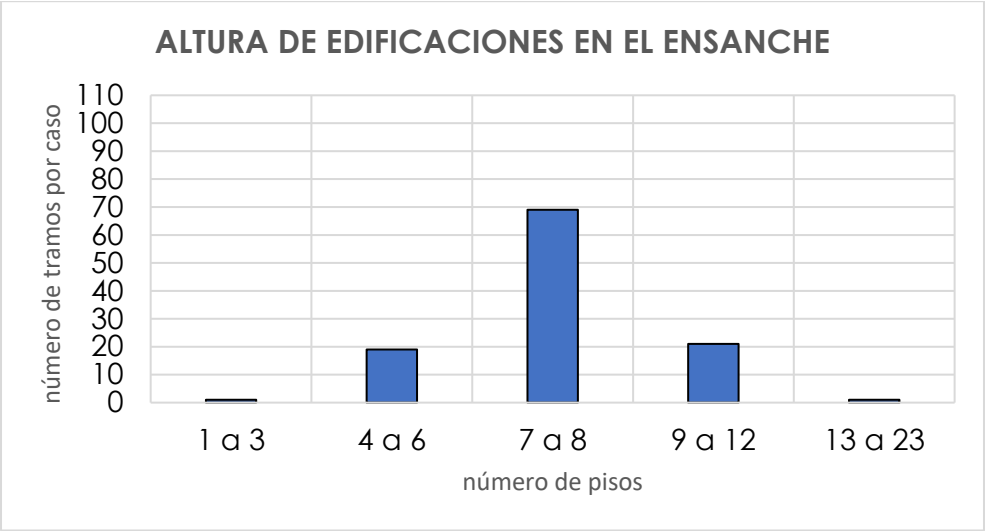
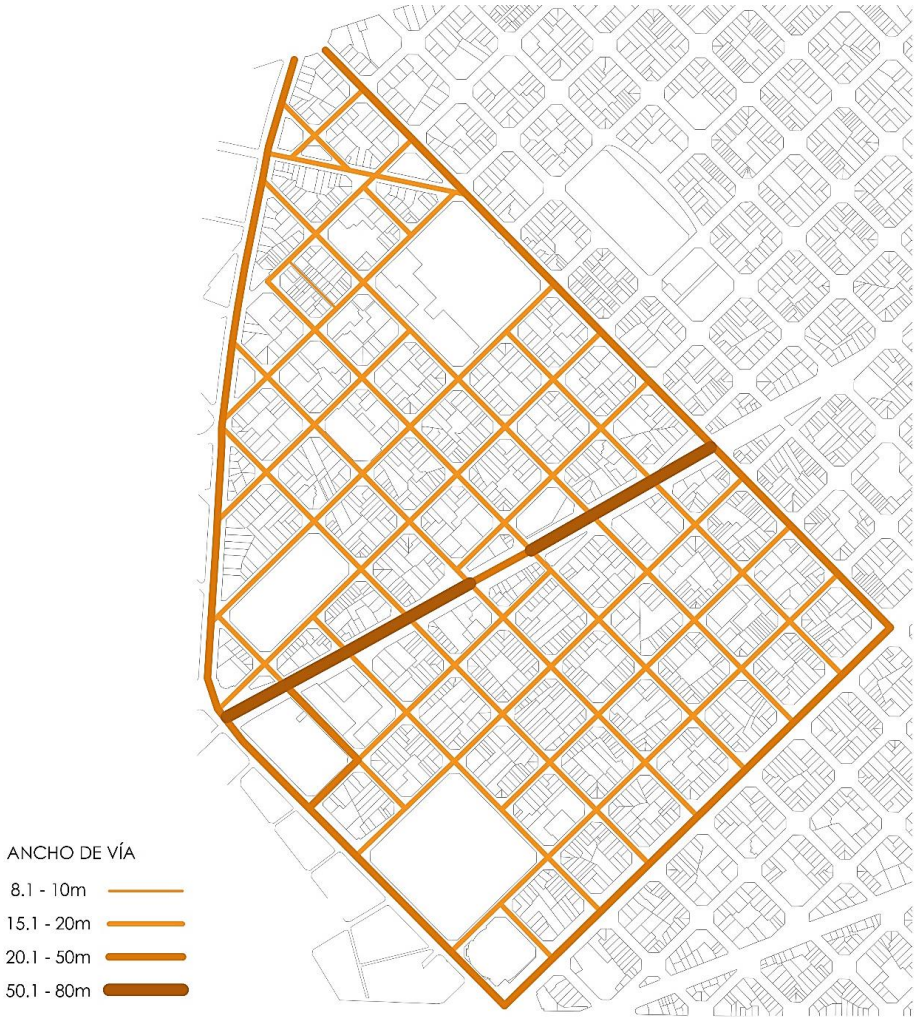


Gráfico 4: Altura de edificaciones en el Ensanche
Fuente: Elaboración propia

Sus calles en su mayoría son de 20 metros de ancho. Aunque también se presentan vías que van desde los 50 hasta los 80 metros.



Plano 10: Tipos de vías en el Ensanche
Fuente: elaboración propia

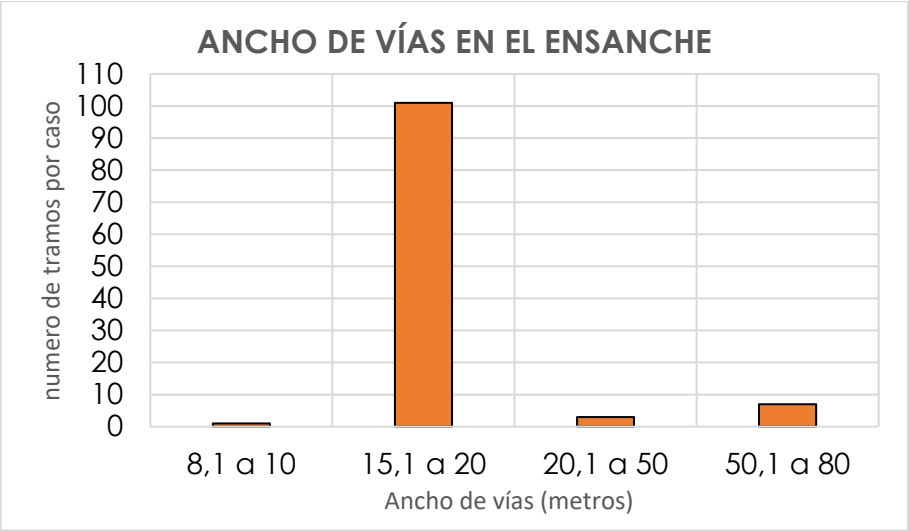


Gráfico 5: Ancho de vías en El Ensanche
Fuente: Elaboración propia

3.2 Definición de casos tipo

Una vez analizados los dos barrios se calcula el cociente de cañón urbano (H/W). Para ello, se registran datos de anchos de vías y altura de edificios reales obtenidos de planos catastrales de Barcelona (CartoBCN, 2017). A continuación, se toman los valores de ancho de vías los cuales se clasifican en las siguientes categorías: menores a 10 metros, de 15 a 20 metros, de 20 a 50 metros y de 50 a 80 metros. No se encontraron casos entre 10 y 15 metros en ninguno de los dos barrios. Asimismo, para las fachadas se calcula a través de una media ponderada el promedio de la altura de edificios de cada una de las fachadas del cañón. Estas alturas se agrupan en las siguientes categorías: de 1 a 3 pisos, de 4 a 6 pisos, de 7 a 8 pisos, de 9 a 12 pisos y de 13 a 23 pisos tomando a la altura mayor como la altura total de cada fachada. En la siguiente tabla se pueden observar los casos tipo registrados.

R3 ENSANCHE

CASO TIPO	ANCHO DE VÍA (m)	N° PISOS FACHADA 1	ALTURA 1 (m)	N°PISOS FACHADA 2	ALTURA 2 (m)	ANCHO MEDIO DE CALLE (m)	ALTURA TOTAL (m)	H/W
1	<10	4 a 6	19	4 a 6	19	8	19	2,4
2	15 a 20	1 a 3	10	1 a 3	10	20	10	0,5
3		PARQUE	0	7 a 8	25	20	12,5	0,6
4		1 a 3	10	4 a 6	19	20	14,5	0,7
5		4 a 6	19	4 a 6	19	20	19	1,0
6		4 a 6	19	7 a 8	25	20	22	1,1
7		7 a 8	25	7 a 8	25	20	25	1,3
8		4 a 6	19	9 a 12	37	20	28	1,4
9		7 a 8	25	9 a 12	37	20	31	1,6
10		9 a 12	37	9 a 12	37	20	37	1,9
11	20 a 50	1 a 3	10	9 a 12	37	50	23,5	0,5
12	50 a 80	7 a 8	25	9 a 12	37	53	31	0,6
13		9 a 12	37	9 a 12	37	64	37	0,6

R4 ENSANCHE

CASO TIPO	ANCHO DE VÍA (m)	N° PISOS FACHADA 1	ALTURA 1 (m)	N°PISOS FACHADA 2	ALTURA 2 (m)	ANCHO MEDIO DE CALLE (m)	ALTURA TOTAL (m)	H/W
14	20 a 50	13 a 23	70	9 a 12	37	35	53,5	1,5
15		9 a 12	37	7 a 8	25	28	31	1,1
16	50 a 80	7 a 8	25	4 a 6	19	55	22	0,4
17		7 a 8	25	9 a 12	37	54	31	0,6

R2 GRACIA

CASO TIPO	ANCHO DE VÍA (m)	N° PISOS FACHADA 1	ALTURA 1 (m)	N°PISOS FACHADA 2	ALTURA 2 (m)	ANCHO MEDIO DE CALLE (m)	ALTURA TOTAL (m)	H/W
18	<4	1 a 3	10	1 a 3	10	3,0	10	3,3
19	4 a 6	1 a 3	10	4 a 6	19	5,7	14,5	2,5
20		1 a 3	10	9 a 12	37	5,8	23,5	4,1
21	6 a 8	4 a 6	19	4 a 6	19	6,8	19	2,8

Tabla 18: Casos tipo
Fuente: Elaboración propia

En los siguientes planos se ubican los diferentes casos tipo determinados en cada barrio.

Plano 11: Casos tipo Ensanche
Fuente: Elaboración propia

Plano 12: Casos tipo Gracia
Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados y ubicados los casos tipo se procede a modelar cada cañón en el programa Heliodón2 (Becker & Masset, 2009) con el fin de obtener el Factor de Vista de Cielo (SFV) tomado desde un punto ubicado en el centro de la vía, al ras de suelo, para tener una referencia visual de qué tan abierto es el cañón urbano.

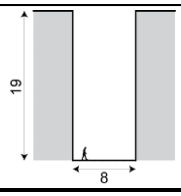
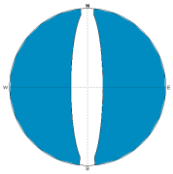
OCUPACIÓN TIPO R3			
CASO TIPO 1		**H/W= 2,4**	**SVF= 24%**
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Passatge d'En Sagristà		
ZONIFICACION	E3		

Tabla 19: Ficha de caso tipo 1.
Fuente: Elaboración Propia. Imagen de SVF obtenida de Heliodón 2

3.3 Proceso de simulación

Tomando en cuenta que según el Real Decreto 1890/2008, el cual influye de manera directa sobre la normativa vigente en España, el porcentaje de FHSi para las zonas de protección E1, E2, E3 y E4 deben ser menores a 5%, 10%, 15% y 25% respectivamente; se eligen 4 tipos de luminarias con %FHSi que corresponden a los valores de protección mencionados anteriormente como se indica en la siguiente tabla:

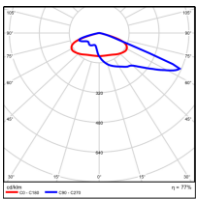
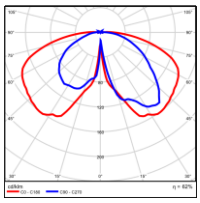
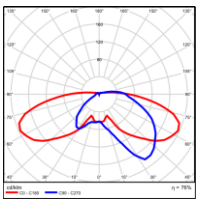
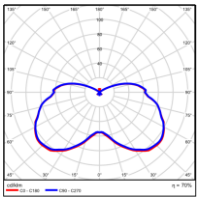
LUMINARIA	TIPO	% FHSi	Rendimiento	IMAGEN	FOTOMETRÍA
1	Casco plano	0%	77%		
2	Ornamental	2,5%	62%		
3	Tipo jardin sin protección	10%	76%		
4	Tipo jardín con lamas	18%	60%		

Tabla 20: Tipos de luminarias
Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las 4 luminarias, se utiliza el programa Dialux 4.13(DIAL, 2017) para la simulación de un local interior donde las paredes laterales representan las fachadas del cañón urbano, el cielo representado por el plano superior y las paredes restantes simulan las calles transversales.

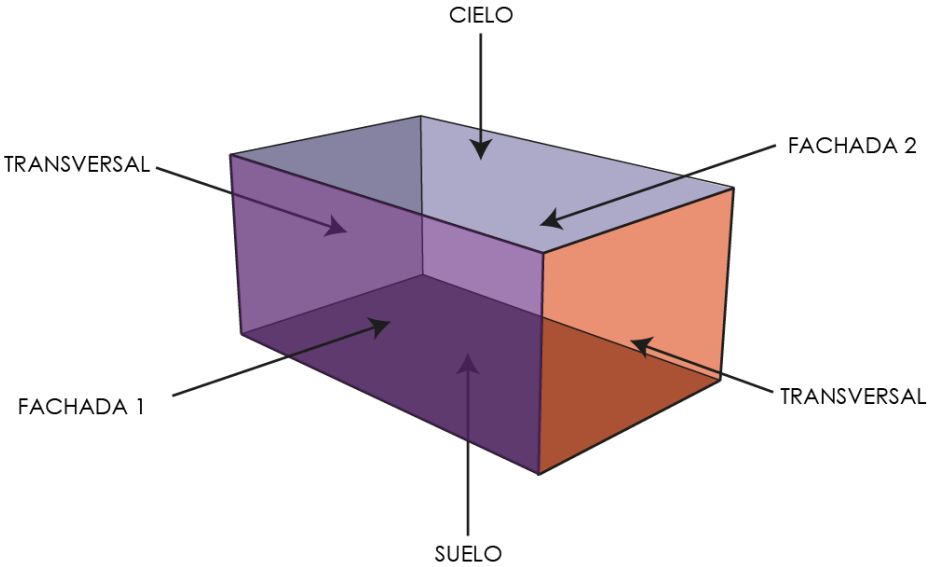


Ilustración 23: Representación de superficies de un cañón urbano
Fuente: Elaboración propia

Para determinar el valor de reflexión de cada superficie se toma en cuenta el material de revestimiento. En el caso de las fachadas, que en su mayoría es de ladrillo, utilizando el programa Dialux EVO al introducir una imagen del material, se establece un porcentaje de reflexión del 30% como se observa en la siguiente imagen:

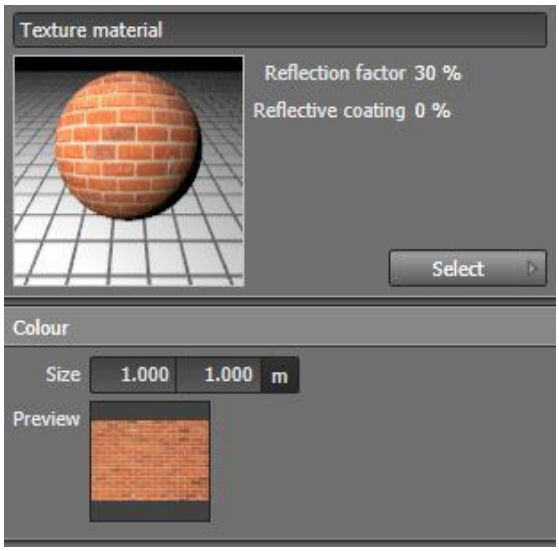


Ilustración 24: Reflexión paredes laterales
Fuente: Elaboración propia a partir de Dialux

Para la superficie de cielo se establece una reflexión de 0%, para la superficie de suelo 15% y para las superficies de vías transversales un 90% que es el valor máximo que permite el programa.

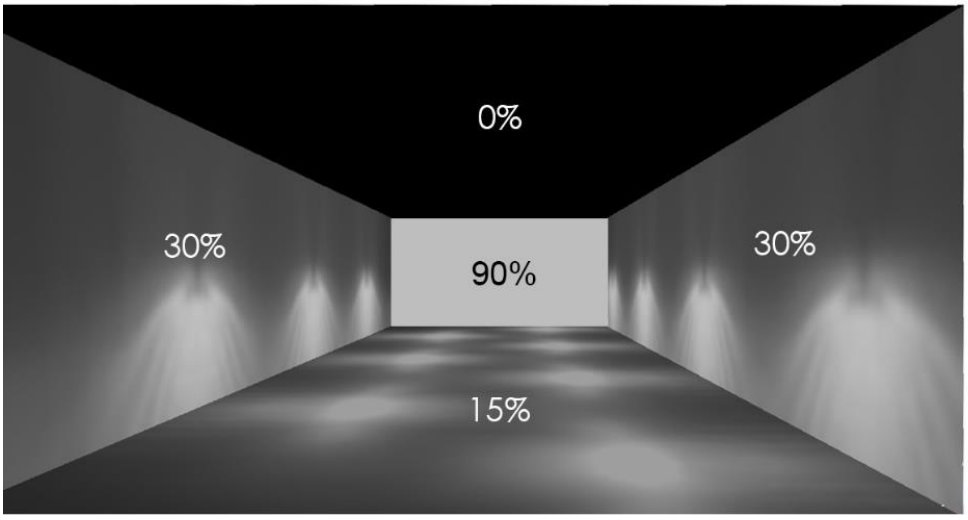
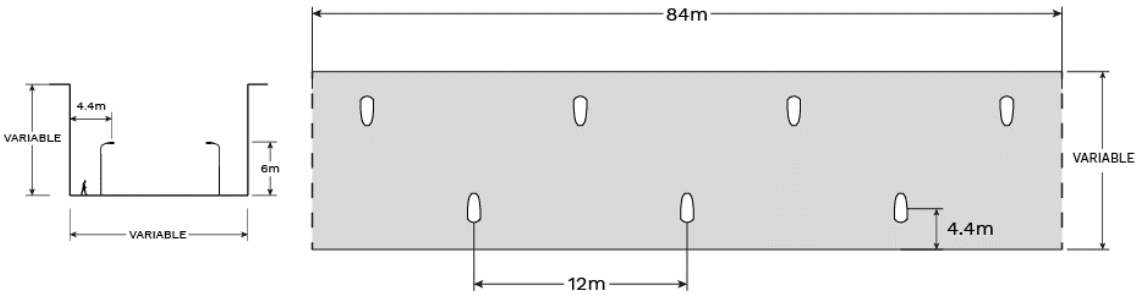


Ilustración 25: Reflexiones cañón urbano
Fuente: Elaboración propia a partir de Dialux

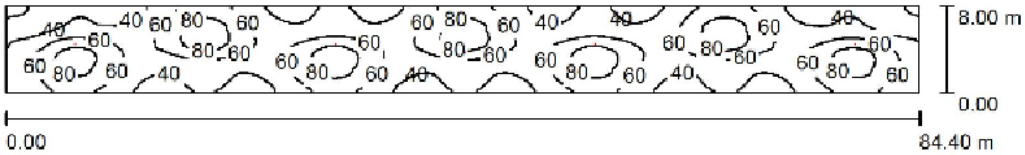
Una vez modelado el cañón urbano con la altura de fachadas, ancho de vía y reflexión de superficies, se colocan 7 luminarias a lo largo de una vía de 84m en una distribución tipo tresbolillo. Además, se establece una altura de montaje de la luminaria de 6m, una separación entre luminarias de 12m y una distancia entre fachada y luminaria de 4.4m. Estos parámetros son constantes en todos los casos, incluyendo la distribución de luminarias tipo tresbolillo.



Plano 13: Distribución de luminarias
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se inicia el cálculo que arroja varios resultados. Para objetivo de este estudio solo se toman en cuenta los valores de flujo total instalado de las luminarias, iluminancia media en suelo y en cielo para el cálculo posterior.

Local 1 / Resumen



Altura del local: 19.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:604

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	56	17	94	0.297
Suelo	15	51	19	76	0.378
Techo	0	3.24	2.58	3.52	0.796
Paredes (4)	35	17	1.41	274	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	7	PHILIPS BGP353 T15 1xECO139-3S/830 A (Tipo 1)* (1.000)	12628	16400	138.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 88396	Total: 114800	966.0

Valor de eficiencia energética: 1.43 W/m² = 2.54 W/m²/100 lx (Base: 675.20 m²)

Tabla 21: Resultados Luminotécnicos / Hoja de cálculo
Fuente: (DIAL, 2017) editado por María Benalcázar

3.4 Proceso de cálculo

Tomando como referencia el método RAMA-L, se toman los valores obtenidos en la simulación de Dialux y se realiza el cálculo del porcentaje de Emisión de Flujo Superior (%EFS) y Factor de Utilización (FU). Cabe recalcar que para este resultado no se toma en cuenta aportes lumínicos por parte de fachadas, alumbrado publicitario o vehicular.

A continuación, se indica el proceso de cálculo del caso tipo 1:

$$EFS_{TOTAL} = E_{m(lx)} \cdot S\ (m^2)$$

E TECHO (lux)	S TECHO (m²)	EFS TOTAL
3,24	675,2	2187,648

$$\%EFS_{TOTAL} = \frac{Efs_{total(lm)}}{FTi_{(lm)}}$$

EFS TOTAL	ϕ Fti	%EFS TOTAL
2187,648	88396	2,5%

Valores obtenidos de Dialux 4

Tabla 22: Cálculo EFS y %EFS caso tipo 1
Fuente: Elaboración propia

$$FLUJO\ UTIL_{(lm)} = E_{m\ (lx)} * S\ (m^2)$$

E SUELO (lux)	S SUELO (m²)	FLUJO UTIL
51	675,2	34435,2

$$FU = \frac{FLUJO\ UTIL\ (lm)}{FTi\ (lm)}$$

FLUJO UTIL	ϕ Fti	FU
34435,2	88396	0,4

Valores obtenidos de Dialux 4

Tabla 23: Cálculo de Factor de Utilización caso tipo 1
Fuente: Elaboración propia

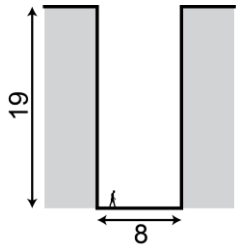
Para el registro de resultados obtenidos de cada caso tipo se diseñó una ficha donde se detallan los parámetros del tramo, características de la fuente de luz y

los resultados tanto de la simulación en el programa Heliodón 2 y Dialux 4.13 como los cálculos manuales:

CASO 1

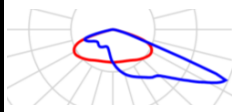
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	8	
ALTURA FACHADA 1 (m)	19	
ALTURA FACHADA 2 (m)	19	
H/W	2,4	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



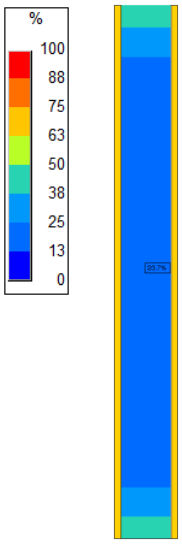
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628		
%FHSi	0%		

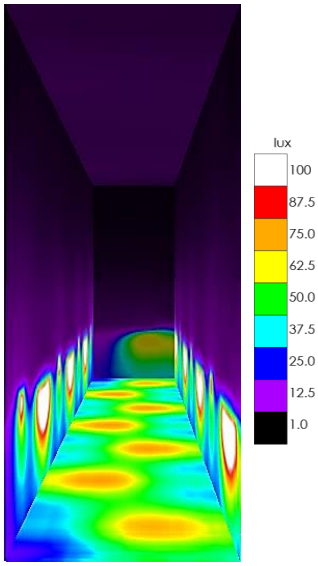


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	51
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,39
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	24%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	2,47%
% EFS TOTAL	**2,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2187,65**

Tabla 24: Ficha de Calculo Caso Tipo 1
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Si bien la contaminación lumínica es ocasionada por el alumbrado público, vial, residencial y publicitario, este estudio se ha enfocado exclusivamente en la contaminación que provoca el alumbrado público. Cabe recalcar que para la elaboración de esta tesina se han tomado en cuenta parámetros que son directamente relacionados con la estructura urbana: altura de edificaciones, ancho de vía, reflectividad en paredes y pavimento, tipo de luminaria, altura de montaje y separación con la fachada. Sin embargo, otros parámetros significativos que también influyen en el comportamiento de la zona urbana frente a la contaminación lumínica como son la existencia de vegetación, balcones y factor de depreciación de las luminarias no se han tomado en cuenta para este estudio. No obstante, estos parámetros deberían ser tomados en cuenta para un estudio más detallado.

4.1 Simulación y cálculo con el método RAMA-L

Después de tabular todos los resultados para el análisis, se realizaron gráficas con los valores obtenidos. En la siguiente gráfica se puede observar que para todos los tipos de luminarias estudiadas se encuentra un mismo patrón. Mientras disminuye el valor de la relación H/W, el porcentaje de EFS aumenta, es decir, mientras más disperso es el cañón urbano, existe mayor contaminación.

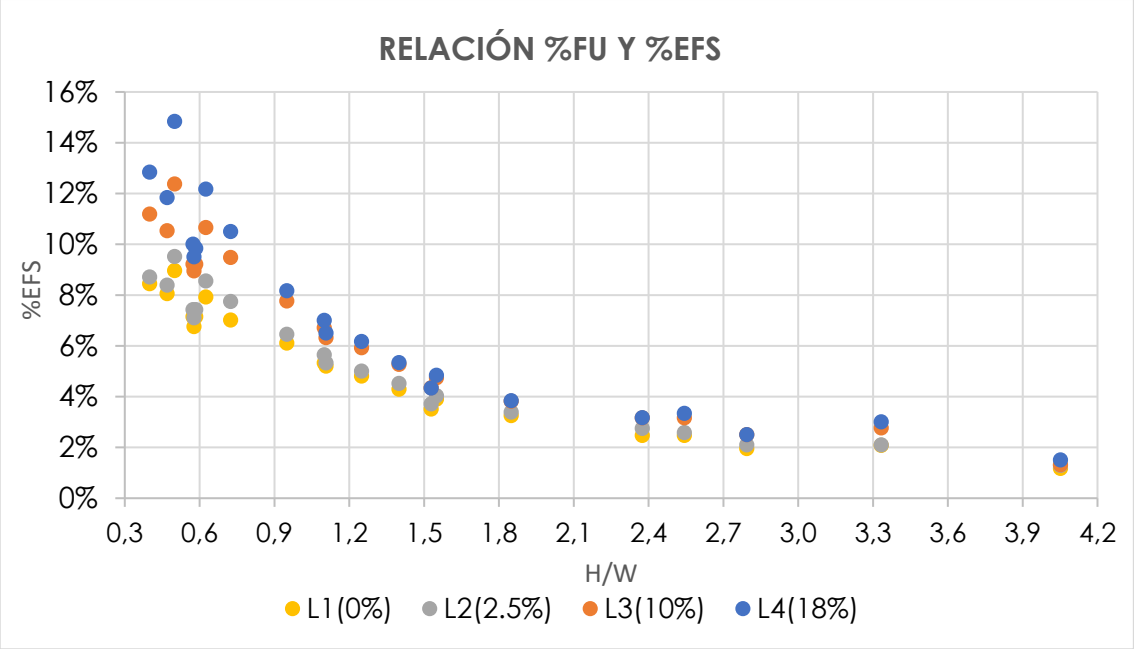


Gráfico 6: Relación H/W y %EFS
Fuente: Elaboración propia

Además, se observa que mientras mayor es la relación H/W, es decir, mientras más compactos son los cañones urbanos, existe una diferencia casi irrelevante entre los porcentajes de EFS de las luminarias estudiadas ya que estamos hablando de milésimas entre cada una de ellas. Por el contrario, cuando la relación H/W es menor, es decir que los cañones urbanos son más abiertos, la diferencia entre el porcentaje de EFS es casi de 2% entre luminarias.

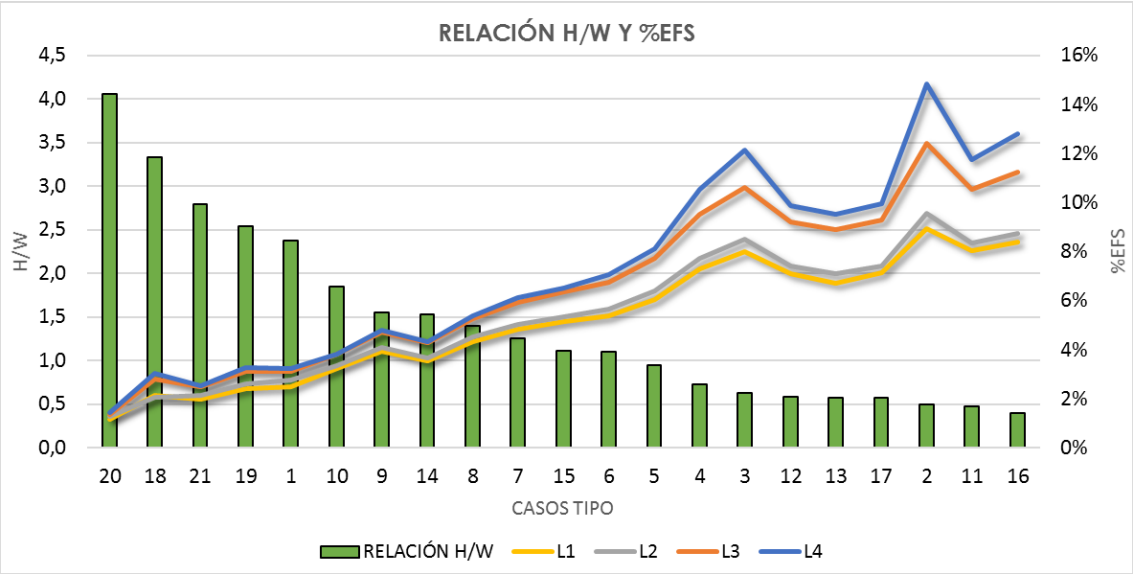


Gráfico 7: Relación H/W y %EFS con respecto a casos tipo
Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de EFS va de acuerdo a su FHSi. Por lo tanto, la luminaria menos contaminante es la tipo 1 que tiene un FHSi de 0% y presenta un EFS máximo de 8%, seguida de la tipo 2 que tiene un FHSi de 2.5% y produce EFS máximo de 9%, la luminaria tipo 3 que tiene un FHSi de 10% presenta un EFS máximo de 11% y la luminaria tipo 4 que tiene un FHSi de 18% presenta un EFS máximo de 13% y es la más contaminante.

Al observar el comportamiento de cada luminaria se detectan casos cuyos resultados son ajenos a los que deberían alcanzar según el patrón expuesto anteriormente. Estas inconsistencias se registran en los casos tipo 4, 3 y 2; siendo el más evidente el caso tipo 2 ya que contamina más que el caso tipo 16 que en teoría debería ser el más contaminante de todos los casos estudiados por ser el de menor H/W.

Como se puede observar en la siguiente gráfica, al realizar el análisis de altura de edificios y %EFS con la luminaria tipo 1, la altura de los edificios se comporta de manera inversa al %EFS. Centrándonos en el caso tipo 2 se verifica que a pesar de tener una relación H/W de 0.5, al tener una altura de 10m, contamina con un 9% de EFS mientras que el caso tipo 16 con un H/W de 0.4 al tener una altura de 22m, es decir, mayor al caso 2, contamina con un 8% de EFS. Es decir que el cañón urbano de mayor altura contamina menos que el de menor altura.

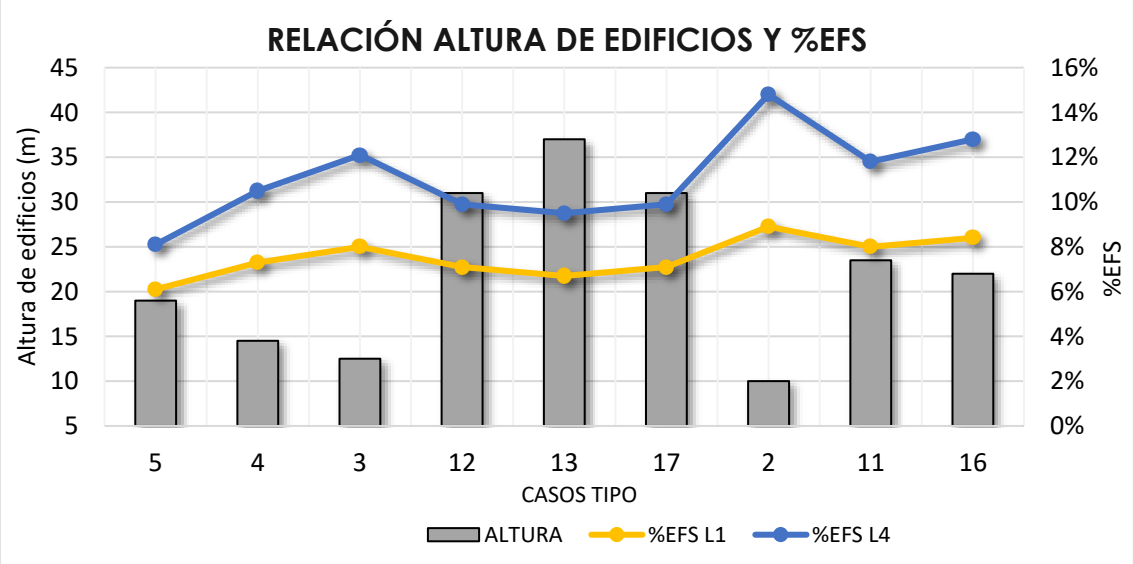


Gráfico 8: Relación altura de edificios y %EFS
Fuente: Elaboración propia

Como se pudo determinar en el gráfico 6, a medida que disminuye la relación H/W se incrementa la diferencia del %EFS que una luminaria 4 tiene frente a una luminaria 1. En suma, al tener una misma relación H/W con la altura de edificaciones distinta, en los cañones de menor altura se incrementa esta diferencia como podemos ver a detalle en el gráfico previo.

Mientras más altas son las edificaciones, existen más reflexiones por lo tanto en cada rebote se va perdiendo intensidad y llegan menos lúmenes al cielo y menos contaminación. Por otro lado, mientras más bajos son los edificios, menos reflexiones existen, por lo tanto, llega con mayor intensidad la luz hacia el cielo y ese tipo de cañón es más contaminante.

Al realizar un análisis de la relación entre el %SVF y el %EFS, se observa un comportamiento directamente proporcional. Mientras el porcentaje de SVF es mayor, aumenta el %EFS.

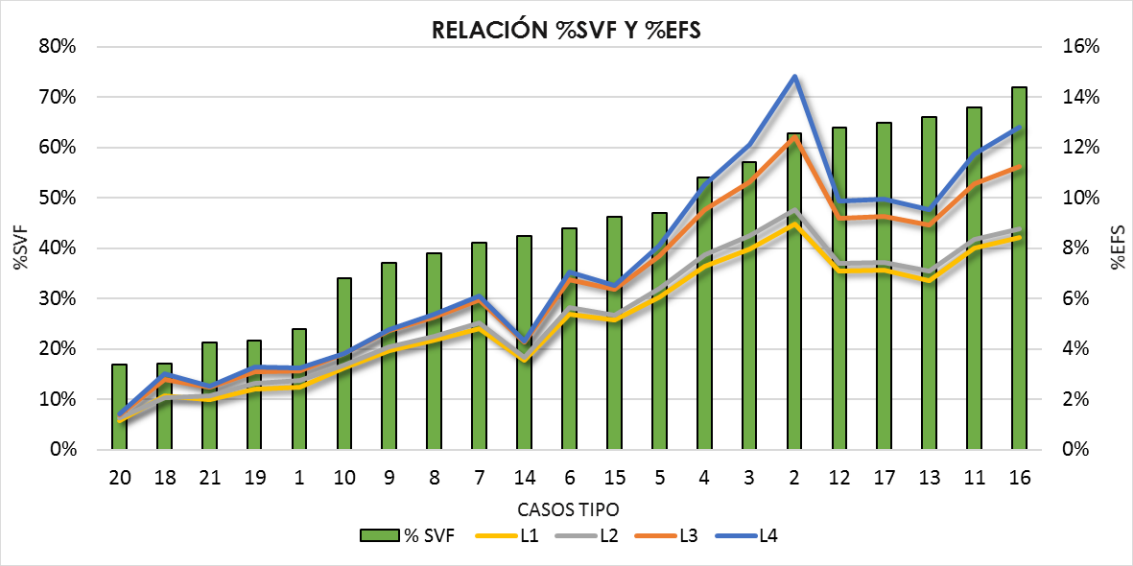


Gráfico 9: Relación %SVF y %EFS con respecto a casos tipo
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, mientras más porción de cielo se observa mayor es la contaminación lumínica teniendo en cuenta que como se ha mencionado previamente en donde las edificaciones sean más altas se reducirá el %EFS.

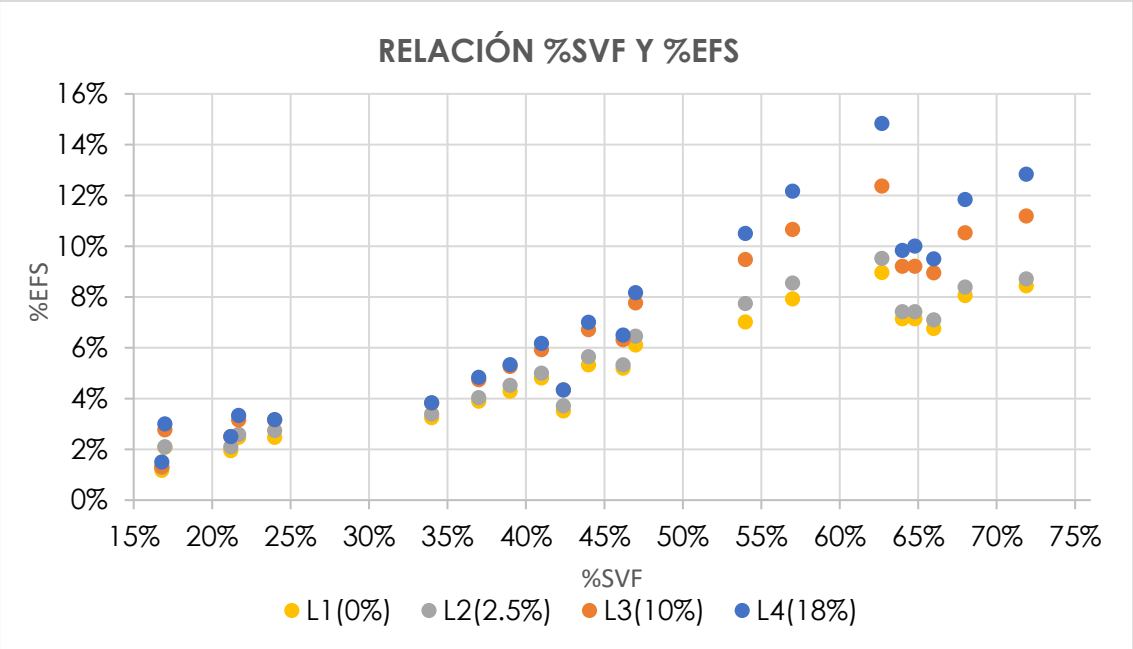


Gráfico 10: Relación %SVF y %EFS
Fuente: Elaboración propia

Hemos visto previamente que el comportamiento de cada tipo de luminaria es similar según la morfología del cañón urbano y que cada luminaria se comporta de acuerdo a su FHSi. Al realizar un análisis de cómo es el comportamiento de los cuatro tipos de luminarias en el mismo tipo de cañón urbano se puede observar el mismo patrón, es decir, la luminaria tipo 1 es menos contaminante seguida de la luminaria 2, 3 y 4 siendo la 4 la de mayor contaminación en todos los casos. Una variable que puede ser tomada en cuenta para saber que luminaria se comporta mejor de acuerdo al tipo de cañón urbano es el Factor de Utilización (FU). En las gráficas siguientes podemos observar que para los casos tipo 10 y 14 que pertenecen a la morfología abierta del Ensanche, la luminaria tipo 1 se comporta mejor en este tipo de zona urbana ya que tiene el menor %EFS y el mayor porcentaje de FU.

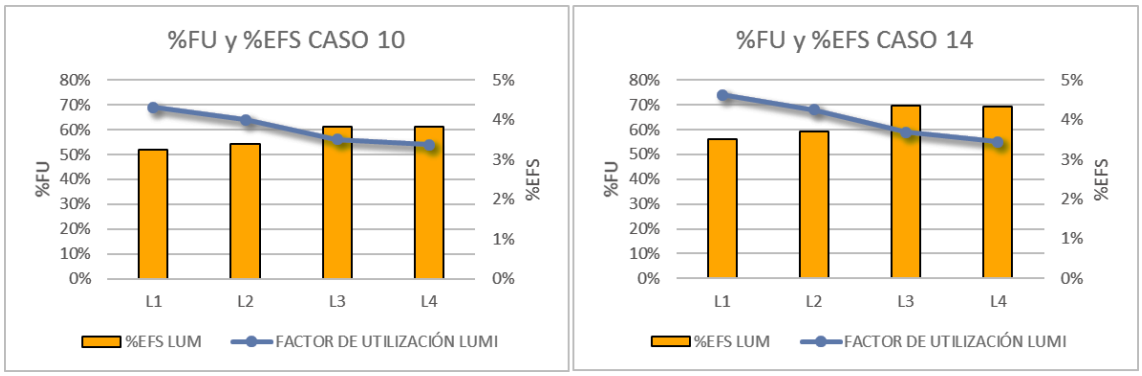


Gráfico 11: FU y %EFS Caso 10 y 14 (zona urbana abierta)
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para los casos tipo 18 y 21 que pertenecen a la morfología urbana compacta de Gracia, la luminaria tipo 2 se comporta mejor, ya que a pesar de que su %EFS es igual al de la luminaria tipo 1, su FU es mayor. Es decir que su eficiencia energética es mayor contaminando menos.

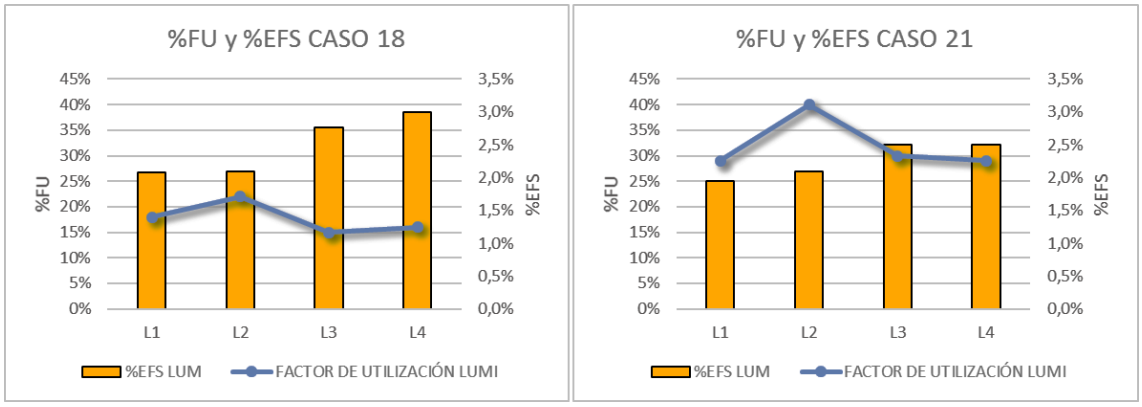


Gráfico 12: Relación FU y %EFS en Casos 18 y 21 (zona urbana compacta)
Fuente: Elaboración propia

El Factor de Utilización (FU) sirve para medir la eficiencia de la luz en la zona iluminada. A más FU, mayor luz reflejada y menor luz directa. La luz reflejada tiene un porcentaje inferior porque la reflectancia de los pavimentos es menor a la de las fachadas. Pese a que puede tener menos interreflexiones, en un cañón urbano abierto la luz rebota menos en las paredes y existe mayor luz directa.

La diferencia que existe entre una luminaria 1 y 2 como entre las 3 y 4 en cuanto al %EFS es poco significativa. Sin embargo, la diferencia que existe entre una luminaria 1 y una luminaria 3 es superior comparada con la diferencia entre las luminarias 3 y 4. Esto sucede a pesar de que la diferencia de %FHS entre ellas es casi la misma, de 0% a 10% entre la luminaria 1 y 3 y de 10% a 18% entre la 3 y 4.

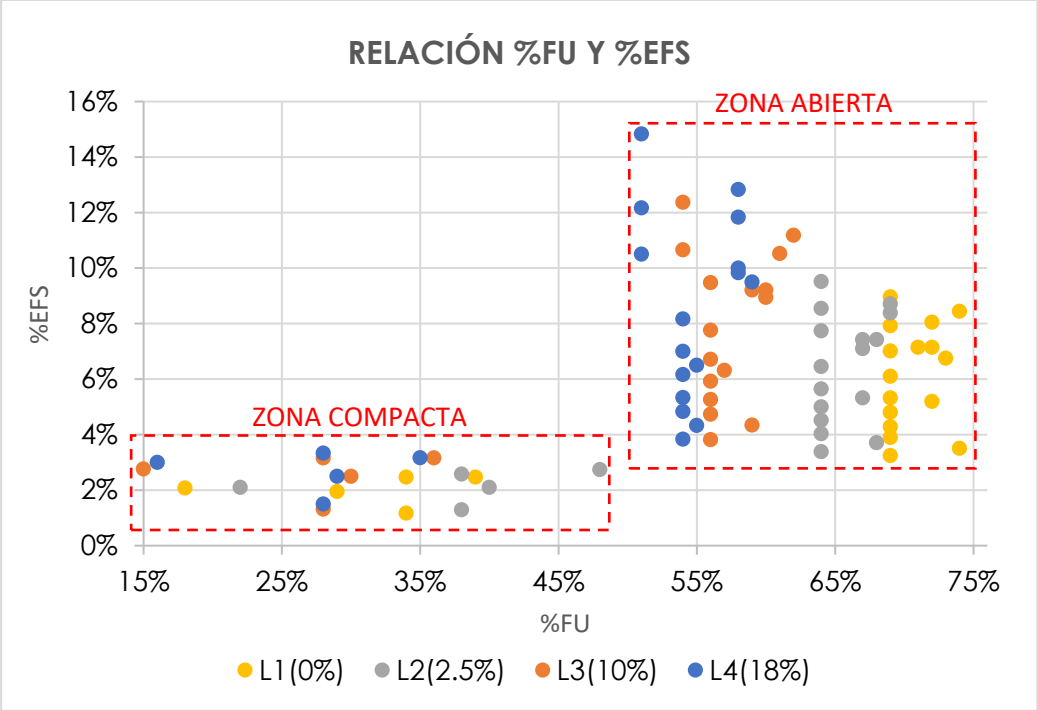


Gráfico 13: Relación %FU y %EFS
Fuente: Elaboración propia

En una zona abierta si bien una luminaria tipo 1 tiene los niveles de CL muy parecidos a los de la luminaria 2, tiene un FU 10% mayor que ésta. Si relacionamos la luminaria tipo 4 con la luminaria tipo 1 la diferencia de FU es de al menos 20% y los niveles máximos de %EFS son del doble. Por lo tanto, en una zona abierta, un %FHS alto (25%) implica un FU más bajo que el de una

luminaria con un %FHS menor al 5%. Por el contrario, en una zona compacta, todas las luminarias se comportan de manera similar. No sobrepasan el 4% de EFS y se mueven en rangos del 15% al 50% de FU. Por lo tanto, la diferencia de %FHS no es significativa en estos casos.

El hecho de que el Factor de Utilización en zonas compactas tiene valores inferiores puede deberse, entre otras razones, a que las fotometrías de las luminarias son más difíciles de ajustar. Las calles son muy estrechas y las luminarias se ubican muy cerca de las fachadas por lo cual se dificulta una utilización óptima.

4.2 Cálculo de CL según Modelo Predictivo de EFS

En una segunda instancia, en base al modelo predictivo se realizó un cálculo del UUF de la zona urbana del Ensanche con el fin de corroborar los resultados de las simulaciones y de analizar las diferenciaciones típicas que influyen en el resultado final.

En primer lugar, tomando en cuenta los casos tipo 1 a 17 que pertenecen a la zona urbana abierta del Ensanche, se realiza un primer cálculo al que se denomina “Caso Base”, considerando una reflectividad promedio del 30%, un factor de depreciación de las luminarias de 1, como si se tratara de un sistema de alumbrado recién instalado con luminarias tipo 1 “Casco plano”. A continuación, se realiza un segundo cálculo con un factor de depreciación de 0.4, como si se tratara de un sistema de alumbrado obsoleto. Posteriormente, se realizó un tercer cálculo con el factor de edificación igual a 0 simulando una zona urbana sin edificaciones. Finalmente, se realizó un último cálculo considerando que las fachadas no tienen reflexiones, es decir, el resultado es únicamente de las emisiones directas.

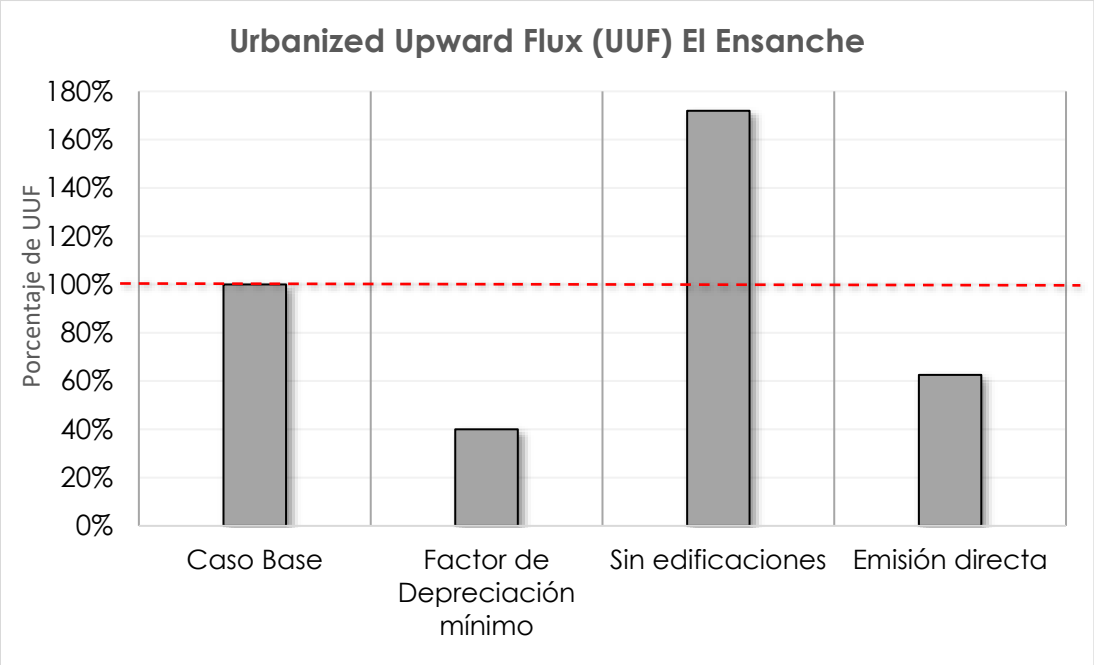


Ilustración 26: UUF del Ensanche
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica anterior, el hecho de tener un factor de depreciación mínimo provoca una contaminación lumínica menor que cuando el factor de depreciación es el más alto, ya que el UUF disminuye al 40% con respecto al caso base. En el caso de tener un factor de edificación de 0, es decir sin edificaciones, la contaminación aumenta al 180%. Por lo tanto, en una zona urbana el hecho de tener edificaciones evita una mayor contaminación lumínica que en el caso de tener un entorno vacío. Además, en el caso de no tener reflexiones, la emisión directa representa un 60% de contaminación con respecto al caso base.

Es importante mencionar que con este modelo predictivo se han obtenido resultados similares a los que se lograron con el método RAMA-L en la zona abierta del Ensanche a pesar de que el Modelo Predictivo tiene la limitación que el tipo de luminarias no se corresponden con las usadas para compararla con la normativa.

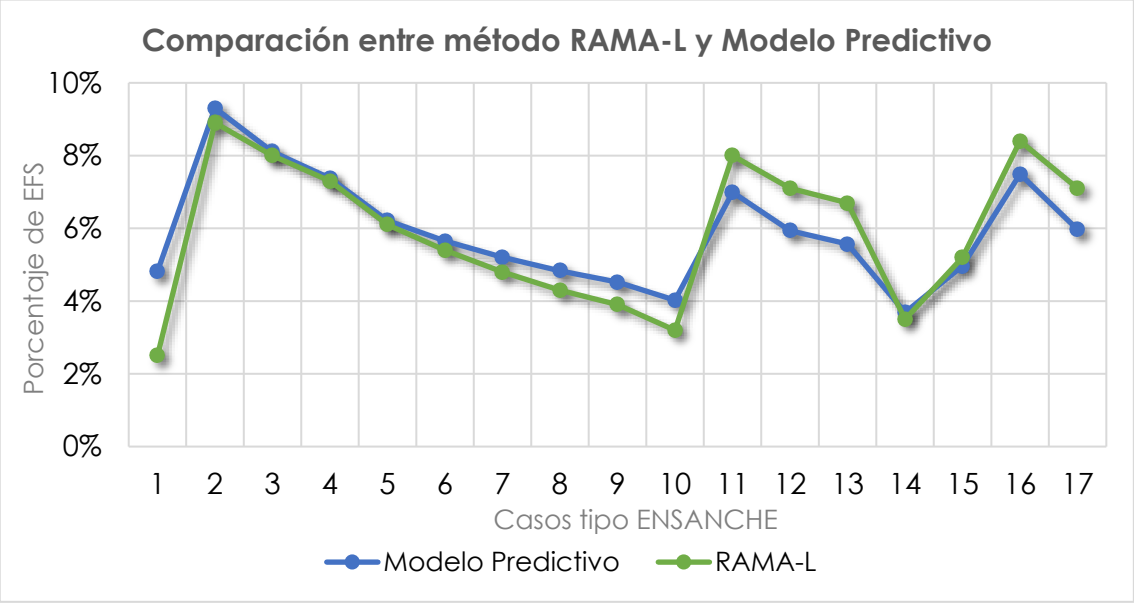


Gráfico 14: Comparación entre método RAMA-L y Modelo Predictivo en El Ensanche
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, los resultados para el estudio del barrio de Gracia mediante el modelo predictivo no se corresponden con los del método RAMA-L puesto que esta metodología predictiva fue desarrollada para un caso urbano de edificación tipo R1 y R2 de baja altura y no se corresponde con la zona de Gracia.

Con el objetivo de estudiar la influencia del entorno en la CL se representan tres casos. El primero, “CASO BASE”, descrito previamente. Al segundo “Fu SIN EDIF” se refiere a un entorno urbano disperso donde las edificaciones no obstruyen de ninguna manera el flujo de luz hacia el hemisferio superior como si fuera un entorno sin edificaciones. Un tercero “Fu SIN REFLEX” como un entorno muy compacto donde todas las reflexiones son absorbidas por las fachadas y tan solo existe el flujo emitido directamente hacia el cielo.

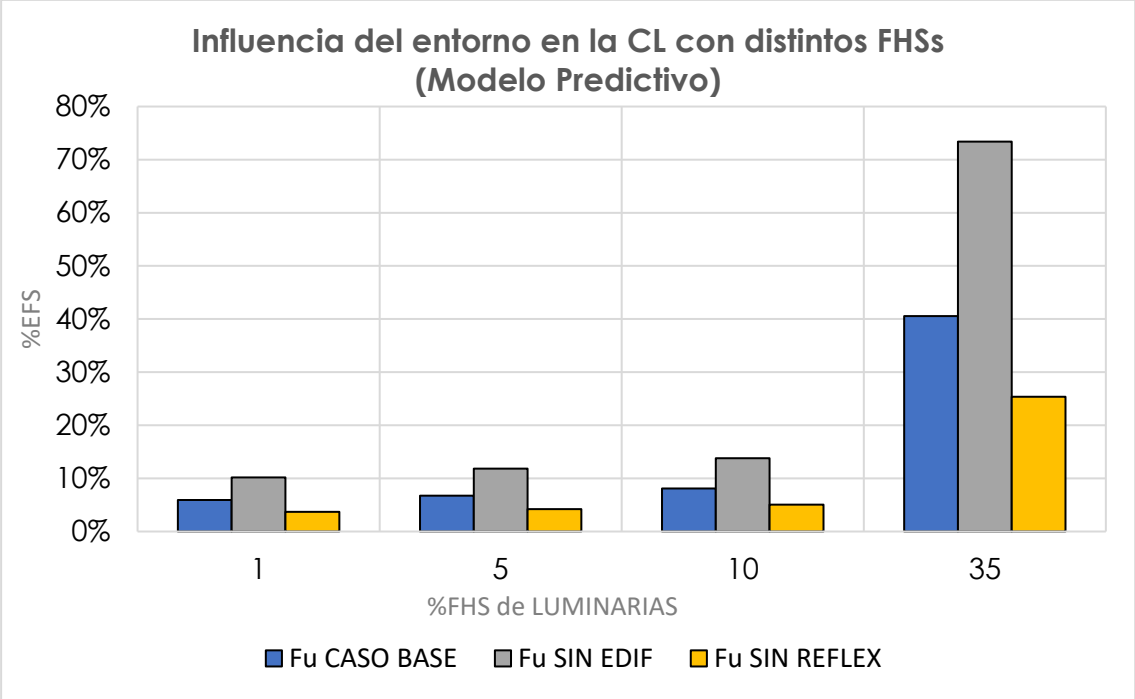


Gráfico 15:Influencia del entorno en la CL con distintos FHSs (modelo predictivo)
Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en el gráfico previo se deduce la influencia que tiene el entorno cuando ocupamos luminarias con un %FHS determinado. Si bien las luminarias con un menor porcentaje se comportan de manera similar tanto en un entorno urbano compacto como en un abierto, las luminarias con un %FHS mayor, tienden a contaminar de manera significativa cuando las edificaciones de un entorno urbano se distancian entre ellas, en este caso representadas al punto de no tener edificaciones.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Tras el análisis de cuantificación de contaminación lumínica en las diferentes tipologías de estructura urbana estudiadas, se corroboró que la influencia de los diferentes FHSs es poco significativa en zonas urbanas compactas ya que la variación del %EFS es mínima.

A medida que el SVF incrementa, lo que implica que la trama urbana se va abriendo, la diferencia que existe entre una luminaria 1 y 2 se mantiene constante. La luminaria 4 por el contrario incrementa su diferencia frente a las otras luminarias, siendo más evidente el incremento cuando tenemos bajas edificaciones con un SVF alto. Por lo tanto, una luminaria con un mismo %FHS no se comporta de la misma manera en un entorno urbano compacto que en uno abierto. A pesar de esto, la normativa determina límites de %FHS en base a zonas de protección según su vulnerabilidad. Sin embargo, a las zonas E3 y E4, que corresponden a entornos urbanos residenciales, se las debería relacionar con el Tipo de Ocupación de Suelo en zonas Residenciales del Mapa Urbanístico de Cataluña definiendo límites de %FHS basados en la compactibilidad de la trama urbana.

Si bien, la limitación del FHS es una medida importante que las normativas deben tomar en cuenta para evitar la emisión directa de luz artificial hacia el cielo nocturno, no es un parámetro en el que se debería centrar en zonas urbanas compactas. Podemos recordar que las luminarias 1 y 3 tienen valores de rendimiento similares (75%), sin embargo, una luminaria 1 dirige de mejor manera la luz y tiene un FU más alto en zonas urbanas abiertas. Por lo tanto, establecer un valor fijo para el rendimiento como parámetro en una normativa tampoco sería preciso. En su lugar se recomienda limitar estrictamente parámetros como el factor de utilización ya que, si éste aumenta, de forma indirecta se disminuye el FHSi y el EFS. De la misma manera, se debería regular la intensidad de la fuente luminosa ya que el exceso de intensidad lumínica aumenta la cantidad de contaminación por la luz reflejada.

5.1 Futuras líneas de investigación

Por los resultados que ha arrojado esta tesina y el interés de profundizar en las variables que condicionan a la contaminación lumínica se proponen varias líneas de investigación complementarias a este estudio:

- Es importante analizar el Modelo Predictivo, podría desarrollarse con el objetivo de ser aplicado en cualquier tipo de zona urbana.

- Se podría enfocar en un análisis del tipo de luminaria adecuado para cada tipo de tejido urbano, determinado por el Tipo de Ocupación de Suelo el cual abarca zonas urbanas muy compactas hasta zonas con tramas urbanas muy dispersas.

- Por otra parte, sería importante profundizar en la importancia de la materialidad de las fachadas en cuanto a la contaminación lumínica por reflexión y determinar que tipo de materiales serían los adecuados para minimizar este efecto.

- Finalmente, se podría considerar hacer un análisis del %EFS relacionándolo con la altura de los edificios y una altura variable de las luminarias.

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Ejemplos de espectros de emisión 12
Ilustración 2: Ejemplos de Fotometría 13
Ilustración 3: Factor de Utilización 14
Ilustración 4: Correcta orientación de las luminarias 17
Ilustración 5: Implantación unilateral 18
Ilustración 6: Implantación tresbolillo 18
Ilustración 7: Implantación central o axial 1 19
Ilustración 8: Implantación central o axial 2 19
Ilustración 9: Implantación catenaria 19
Ilustración 10: Halo luminoso de la ciudad de Barcelona, España. 20
Ilustración 11: Visión global nocturna, 2012 21
Ilustración 12: Tinglares neonatos desorientados por deslumbramiento expuestos a depredadores. 23
Ilustración 13: Cielo nocturno transformada por los niños de una gran población en un manto claro y amarillento 24
Ilustración 14: Fuentes de contaminación lumínica 24
Ilustración 15: Brillo deslumbrante, iluminación excesiva y halo luminoso nocturno Ontario 2003 25
Ilustración 16: Parámetros de medida de la CL 27
Ilustración 17: Componentes del EFS 28
Ilustración 18: Representación en 3D alumbrado público en escala de grises 30
Ilustración 19: GRE 31
Ilustración 20: Metodología 55
Ilustración 21: Esquema de método RAMA-L 56
Ilustración 22: Ubicación objeto de estudio 57
Ilustración 23: Representación de superficies de un cañón urbano 68
Ilustración 24: Reflexión paredes laterales 68
Ilustración 25: Reflexiones cañón urbano 69
Ilustración 26: UUF del Ensanche 80

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Gasto eléctrico en alumbrado público por habitante (kWh/año)..... 22
Gráfico 2: Altura de edificios en Gracia 59
Gráfico 3: Ancho de Vías en Gracia 60
Gráfico 4: Altura de edificaciones en el Ensanche 62
Gráfico 5: Ancho de vías en El Ensanche 63
Gráfico 6: Relación H/W y %EFS 73
Gráfico 7: Relación H/W y %EFS con respecto a casos tipo..... 74
Gráfico 8: Relación altura de edificios y %EFS 75
Gráfico 9: Relación %SVF y %EFS con respecto a casos tipo..... 76
Gráfico 10: Relación %SVF y %EFS 76
Gráfico 11: FU y %EFS Caso 10 y 14 (zona urbana abierta) 77
Gráfico 12: Relación FU y %EFS en Casos 18 y 21 (zona urbana compacta) . 77
Gráfico 13: Relación %FU y %EFS 78
Gráfico 14: Comparación entre método RAMA-L y Modelo Predictivo en El Ensanche..... 81
Gráfico 15:Influencia del entorno en la CL con distintos FHSs (modelo predictivo) 82

Lista de Tablas

Tabla 1: Clasificación CIE para iluminancia horizontal 16
Tabla 2: Reflexión según tipo de fachada 29
Tabla 3: Resultados de la medición de la iluminancia superficial media de las fachadas de edificios en las zonas ambientales. 36
Tabla 4: Tipo de lámpara según zona de protección en la Ley 6/2001 43
Tabla 5: FHSi permitido según Ley 6/2001..... 44
Tabla 6: FHSi permitido según Decreto Foral 199/2007..... 45
Tabla 7: FHSi permitido según Decreto 48/2010..... 45
Tabla 8: FHSi permitido según Decreto 357/2010..... 45
Tabla 9: FHSi permitido según Real Decreto 1890/2008 45
Tabla 10: Limitaciones de luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior según Decreto 48/2010 46
Tabla 11: Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior según Real Decreto 1890/2008 47

Tabla 12: Franja horaria nocturna según Decreto 357/2010 48
Tabla 13: Franja horaria nocturna según Decreto 48/2010 49
Tabla 14:Tabla resumen de la normativa internacional 49
Tabla 15: Tabla resumen de la normativa en España 50
Tabla 16: Clasificación de tipos de ocupación de suelo de la categoría tipo Residencial 52
Tabla 17: Análisis trama urbana según zonificación 53
Tabla 18: Casos tipo 64
Tabla 19: Ficha de caso tipo 1. 66
Tabla 20: Tipos de luminarias 67
Tabla 21: Resultados Luminotécnicos / Hoja de cálculo 70
Tabla 22: Cálculo EFS y %EFS caso tipo 1 71
Tabla 23: Cálculo de Factor de Utilización caso tipo 1 71
Tabla 24: Ficha de Calculo Caso Tipo 1 72
Tabla 25: Casos tipo en zonas R2, R3 y R4 93
Tabla 26: Resumen de R/W, SVF y %EFS de casos tipo 95

Lista de Planos

Plano 1: Mapa de calidad de cielo nocturno de Catalunya 39
Plano 2: Mapa de Zonificación de Protección contra la Contaminación Luminosa de Cataluña 41
Plano 3: Zonas de Protección contra la contaminación luminosa según el Real Decreto 1890/2008 42
Plano 4: Mapa Urbanístico de Cataluña 51
Plano 5: Ubicación zona de estudio Gracia 58
Plano 6: Altura de edificaciones en Gracia 59
Plano 7: Tipos de vías en Gracia 60
Plano 8: Ubicación zona de estudio Ensanche 61
Plano 9: Altura de edificios en el Ensanche 62
Plano 10: Tipos de vías en el Ensanche 63
Plano 11: Casos tipo Ensanche 65
Plano 12: Casos tipo Gracia 66
Plano 13: Distribución de luminarias 69

BIBLIOGRAFÍA

Becker, B., & Masset, L. (2009). HELIODON2TM Website. Retrieved August 11, 2017, from http://heliodon.net/

Blue Marble. (2012). Blue Marble Navigator - Night Lights 2012. Retrieved May 16, 2017, from http://www.blue-marble.de/nightlights/2012

CartoBCN. (2017). CartoBCN. Retrieved May 18, 2017, from http://w20.bcn.cat/cartobcn/default.aspx?lang=es

Cel Fosc. (2016). Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica. Retrieved May 16, 2017, from http://www.celfosc.org/index.html

Cha, J. S., Lee, J. W., Lee, W. S., Jung, J. W., Lee, K. M., Han, J. S., & Gu, J. H. (2014). Policy and status of light pollution management in Korea. *Lighting Research & Technology*, *46*(1), 78–88. https://doi.org/10.1177/1477153513508971

Chepesiuk, R. (2010). Extrañando la oscuridad: Los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud. *Salud Pública de México*, *52*(5), 470–477. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v52n5/a15v52n5.pdf

Chocho Rivas, E. F., & Yunga Matute, W. J. (2012). *"ZONIFICACIÓN PARA CONTROL DE LA POLUCIÓN LUMÍNICA, APLICADA A LOS CANTONES SERVIDOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR. C.A." El Escorial*. UNIVERSIDAD DE CUENCA.

Comunidad Autónoma de Cataluña. (2001). Ley 6/2001, 7.

Comunidad Autónoma de las Illes Balears. (2005). Ley 3/2005, 10.

Comunidad Foral de Navarra. (2007). Decreto Foral 199/2007, 4. Retrieved from http://www.luminicaambiental.com/wp-content/uploads/2014/11/09.pdf

Consejo de Gobierno de Andalucía. (2010). Decreto 357/2010, 11. Retrieved from http://www.luminicaambiental.com/wp-content/uploads/2014/11/11.pdf

Consejo de Gobierno de Cantabria. (2010). Decreto 48/2010. Retrieved from http://www.luminicaambiental.com/wp-content/uploads/2014/11/10.pdf

Departamento de Territorio y Sostenibilidad. (2015). Decreto 190/2015, 23. Retrieved from http://www.celfosc.org/biblio/legal/reg_cataluna.pdf

DIAL. (2017). Dialux. Retrieved July 11, 2017, from https://www.dial.de/es/software/dialux/download/

Dorremochea, C. H. (2011). Por una nueva cultura de la luz, 4. Retrieved from http://www.celfosc.org/biblio/general/herranz2011.pdf

E. Carlos. (2014). Corriente Verde. Retrieved May 21, 2017, from http://www.corrienteverde.com/articulos/Impacto de la contaminacion luminica en la vida silvestre el caso de las tortugas marinas.html

Estrada, R., Garcia Gil, M., Acosta, L., Bará, S., Sanchez de Miguel, A., & Zamorano, J. (2015). Statistical modelling and satellite monitoring of upward light from public lighting. *Lighting Research & Technology*, 1–13. https://doi.org/10.1177/1477153515583181

García Gil, M. (2011). METODO DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL LUMÍNICO PARA INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR, (Investigación y desarrollo), 15. Retrieved from https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/12825/PONENCIA-METODO DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL LUMÍNICO.pdf

García Gil, M., San Martín Páramo, R., Solano Lamphar, H., & Francia Payás, P. (2012). *Contaminación lumínica: una visión desde el foco contaminante: el alumbrado artificial*.

Generalitat de Cataluntya. (2007). Contaminació lumínica. Retrieved July 22, 2017, from http://sig.gencat.cat/visors/pcl.html

Generalitat de Catalunya. (2015). Mapa urbanístico de Cataluña. Retrieved May 29, 2017, from http://territori.gencat.cat/web/.content/home/06_territori_i_urbanisme/02_activitat_urbanistica/mapa_urbanistic_de_catalunya/mapes_dades_indicadors/mapes/mapa_area_metropolitana_de_barcelona/mucs_50000_amb.pdf

Generalitat de Catalunya. (2016). Especificacions tècniques.

Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. (n.d.). Mapa de la qualitat del cel nocturn a Catalunya. Retrieved from http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/atmosfera/contaminacio_luminica/avaluacio_de_la_qualitat_del_cel_de_nit/Mapa-de-la-qualitat-del-cel-qualitat.pdf

González Dorta, N. (2014). *La influencia de la luz privada doméstica sobre la contaminación lumínica*. Unversidad Politécnica de Cataluña. Retrieved from http://www.aie.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/07/Doc-Gonzalez_Naiara.pdf

Jáutrgui, F., Umpierre, D., Cesca, F., Lumbreras, A., & Paredes, F. A. (2017). Evaluación del impacto ambiental de la contaminación lumínica de Madrid, 4. Retrieved from http://www.celfosc.org/MadridDecide2018.pdf

Juan Carlos I, R. de E. (1988). *LEY 31/1988*. Retrieved from http://www.iac.es/adjuntos/otpc/leycielo.pdf

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción de Chile. (1999). Norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica. Retrieved from http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/medioambiente/Documents/Normativa/Normas de Calidad/DS86CONTAMINACIONLUMINICA.pdf

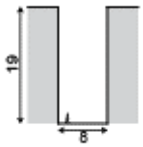
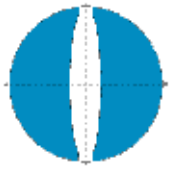
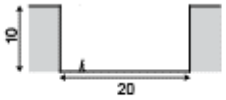
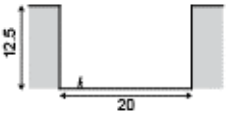
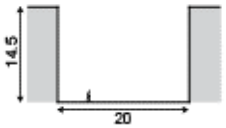
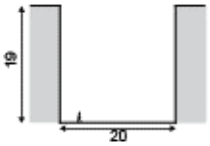
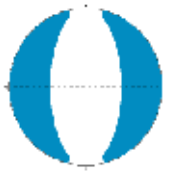
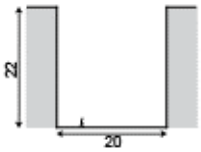
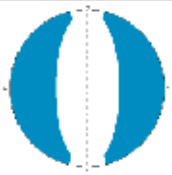
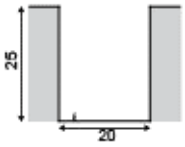
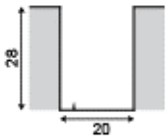
Ministerio de Industria Turismo y Comercio. (2008). Real Decreto 1890/2008, 70. Retrieved from http://www.luminicaambiental.com/wp-content/uploads/2014/11/18902008-.pdf

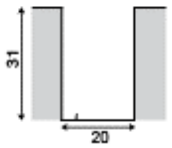
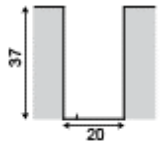
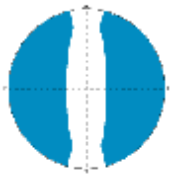
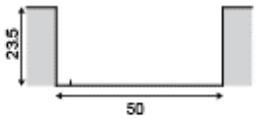
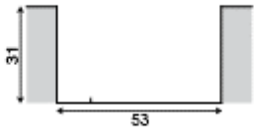
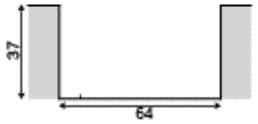
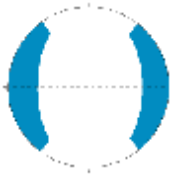
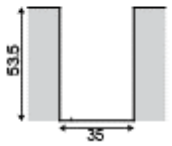
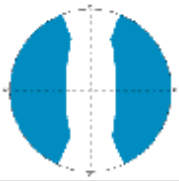
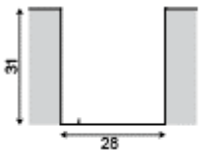
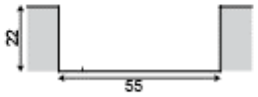
Morente Montserrat, C. (2013). Curso de iluminación. Retrieved August 2, 2017, from http://grlum.dpe.upc.edu/manual/

N.I.T. (2015). Contaminación lumínica, la energía que quema la noche. Retrieved August 8, 2017, from http://grlum.dpe.upc.edu/NIT/

Presa, V., & Picicelli, R. (2014). Legislación argentina sobre polución lumínica, *14*, 265–276. Retrieved from http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/14/CyT_14_17.pdf

Sanchez de Miguel, A. (2015). *Metodología y resultados Variación espacial , temporal y espectral de la contaminación lumínica y sus fuentes: Metodología y resultados*. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2233.7127

OCUPACIÓN TIPO R3			
CASO TIPO 1		H/W= 2,4	SVF= 24%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Passatge d'En Sagristà		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 2		H/W= 0,5	SVF= 63%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Mallorca		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 3		H/W= 0,6	SVF= 57%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Viladomat		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 4		H/W= 0,7	SVF= 54%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Entença		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 5		H/W= 1	SVF= 47%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Llança		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 6		H/W= 1,1	SVF= 44%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Calabria		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 7		H/W= 1,3	SVF= 41%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Rosselló		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 8		H/W= 1,4	SVF= 39%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Vilamari		
ZONIFICACION	E3		

OCUPACIÓN TIPO R3			
CASO TIPO 9		H/W= 1,6	SVF= 37%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Calabria		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 10		H/W= 1,9	SVF= 34%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Buenos Aires		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 11		H/W= 0,5	SVF= 68%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Av de Roma		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 12		H/W= 0,6	SVF= 64%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Av de Roma		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 13		H/W= 0,6	SVF= 66%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Av de Roma		
ZONIFICACION	E3		
OCUPACIÓN TIPO R4			
CASO TIPO 14		H/W= 1,5	SVF= 42%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Llança		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 15		H/W= 1,1	SVF= 46%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Carrer de Valencia		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 16		H/W= 0,4	SVF= 72%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Av de Roma		
ZONIFICACION	E3		

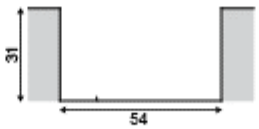
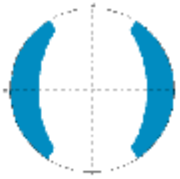
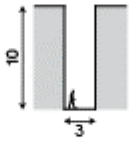
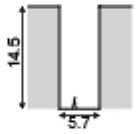
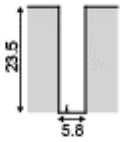
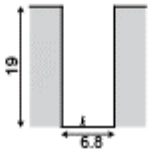
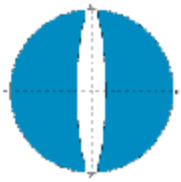
OCUPACIÓN TIPO R4			
CASO TIPO 17		H/W= 0,6	SVF= 65%
UBICACIÓN	Ensanche		
EJEMPLO	Av de Roma		
ZONIFICACION	E3		
OCUPACIÓN TIPO R2			
CASO TIPO 18		H/W= 3,3	SVF= 17%
UBICACIÓN	Gracia		
EJEMPLO	Carrer de Abdó Terradas		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 19		H/W= 2,6	SVF= 22%
UBICACIÓN	Gracia		
EJEMPLO	Carrer del Perill		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 20		H/W= 4,1	SVF= 17%
UBICACIÓN	Gracia		
EJEMPLO	Carrer de Terrassa		
ZONIFICACION	E3		
CASO TIPO 21		H/W= 2,8	SVF= 21%
UBICACIÓN	Gracia		
EJEMPLO	Carrer de Venus		
ZONIFICACION	E3		

Tabla 25: Casos tipo en zonas R2, R3 y R4
Fuente: Elaboración propia

CASO	UBICACIÓN	ZONA PROTECCIÓN	TIPOLOGÍA URBANA	ALTURA EDIFICIO (m)	ANCHO VÍA (m)	RELACIÓN H/W	% SVF	ALTURA LUMINARIA (m)	TIPO LUMINARIA	FACTOR DE UTILIZACIÓN	%EFS LUMINARIA
1	Ensanche	E3	R3	19	8	2,4	24%	6	L1	39%	2,5%
									L2	48%	2,7%
									L3	36%	3,2%
									L4	35%	3,2%
2	Ensanche	E3	R3	10	20	0,5	63%	6	L1	69%	9,0%
									L2	64%	9,5%
									L3	54%	12,4%
									L4	51%	14,8%
3	Ensanche	E3	R3	12,5	20	0,6	57%	6	L1	69%	7,9%
									L2	64%	8,5%
									L3	54%	10,7%
									L4	51%	12,2%
4	Ensanche	E3	R3	14,5	20	0,7	54%	6	L1	69%	7,0%
									L2	64%	7,7%
									L3	56%	9,5%
									L4	51%	10,5%
5	Ensanche	E3	R3	19	20	1,0	47%	6	L1	69%	6,1%
									L2	64%	6,5%
									L3	56%	7,8%
									L4	54%	8,2%
6	Ensanche	E3	R3	22	20	1,1	44%	6	L1	69%	5,3%
									L2	64%	5,6%
									L3	56%	6,7%
									L4	54%	7,0%
7	Ensanche	E3	R3	25	20	1,3	41%	6	L1	69%	4,8%
									L2	64%	5,0%
									L3	56%	5,9%
									L4	54%	6,2%
8	Ensanche	E3	R3	28	20	1,4	39%	6	L1	69%	4,3%
									L2	64%	4,5%
									L3	56%	5,3%
									L4	54%	5,3%
9	Ensanche	E3	R3	31	20	1,6	37%	6	L1	69%	3,9%
									L2	64%	4,0%
									L3	56%	4,7%
									L4	54%	4,8%
10	Ensanche	E3	R3	37	20	1,9	34%	6	L1	69%	3,2%
									L2	64%	3,4%
									L3	56%	3,8%
									L4	54%	3,8%
11	Ensanche	E4	R3	23,5	50	0,5	68%	6	L1	72%	8,1%
									L2	69%	8,4%
									L3	61%	10,5%
									L4	58%	11,8%

CASO	UBICACIÓN	ZONA PROTECCIÓN	TIPOLOGÍA URBANA	ALTURA EDIFICIO (m)	ANCHO VÍA (m)	RELACIÓN H/W	% SVF	ALTURA LUMINARIA (m)	TIPO LUMINARIA	FACTOR DE UTILIZACIÓN	%EFS LUMINARIA
12	Ensanche	E4	R3	31	53	0,6	64%	6	L1	71%	7,1%
									L2	67%	7,4%
									L3	59%	9,2%
									L4	58%	9,8%
13	Ensanche	E4	R3	37	64	0,6	66%	6	L1	73%	6,8%
									L2	67%	7,1%
									L3	60%	8,9%
									L4	59%	9,5%
14	Ensanche	E3	R4	53,5	35	1,5	42%	6	L1	74%	3,5%
									L2	68%	3,7%
									L3	59%	4,3%
									L4	55%	4,3%
15	Ensanche	E3	R4	31	28	1,1	46%	6	L1	72%	5,2%
									L2	67%	5,3%
									L3	57%	6,3%
									L4	55%	6,5%
16	Ensanche	E4	R4	22	55	0,4	72%	6	L1	74%	8,4%
									L2	69%	8,7%
									L3	62%	11,2%
									L4	58%	12,8%
17	Ensanche	E4	R4	31	54	0,6	65%	6	L1	72%	7,1%
									L2	68%	7,4%
									L3	60%	9,2%
									L4	58%	10,0%
18	Gracia	E3	R2	10	3	3,3	17%	6	L1	18%	2,1%
									L2	22%	2,1%
									L3	15%	2,8%
									L4	16%	3,0%
19	Gracia	E3	R2	14,5	5,7	2,5	22%	6	L1	34%	2,5%
									L2	38%	2,6%
									L3	28%	3,2%
									L4	28%	3,3%
20	Gracia	E3	R2	23,5	5,8	4,1	17%	6	L1	34%	1,2%
									L2	38%	1,3%
									L3	28%	1,3%
									L4	28%	1,5%
21	Gracia	E3	R2	19	6,8	2,8	17%	6	L1	29%	1,9%
									L2	40%	2,1%
									L3	30%	2,5%
									L4	29%	2,5%

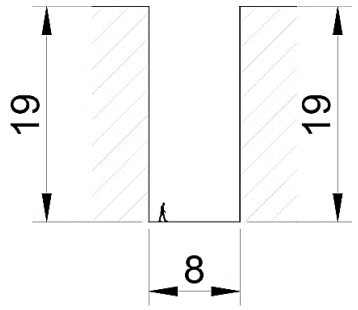
Tabla 26: Resumen de R/W, SVF y %EFS de casos tipo
Fuente: Elaboración propia

CASO 1

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

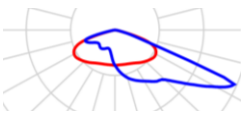
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

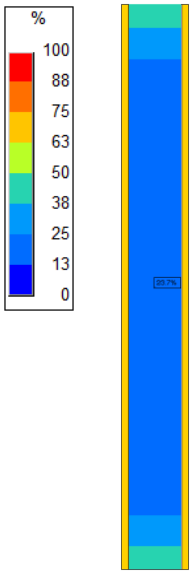
FOTOMETRÍA



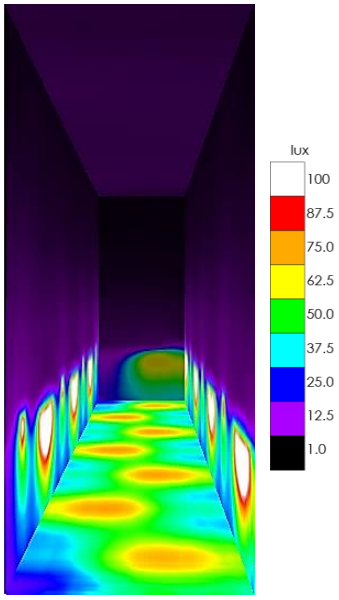
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



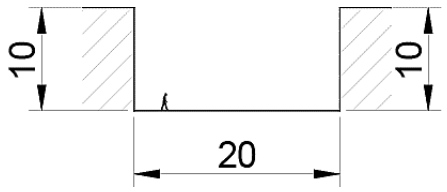
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	51
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,39
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	24%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	2,47%
% EFS TOTAL	**2,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2187,65**

CASO 2

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	10
ALTURA FACHADA 2 (m)	10
H/W	0,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

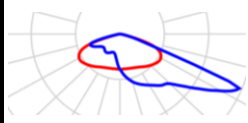
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

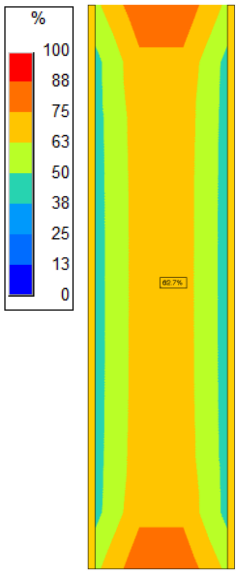
FOTOMETRÍA



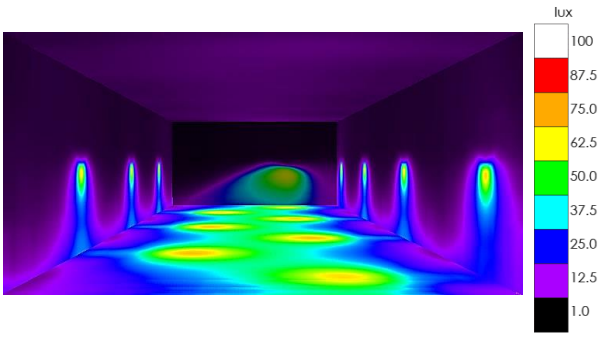
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



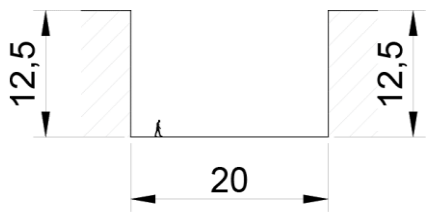
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	63%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	8,94%
% EFS TOTAL	**8,9%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**7899,84**

CASO 3

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	12,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	12,5
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

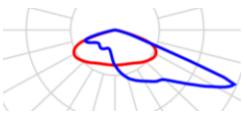
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

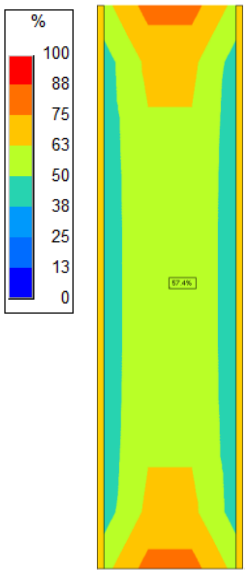
FOTOMETRÍA



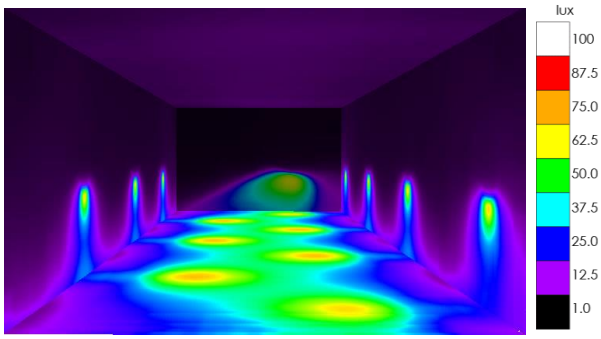
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



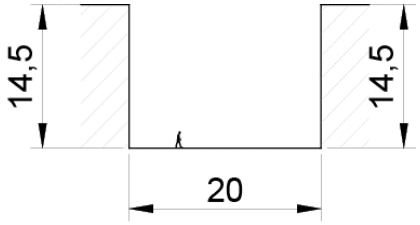
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	57%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	7,98%
% EFS TOTAL	**8,0%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**7055,84**

CASO 4

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	0,7
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

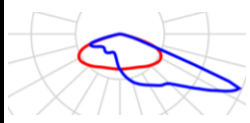
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

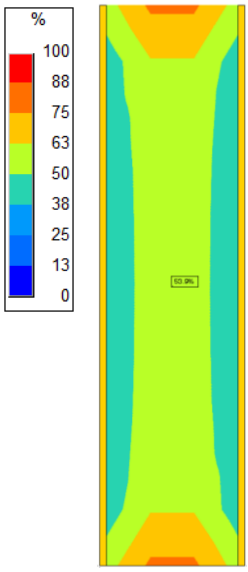
FOTOMETRÍA



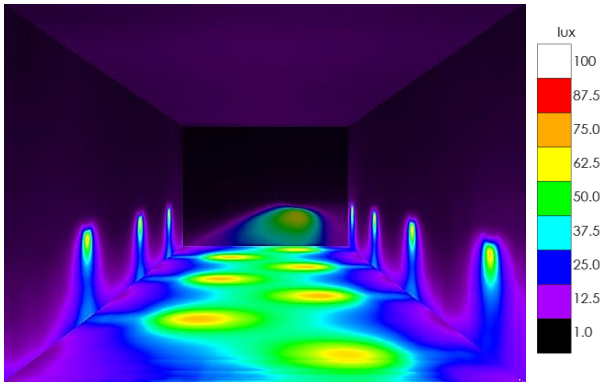
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



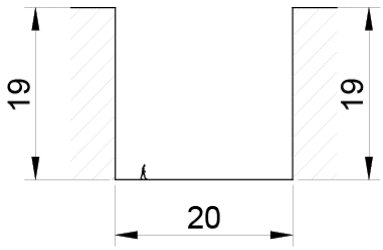
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	54%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	7,29%
% EFS TOTAL	**7,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6448,16**

CASO 5

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	1,0
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

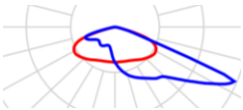
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

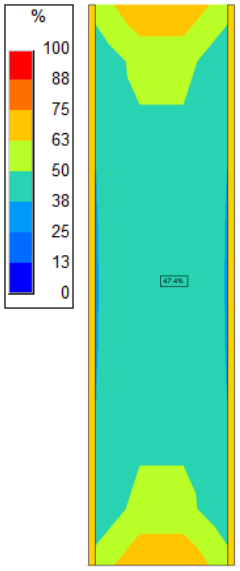
FOTOMETRÍA



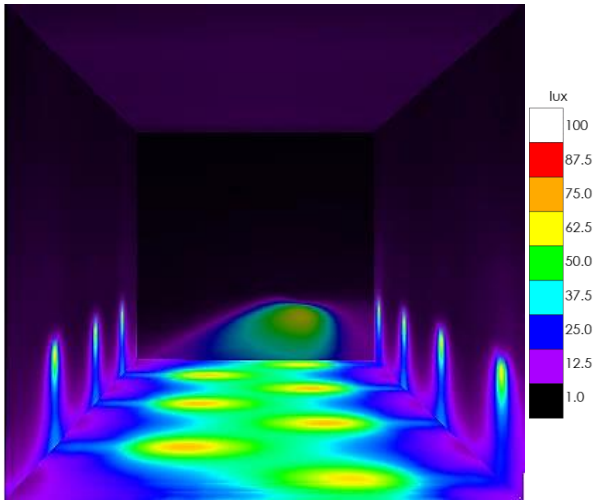
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



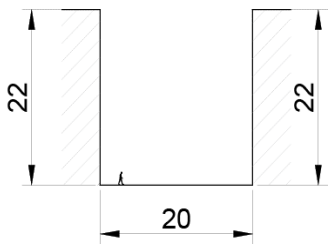
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	47%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	6,05%
% EFS TOTAL	**6,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5350,96**

CASO 6

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	22
ALTURA FACHADA 2 (m)	22
H/W	1,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

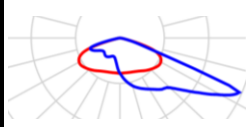
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

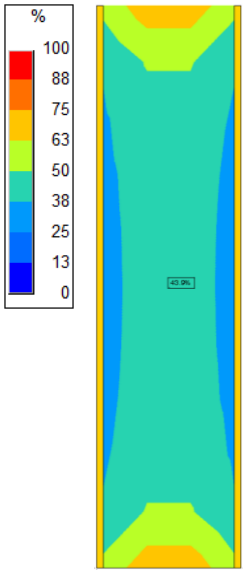
FOTOMETRÍA



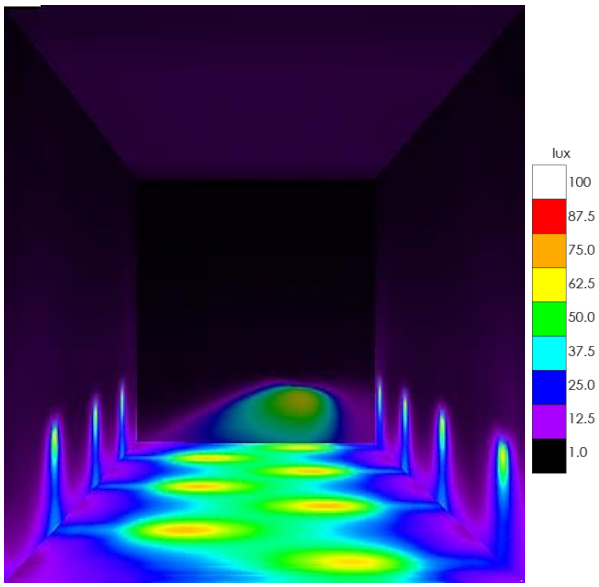
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

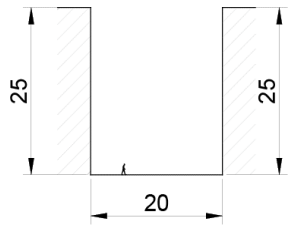


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	44%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	5,37%
% EFS TOTAL	**5,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4743,28**

CASO 7

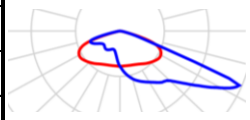
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	25	
ALTURA FACHADA 2 (m)	25	
H/W	1,3	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



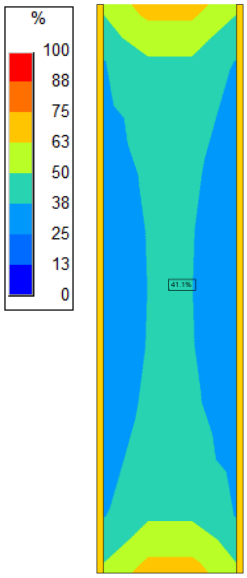
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628		
%FHSi	0%		

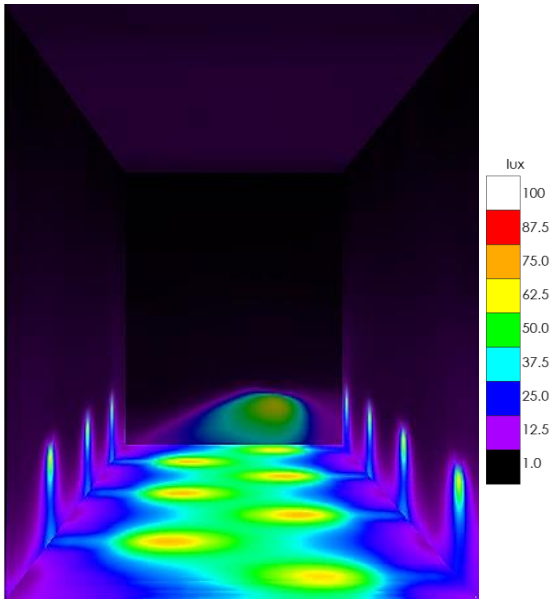


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



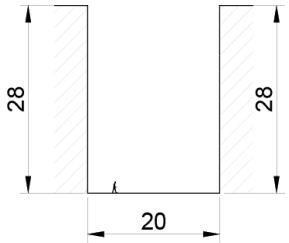
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	41%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	4,81%
% EFS TOTAL	**4,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4253,76**

CASO 8

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	28
ALTURA FACHADA 2 (m)	28
H/W	1,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

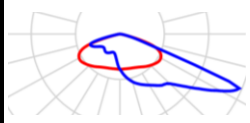
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

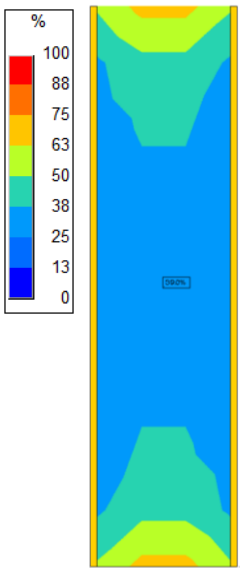
FOTOMETRÍA



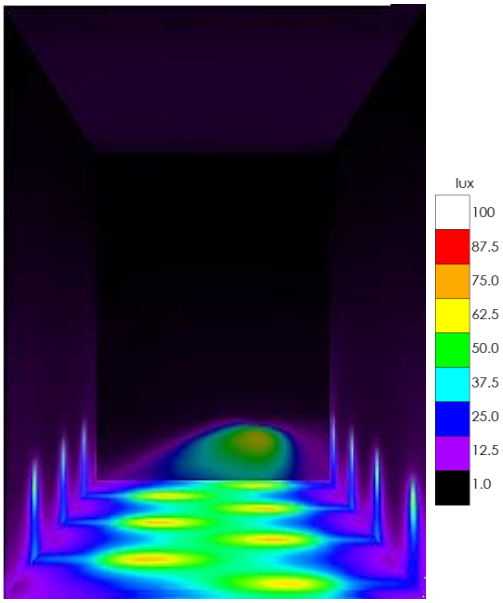
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



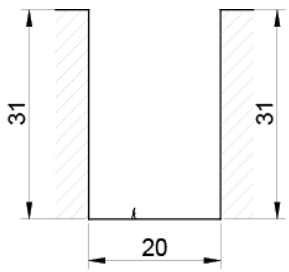
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	39%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	4,33%
% EFS TOTAL	**4,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3831,76**

CASO 9

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	1,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

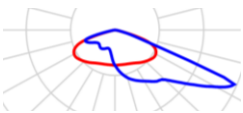
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

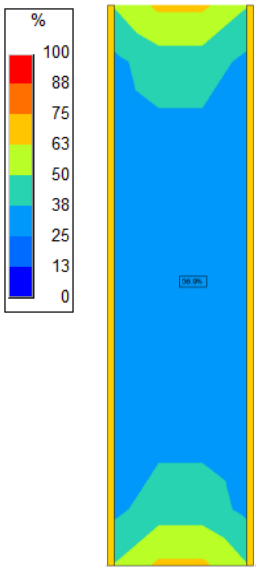
FOTOMETRÍA



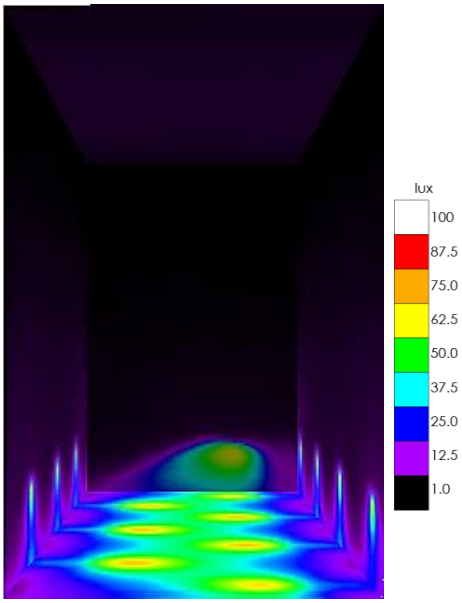
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

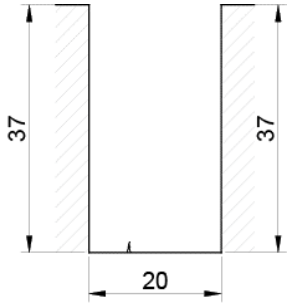


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	37%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	3,91%
% EFS TOTAL	**3,9%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3460,40**

CASO 10

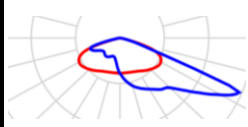
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	37	
ALTURA FACHADA 2 (m)	37	
H/W	1,9	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



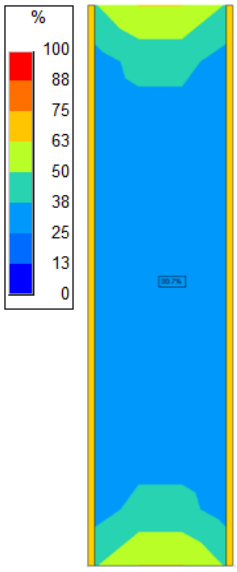
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628		
%FHSi	0%		

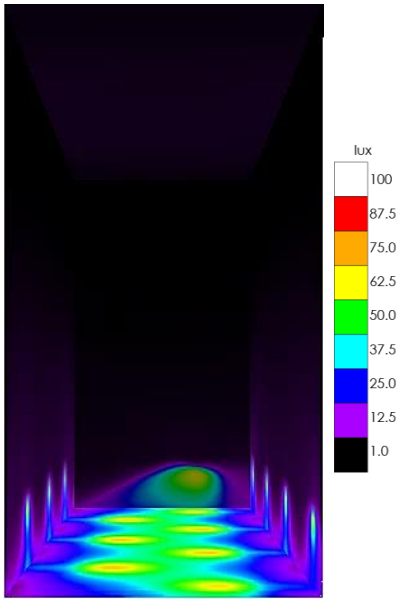


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



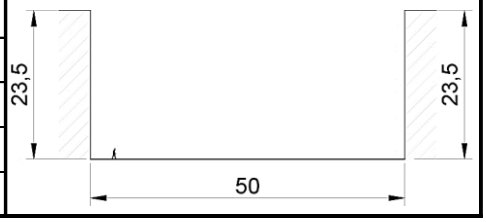
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	34%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	3,23%
% EFS TOTAL	**3,2%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2852,72**

CASO 11

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	50
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	0,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

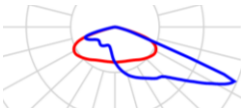
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

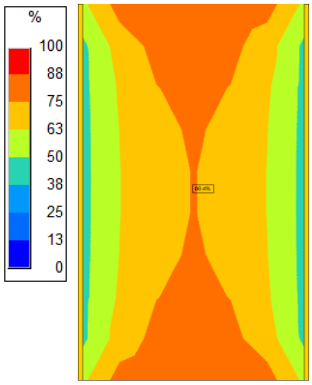
FOTOMETRÍA



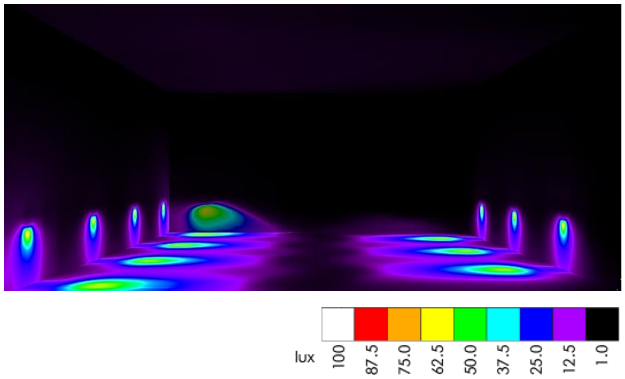
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



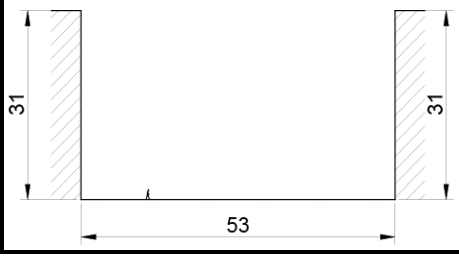
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	15
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,72
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	68%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	8,02%
% EFS TOTAL	**8,0%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**7089,60**

CASO 12

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	53
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

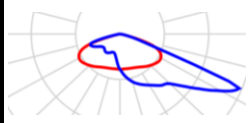
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

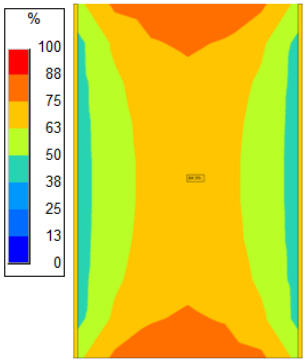
FOTOMETRÍA



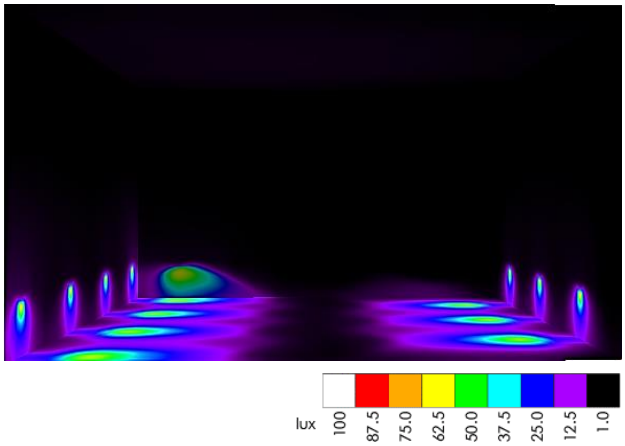
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



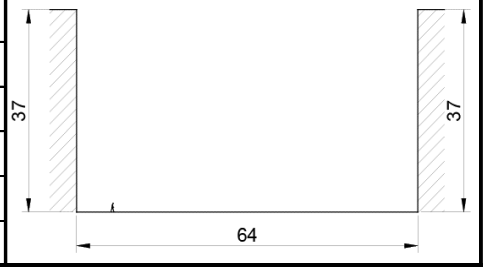
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	14
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,71
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	64%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	7,08%
% EFS TOTAL	**7,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6262,48**

CASO 13

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	64
ALTURA FACHADA 1 (m)	37
ALTURA FACHADA 2 (m)	37
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

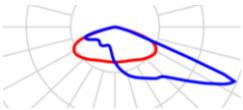
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

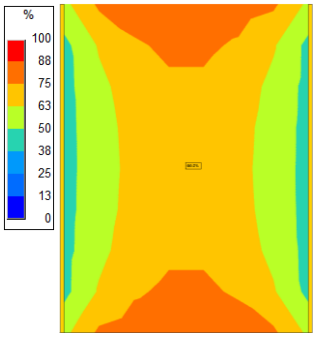
FOTOMETRÍA



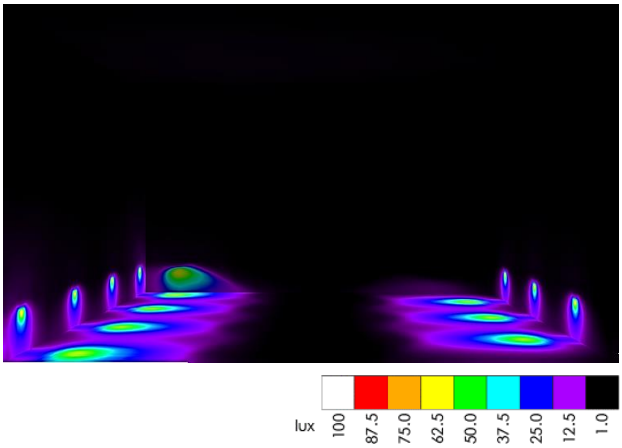
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



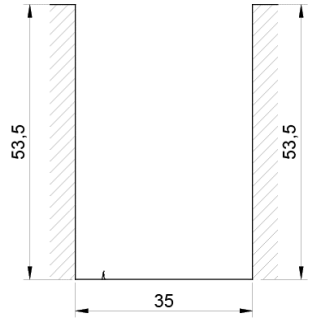
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	12
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,73
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	66%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	6,72%
% EFS TOTAL	**6,7%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5941,76**

CASO 14

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	35
ALTURA FACHADA 1 (m)	53,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	53,5
H/W	1,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

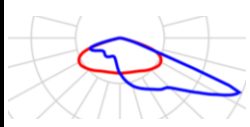
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

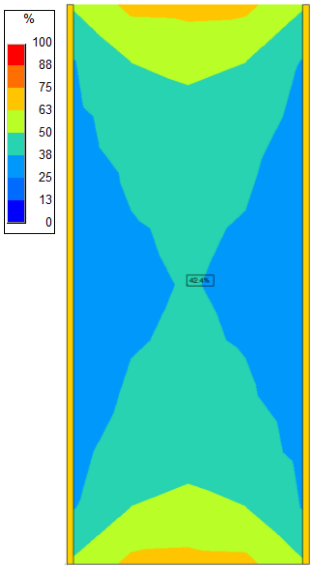
FOTOMETRÍA



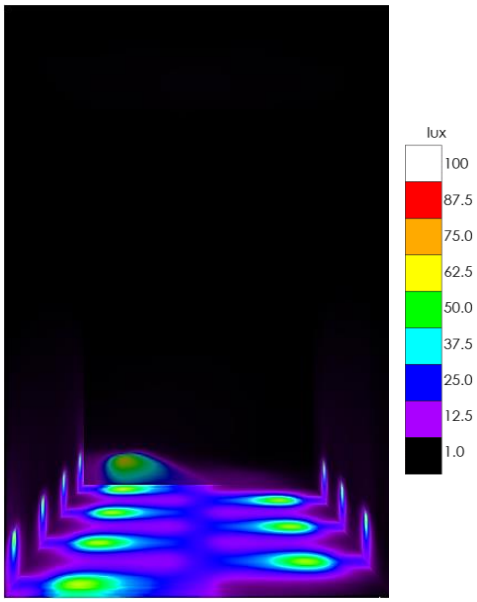
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



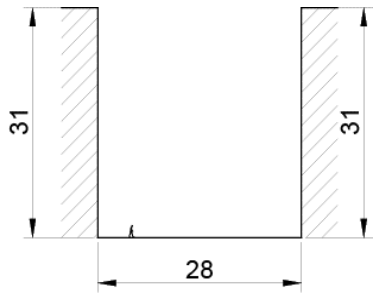
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,74
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	42%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	3,54%
% EFS TOTAL	**3,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3131,24**

CASO 15

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	28
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	1,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

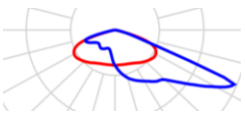
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

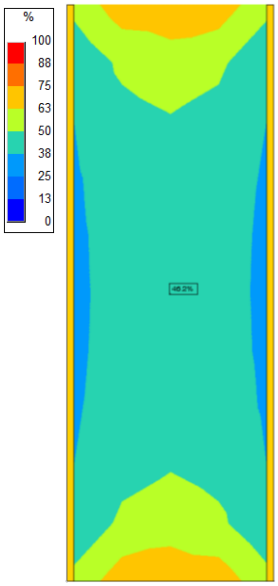
FOTOMETRÍA



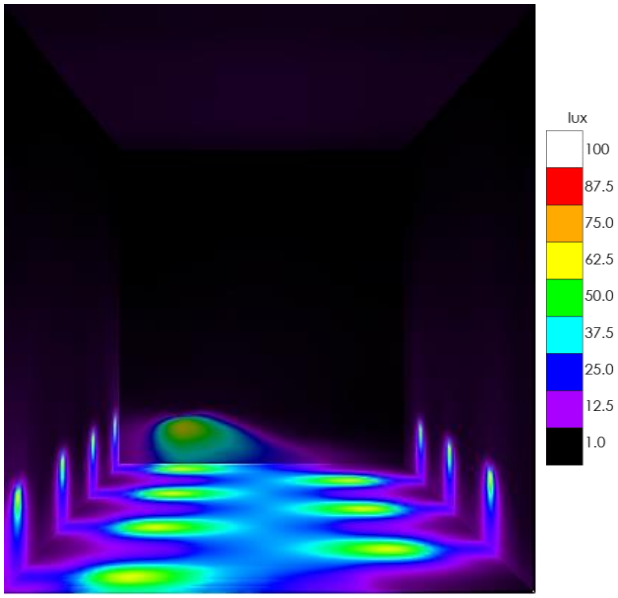
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

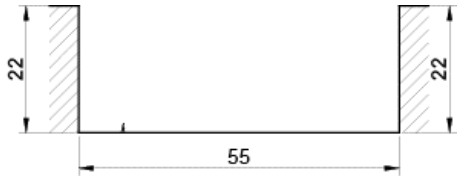


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	27
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,72
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	46%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	5,16%
% EFS TOTAL	**5,2%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4560,98**

CASO 16

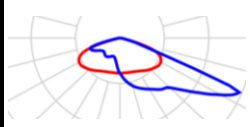
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	55	
ALTURA FACHADA 1 (m)	22	
ALTURA FACHADA 2 (m)	22	
H/W	0,4	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



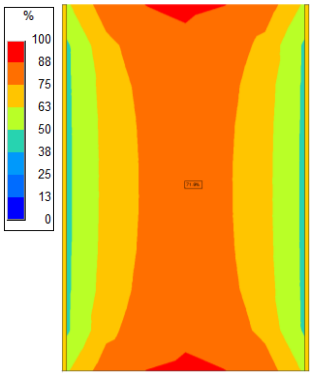
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628		
%FHSi	0%		

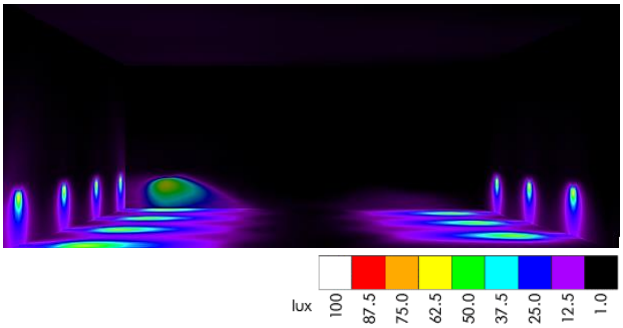


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



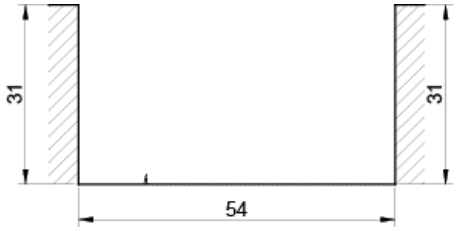
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	14
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,74
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	72%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	8,40%
% EFS TOTAL	**8,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**7427,20**

CASO 17

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	54
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

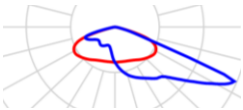
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

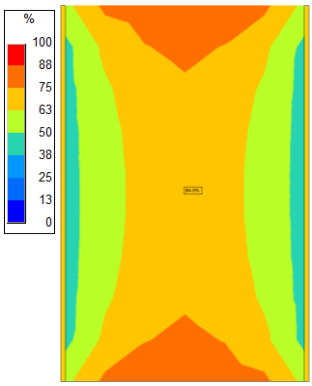
FOTOMETRÍA



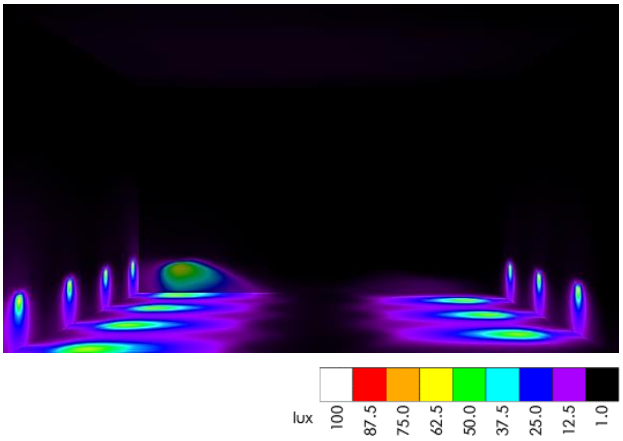
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



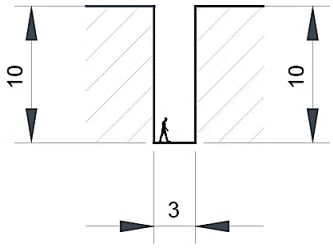
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	14
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,72
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	65%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	7,12%
% EFS TOTAL	**7,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6289,49**

CASO 18

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	3
ALTURA FACHADA 1 (m)	10
ALTURA FACHADA 2 (m)	10
H/W	3,3
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

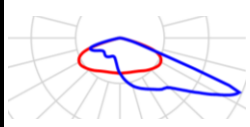
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

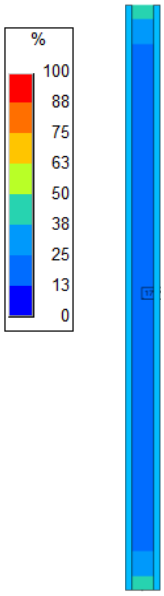
FOTOMETRÍA



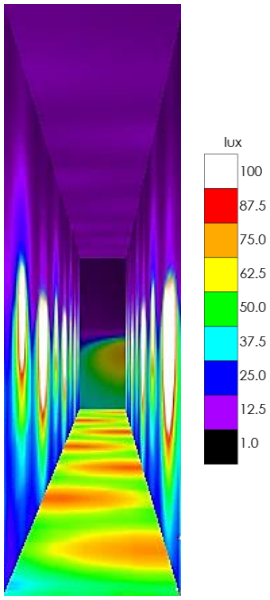
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



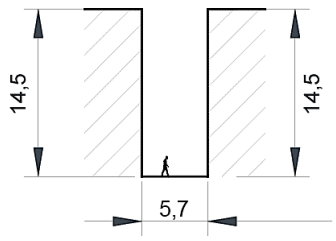
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	63
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,18
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	2,14%
% EFS TOTAL	**2,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1893,94**

CASO 19

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,7
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	2,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

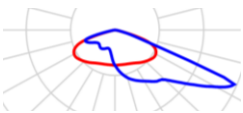
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	16400
%FHSi	0%

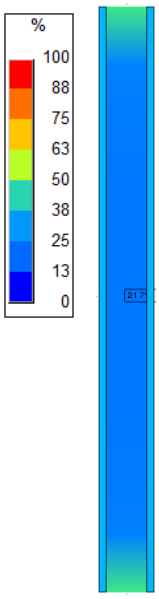
FOTOMETRÍA



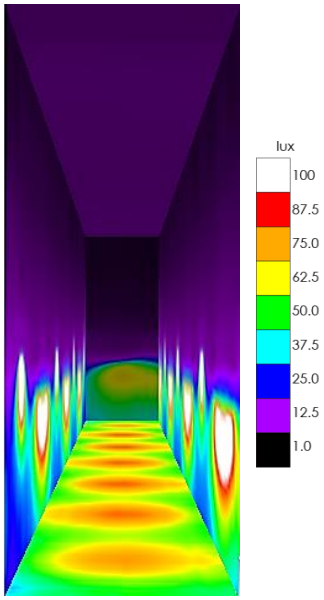
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



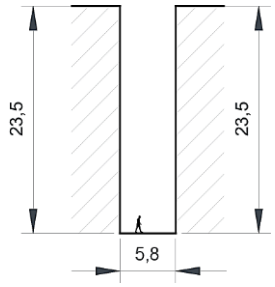
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	63
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,3
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	22%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	1,86%
% EFS TOTAL	**1,9%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2131,18**

CASO 20

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	4,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

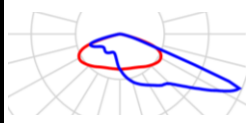
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

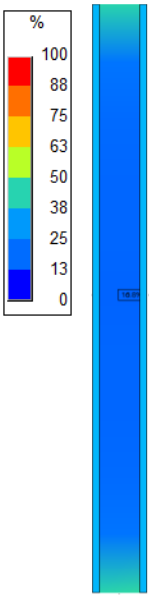
FOTOMETRÍA



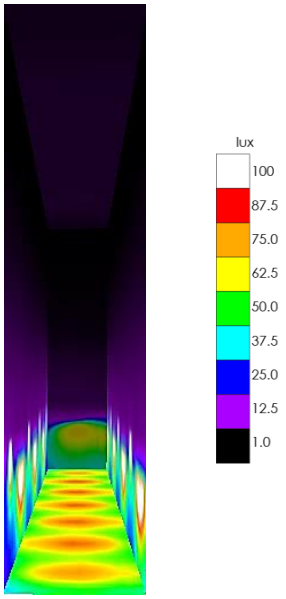
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



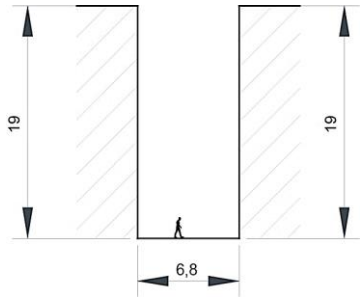
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	62
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,34
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	1,16%
% EFS TOTAL	**1,2%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1023,10**

CASO 21

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	6,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,8
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

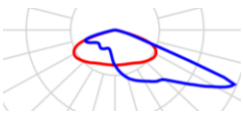
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	1
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,44
FLUJO LÁMPARA (lm)	12628
%FHSi	0%

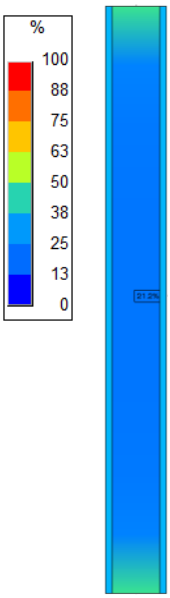
FOTOMETRÍA



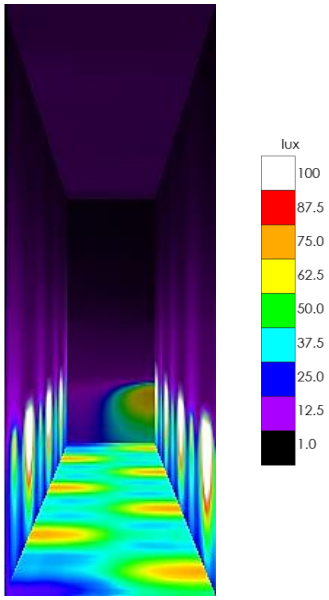
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



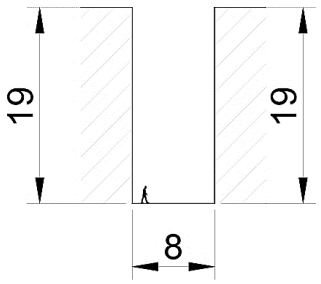
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	45
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,29
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	21%
% EFS DIRECTA	0,00%
% EFS INDIRECTA	1,98%
% EFS TOTAL	**2,0%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1750,46**

CASO 1

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

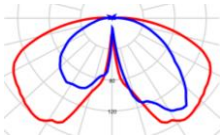
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

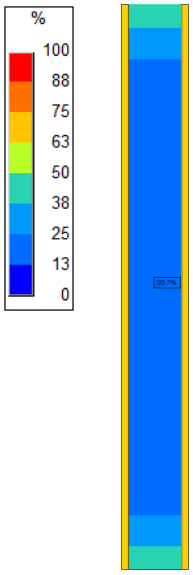
FOTOMETRÍA



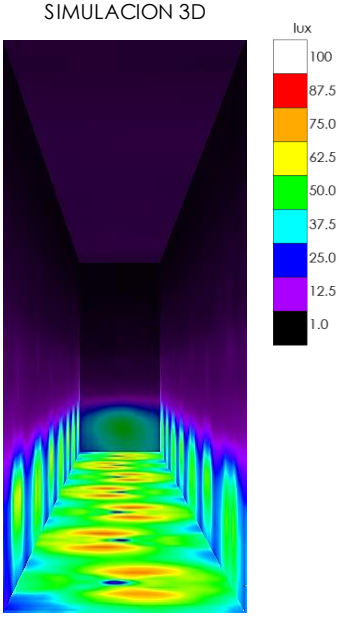
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

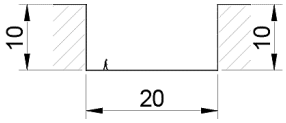


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	52
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,48
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	24%
% EFS DIRECTA	0,10%
% EFS INDIRECTA	2,65%
% EFS TOTAL	**2,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2032,35**

CASO 2

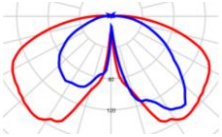
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	10	
ALTURA FACHADA 2 (m)	10	
H/W	0,5	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



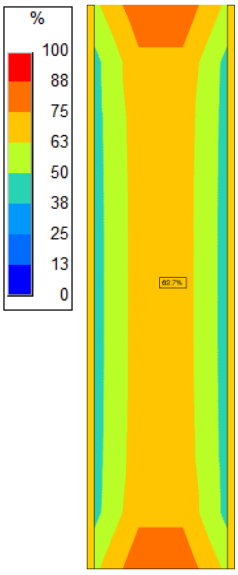
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540		
%FHSi	8%		

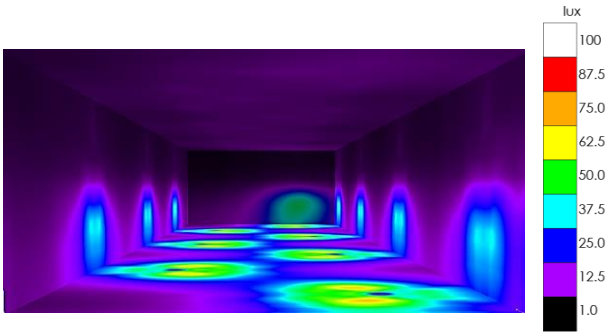


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



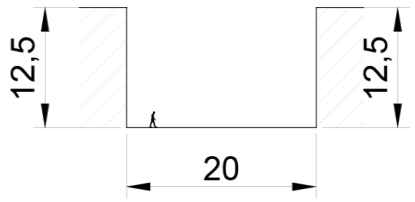
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	63%
% EFS DIRECTA	0,53%
% EFS INDIRECTA	9,01%
% EFS TOTAL	**9,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**7038,96**

CASO 3

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	12,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	12,5
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

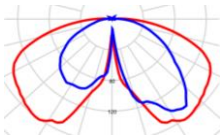
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

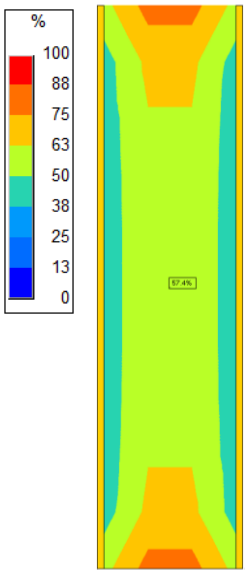
FOTOMETRÍA



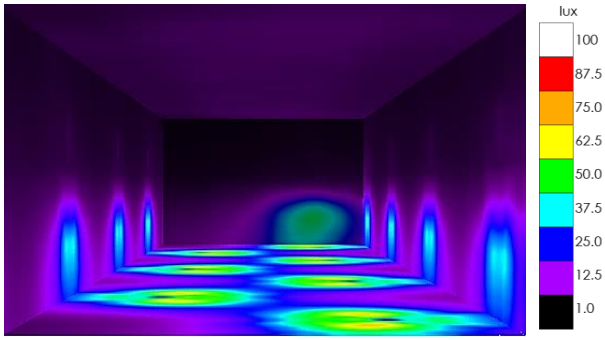
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



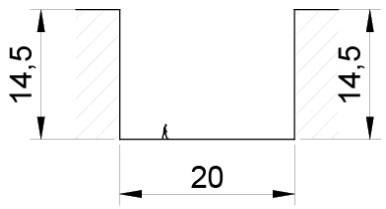
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	57%
% EFS DIRECTA	0,39%
% EFS INDIRECTA	8,10%
% EFS TOTAL	**8,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6262,48**

CASO 4

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	0,7
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

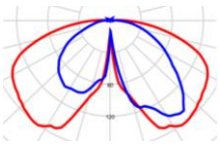
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

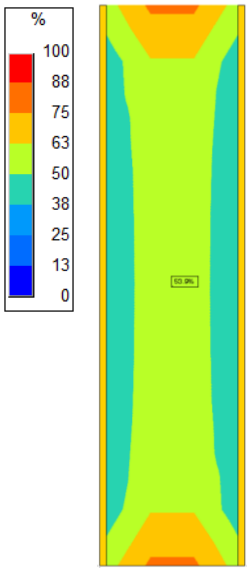
FOTOMETRÍA



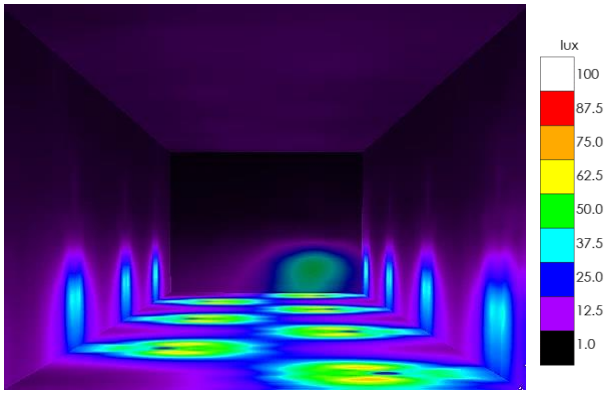
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



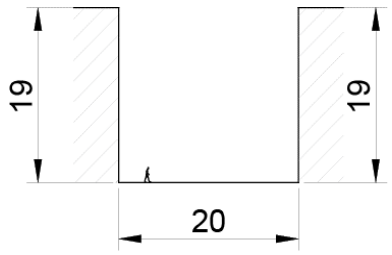
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	54%
% EFS DIRECTA	0,32%
% EFS INDIRECTA	7,41%
% EFS TOTAL	**7,7%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5705,44**

CASO 5

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	1,0
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

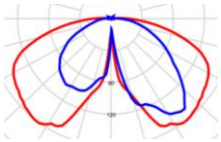
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

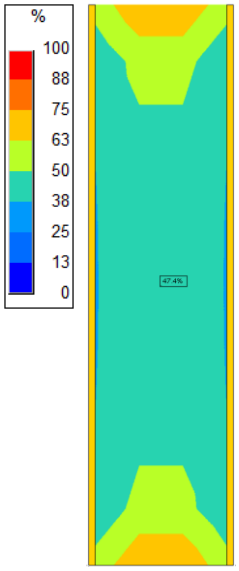
FOTOMETRÍA



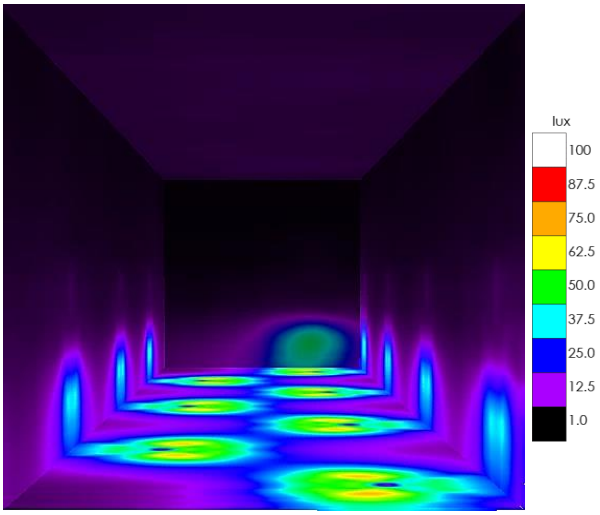
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



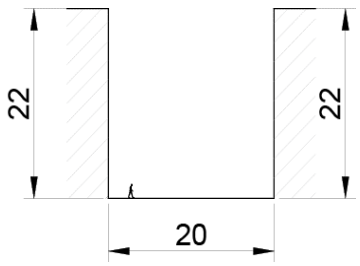
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	47%
% EFS DIRECTA	0,21%
% EFS INDIRECTA	6,20%
% EFS TOTAL	**6,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4726,40**

CASO 6

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	22
ALTURA FACHADA 2 (m)	22
H/W	1,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

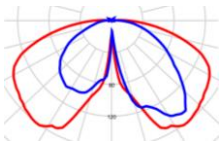
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

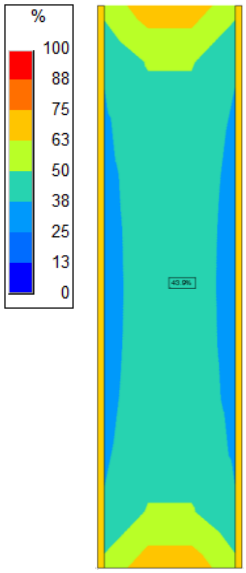
FOTOMETRÍA



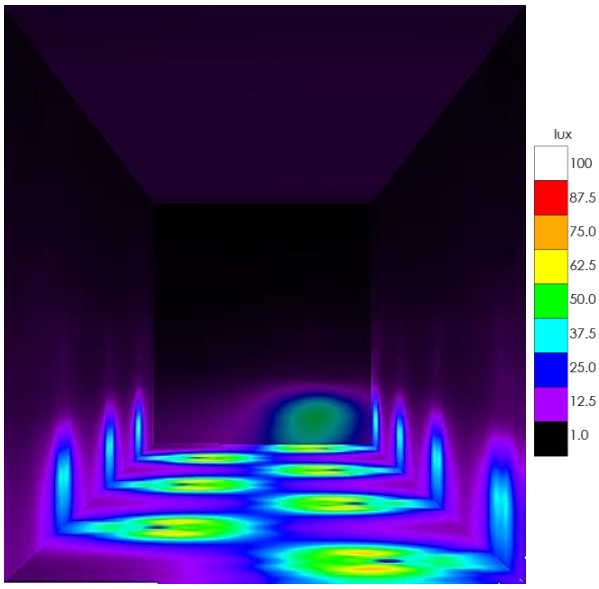
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

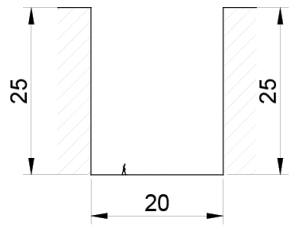


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	44%
% EFS DIRECTA	0,16%
% EFS INDIRECTA	5,49%
% EFS TOTAL	**5,7%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4169,36**

CASO 7

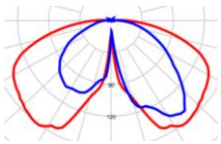
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	25	
ALTURA FACHADA 2 (m)	25	
H/W	1,3	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



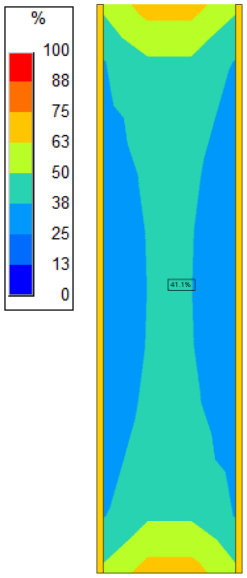
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540		
%FHSi	8%		

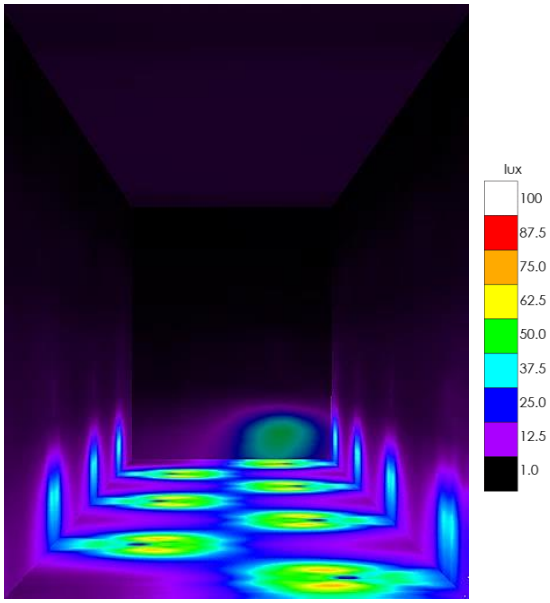


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



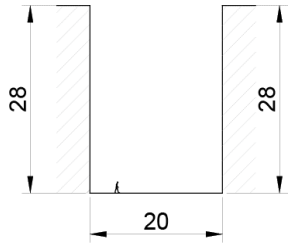
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	41%
% EFS DIRECTA	0,14%
% EFS INDIRECTA	4,90%
% EFS TOTAL	**5,0%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3713,60**

CASO 8

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	28
ALTURA FACHADA 2 (m)	28
H/W	1,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

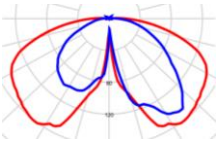
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

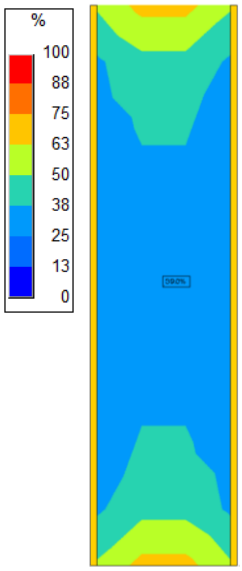
FOTOMETRÍA



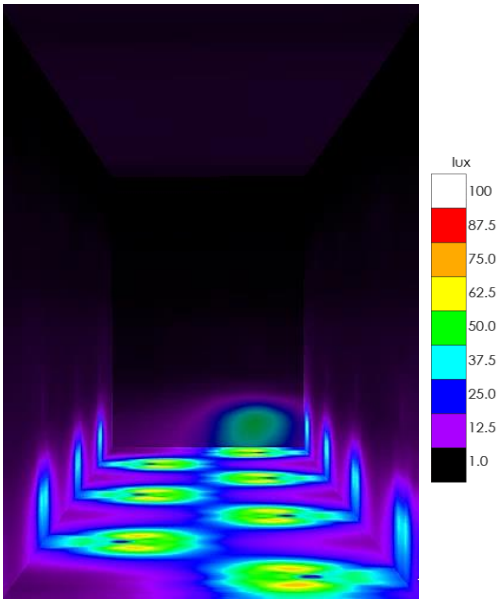
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

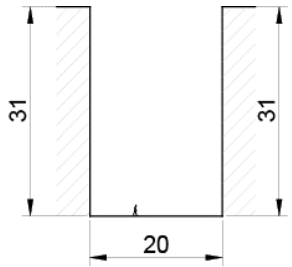


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	39%
% EFS DIRECTA	0,11%
% EFS INDIRECTA	4,39%
% EFS TOTAL	**4,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3325,36**

CASO 9

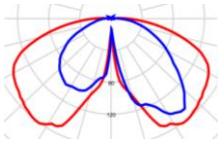
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	31	
ALTURA FACHADA 2 (m)	31	
H/W	1,6	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



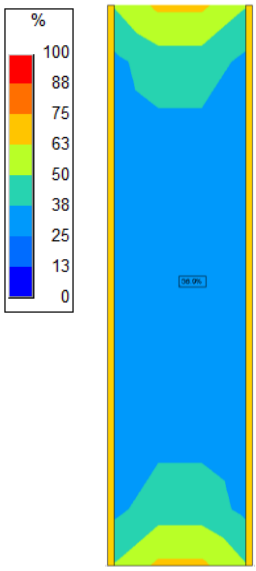
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540		
%FHSi	8%		

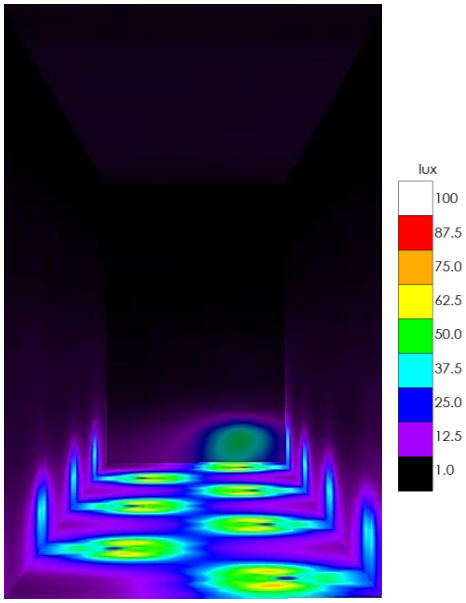


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



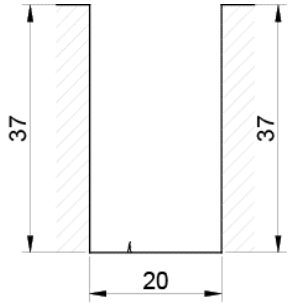
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	37%
% EFS DIRECTA	0,09%
% EFS INDIRECTA	3,98%
% EFS TOTAL	**4,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3004,64**

CASO 10

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	37
ALTURA FACHADA 2 (m)	37
H/W	1,9
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

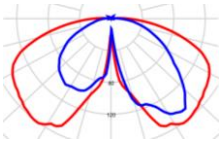
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

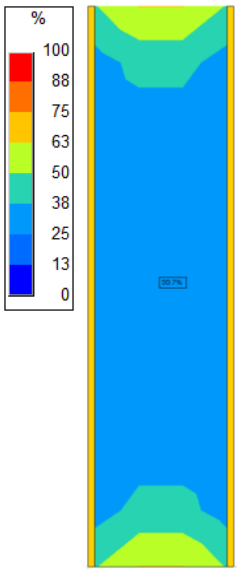
FOTOMETRÍA



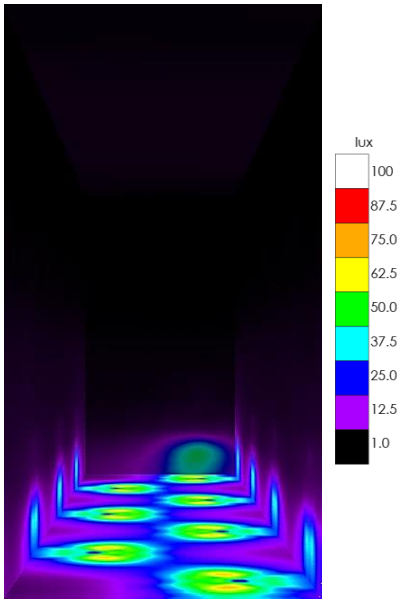
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



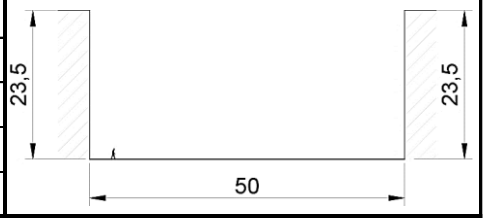
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	28
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,64
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	34%
% EFS DIRECTA	0,07%
% EFS INDIRECTA	3,27%
% EFS TOTAL	**3,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2464,48**

CASO 11

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	50
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	0,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

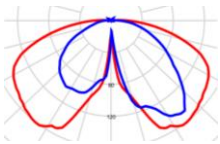
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

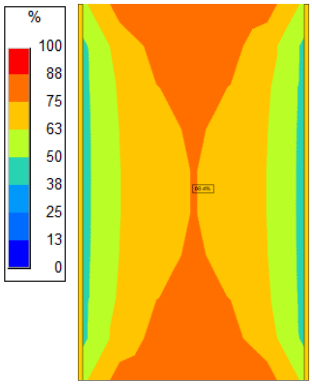
FOTOMETRÍA



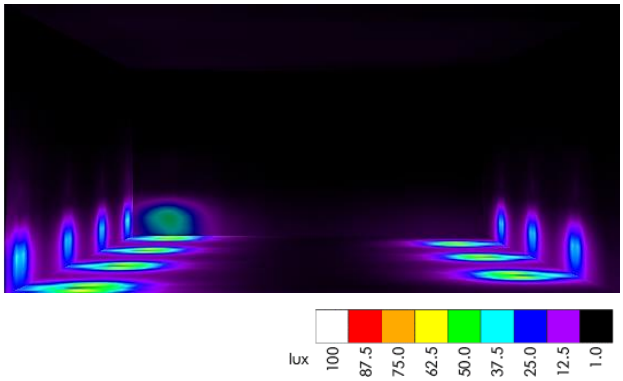
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



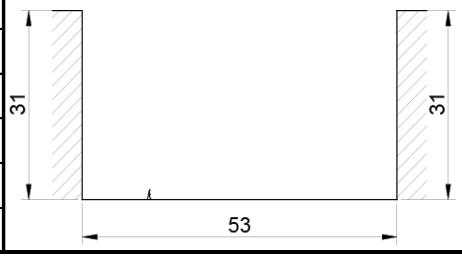
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	12
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	68%
% EFS DIRECTA	0,29%
% EFS INDIRECTA	8,06%
% EFS TOTAL	**8,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6161,20**

CASO 12

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	53
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

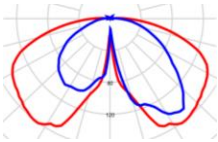
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

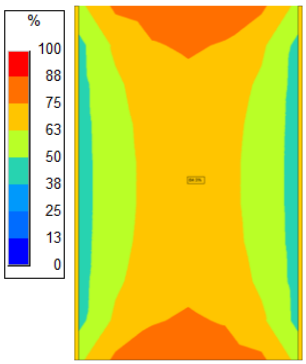
FOTOMETRÍA



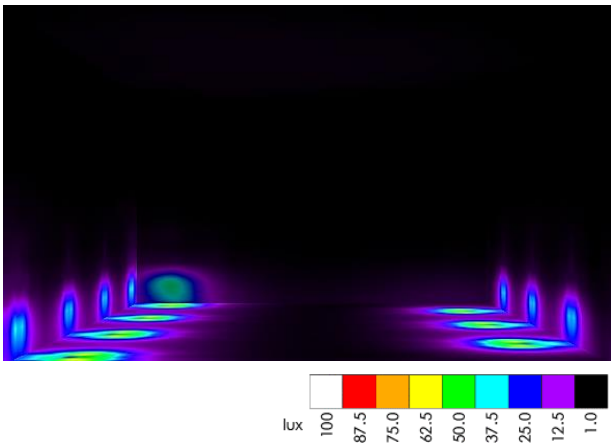
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



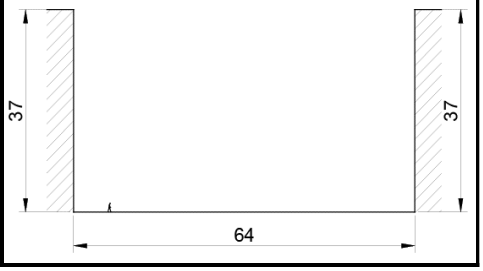
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	11
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,67
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	64%
% EFS DIRECTA	0,18%
% EFS INDIRECTA	7,21%
% EFS TOTAL	**7,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5457,30**

CASO 13

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	64
ALTURA FACHADA 1 (m)	37
ALTURA FACHADA 2 (m)	37
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

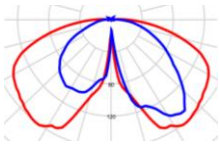
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

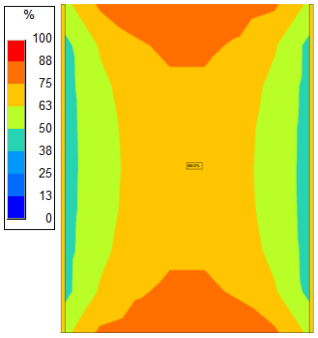
FOTOMETRÍA



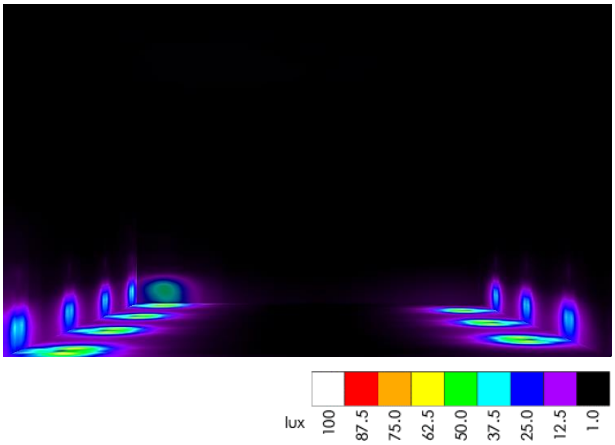
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



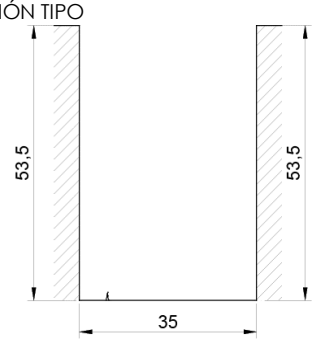
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	9,21
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,67
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	66%
% EFS DIRECTA	0,15%
% EFS INDIRECTA	6,96%
% EFS TOTAL	**7,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5239,55**

CASO 14

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	35
ALTURA FACHADA 1 (m)	53,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	53,5
H/W	1,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

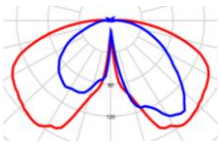
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

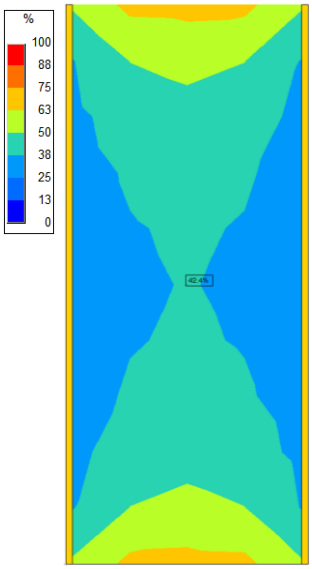
FOTOMETRÍA



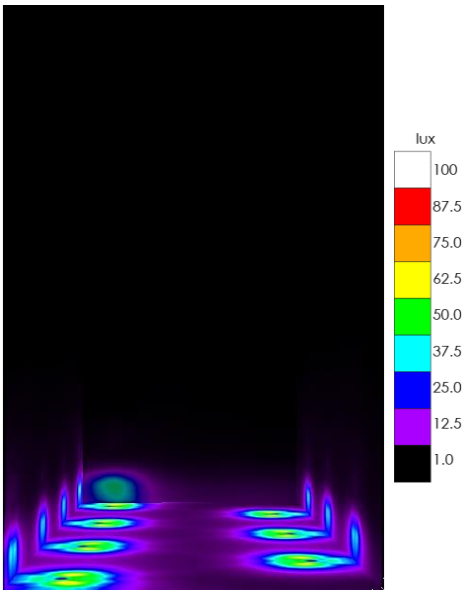
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



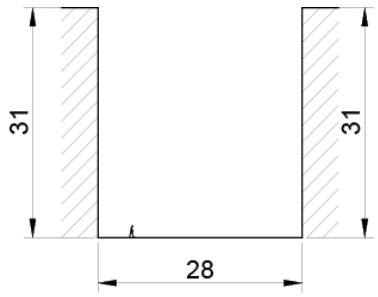
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	17
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,68
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	42%
% EFS DIRECTA	0,04%
% EFS INDIRECTA	3,60%
% EFS TOTAL	**3,6%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2688,14**

CASO 15

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	28
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	1,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

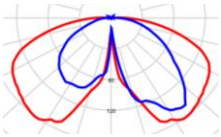
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

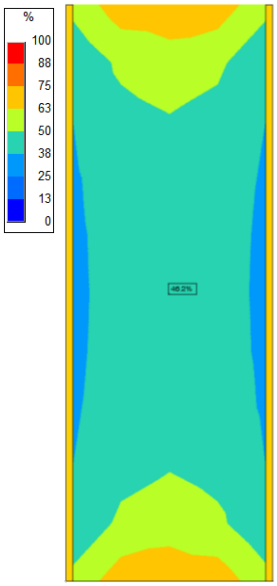
FOTOMETRÍA



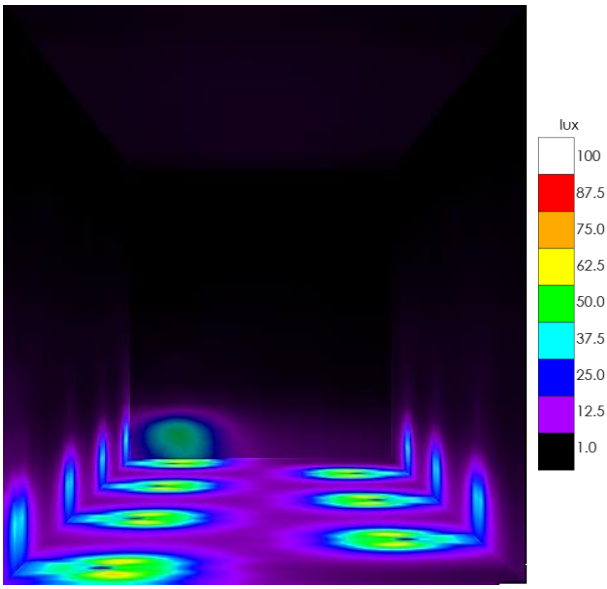
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



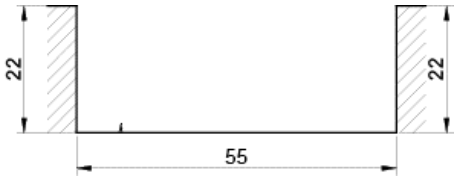
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	21
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,67
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	46%
% EFS DIRECTA	0,13%
% EFS INDIRECTA	5,22%
% EFS TOTAL	**5,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3946,54**

CASO 16

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	55
ALTURA FACHADA 1 (m)	22
ALTURA FACHADA 2 (m)	22
H/W	0,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

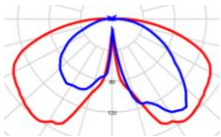
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

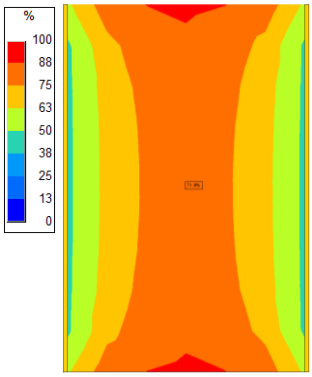
FOTOMETRÍA



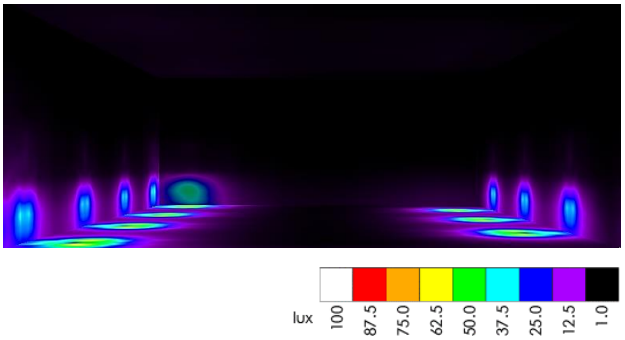
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

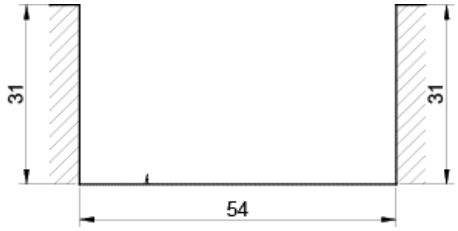


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	11
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,69
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	72%
% EFS DIRECTA	0,31%
% EFS INDIRECTA	8,43%
% EFS TOTAL	**8,7%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6452,38**

CASO 17

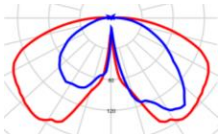
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	54	
ALTURA FACHADA 1 (m)	31	
ALTURA FACHADA 2 (m)	31	
H/W	0,6	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



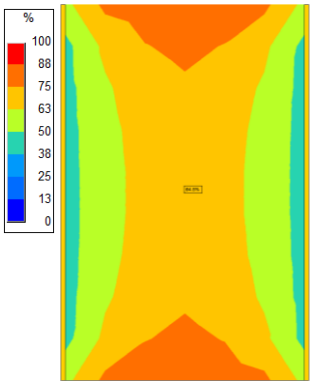
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540		
%FHSi	8%		

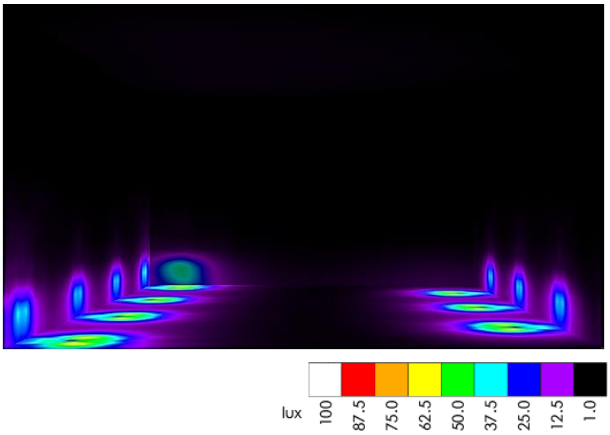


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



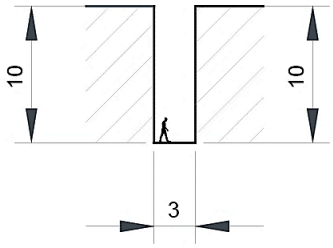
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	11
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,68
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	65%
% EFS DIRECTA	0,19%
% EFS INDIRECTA	7,23%
% EFS TOTAL	**7,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5469,12**

CASO 18

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	3
ALTURA FACHADA 1 (m)	10
ALTURA FACHADA 2 (m)	10
H/W	3,3
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

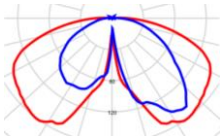
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

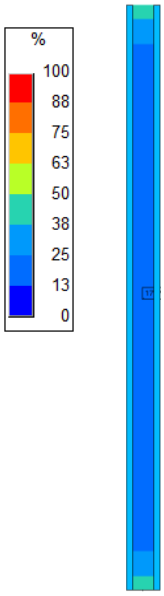
FOTOMETRÍA



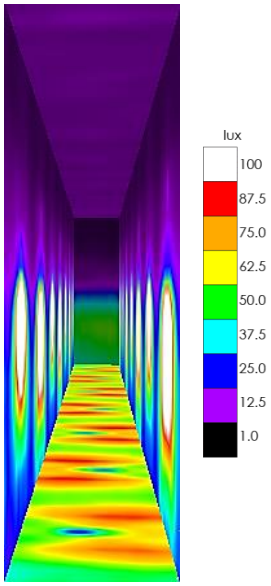
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



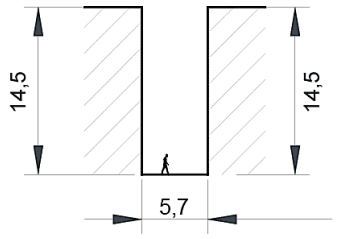
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	65
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,22
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,14%
% EFS INDIRECTA	1,92%
% EFS TOTAL	**2,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1516,67**

CASO 19

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,7
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	2,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

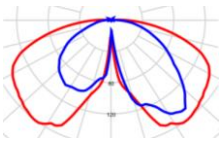
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

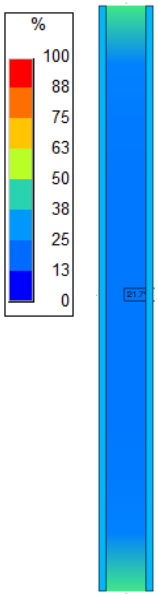
FOTOMETRÍA



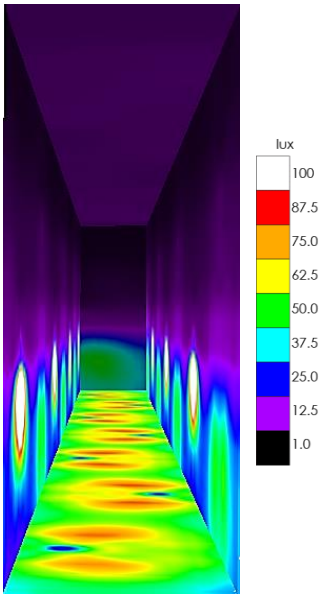
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



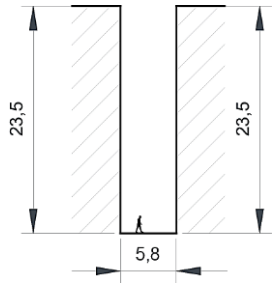
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	59
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,38
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	22%
% EFS DIRECTA	0,12%
% EFS INDIRECTA	2,50%
% EFS TOTAL	**2,6%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1929,13**

CASO 20

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	4,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

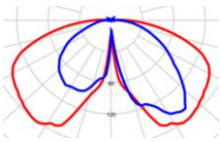
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

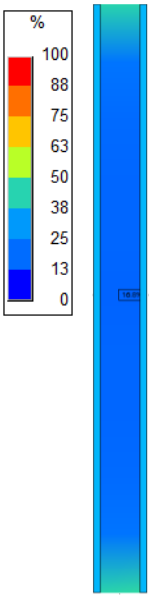
FOTOMETRÍA



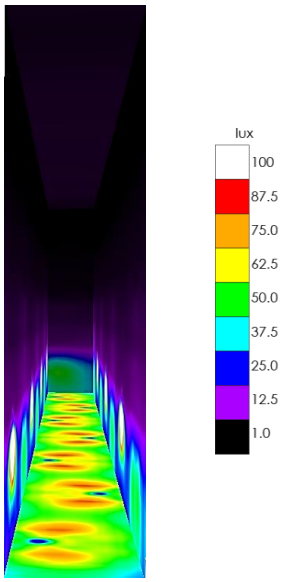
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



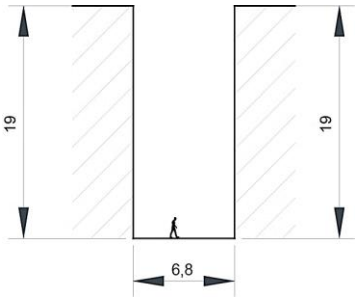
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	58
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,38
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,06%
% EFS INDIRECTA	1,21%
% EFS TOTAL	**1,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**939,88**

CASO 21

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	6,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,8
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

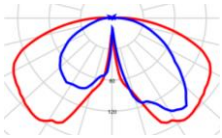
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	2
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,44
FLUJO LÁMPARA (lm)	10540
%FHSi	8%

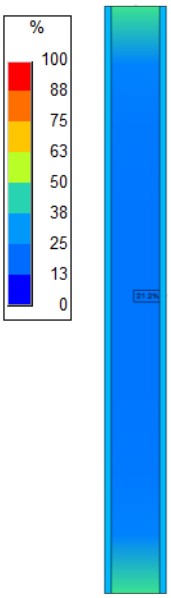
FOTOMETRÍA



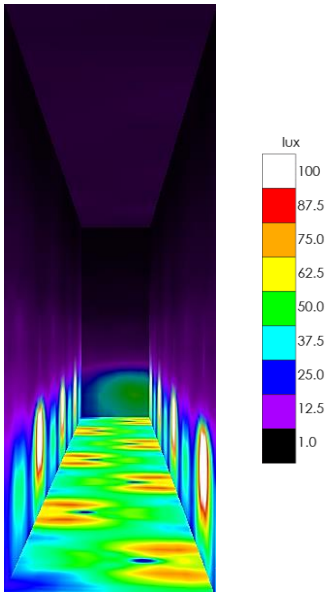
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



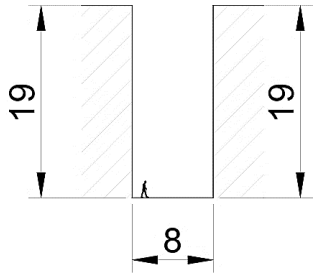
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	51
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,40
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	21%
% EFS DIRECTA	0,08%
% EFS INDIRECTA	2,07%
% EFS TOTAL	**2,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1584,02**

CASO 1

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

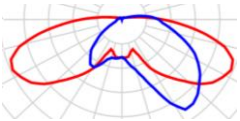
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

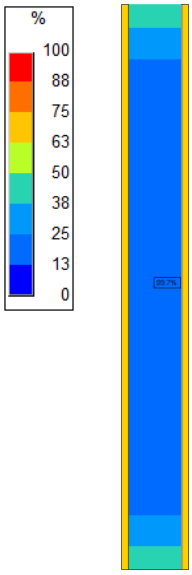
FOTOMETRÍA



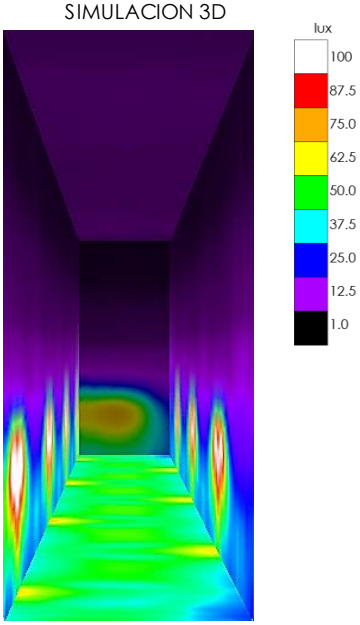
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

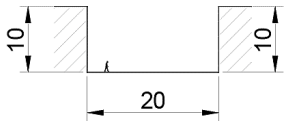


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	48
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,36
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	24%
% EFS DIRECTA	0,28%
% EFS INDIRECTA	2,83%
% EFS TOTAL	**3,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2815,58**

CASO 2

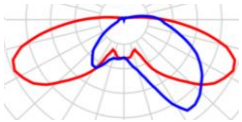
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	10	
ALTURA FACHADA 2 (m)	10	
H/W	0,5	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



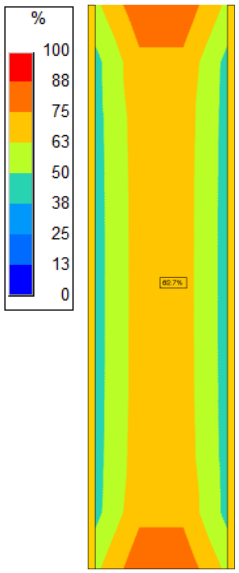
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920		
%FHSi	10%		

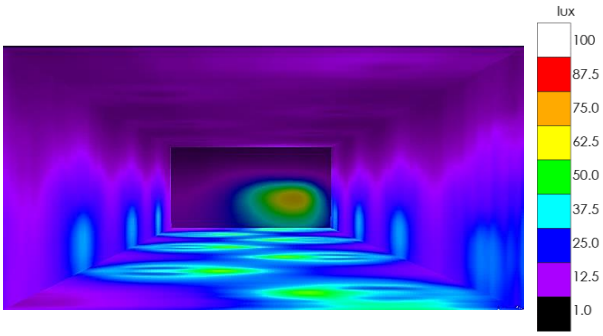


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



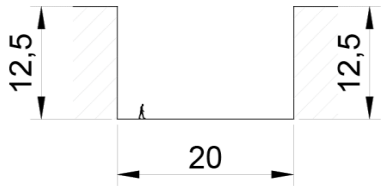
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	29
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	63%
% EFS DIRECTA	2,50%
% EFS INDIRECTA	9,91%
% EFS TOTAL	**12,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**11225,20**

CASO 3

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	12,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	12,5
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

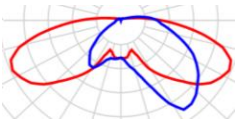
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

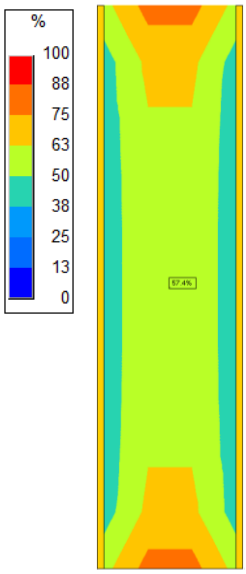
FOTOMETRÍA



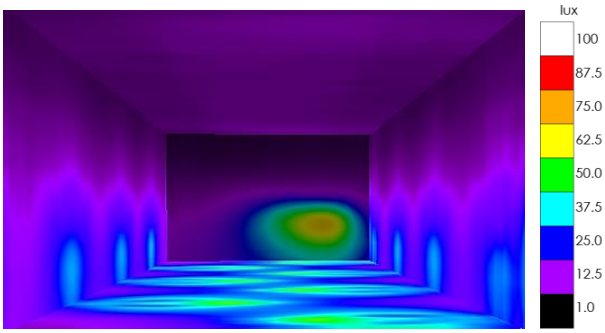
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



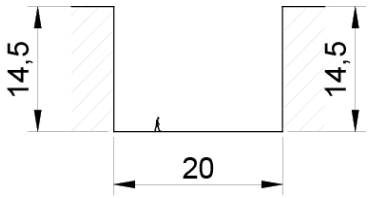
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	29
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	57%
% EFS DIRECTA	1,59%
% EFS INDIRECTA	9,03%
% EFS TOTAL	**10,6%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**9604,72**

CASO 4

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	0,7
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

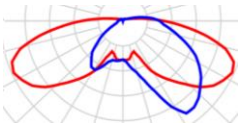
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

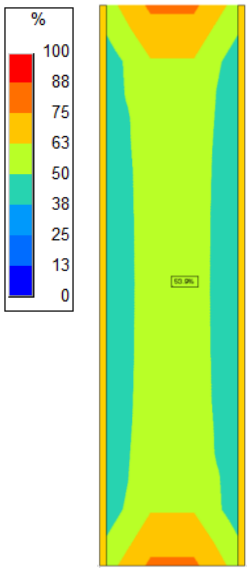
FOTOMETRÍA



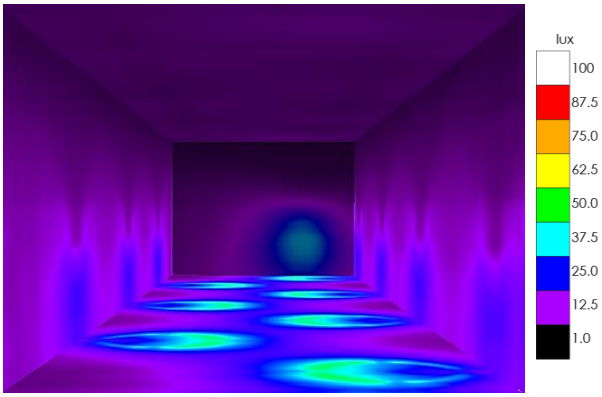
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



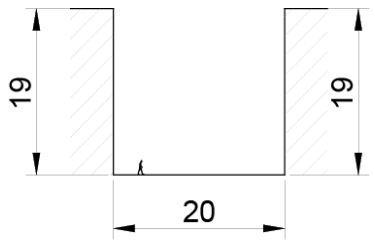
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	30
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,56
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	54%
% EFS DIRECTA	1,19%
% EFS INDIRECTA	8,32%
% EFS TOTAL	**9,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**8608,80**

CASO 5

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	1,0
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

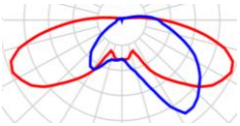
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

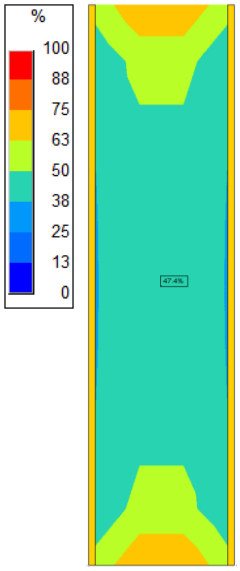
FOTOMETRÍA



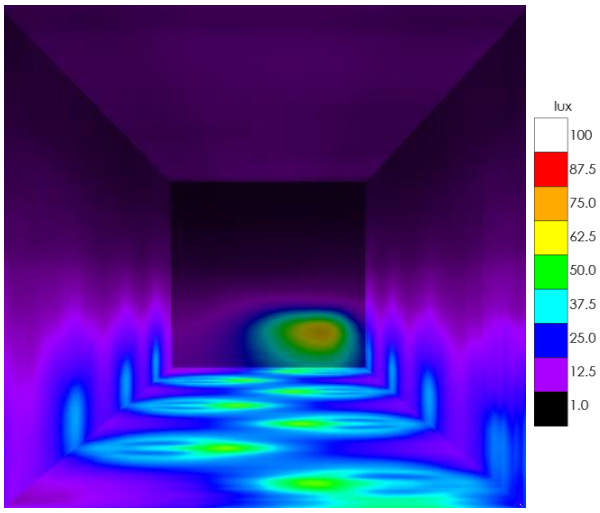
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

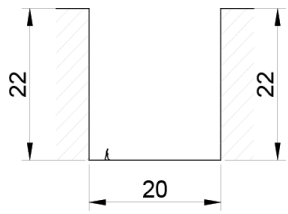


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	30
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,56
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	47%
% EFS DIRECTA	0,75%
% EFS INDIRECTA	6,96%
% EFS TOTAL	**7,7%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6971,44**

CASO 6

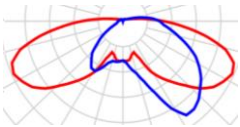
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	22	
ALTURA FACHADA 2 (m)	22	
H/W	1,1	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



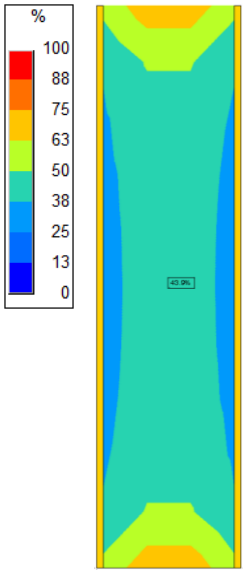
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920		
%FHSi	10%		

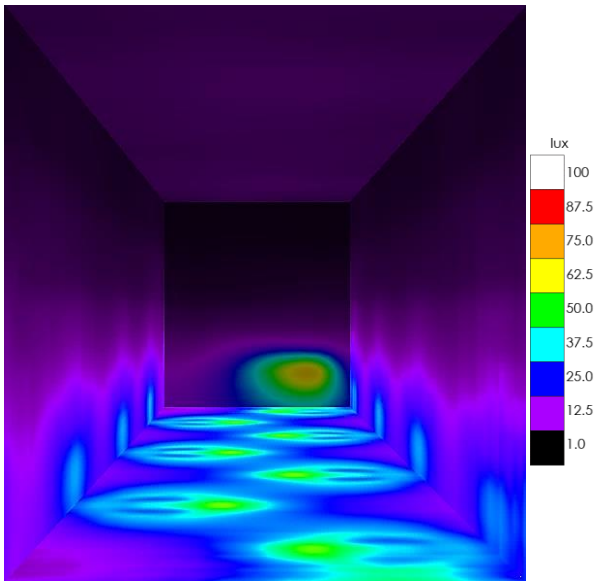


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



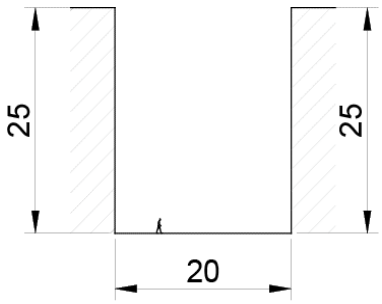
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	30
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,56
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	44%
% EFS DIRECTA	0,56%
% EFS INDIRECTA	6,20%
% EFS TOTAL	**6,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6110,56**

CASO 7

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	25
ALTURA FACHADA 2 (m)	25
H/W	1,3
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

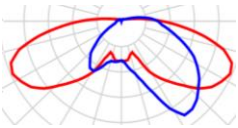
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

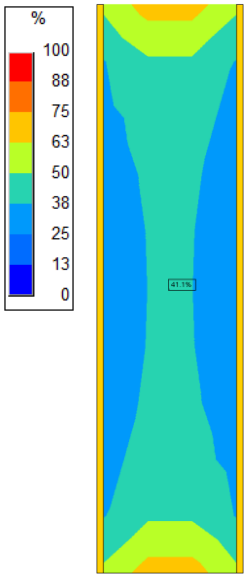
FOTOMETRÍA



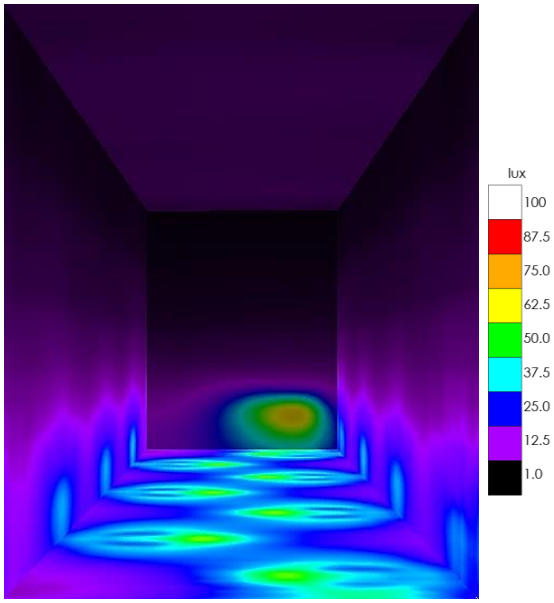
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



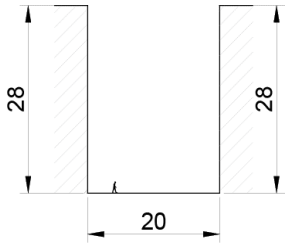
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	30
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,56
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	41%
% EFS DIRECTA	0,45%
% EFS INDIRECTA	5,49%
% EFS TOTAL	**5,9%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5367,84**

CASO 8

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	28
ALTURA FACHADA 2 (m)	28
H/W	1,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

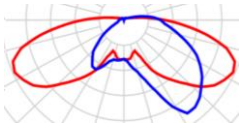
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

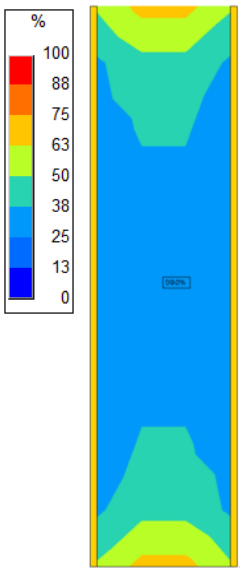
FOTOMETRÍA



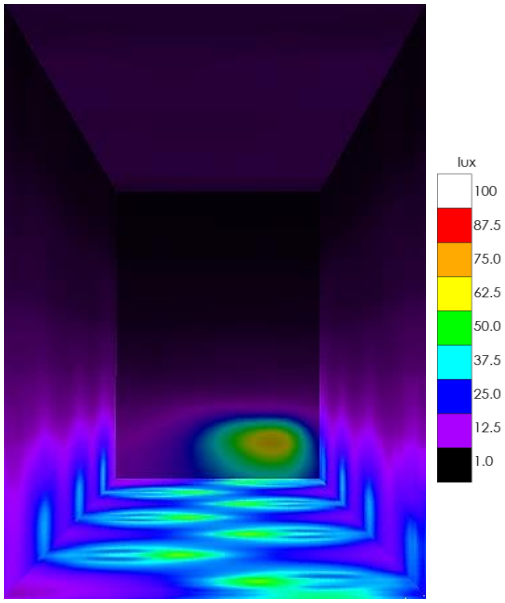
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

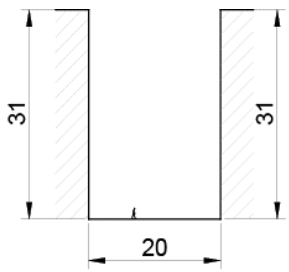


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	30
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,56
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	39%
% EFS DIRECTA	0,35%
% EFS INDIRECTA	4,91%
% EFS TOTAL	**5,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4760,16**

CASO 9

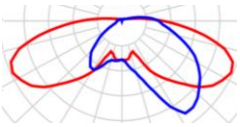
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	31	
ALTURA FACHADA 2 (m)	31	
H/W	1,6	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



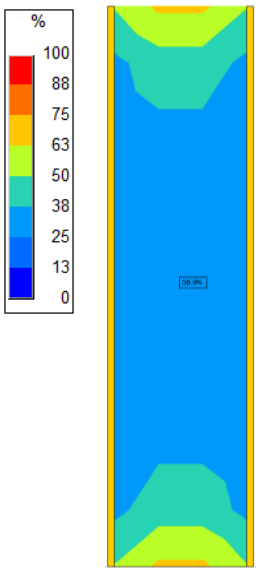
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920		
%FHSi	10%		

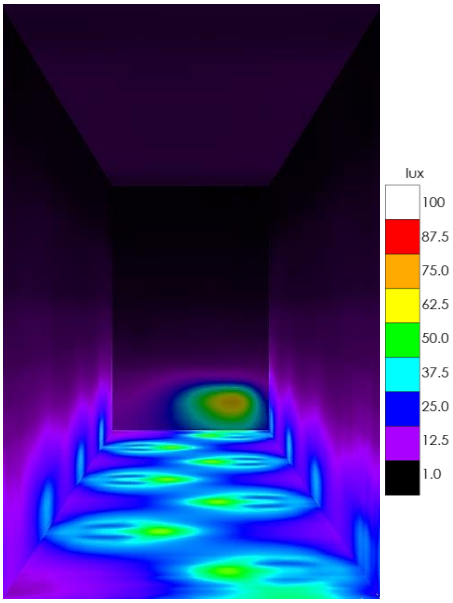


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



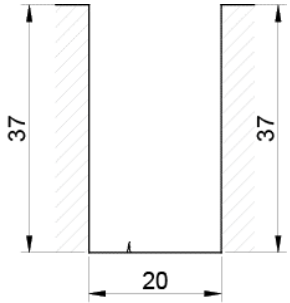
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	30
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,56
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	37%
% EFS DIRECTA	0,30%
% EFS INDIRECTA	4,42%
% EFS TOTAL	**4,7%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4270,64**

CASO 10

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	37
ALTURA FACHADA 2 (m)	37
H/W	1,9
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

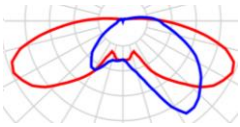
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

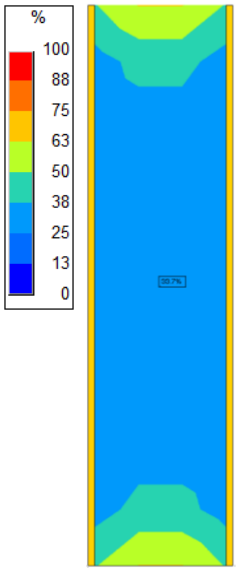
FOTOMETRÍA



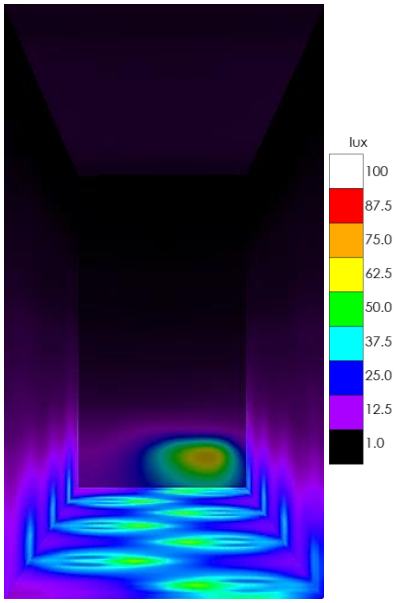
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



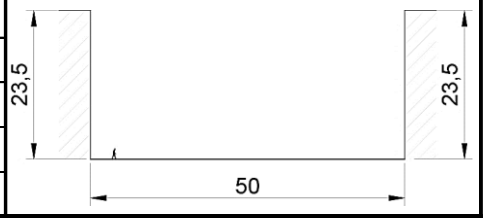
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	30
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,56
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	34%
% EFS DIRECTA	0,21%
% EFS INDIRECTA	3,62%
% EFS TOTAL	**3,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3460,40**

CASO 11

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	50
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	0,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

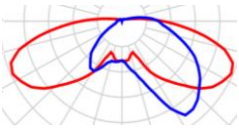
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

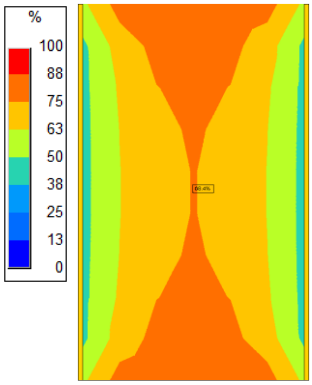
FOTOMETRÍA



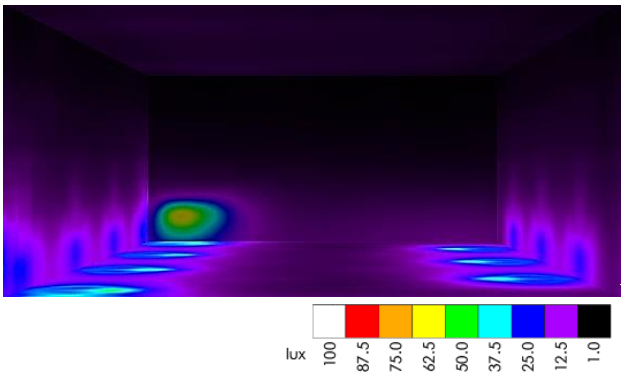
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



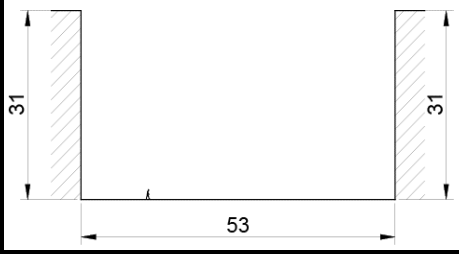
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	13
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,61
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	68%
% EFS DIRECTA	1,03%
% EFS INDIRECTA	9,52%
% EFS TOTAL	**10,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**9537,20**

CASO 12

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	53
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

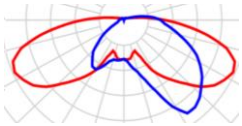
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

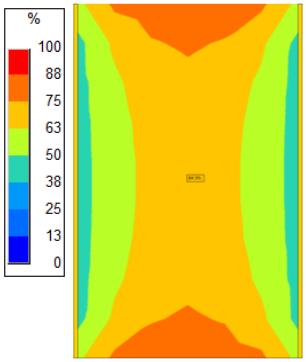
FOTOMETRÍA



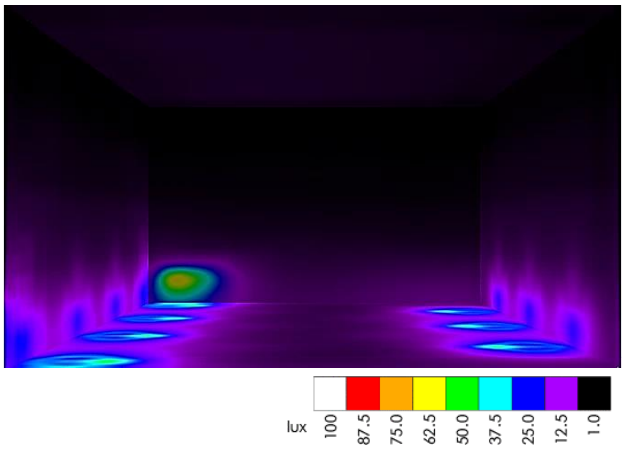
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

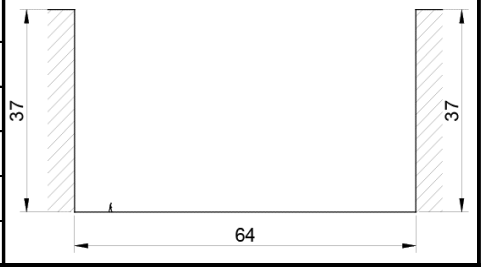


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	12
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,59
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	64%
% EFS DIRECTA	0,69%
% EFS INDIRECTA	8,51%
% EFS TOTAL	**9,2%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**8320,15**

CASO 13

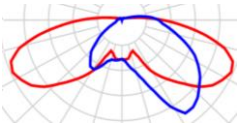
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	64	
ALTURA FACHADA 1 (m)	37	
ALTURA FACHADA 2 (m)	37	
H/W	0,6	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



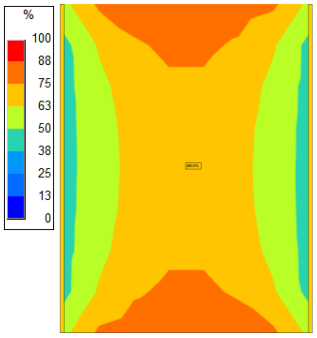
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920		
%FHSi	10%		

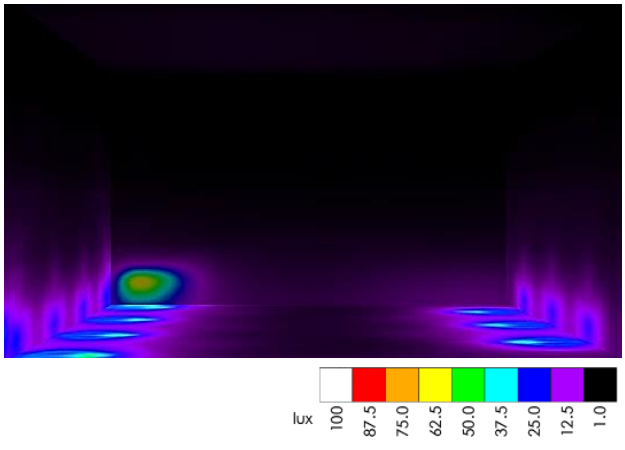


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



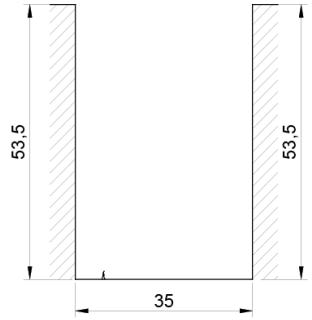
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	10
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,60
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	66%
% EFS DIRECTA	0,60%
% EFS INDIRECTA	8,30%
% EFS TOTAL	**8,9%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**8048,38**

CASO 14

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	35
ALTURA FACHADA 1 (m)	53,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	53,5
H/W	1,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

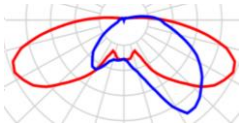
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

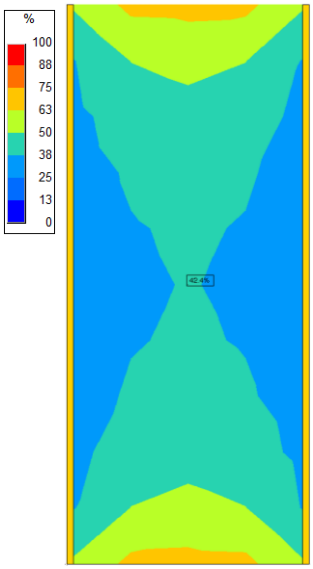
FOTOMETRÍA



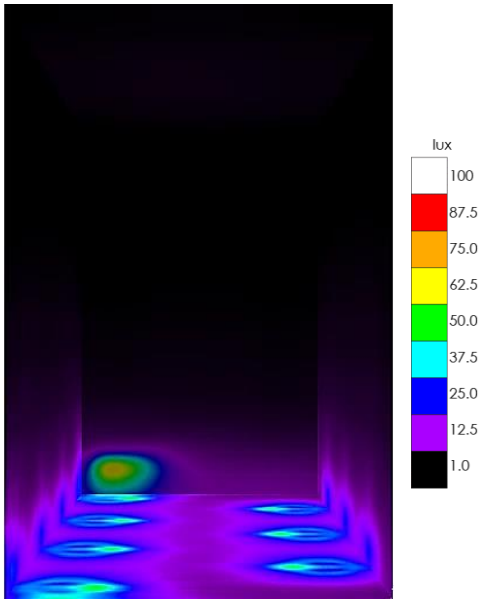
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



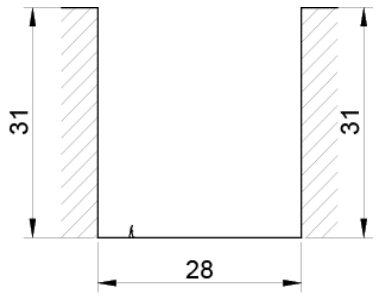
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	18
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,59
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	42%
% EFS DIRECTA	0,16%
% EFS INDIRECTA	4,12%
% EFS TOTAL	**4,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3869,74**

CASO 15

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	28
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	1,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

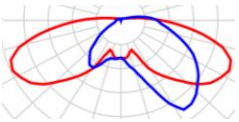
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

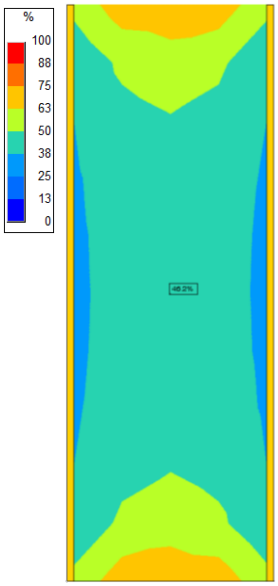
FOTOMETRÍA



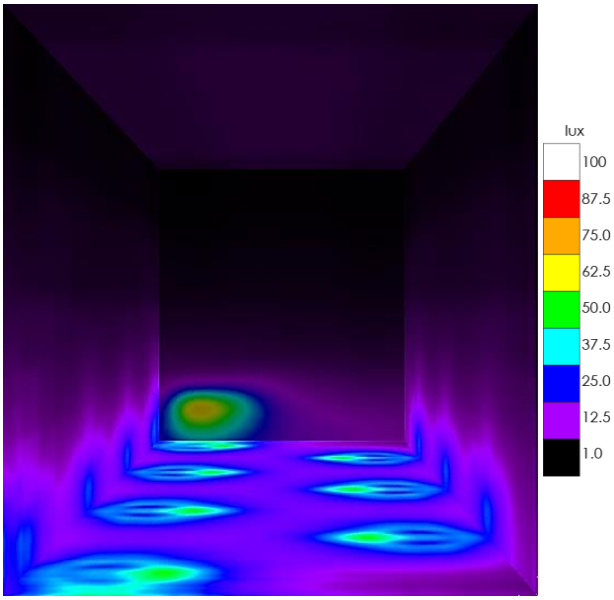
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

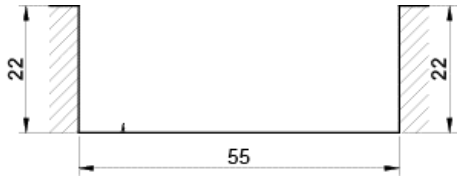


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,57
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	46%
% EFS DIRECTA	0,42%
% EFS INDIRECTA	5,93%
% EFS TOTAL	**6,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5742,58**

CASO 16

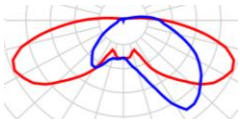
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	55	
ALTURA FACHADA 1 (m)	22	
ALTURA FACHADA 2 (m)	22	
H/W	0,4	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



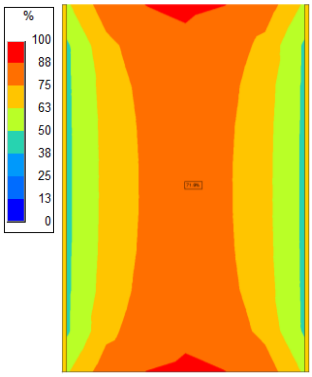
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920		
%FHSi	10%		

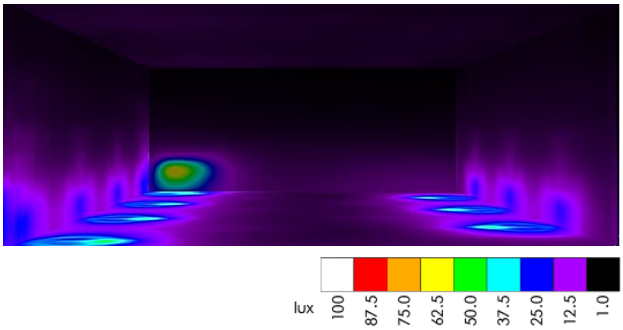


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



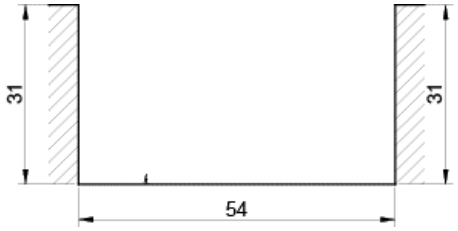
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	12
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,62
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	72%
% EFS DIRECTA	1,18%
% EFS INDIRECTA	10,06%
% EFS TOTAL	**11,2%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**10165,98**

CASO 17

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	54
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

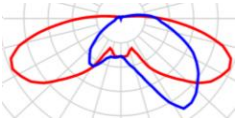
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

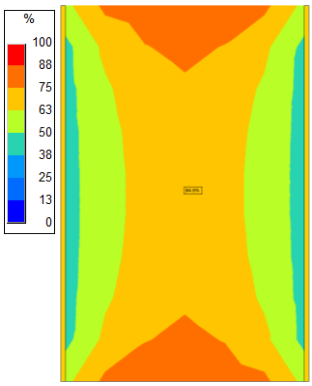
FOTOMETRÍA



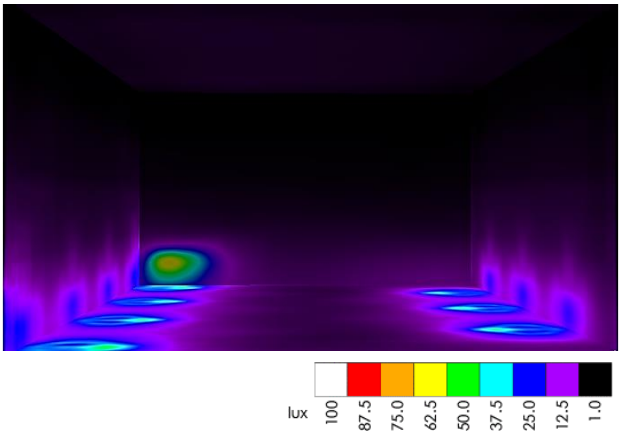
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



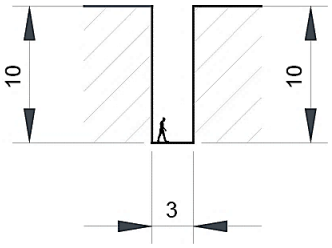
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	12
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,60
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	65%
% EFS DIRECTA	0,71%
% EFS INDIRECTA	8,57%
% EFS TOTAL	**9,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**8385,98**

CASO 18

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	3
ALTURA FACHADA 1 (m)	10
ALTURA FACHADA 2 (m)	10
H/W	3,3
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

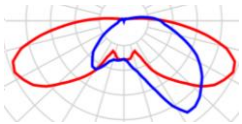
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

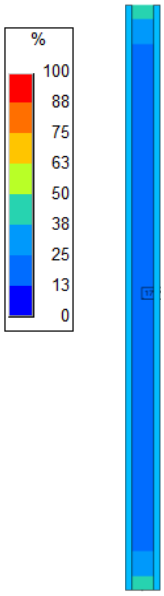
FOTOMETRÍA



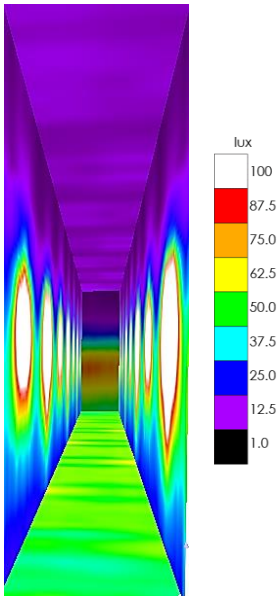
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



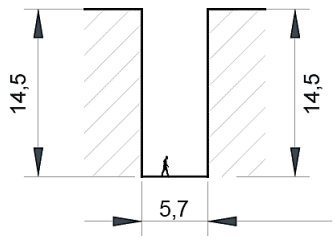
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	53
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,15
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,46%
% EFS INDIRECTA	2,34%
% EFS TOTAL	**2,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2532,00**

CASO 19

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,7
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	2,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

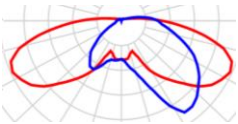
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

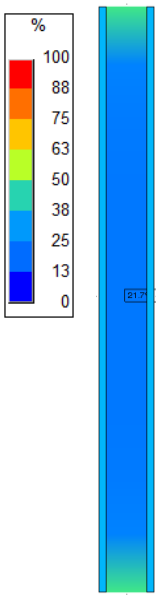
FOTOMETRÍA



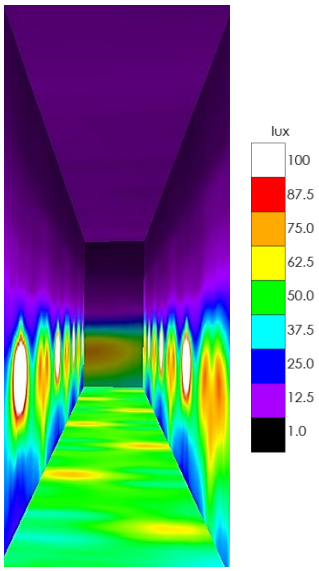
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



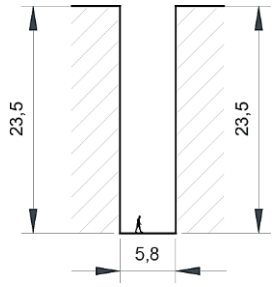
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	52
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,28
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	22%
% EFS DIRECTA	0,37%
% EFS INDIRECTA	2,72%
% EFS TOTAL	**3,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2799,89**

CASO 20

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	4,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

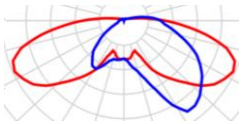
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

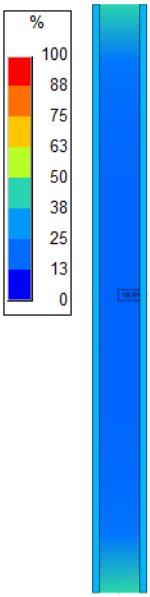
FOTOMETRÍA



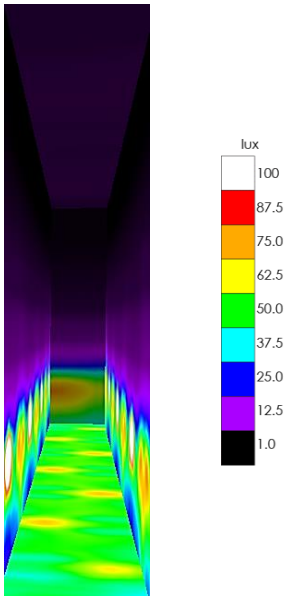
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



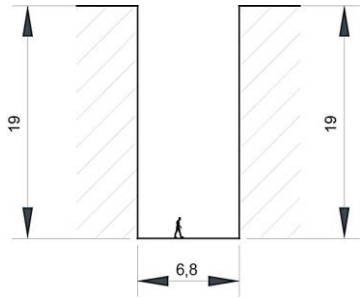
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	51
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,28
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,14%
% EFS INDIRECTA	1,23%
% EFS TOTAL	**1,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1238,49**

CASO 21

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	6,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,8
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

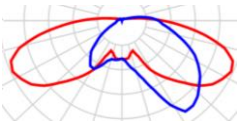
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	4
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,44
FLUJO LÁMPARA (lm)	12920
%FHSi	10%

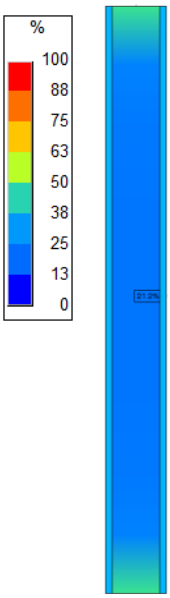
FOTOMETRÍA



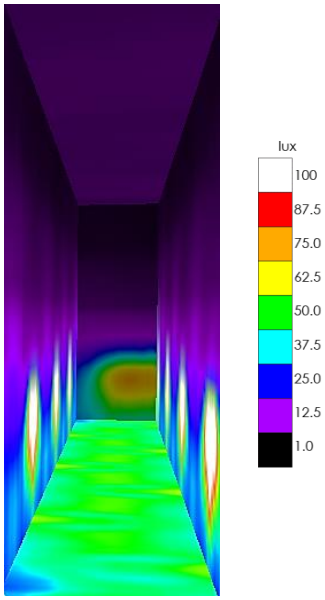
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



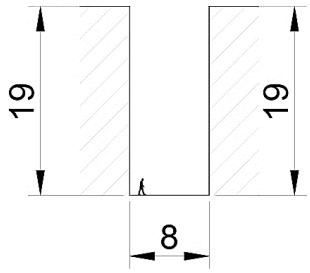
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	47
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,30
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	21%
% EFS DIRECTA	0,23%
% EFS INDIRECTA	2,23%
% EFS TOTAL	**2,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2232,55**

CASO 1

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

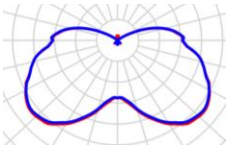
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

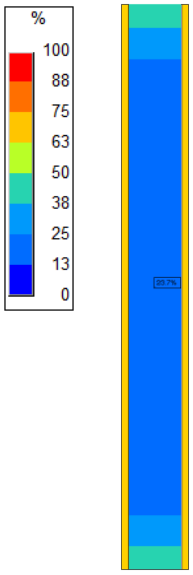
FOTOMETRÍA



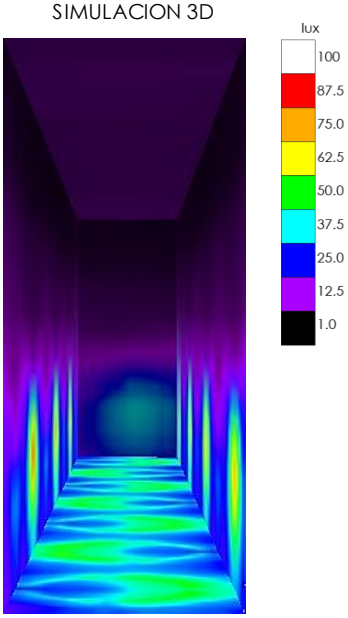
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

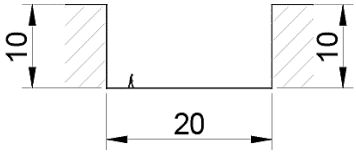


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	36
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,35
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	24%
% EFS DIRECTA	0,36%
% EFS INDIRECTA	2,86%
% EFS TOTAL	**3,2%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2234,91**

CASO 2

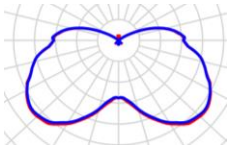
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	10	
ALTURA FACHADA 2 (m)	10	
H/W	0,5	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



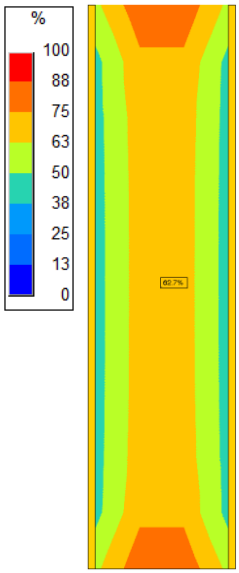
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900		
%FHSi	18%		

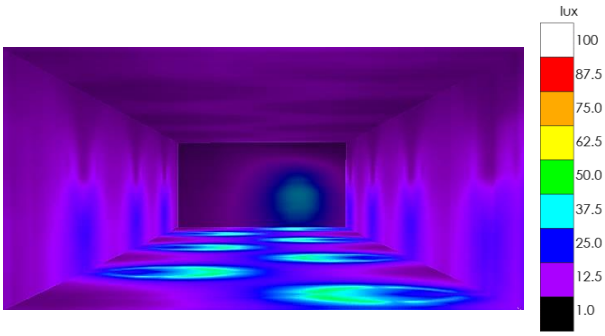


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



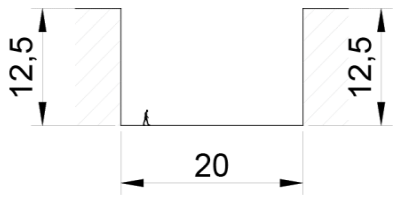
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	21
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,51
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	63%
% EFS DIRECTA	5,31%
% EFS INDIRECTA	9,52%
% EFS TOTAL	**14,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**10279,92**

CASO 3

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	12,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	12,5
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

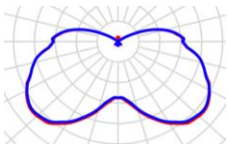
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

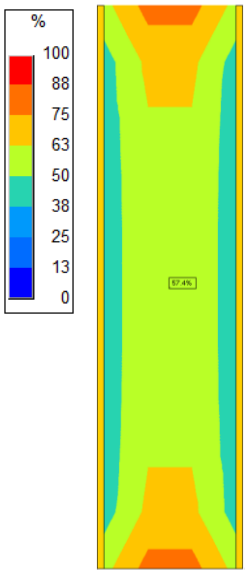
FOTOMETRÍA



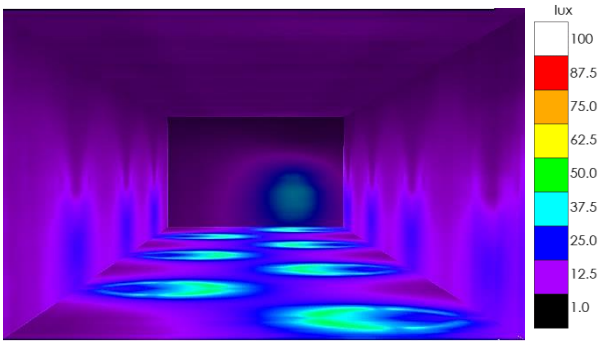
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



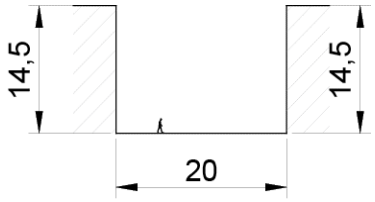
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	21
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,51
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	57%
% EFS DIRECTA	3,17%
% EFS INDIRECTA	8,96%
% EFS TOTAL	**12,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**8406,24**

CASO 4

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	0,7
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

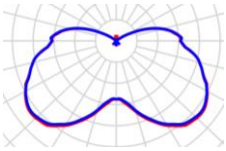
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

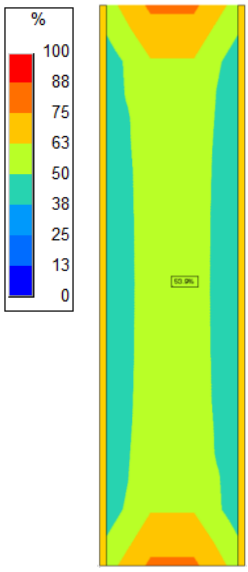
FOTOMETRÍA



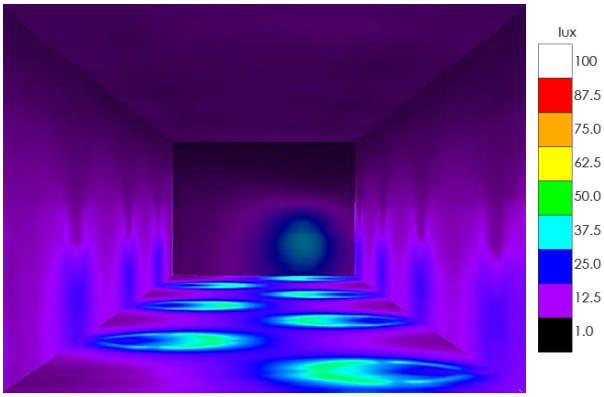
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



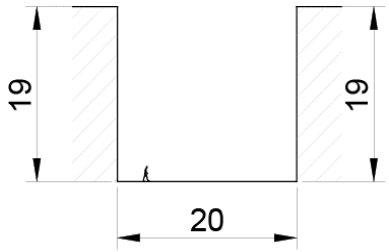
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	21
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,51
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	54%
% EFS DIRECTA	2,14%
% EFS INDIRECTA	8,38%
% EFS TOTAL	**10,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**7292,16**

CASO 5

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	1,0
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

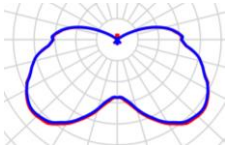
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

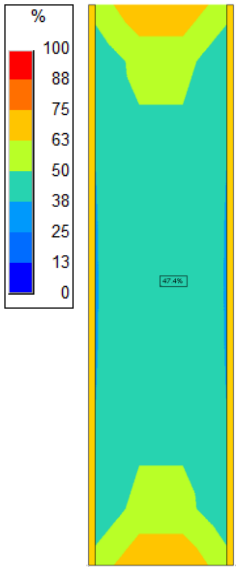
FOTOMETRÍA



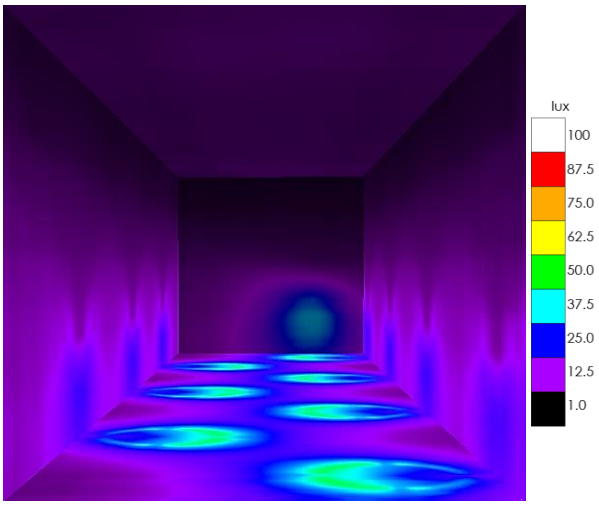
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



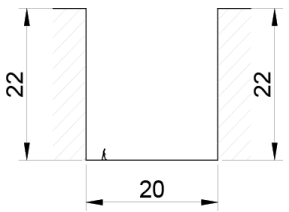
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	47%
% EFS DIRECTA	1,00%
% EFS INDIRECTA	7,11%
% EFS TOTAL	**8,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**5621,04**

CASO 6

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	22
ALTURA FACHADA 2 (m)	22
H/W	1,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

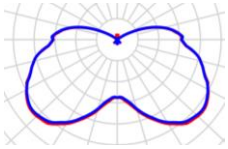
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

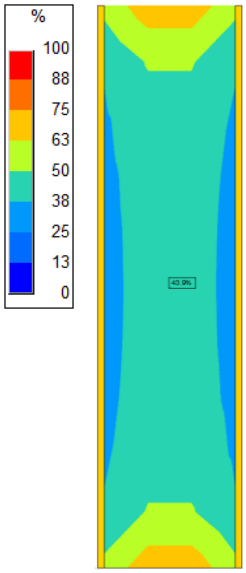
FOTOMETRÍA



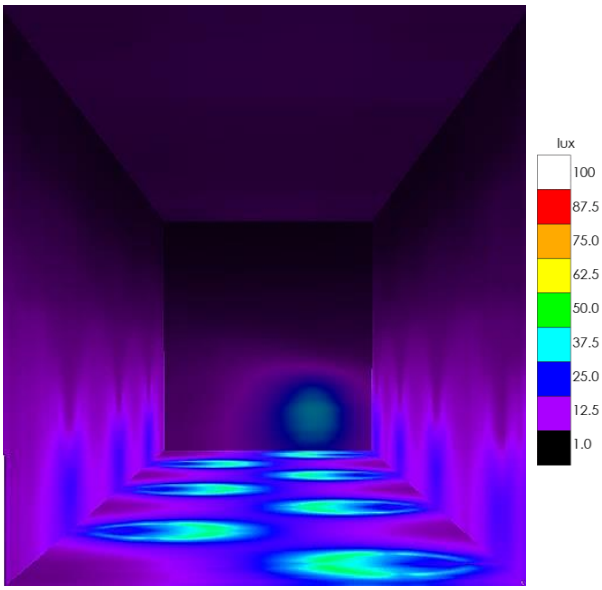
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

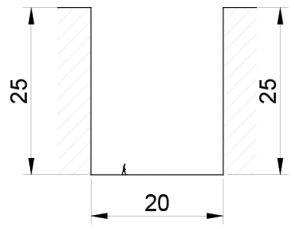


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	44%
% EFS DIRECTA	0,66%
% EFS INDIRECTA	6,38%
% EFS TOTAL	**7,0%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4878,32**

CASO 7

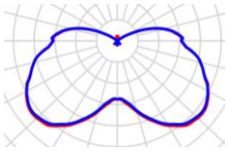
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	20	
ALTURA FACHADA 1 (m)	25	
ALTURA FACHADA 2 (m)	25	
H/W	1,3	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



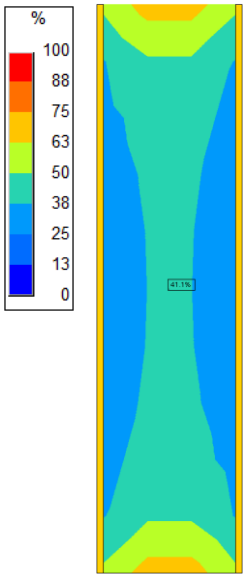
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900		
%FHSi	18%		

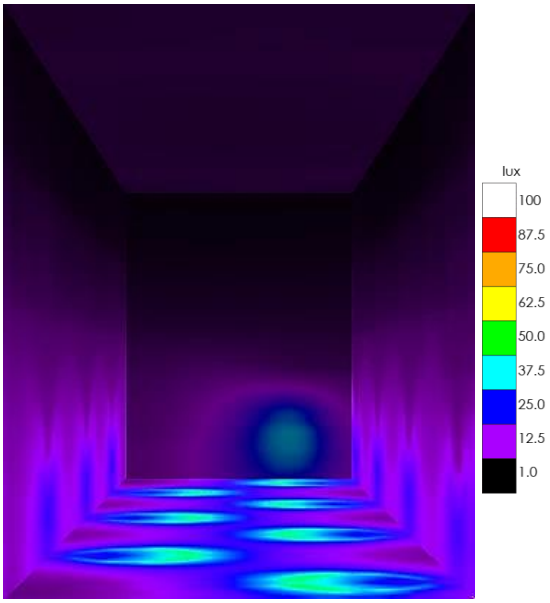


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



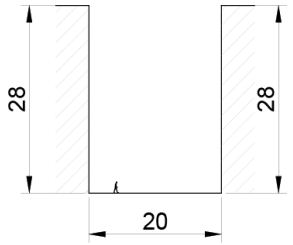
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	41%
% EFS DIRECTA	0,46%
% EFS INDIRECTA	5,65%
% EFS TOTAL	**6,1%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4236,88**

CASO 8

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	28
ALTURA FACHADA 2 (m)	28
H/W	1,4
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

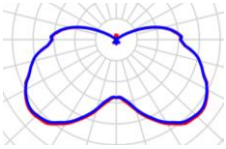
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

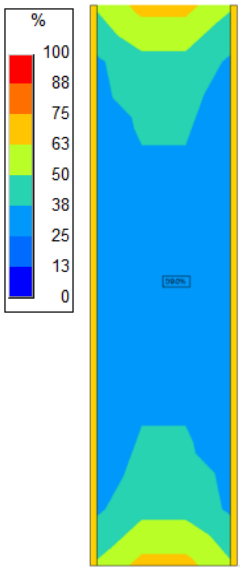
FOTOMETRÍA



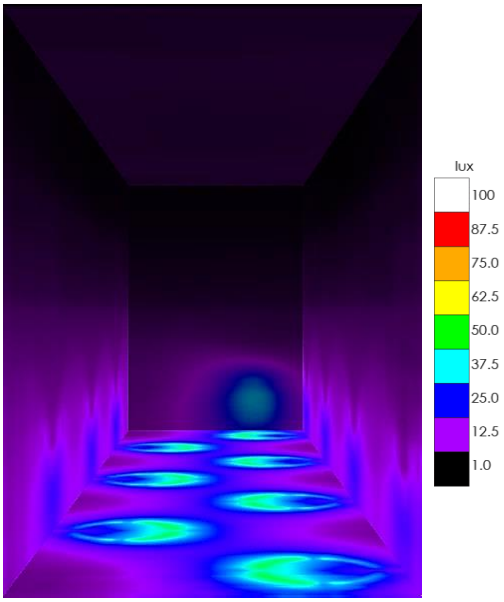
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



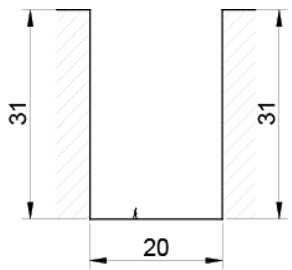
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	39%
% EFS DIRECTA	0,32%
% EFS INDIRECTA	5,07%
% EFS TOTAL	**5,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3730,48**

CASO 9

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	1,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

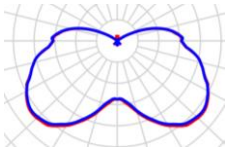
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

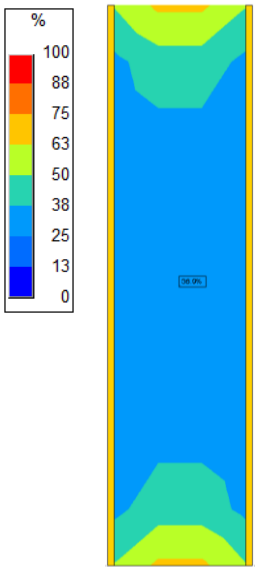
FOTOMETRÍA



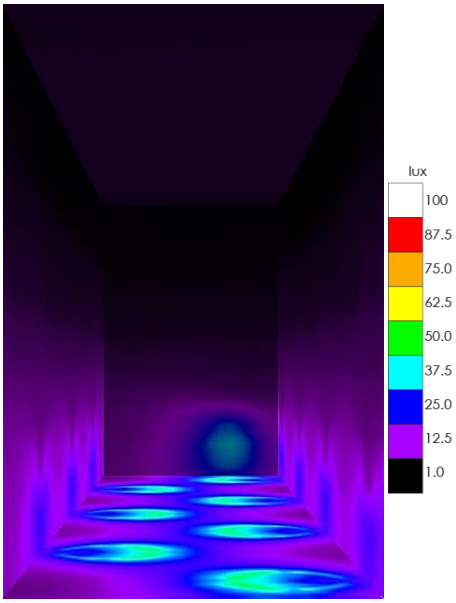
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



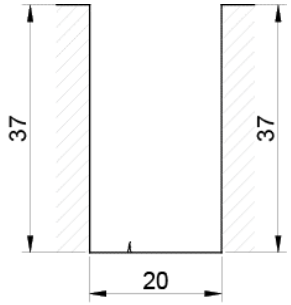
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	37%
% EFS DIRECTA	0,22%
% EFS INDIRECTA	4,55%
% EFS TOTAL	**4,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**3308,48**

CASO 10

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	20
ALTURA FACHADA 1 (m)	37
ALTURA FACHADA 2 (m)	37
H/W	1,9
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

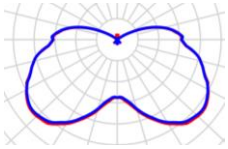
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

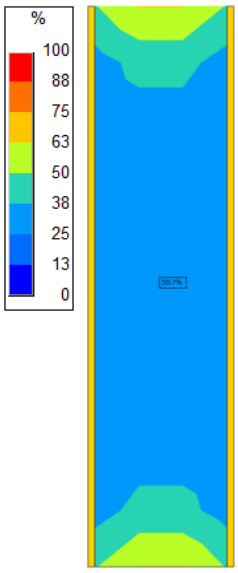
FOTOMETRÍA



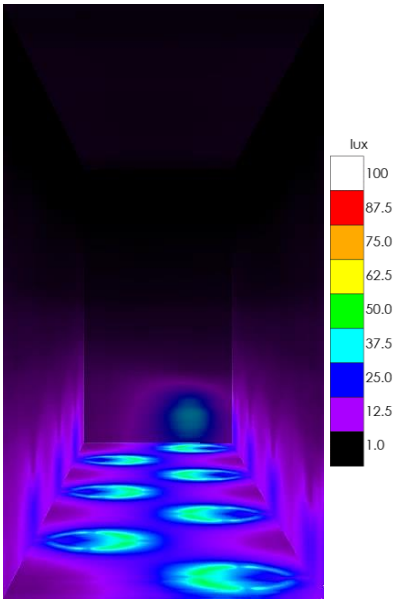
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



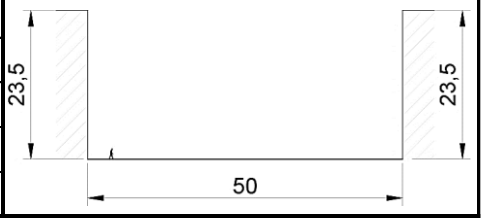
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	22
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,54
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	34%
% EFS DIRECTA	0,12%
% EFS INDIRECTA	3,70%
% EFS TOTAL	**3,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2650,16**

CASO 11

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	50
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	0,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

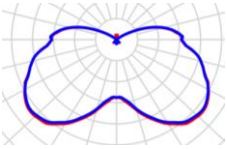
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

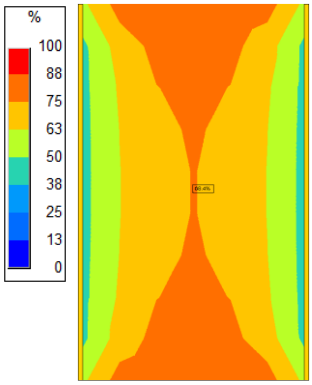
FOTOMETRÍA



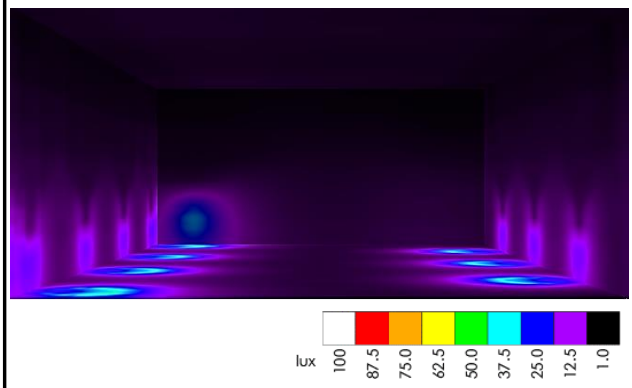
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



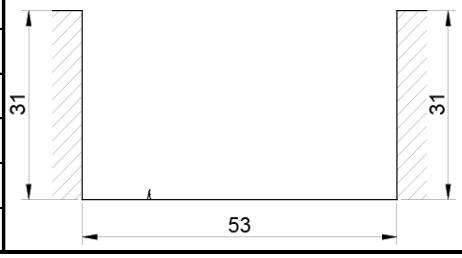
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	9,49
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,58
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	68%
% EFS DIRECTA	2,01%
% EFS INDIRECTA	9,74%
% EFS TOTAL	**11,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**8144,60**

CASO 12

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	53
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

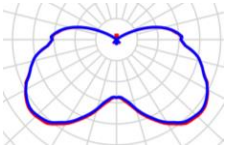
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

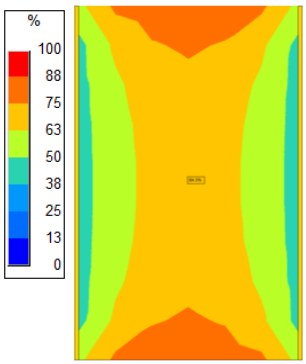
FOTOMETRÍA



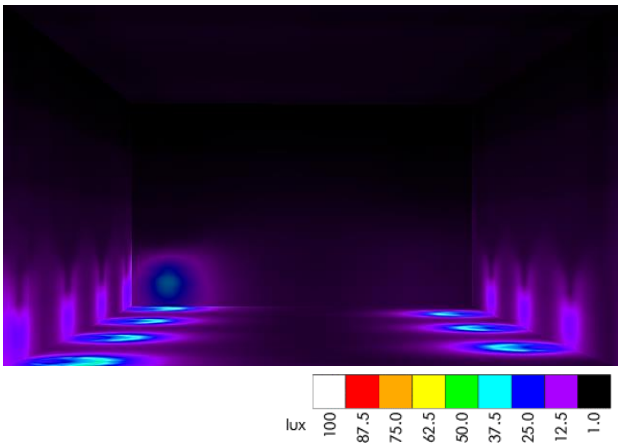
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



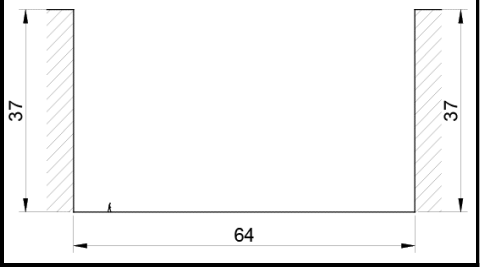
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	9,03
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,58
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	64%
% EFS DIRECTA	0,97%
% EFS INDIRECTA	8,91%
% EFS TOTAL	**9,9%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6844,00**

CASO 13

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	64
ALTURA FACHADA 1 (m)	37
ALTURA FACHADA 2 (m)	37
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

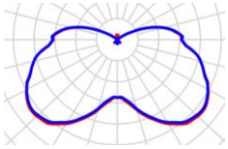
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

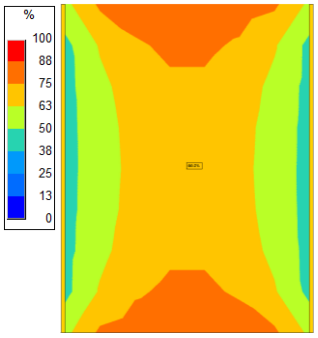
FOTOMETRÍA



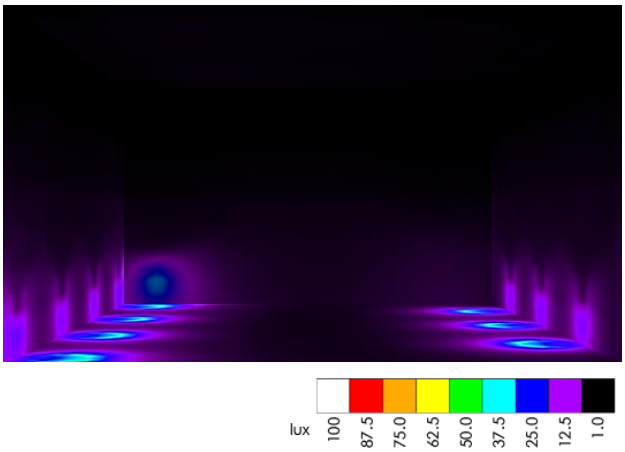
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



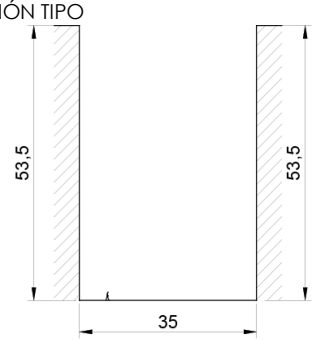
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	7,59
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,59
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	66%
% EFS DIRECTA	0,70%
% EFS INDIRECTA	8,81%
% EFS TOTAL	**9,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6589,95**

CASO 14

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	35
ALTURA FACHADA 1 (m)	53,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	53,5
H/W	1,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

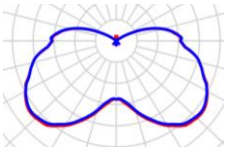
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

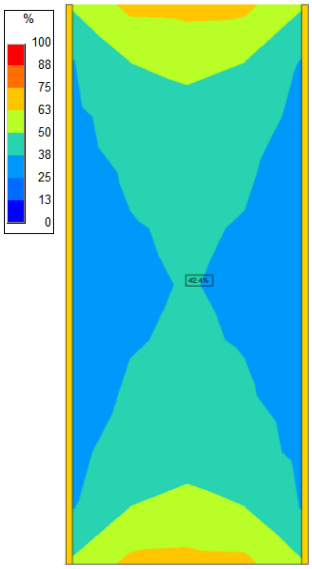
FOTOMETRÍA



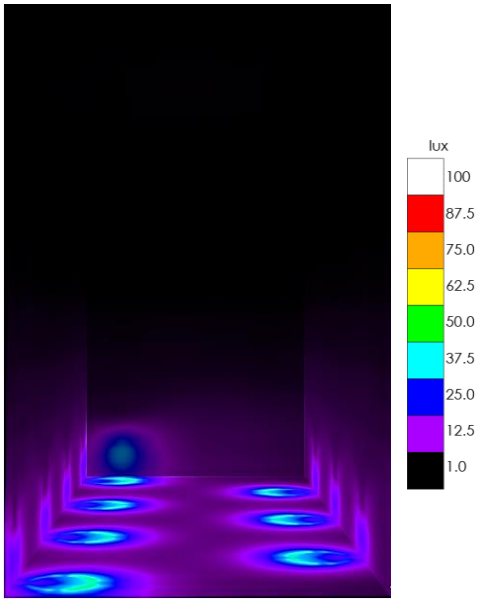
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



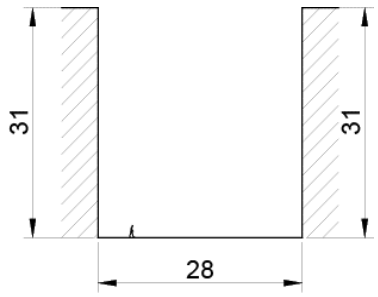
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	13
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,55
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	42%
% EFS DIRECTA	0,04%
% EFS INDIRECTA	4,26%
% EFS TOTAL	**4,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2983,54**

CASO 15

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	28
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	1,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

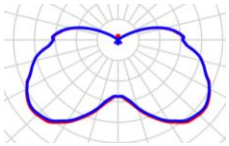
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

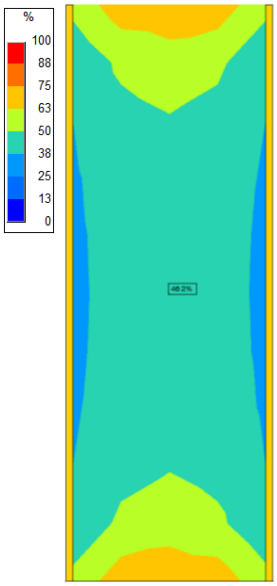
FOTOMETRÍA



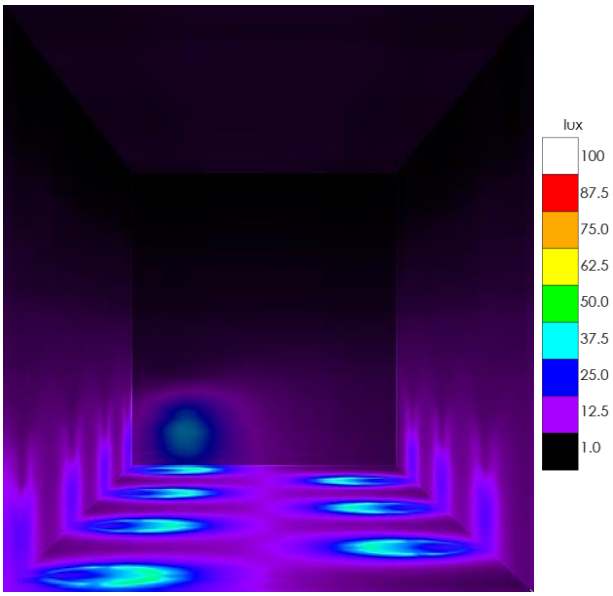
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D

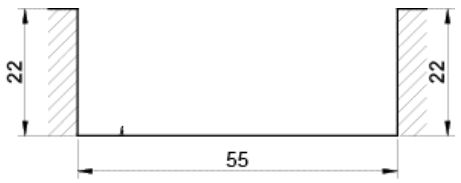


ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	16
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,55
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	46%
% EFS DIRECTA	0,34%
% EFS INDIRECTA	6,17%
% EFS TOTAL	**6,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**4513,71**

CASO 16

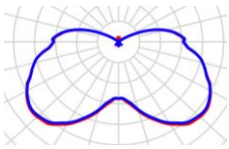
PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4	SECCIÓN TIPO
ANCHO (m)	55	
ALTURA FACHADA 1 (m)	22	
ALTURA FACHADA 2 (m)	22	
H/W	0,4	
ZONIFICACIÓN	E3	
OCUPACIÓN	R3	
UBICACIÓN	Ensanche	



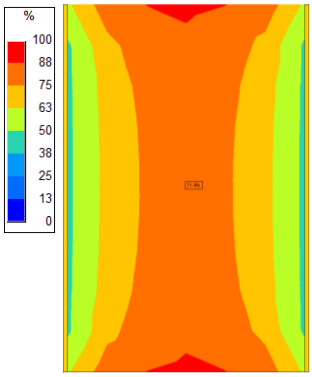
FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3	FOTOMETRÍA	IMAGEN
ALTURA MONTAJE (m)	6		
SEPARACIÓN (m)	12		
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4		
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900		
%FHSi	18%		

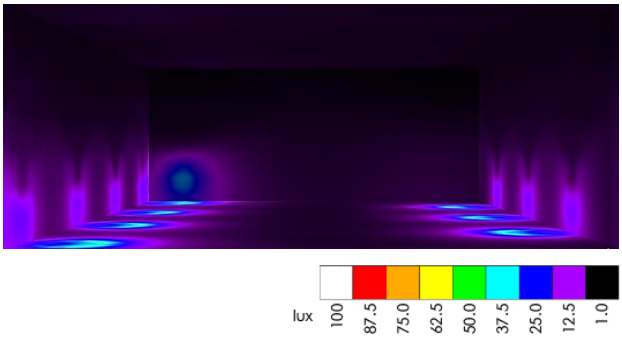


RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



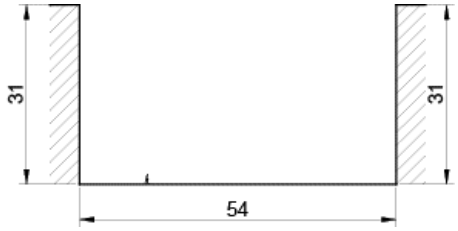
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	8,66
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,58
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	72%
% EFS DIRECTA	2,61%
% EFS INDIRECTA	10,18%
% EFS TOTAL	**12,8%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**8866,22**

CASO 17

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	54
ALTURA FACHADA 1 (m)	31
ALTURA FACHADA 2 (m)	31
H/W	0,6
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R3
UBICACIÓN	Ensanche

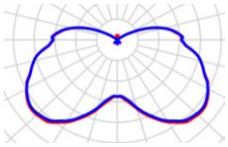
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,4
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

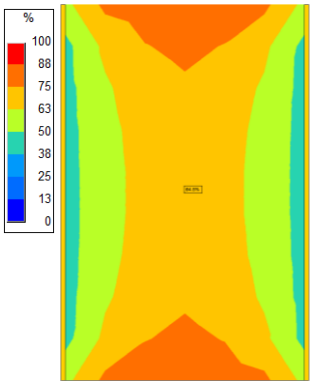
FOTOMETRÍA



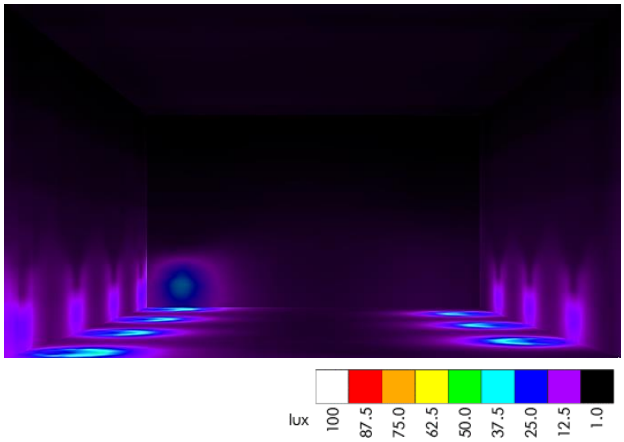
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



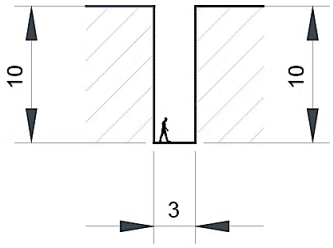
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	8,87
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,58
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	65%
% EFS DIRECTA	0,99%
% EFS INDIRECTA	8,94%
% EFS TOTAL	**9,9%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**6881,98**

CASO 18

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	3
ALTURA FACHADA 1 (m)	10
ALTURA FACHADA 2 (m)	10
H/W	3,3
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

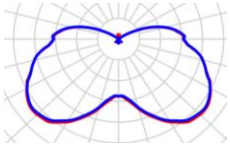
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

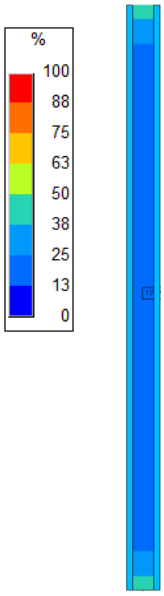
FOTOMETRÍA



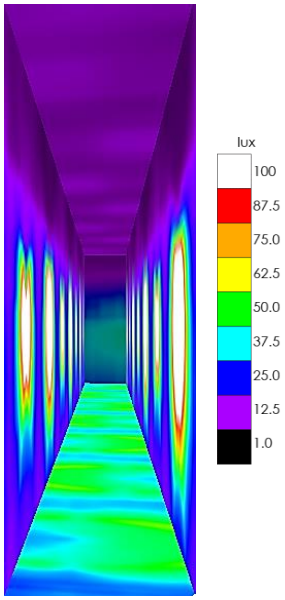
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



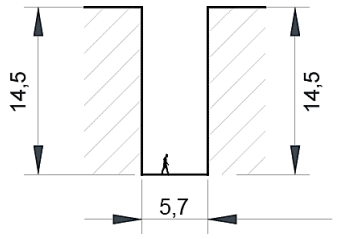
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	43
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,16
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,66%
% EFS INDIRECTA	2,35%
% EFS TOTAL	**3,0%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2088,90**

CASO 19

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,7
ALTURA FACHADA 1 (m)	14,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	14,5
H/W	2,5
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

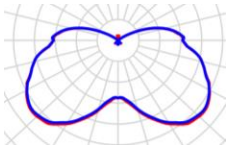
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

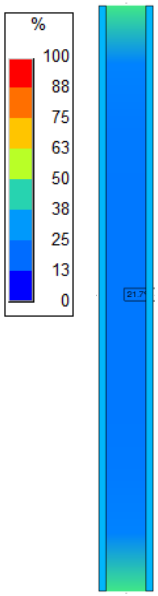
FOTOMETRÍA



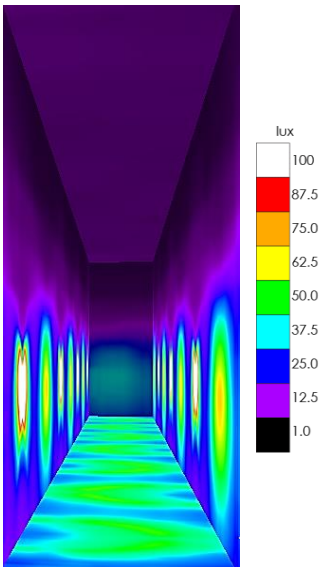
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



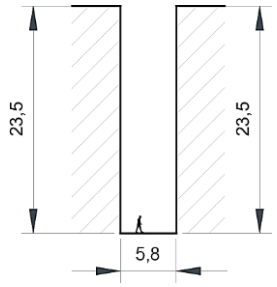
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	41
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,28
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	22%
% EFS DIRECTA	0,52%
% EFS INDIRECTA	2,76%
% EFS TOTAL	**3,3%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**2270,70**

CASO 20

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	5,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	23,5
ALTURA FACHADA 2 (m)	23,5
H/W	4,1
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

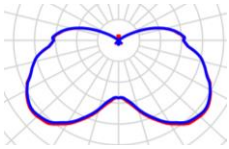
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	1
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

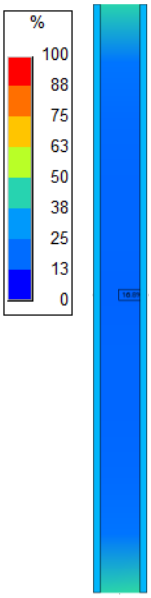
FOTOMETRÍA



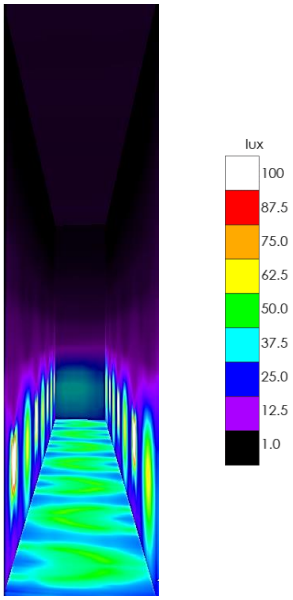
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



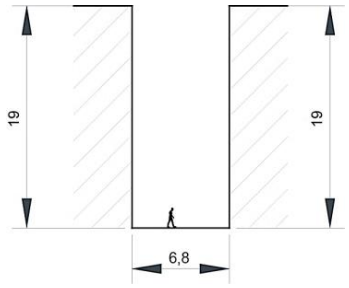
ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	40
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,28
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	17%
% EFS DIRECTA	0,16%
% EFS INDIRECTA	1,26%
% EFS TOTAL	**1,4%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**983,94**

CASO 21

PARÁMETROS DEL TRAMO

LONGITUD (m)	84,4
ANCHO (m)	6,8
ALTURA FACHADA 1 (m)	19
ALTURA FACHADA 2 (m)	19
H/W	2,8
ZONIFICACIÓN	E3
OCUPACIÓN	R2
UBICACIÓN	Gracia

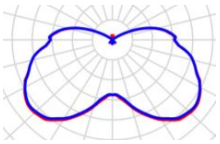
SECCIÓN TIPO



FUENTE DE LUZ

LUMINARIA TIPO	3
ALTURA MONTAJE (m)	6
SEPARACIÓN (m)	12
DISTANCIA A LA FACHADA (m)	4,44
FLUJO LÁMPARA (lm)	9900
%FHSi	18%

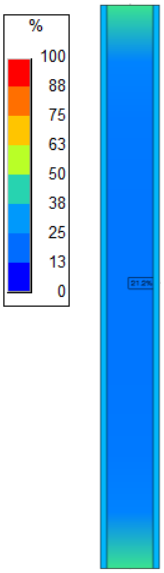
FOTOMETRÍA



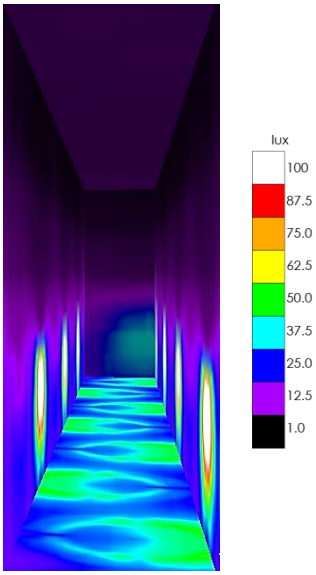
IMAGEN

RESULTADOS

FACTOR DE VISTA DE CIELO



SIMULACION 3D



ILUMINANCIA MEDIA A NIVEL PEATONAL (lx)	35
FACTOR DE UTILIZACIÓN	0,29
FACTOR DE VISTA DE CIELO (%)	21%
% EFS DIRECTA	0,30%
% EFS INDIRECTA	2,23%
% EFS TOTAL	**2,5%**
EFS: FLUJO LUMÍNICO TOTAL EMITIDO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR (lm)	**1750,46**

*El resto de fichas de cálculo realizadas en esta tesina se encuentran en la versión digital.

Lum tipo	f	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
1 casco plano	1	-0,776	-0,522	-1,995	-0,676	1,788	-0,562	1,251	0,224	-0,166	0,221

$$\boldsymbol{K = exp[a_0 + a_1(f) + a_2(t)]}$$

K= 0.04

$$\boldsymbol{Fu = K(b+1)^{\propto}(r+1)^{\beta}h^{\gamma}w^{\delta}}$$

$$\alpha = a_3(f)$$

$$\beta = a_4(f)$$

$$\gamma = a_5 + a_6(f)$$

$$\delta = [a_7 + a_8(f) + a_9(t)]$$

Fu ENSANCHE																
casos	b	b+1	a	(b+1)^a	r	r+1	β	(r+1)^β	h	ϒ	h^ϒ	w	&	w^&	K	Fu
1	19	20	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	8	0,3	1,8	0,04	5%
2	10	11	-0,7	0,2	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	9%
3	12,5	13,5	-0,7	0,2	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	8%
4	14,5	15,5	-0,7	0,2	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	7%
5	19	20	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	6%
6	22	23	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	5,7%
7	25	26	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	5%
8	28	29	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	4,8%
9	31	32	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	4,5%
10	37	38	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	20	0,3	2,3	0,04	4,0%
11	23,5	24,5	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	50	0,3	3,0	0,04	7%
12	31	32	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	53	0,3	3,0	0,04	6%
13	37	38	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	64	0,3	3,2	0,04	6%
14	53,5	54,5	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	35	0,3	2,7	0,04	4%
15	31	32	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	28	0,3	2,5	0,04	5%
16	22	23	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	55	0,3	3,1	0,04	7%
17	31	32	-0,7	0,1	0,3	1,3	1,8	1,6	6	0,7	3,4	54	0,3	3,0	0,04	6%
															Fu promedio	**6%**

b: altura del edificio

r: reflexión

h: altura de montaje

w: ancho de vía

UUF zona urbana del Ensanche:

UUF				
n	**Fu(i)**	**TIF(i)**	**fd(i)**	**UUF (lm)**
1	0,1	1E+07	1	622818,5
2	0,1	2E+07	2	4982548,4
3	0,2	3E+07	3	16816100,8
4	0,2	4E+07	4	39860387,1
5	0,3	5E+07	5	77852318,5
6	0,4	6E+07	6	134528806,3
7	0,4	7E+07	7	213626761,9
8	0,5	8E+07	8	318883096,5
9	0,5	9E+07	9	454034721,4
10	0,6	1E+08	10	622818547,9
11	0,7	1E+08	11	828971487,2
12	0,7	1E+08	12	1076230451
13	0,8	1E+08	13	1368332350
14	0,8	1E+08	14	1709014095
15	0,9	2E+08	15	2102012599
16	0,9	2E+08	16	2551064772
17	1,0	2E+08	17	3059907526
				14579559388

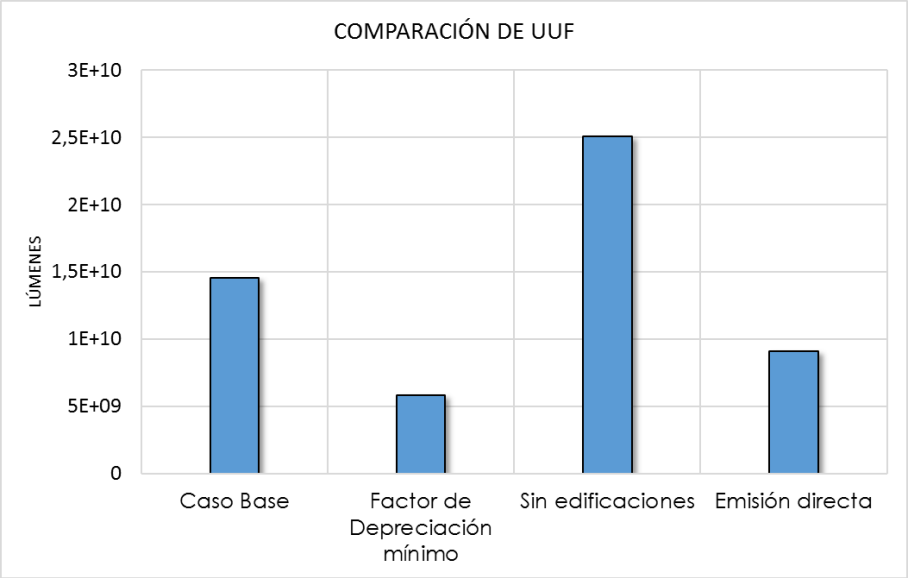
n: 17

TIF: Flujo total instalado

fd: Factor de depreciación

UUF: Flujo Superior Urbano

Diferenciación de variables de UUF:



COMPARACIÓN DE UUF		
variable	**lm**	**%**
Caso Base	14579559388	100%
Factor de Depreciación mínimo	5831823755	40%
Sin edificaciones	25075044580	172%
Emisión directa	9120395788	63%

Influencia de las limitaciones reglamentarias de Flujo Hemisférico Superior sobre la contaminación lumínica en diferentes zonas urbanas. Caso de estudio en los barrios El Ensanche y Gracia en Barcelona.

María Magdalena Benalcázar Jarrín

Profesor Tutor:

Dr. Manuel García Gil

AEMA | septiembre del 2017

UPC ETSAB Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona