



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



**Francisco Javier Cortés Araya**

# **Bases para la iluminación en la industria del retail con criterios de eficiencia energética**

**Informe Proyecto de Título de Ingeniero Eléctrico**



**Escuela de Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ingeniería**

**Valparaíso, 04 de Enero de 2018**



# Bases para la iluminación en la industria del retail con criterios de eficiencia energética.

Francisco Javier Cortés Araya

Informe Final para optar al título de Ingeniero Eléctrico,  
aprobada por la comisión de la  
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la  
Facultad de Ingeniería de la  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
conformada por

Sr. Enrique Piraino Davidson  
Profesor Guía

Sr. Iván Kopaitic Otero  
Segundo Revisor

Sr. Sebastián Fingerhuth Massmann  
Secretario académico

Valparaíso, 4 de Enero de 2019

*Este logro se lo dedico a la hermosa familia de la cual soy parte, a la Universidad que me vio crecer  
y a todos aquellos que formaron parte de mi vida en este importante proceso.*

# Agradecimientos

La vida es un camino plagado de desafíos, para mí éste fue uno de los más importantes y significativos. Durante esta etapa aprendí a superar mis propias barreras y me armé de valor para conseguir mis objetivos. Quiero agradecer a quienes me apoyaron, a quienes confiaron en mis capacidades y me alentaron para continuar especialmente a mis padres Luis y Angelina, ya que siempre me brindaron su amor incondicional, a mi hermana Javiera por su cariño, a mi novia Valeria que siempre estuvo en mis momentos difíciles y a mi gran amigo Diego que me orientó y me motivó para llegar a la universidad. Muchas gracias a la institución por acogerme, a los docentes por guiarme y darme la oportunidad de surgir. Gracias a mi familia y amigos.

*Valparaíso, 4 de Enero de 2019*

Francisco Cortés

## Resumen

La presente investigación comienza con un estudio detallado del consumo energético en iluminación, que presentan los supermercados y centros comerciales, dos de los más extensos representantes de la industria del retail. A partir de dicho estudio se identifican oportunidades para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de iluminación existentes. Lo cual explica la gran problemática a resolver en este proyecto, de determinar si esta energía se está empleando de manera correcta o no en los sistemas de iluminación. Para resolver esta problemática se utiliza la metodología que exhibe la filosofía de las cuatro esquinas, la cuál es la base teórica del presente proyecto y se compone por una clasificación de las tiendas de la industria del retail a partir de la cual se establecen los requerimientos lumínicos recomendados. Una vez aplicada la metodología se realizan visitas técnicas autorizadas a tres supermercados, ejecutando mediciones de iluminancia, dimensiones y obtención de datos técnicos de los equipos utilizados en las secciones más representativas, con la información obtenida se realizan simulaciones en el software Dialux y del análisis matemático de resultados se determina la relación entre la cantidad de luz incidente en la trama de medición propuesta, sobre la potencia eléctrica empleada (lum/Watt) , lo que a su vez representa la línea base energética de dichas secciones.

Se contemplan cuatro escenarios que reflejan la práctica común de los supermercados para determinar líneas bases energéticas, a partir de los cuales se obtienen criterios de eficiencia energética los que son aplicados para analizar los efectos que producen, luego se proponen modificaciones que consideran cambios a tecnología LED básica y LED especializada para obtener nuevos niveles de eficacia, lo que resume la tabla 0-1.

Tabla 0-1: Resultados (fuente: Elaboración propia)

Sección	Línea base (lum/Watt)	Criterios de eficiencia (lum/Watt)	Cambio a tecnología LED (lum/Watt)	Equipos especializados (lum/Watt)
Góndolas y pasillos	15,3	22,1	23,9	27,5
Frutas y verduras	27,9	28,8	41,3	50,2
Carnes	24,2	27,8	32,5	43,5
Cajas registradoras	10,6	15,1	16,8	19,1

A raíz de los resultados expuestos se presenta una recomendación acerca de la eficacia luminosa que deben cumplir los futuros proyectos de iluminación en supermercados. Los resultados indican que la eficacia luminosa a alcanzar debe estar entre la línea base actual y la generada al utilizar equipos especializados, ejemplo de ello es la obtenida al emplear tecnología LED básica la que se indica en la columna tres.

A partir del trabajo realizado se logra determinar que si se instauran criterios de eficiencia energética como bajar la altura de las luminarias en supermercados se genera una mejora de la eficacia en promedio de 26,0% sobre la línea base, al considerar dichos criterios y además emplear luminarias LED básicas es posible mejorar la eficacia en promedio un 49,2% con respecto a la línea base y empleando equipos especializados de 110lum/watt se logra mejorar la eficacia en promedio un 79,9% con respecto a la línea base actual.

Palabras claves: Iluminación, eficacia luminosa, línea base energética, consumo energético, supermercados.

# Abstract

The present investigation begins with a detailed study of energy consumption in lighting, presented by supermarkets and shopping centers, two of the most extensive representatives of the retail industry. From this study, opportunities are identified to improve the energy efficiency of existing lighting systems. Which explains the great problem to solve in this project, to determine if this energy is being used correctly or not in lighting systems. To solve this problem we use the methodology that exhibits the philosophy of the four corners, which is the theoretical basis of the present project and consists of a classification of the retail industry stores from which the lighting requirements are established. recommended. Once the methodology is applied, authorized technical visits are made to three supermarkets, executing measurements of illuminance, dimensions and obtaining technical data of the equipment used in the most representative sections. With the information obtained, simulations are carried out in the Dialux software and mathematical analysis. of results is determined the relationship between the amount of incident light in the proposed measurement frame, on the electrical power used (lum/Watt), which in turn represents the energy baseline of said sections.

There are four scenarios that reflect the common practice of supermarkets to determine energy baselines, from which energy efficiency criteria are obtained which are applied to analyze the effects they produce, then modifications that consider changes to LED technology are proposed. basic and specialized LED to obtain new efficiency levels, which summarizes the table 0-1.

Table 0-1: Results (Source: Own elaboration)

Section	Base Line (lum/Watt)	Energy efficiency criteria (lum/Watt)	Change to LED technology (lum/Watt)	Specialized teams (lum/Watt)
Gondolas and corridors	15,3	22,1	23,9	27,5
Fruits and vegetables	27,9	28,8	41,3	50,2
Meats	24,2	27,8	32,5	43,5
Cash registers	10,6	15,1	16,8	19,1

Following the results presented, a recommendation is presented about the luminous efficiency that future lighting projects in supermarkets must fulfill. The results indicate that the luminous efficacy to be achieved must be between the current baseline and that generated when using specialized equipment, for example, that obtained by using basic LED technology, which is indicated in column three.

Based on the work carried out, it is possible to determine that if energy efficiency criteria are established, such as lowering the height of the luminaries in supermarkets, an improvement in efficiency is generated on average of 26.0% over the baseline, when considering these criteria and in addition using basic LED luminaires it is possible to improve the efficiency on average by 49,2% with respect to the baseline and using specialized equipment of 110lum/Watt it is possible to improve the efficiency on average by 79,9% with respect to the current baseline.

Key words: Lighting, luminous efficiency, energy baseline, energy consumption, supermarkets.

# Índice general

Introducción.....	1
Objetivos generales.....	2
Objetivos específicos .....	2
<b>1 Tres pilares fundamentales .....</b>	<b>3</b>
1.1 Iluminación .....	3
1.1.1 Energía.....	3
1.1.2 Energía radiante .....	3
1.1.3 La Luz .....	8
1.1.4 Iluminancia.....	9
1.1.5 Intensidad luminosa .....	9
1.1.6 Temperatura Color .....	9
1.1.7 Índice de Rendimiento Cromático .....	10
1.2 La industria del retail.....	10
1.3 Eficiencia energética.....	16
1.3.1 Matriz Energética primaria.....	16
1.3.2 Centros de transformación de energía .....	17
1.3.3 Matriz energética secundaria .....	18
1.3.4 Consumo de energía en y aspectos de eficiencia energética en iluminación.....	19
<b>2 Consumo energético y problemática .....</b>	<b>21</b>
2.1 Consumo energético.....	21
2.2 Supermercados .....	23
2.3 Centros comerciales .....	24
2.4 Análisis económico .....	26
2.5 Identificación de la problemática.....	28
<b>3 Metodología de diseño de iluminación a emplear .....</b>	<b>29</b>
3.1 Variables de la filosofía de las cuatro esquinas .....	29
3.1.1 Amplitud de precio.....	29
3.1.2 Diseño interior .....	29
3.1.3 Línea de productos.....	30

---

3.1.4 Estilo de ventas .....	30
3.2 Determinación del espacio de Retail .....	31
3.2.1 Tiendas tipo A .....	32
3.2.2 Tiendas tipo B .....	32
3.2.3 Tiendas tipo C .....	32
3.2.4 Tiendas tipo D.....	32
3.2.5 Área 1 .....	33
3.2.6 Área 2 .....	33
3.2.7 Área 3 .....	34
3.2.8 Área 4 .....	34
3.3 Requerimientos lumínicos para la industria del retail .....	35
3.3.1 Rango de iluminancias.....	35
3.3.2 Selección de temperaturas color de fuentes de luz.....	37
3.3.3 Reproducción cromática requerida.....	39
3.3.4 Iluminación vertical .....	41
3.3.5 Iluminación de acento o destaque.....	42
3.3.6 Cantidad de zonas a destacar o puntos .....	43
3.3.7 Determinación de iluminancia según tarea visual.....	46
3.3.8 Selección de fuentes y equipos .....	46
3.3.9 Calcular índice de eficiencia energética del proyecto.....	47
<b>4 Supermercados .....</b>	<b>48</b>
4.1 Aplicación de la filosofía de las cuatro esquinas .....	48
4.1.1 Iluminancia para la tarea visual .....	49
4.1.2 Selección de fuentes y visitas técnicas a supermerdos. ....	50
4.2 Cálculo del índice de eficiencia energética .....	56
4.2.1 Góndolas y pasillos.....	57
4.2.2 Frutas y verduras .....	58
4.2.3 Sección de carnes .....	60
4.2.4 Cajas registradoras .....	61
4.3 Disminución de la altura de montaje de los equipos de iluminación.....	63
4.3.1 Góndolas y pasillos.....	63
4.3.2 Sección de frutas y veruras .....	64
4.3.3 Sección de carnes .....	65
4.3.4 Cajas registradoras .....	66
4.4 Cambio a Tecnología LED.....	67
4.4.1 Equipo de iluminación.....	67
4.4.2 Góndolas y pasillos.....	68
4.4.3 Frutas y Verduras.....	68
4.4.4 Carnes.....	69
4.4.5 Cajas .....	69
4.5 Proyección de las líneas bases .....	70
<b>Discusión y conclusiones .....</b>	<b>72</b>

Bibliografía ..... 74

# Introducción

Desde que la sociedad ha comenzado a experimentar dificultades para la obtención de la energía necesaria la cual le permita realizar sus actividades han comenzado a mencionarse cada vez con mayor frecuencia términos como sustentabilidad, eficiencia energética, uso racional de la energía, entre otros. En Chile la energía se obtiene de diversas fuentes como lo es el agua, carbón, viento, sol, petróleo y Biomasa las cuales requieren de un proceso en específico para que la energía sea usada por los consumidores finales como las empresas mineras, grandes industrias, máquinas, automóviles, edificios, casas, un sin número de consumos que dependen de la energía. Y son estos recursos los que se deben ocupar de manera eficiente, lo cual depende directamente de la demanda energética de los consumidores finales.

Uno de estos procesos que requiere energía es la iluminación la cual aporta grandes beneficios entre los cuales está la posibilidad de generar claridad en espacios donde no incide luz solar, siendo ampliamente utilizada para iluminar edificios, industrias, casas, calles, plazas, un sinfín de espacios interiores los cuales pueden adquirir características distintivas gracias a la iluminación, lo que da lugar a que también sea empleada como un recurso decorativo con la capacidad de modelar un espacio.

Pero dichos beneficios de la iluminación conllevan un gasto energético el cual impacta directamente en los recursos naturales de donde se obtiene la energía, es aquí donde se centra el trabajo del presente proyecto al generar una relación entre el consumo energético y la iluminación con la cual se logren asegurar los beneficios de la iluminación contemplando la cantidad de energía suficiente.

Uno de las aplicaciones más relevantes de la iluminación es su utilización en la promoción de productos en la industria del retail en donde pasa a ser un recurso de suma importancia estando presente en todas las extensiones del mismo, donde actualmente no existen restricciones acerca de la energía consumida, por esto este proyecto se ocupa de asegurar que las tiendas del retail cumplan con los requisitos de iluminación empleando la cantidad energética justa.

## **Objetivos generales**

- Establecer las referencias de iluminación para el negocio del retail considerando criterios de eficiencia energética.

## **Objetivos específicos**

- Reconocer las distintas variedades de oferta de productos (tareas visuales) en la industria del retail y proponer los criterios para fijar los niveles de iluminación.
- Definir los aspectos o parámetros de modelado necesarios por tipo de producto o línea de productos.
- Establecer las líneas base de eficiencia energética respectivas por tipo de tarea

# 1 Tres pilares fundamentales

Para abordar el desarrollo de este proyecto es necesario definir los conceptos que lo sustentan los cuales son Iluminación, La industria del Retail y la Eficiencia Energética quienes son considerados como los tres pilares fundamentales del proyecto y se explican a continuación.

## 1.1 Iluminación

La iluminación es la rama de la ingeniería que se define como el conjunto de equipos destinados a proporcionar luz con todas características necesarias para lograr un fin específico, como establecer claridad en lugares donde no incide la luz natural y durante la noche, decorar estructuras, ambientar habitaciones, generar contrastes, mejorar el confort visual y la seguridad, entre otros. En dicho proceso interactúan diversos conceptos que permiten entender de manera apropiada lo que representa la luz en el contexto del proyecto, los cuales son mencionados a continuación.

### 1.1.1 Energía

La energía es la capacidad para producir un trabajo en específico, provocar cambios físicos, químicos y naturales la cual se manifiesta de varias formas entre las cuales están, nuclear, atómica, eléctrica, química, radiante, entre otras, siendo las energías radiante y eléctrica las que más influyen en este proyecto.

### 1.1.2 Energía radiante

La energía radiante se expresa en base a las ondas electromagnéticas, en donde etimológicamente el término Onda Electromagnética nace de la composición de cuatro conceptos, Onda viene del latín “unda” que se puede entender como “ola”, Electromagnético se deriva del griego, en donde “elektrón” es sinónimo de ámbar o electricidad, “magnes” significa imán y el sufijo “tico” que indica lo “relativo a”. Así Electromagnético es un adjetivo con el cuál se refiere a los sucesos en los que participan campos magnéticos y eléctricos, por lo tanto relacionando ambas palabras con su significado, una Onda Electromagnética es la encargada de propagar fenómenos producidos por la acción de campos magnéticos y eléctricos.

Las ondas electromagnéticas poseen la cualidad de poder propagarse en el vacío y generar cambios en el, así empleando la definición de energía anteriormente expuesta se expresa la Energía Radiante como la capacidad de las ondas electromagnéticas de generar cambios en su medio de propagación. Estas ondas poseen una serie de características que permiten entender su forma y composición, las cuales se desglosan a continuación en la figura 1-1.

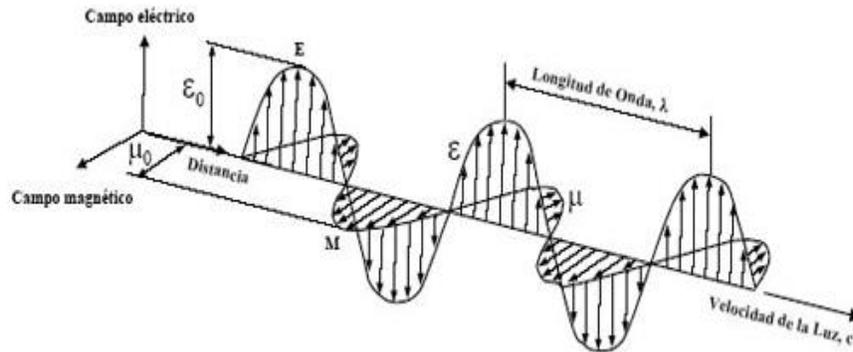


Figura 1-1: Onda electromagnética y sus propiedades (Fuente: <https://hk3eu.com>)

**Valor máximo, peak o amplitud:** Representa el máximo valor que posee la forma de onda, en la figura 1-1, se expresa con la letra “E” para indicar la magnitud máxima del campo eléctrico y “M” para señalar la magnitud máxima del campo magnético.

**Longitud de onda:** Es la distancia que existe entre dos puntos idénticos consecutivos de la forma de onda, en la figura 1-1 se muestra como la distancia entre dos peak consecutivos de la forma de onda del campo eléctrico.

**Período:** Corresponde al tiempo en segundos que demora la forma de onda en alcanzar el mismo valor de forma consecutiva

**Frecuencia:** Siendo lo inverso al período, la frecuencia es el número de períodos que puede completar una onda en un segundo. Su unidad de medida es el Hertz, esto se muestra en la ecuación 1-1.

$$f = \frac{1}{T} \text{ Hertz} \quad (1-1)$$

### Radiación e implicancias de la longitud de onda

La radiación electromagnética es una composición de múltiples ondas electromagnéticas cada una con un nivel de energía y longitud de onda. La longitud de onda es una propiedad determinante de las ondas electromagnéticas ya que en base a ella se pueden clasificar. En la

figura 1-2 se aprecia una onda electromagnética y en la figura 1-3 algunas similitudes y aproximaciones que permiten dimensionar el tamaño de longitudes de onda de la radiación.

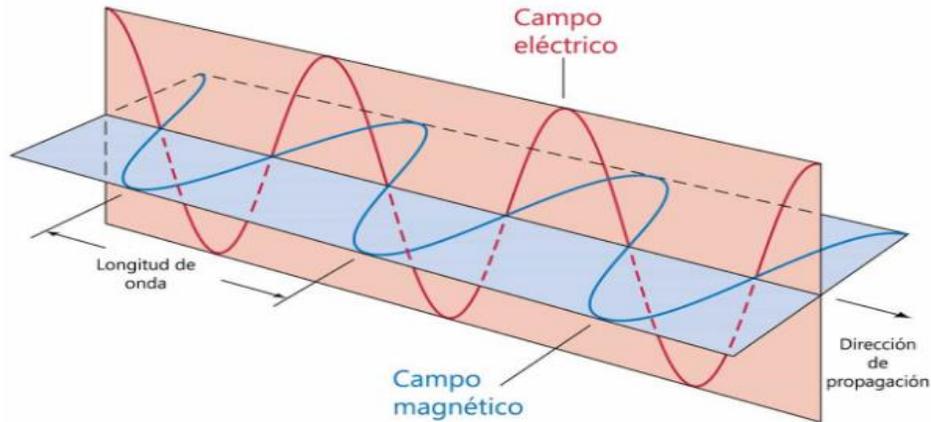


Figura 1-2: Onda electromagnética (Fuente: <http://bohemia.cu>)

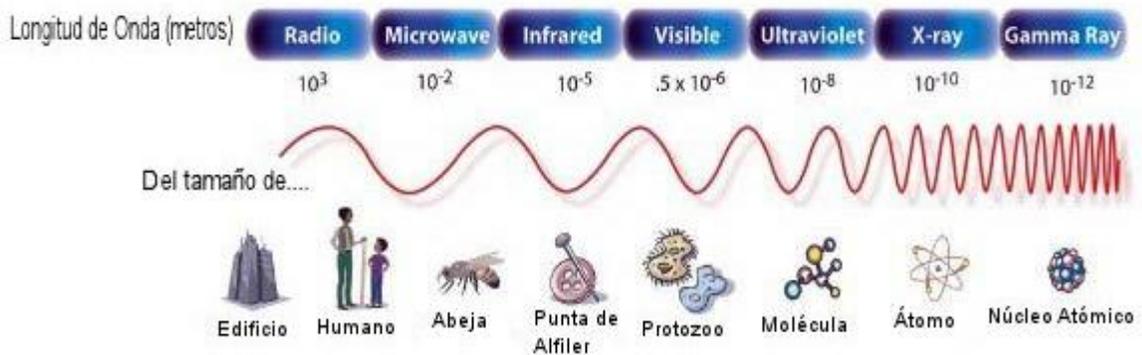


Figura 1-3: Denominaciones y aproximaciones (Fuente: <https://www.viveinternet.es>)

### La visión del ser humano y curva de visibilidad

Los seres humanos poseen el gran sentido de la visión el cuál le permite visualizar parte la radiación electromagnética dentro de un rango específico de longitud de onda, pero como cada ser humano es diferente y poseen características fisiológicas distintas, no existe un rango exacto de longitud de onda que muestre la radiación electromagnética que es apreciable por el ojo humano, es por ello que se decidió ejecutar un experimento en el cuál se emitió radiación visible por medio de dos fuentes de luz que funcionan en base a energía eléctrica hacia una estructura compuesta por dos superficies tal como se muestra en la figura 1-4, en la parte izquierda se emitió radiación visible en una longitud de onda fija, al igual que en la superficie derecha pero con diferente longitud de onda. El observador disponía de un potenciómetro con el cual regulaba la cantidad de energía eléctrica que le proporcionaba a la fuente de luz que iluminaba el lado derecho con el objetivo de que ambas radiaciones generaran en las superficies la misma luminosidad.

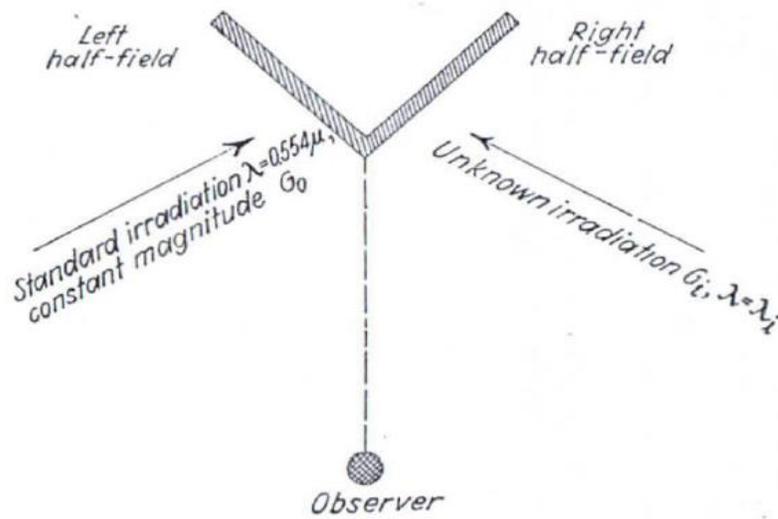


Figura 1-4: Esquema del experimento [5]

Para el experimento se estableció un rango de visibilidad de 0 a 1, para categorizar la radiación que cada observador experimentó, siendo 1 para la máxima intensidad y 0 para la intensidad o visibilidad nula. En primera instancia este experimento contempló a 125 observadores y luego de múltiples pruebas se descubrió que al emitir radiación con una longitud de onda de 554 [Nanómetros] en la superficie izquierda, siempre se le debía suministrar más potencia eléctrica a través del potenciómetro a la fuente de luz que iluminaba el lado derecho para igualar la cantidad de luz percibida por el observador en ambas superficies y es así como se definió que en la longitud de onda de 554 [Nanómetros], se alcanza la máxima visibilidad por el ojo humano. Un ejemplo de las gráficas obtenidas mediante el experimento se muestra en la figura 1-5.

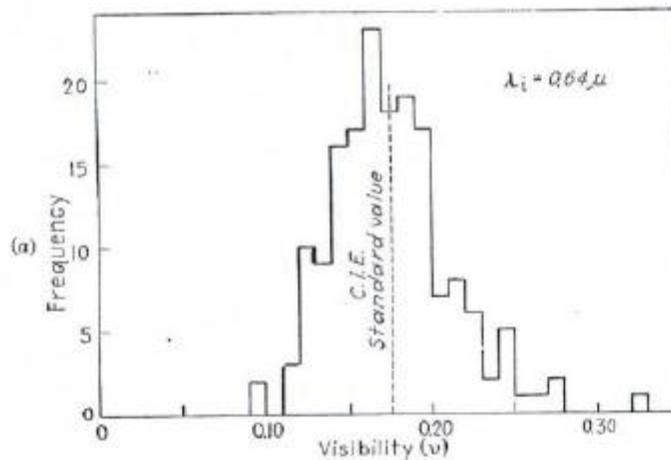


Figura 1-5: Curva experimental en donde se emitió radiación visible de longitud de onda 0,64 [micrómetros] [5]

En la figura 1-6 se muestran en una gráfica los resultados de una prueba de la cual se considera un valor representativo para todos los observadores que participaron así se define un nivel específico de visibilidad para la longitud de onda de 0,64 [micrómetros]. De la misma forma se volvió a realizar esta prueba pero con otras longitudes de onda de las cuales también se obtuvo un valor de visibilidad representativo.

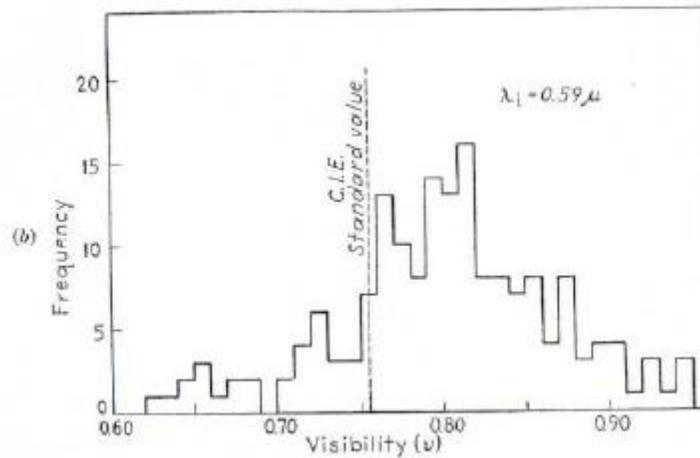


Figura 1-6: Curva experimental en donde se emitió radiación visible de longitud de onda 0,59 [micrómetros] [5].

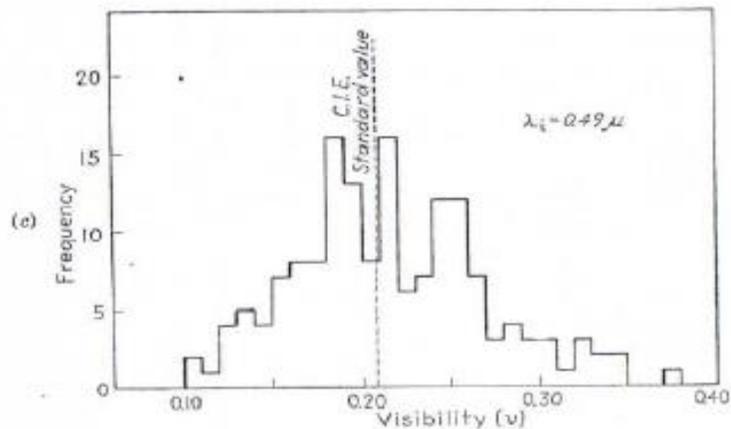


Figura 1-7: Curva experimental en donde se emitió radiación visible de longitud de onda 0,49 [micrómetros] [5].

Luego de realizar esta prueba para cada longitud de onda dentro del rango que los observadores percibieron la radiación, el experimento concluyó en una curva donde se muestra el nivel de visibilidad por cada longitud de onda, a esta curva se le denomina curva de visibilidad del ojo humano, la cual se muestra en la figura 1-8.

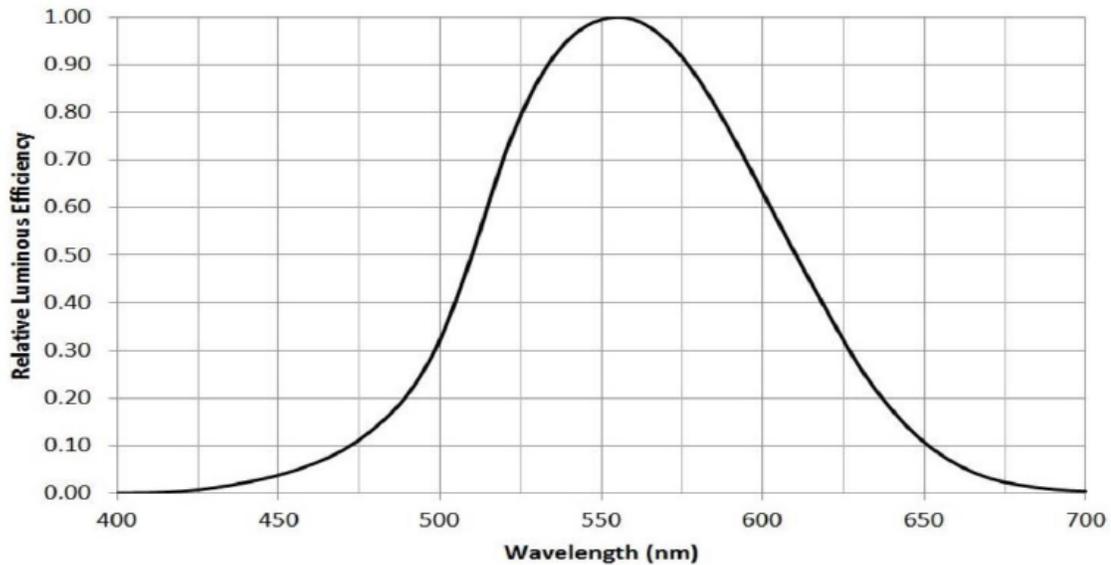


Figura 1-8: Curva de visibilidad del ojo humano [5].

Una vez definida esta curva se establece empíricamente cuál es el rango de longitudes de onda en que el ojo humano percibe radiación electromagnética por lo tanto para reconocer que porción de radiación de alguna fuente en específico es visible por el ojo humano, se debe realizar una ponderación de dicha curva de radiación versus longitud de onda, por la curva de visibilidad del ojo humano y el resultado de esta ponderación es lo que se denomina Luz.

### 1.1.3 La Luz

La luz es concebida como la energía radiante visible por el ojo humano la cuál es un fenómeno subjetivo ya que cada persona lo percibe de distintas formas pero es posible considerar parámetros que permitan caracterizarla y estudiarla, uno de ellos es el flujo luminoso lo que cuantifica la cantidad de energía radiante visible a través de su unidad de medida, el Lumen. Empíricamente se demostró que al emitir una onda electromagnética con 1[Watt] de potencia eléctrica con una longitud de onda de 554[nm] se generan 683[lúmenes] siendo esta la máxima cantidad de luz que se puede emitir con 1[Watt] ya que se está emitiendo justo en el peak de sensibilidad del ojo humano, esto da lugar a la máxima eficacia teórica mostrada a continuación en la ecuación 1-2.

$$\text{Máxima eficacia teórica} = 683 \left[ \frac{\text{lúmenes}}{\text{watt}} \right] \quad (1-2)$$

Esta eficacia es empleada para calcular el flujo luminoso ya que multiplica a la ponderación de la curva de energía y la curva de visibilidad del ojo humano, dicha ecuación se muestra en al ecuación 1-3.

$$\Phi[\text{lumenes}] = 683 \int_{\lambda} \mathbf{P}(\lambda) \cdot \mathbf{V}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (1-3)$$

#### 1.1.4 Iluminancia

Iluminancia, nivel de iluminación y densidad de flujo luminoso representan la cantidad de flujo luminoso incidente en un área en específico, su unidad de medida es el Lux y equivale al nivel de iluminación generado por un lumen incidiendo sobre un área de un metro cuadrado. Este parámetro se mide con el instrumento llamado luxómetro el cuál registra valores puntuales de iluminancia los cuales posteriormente son estudiados y empleados para obtener referencias como por ejemplo el promedio de todas las mediciones puntuales o iluminancia media, lo que será de gran importancia en el desarrollo de este proyecto.

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2} \quad (1-4)$$

#### 1.1.5 Intensidad luminosa

Se define como la cantidad de flujo luminoso emanado en un ángulo sólido, su unidad de medida son las candelas.

$$\frac{\text{lumen}}{\text{Sr}} = \text{Candelas} \quad (1-5)$$

#### 1.1.6 Temperatura Color

Para entender de qué se trata el concepto de temperatura color es necesario explicar en qué consiste un cuerpo negro, un objeto teórico el cual es capaz de absorber toda la energía radiante que incide sobre él y a su vez también es capaz de emitir radiación. Las radiaciones emitidas por el cuerpo negro aparecen cuando es sometido a determinadas temperaturas en donde dichas radiaciones pueden ser percibidas por el ojo humano. Este fenómeno se denomina temperatura color se cuantifica en base a los grados Kelvin que adquiera el cuerpo negro el cual producirá radiación visible cuyos colores dependen de la temperatura expuesta, esto se muestra en la figura 1-9.

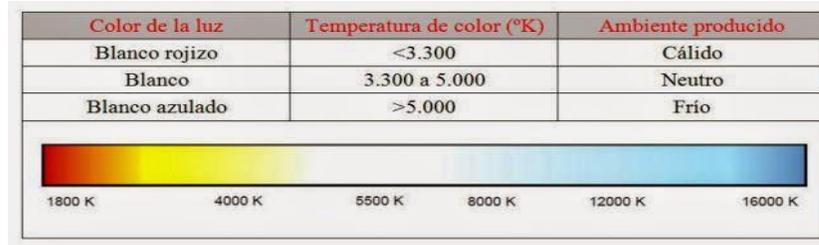


Figura 1-9: Colores de la radiación en función de los grados Kelvin (Fuente: <http://m.ecosistemasdelsureste.com>).

La temperatura color o temperatura del color también se puede entender como la dominancia de alguno de los colores del espectro de radiación visible sobre los demás, de modo que altera el color blanco hacia el rojo o hacia el azul en dicho espectro. Estableciendo la temperatura color de la luz de para un día totalmente despejado, al mediodía en 5.500 K lo que se traduce en que todas las radiaciones dentro del espectro visible contienen la misma cantidad de energía. A partir de esta referencia se pueden determinar los colores de la luz pertenecientes a otras temperaturas como por ejemplo en un día nublado esta temperatura color puede aumentar hasta los 12.000 K en donde predomina el color azul lo que se entiende como luz fría, de igual forma una habitación iluminada con fuentes artificiales de luz cálida esta temperatura color puede descender a los 2500 K en donde predomina el color rojo.

### 1.1.7 Índice de Rendimiento Cromático

El Índice De Rendimiento Cromático es un sistema internacional de medida que compara la fidelidad con que una fuente de luz artificial reproduce los colores con respecto a la luz natural del sol. Este sistema considera que en un día totalmente despejado, al mediodía el ser humano percibirá los colores con máxima fidelidad y se define como el valor de CRI máximo, 100. A partir de esta referencia se categorizan las diversas fuentes de luz artificial existentes en términos de fidelidad en la reproducción de los colores, este efecto se puede apreciar en la apariencia de las verduras iluminadas con fuentes artificiales con distinto CRI, en la figura 1-10.



Figura 1-10: Efecto del nivel de CRI (Fuente: <https://blog.compratuled.es>)

## 1.2 La industria del retail

La industria del retail o lo que explica su traducción al español, la industria del comercio minorista o comercio al detalle posee una definición general, la venta de productos y servicios de manera

masiva a una gran cantidad de consumidores finales, siendo el último eslabón de la cadena productiva de dichos productos, la venta final. Esta dinámica de funcionamiento la emplea un gran número de representantes con gran diversidad de productos como alimentos, ropa, herramientas, materiales, fármacos, entre muchos otros los cuales son ofertados en tiendas. A continuación son mostrados y definidos algunos tipos de tiendas que pertenecen al sector retail

### **Tienda de descuento**

Las tiendas de descuento son aquellas que ofrecen una variedad de productos menor a la de un supermercado con precios más bajos, se caracterizan por priorizar el ahorro en términos de consumo de energía eléctrica, decoración, inmobiliario y publicidad. Poseen alrededor de cuatro cajas registradoras las cuales son atendidas por el mismo personal que oferta los productos, todo ello con el objetivo de abaratar los costos de personal. Para estas tareas visuales de venta y oferta basta de un nivel de iluminación específico y general ya que los productos a vender poseen una variedad limitada. Un ejemplo de este tipo de tiendas en Chile se presenta a continuación en la figura 1-11.



Figura 1-11: Tienda de descuento Liquimax (Fuente: <http://www.liquimax.cl>).

### **Supermercado**

Son grandes tiendas que se dedican a la venta de una gran variedad de productos entre los cuales están alimentos, ropa, artículos de higiene, perfumería, limpieza entre otros, a un precio relativamente bajo con el cuál se generan ganancias gracias a la venta de muchas unidades. El tipo de venta es casi completamente impersonal ya que es de autoservicio por lo tanto las tareas visuales que se exhiben son las de mostrar de la manera más atractiva ciertos productos para incentivar al potencial consumidor a comprarlo por ello existe una preocupación por el diseño interior con su publicidad pudiendo en algunos casos designar personas a promocionar ciertos productos, a continuación en la figura 1-12 se muestra un ejemplo de supermercado y oferta de productos.



Figura 1-12: Sección frutas y verduras Unimarc. (Fuente: <https://www.unimarc.cl>)

### Tienda de departamentos

Este tipo de centros de venta pertenecientes a una única empresa posee una gran extensión la cual se divide en secciones o departamentos especializados en temas como alimentación, confección, florería menaje del hogar, decoración y herramientas. Debido a la diversidad de tiendas existe una gran gama de productos a ofertar, tareas visuales y precios variados según las secciones, de igual manera el diseño interior de dichos centros de venta posee una preocupación variante ya que se puede encontrar lugares con una como la sección herramientas en donde generalmente se designa una persona entendida en el tema para asesorar al cliente y ordenar los productos, mientras que en alimentación se puede encontrar un tipo de venta impersonal en donde el cliente decide en base a sus necesidades, ejemplo de ello es la tienda que muestra en la figura 1-13.



Figura 1-13: Tienda de departamentos Falabella (Fuente: <https://www.falabella.com.ar>)

### Muebles

Estas tiendas se dedican a la venta de mobiliarios destinados a mejorar la ejecución de las labores de personas así como la comodidad de las mismas dentro de los cuales están escritorios, sillas,

closets, veladores, comedores entre otros por tanto es necesario exhibirlos de la manera más atractiva posible para los clientes, así existe una preocupación por el diseño interior y la promoción de estos muebles de manera que en ocasiones se designan personas para desarrollen las tareas visuales de presentación al cliente las virtudes y resalten las características de los productos. Una imagen de la tienda Homy a continuación en la figura 1-14.



Figura 1-14: Homy (Fuente: <https://www.sodimac.cl>)

## Moda

Para estas salas de venta se presenta una gran variedad de productos como poleras, camisas, pantalones, zapatos, zapatillas, etcétera, con diferentes precios dependiendo de la marca y calidad. El diseño interior de estas tiendas es en general una preocupación constante poniendo más énfasis en mejorar el de los sectores donde se oferta la ropa más exclusiva, tanto es así que el estilo de venta es semipersonal, porque existen vendedores dispuestos en lugares estratégicos para concretar la venta y en los casos de prendas exclusivas incentivar la compra. Así las tareas visuales en este tipo de tiendas son dependientes del precio, calidad y temporada de las prendas en donde por ejemplo se ambienta un sector para promocionar las prendas de temporada en base al realce de colores mediante la iluminación, lo que se ejemplifica en la figura 1-15.



Figura 1-15: Sección de Paris (Fuente: <https://www.america-retail.com>)

### Tienda especializada

Estas tiendas de venta se dedican a comercializar productos específicos de alguna aplicación como lo es Audio y Video. En estas tiendas se genera una preocupación importante en el diseño interior mediante la iluminación buscando generar un grato ambiente en donde el cliente pueda apreciar de la mejor forma la variedad de productos tecnológicos como lo son equipos de audio, parlantes, racks de audio y video, instrumentos musicales, propios de una línea de productos reducida a su especialidad. Los precios son variados ya que los artículos que se venden van desde cables y conectores simples hasta productos más elaborados como sofisticados amplificadores de sonido, generalmente en estas tiendas el estilo de venta se realiza mediante el contacto directo entre el cliente inmediatamente este ingresa a la tienda , un ejemplo de tienda especializada se presenta en la figura 1-16.



Figura 1-16: Tienda especializada en audio y video (Fuente: <https://www.studio-22.com>)

### Tienda exclusiva

Sin lugar a dudas este tipo de tiendas es el más elaborado en términos de diseño interior en retail al punto en que se contratan personas expertas para dicha labor ya que se busca cautivar a los clientes al interior ellas, en donde además los vendedores están familiarizados con los clientes, los que produce un estilo de venta totalmente personalizado. La exclusividad es tal que para lograr ser cliente muchas veces se debe cumplir algunos requerimientos especiales y los productos ofertados pertenecen a marcas y modelos emblemáticos los cuales no varían su precio. Debido a la gran preocupación de generar un ambiente especial en estas tiendas las tareas visuales desarrolladas requieren de un alto nivel de exigencia como lo es la utilización estratégica de la iluminación para resaltar ciertos detalles de los productos y espacios de la tienda. En la siguiente figura 1-17 se muestra un ejemplo de tienda exclusiva.



Figura 1-17: Tienda de Carolina Herrera en Chile (Fuente: <https://www.america-retail.com>)

### **Minorista local**

Son las tiendas más simples de esta numeración y se constituyen por locales como almacenes de barrio y pequeñas tiendas de abarrotes en las cuales no existe gran preocupación en el diseño interior ya que los productos vendidos son en su mayoría de uso cotidiano y comida por lo que las tareas visuales son las de posicionar los productos a la vista del público. El estilo de venta es personal realizado por la o las personas que realizan múltiples tareas como venta, reposición, limpieza y vigilancia lo que se ejemplifica en la figura 1-18.



Figura 1-18: Almacén de barrio (Fuente: <http://www.actualidadtdf.com.ar>)

### **Decoración de interior**

Tiendas especiales que se dedican a vender y promocionar artículos para ambientar lugares según la necesidad del cliente, dentro de su oferta existen cuadros de colores, muebles, repisas, espejos y un sin número de elementos con los cuales se busca generar un aspecto en específico por ejemplo darle un estilo vintage a un local comercial o generar un aspecto árabe en alguna habitación. El estilo de venta de dichas tiendas es en su mayoría personal y se busca llamar la atención del cliente mediante las tareas visuales que crean un ambiente propicio con los elementos en la tienda para que desee implementarlo en su hogar, además del interés en el diseño interior del local, el vendedor debe asesorar al cliente para que tome las mejores decisiones en lo que a sus necesidades. Ejemplo de esta dinámica se muestra en la figura 1-19.



Figura 1-9: Tienda de decoración de interiores (Fuente: <http://www.luisaolazabal.com>)

### **1.3 Eficiencia energética**

La eficiencia energética se puede mencionar en palabras simples como hacer más con menos, en términos de energía, es la relación entre la cantidad de energía utilizada en una actividad y la prevista para su realización, por ende si un sistema puede realizar una misma actividad con menos energía que la prevista es porcentualmente eficiente.

Debido a que en el proceso de generación de energía se emplean distintos recursos naturales entre los cuales están los combustibles fósiles como petróleo crudo, carbón, también Biomasa para la generación de Biogás, gas natural, energía hídrica, energía eólica y energía solar cada una con un aporte porcentual a la energía total generada en el país o matriz energética primaria, es muy importante realizar un uso consiente y racional de la energía, para ello es fundamental trabajar en acciones que aumenten la eficiencia energética y así regular y disminuir el impacto ambiental de la explotación de los recursos naturales.

A continuación se expresará detalladamente el proceso de generación de las matrices energéticas de Chile con el fin de identificar qué porcentaje de esta es consumida por el sector de la industria del retail.

#### **1.3.1 Matriz Energética primaria**

La matriz energética primaria muestra la participación que tienen los energéticos obtenidos directamente de recursos naturales en el consumo total. La participación de cada energético muestra cómo se comporta la demanda por energía primaria en un periodo determinado.

La matriz de energía primaria está determinada en base a la nomenclatura empleada por la Agencia Internacional De Energía en donde se expresa por Teracalorías. A continuación en la figura 1-20 se muestra la matriz energética primaria del año 2016 en Chile

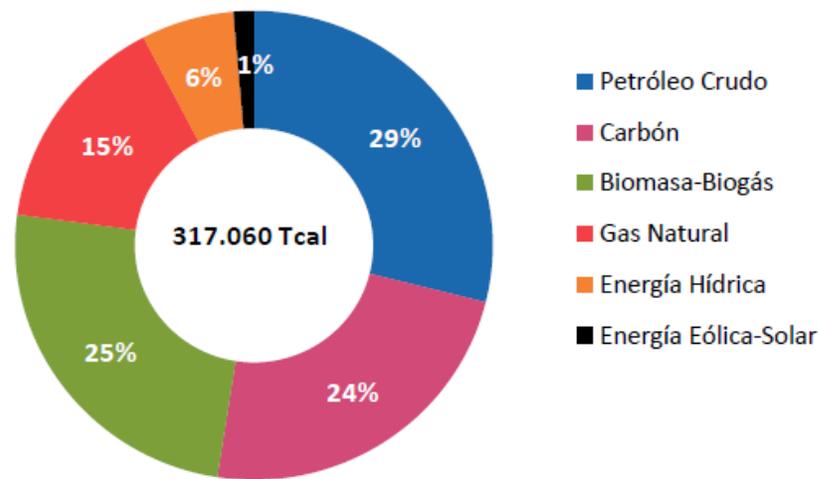


Figura 1-20: Matriz Energética Primaria [3].

### 1.3.2 Centros de transformación de energía

Los centros de transformación son instalaciones dedicadas a procesar la energía tanto primaria como secundaria para convertirla en un producto energético listo para ser consumido, en Chile estos centros son mayoritariamente de tres clases que se definen a continuación.

#### Siderurgia: Hornos de coque y Alto Horno

A raíz de la combustión del carbón se produce el coque mineral el cuál es depositado en los altos hornos de coque que es donde se produce el hierro como producto energético principal y también es aprovechado el gas emanado de estos hornos como subproducto energético.

#### Refinerías de petróleo

Las refinerías de petróleo son plantas industriales encargadas de procesar el petróleo crudo mediante un procedimiento de destilación o separación química a continuación esto se lleva diversos procesos químicos de los cuales emanan productos como gas de refinería, nafta, kerosene, petróleo diésel, entre otros derivados del petróleo crudo.

#### Centrales generadoras de electricidad

Son distintas plantas capaces de generar energía eléctrica a partir de energéticos primarios dentro de las cuales están las empresas que generan energía eléctrica para su posterior comercialización y otras que generan para autoabastecerse e inyectar al sistema los excedentes de energía generada.

Para realizar la conversión de energía en estos centros de transformación se requiere de energía la cual está expresada en el siguiente gráfico de consumo de los centros de transformación en el año 2016, mostrado en la figura 1-21.

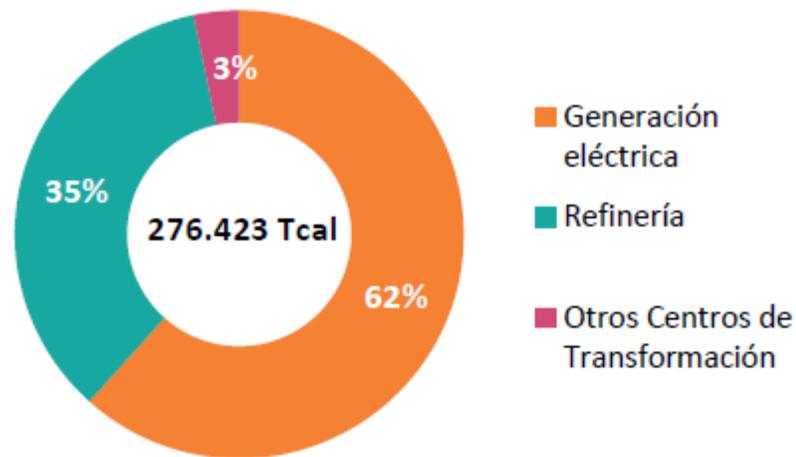


Figura 1-21: Consumo de energía de los centros de transformación [3].

### 1.3.3 Matriz energética secundaria

La matriz energética secundaria expresa toda la energía emanada de los centros de transformación que se consumió durante el año la cual se subdivide en dos matrices, una para mostrar el tipo de energía consumida y otra para representar el porcentaje consumido por sector económico del país de Chile, las cuales son expresadas mediante gráficos en las figuras 1-22 y figura 1-23 respectivamente.

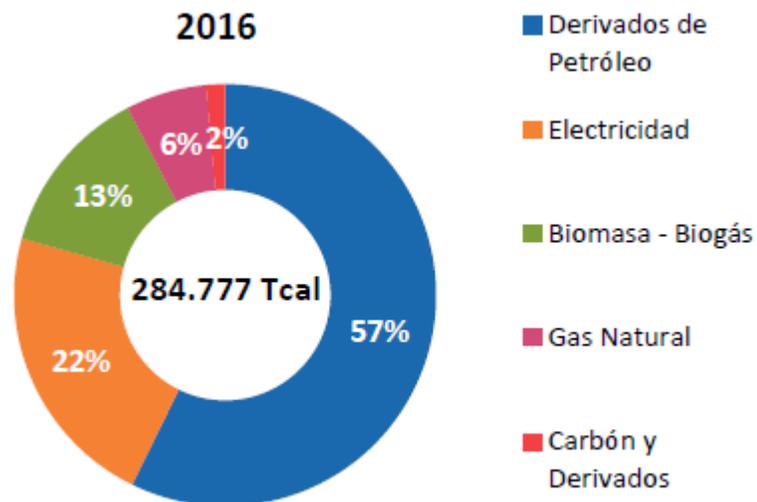


Figura 1-22: Matriz Energética Secundaria [3].

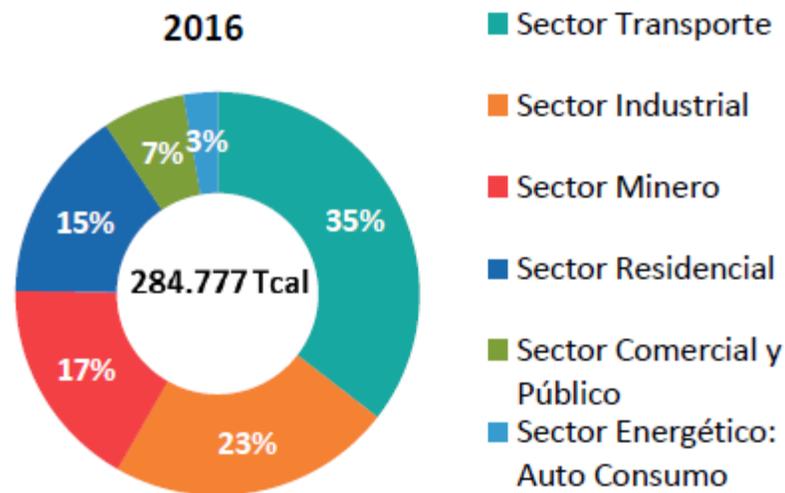


Figura 1-23: Consumo de los sectores económicos de Chile [3].

### 1.3.4 Consumo de energía en y aspectos de eficiencia energética en iluminación

En la industria del retail comparte una porción del sector comercial e industrial en la cual existen diversos tipos de tiendas en las cuales varía el tipo de energía consumida pero según la publicación de la revista energética de Chile, Electricidad, en la industria del retail se consume cerca del 10% de la energía producida en el país. Así en su mayoría la energía eléctrica es la gran predominante en la industria del retail dejando un pequeño porcentaje para el empleo de combustible en los generadores de emergencia y gas. Esto sumado con la expansión secuencial que experimenta esta industria hace que el uso eficiente de la energía eléctrica sea primordial y el implementar un sistema de iluminación eficiente impactará positivamente en ello. En un sistema de iluminación mediante fuentes luminosas artificiales intervienen diversos factores que influyen en su eficiencia los que se mencionan a continuación.

#### Potencia eléctrica y flujo luminoso

Para generar luz, los equipos de iluminación emplean la conversión de energía eléctrica suministrada por la red de alimentación a energía radiante visible, este proceso de conversión de energía como cualquier otro presenta pérdidas las cuales para este caso se traducen en la energía eléctrica que se disipa en forma de calor y aquella porción que se convierte en radiación electromagnética que no percibida por el ojo humano, lo que ejemplifica la figura 1-24.

Por lo tanto este aspecto indica que mientras más flujo luminoso genere con un valor fijo de potencia eléctrica más eficiente es el uso de energía eléctrica. El concepto que expresa esta relación es la eficacia luminosa la cual se mide en lúmenes sobre Watt, mediante la ecuación 1-6.

$$Eficacia\ luminosa = \frac{Lúmenes}{Watt} \quad (1-6)$$



Figura 1-24: Esquema de eficacia (Fuente: <https://recursos.citcea.upc.edu>)

### Distribución del flujo luminoso

La fuente de luz a emplear debe presentar una distribución de flujo de acorde a la tarea visual que se desarrollará en el lugar donde iluminará, en otras palabras el flujo luminoso emitido debe dirigirse hacia los lugares deseados ello lo expresa el Factor de Utilización en la ecuación 1-7.

$$F_u = \frac{\text{Flujo útil final}}{\text{Flujo de las lámparas}} \quad (1-7)$$

En este capítulo se mostraron los aspectos básicos que en el desarrollo del mismo serán mencionados constantemente, a continuación se comienza a cuantificar algunos de los parámetros definidos para comenzar a entender la principal problemática que abarca este proyecto

## 2 Consumo energético y problemática

En el presente capítulo se muestran los datos reales de consumo energético en dos grandes sectores del retail, los Supermercados y Centros comerciales, en conjunto con las características de los equipos de iluminación para concluir con la presentación de la problemática del proyecto y la forma en que será abordada.

### 2.1 Consumo energético

El gran alcance generado por la industria del retail ha dado paso a la preocupación, debido a que el consumo de energía ha ido creciendo al mismo tiempo que sus instalaciones, es por eso que en el año 2009 el Ministerio de Energía a través del Programa País De Eficiencia Energética, lo que hoy en día es la Agencia Chilena De Eficiencia Energética se agrupó con las organizaciones más importantes del retail en Chile, La Asociación Chilena De Supermercados y La Cámara De Centros Comerciales para firmar un protocolo con el objetivo de trabajar en temas de eficiencia energética en esta industria, lo que convergió en la fundación de la primera institución especializada en este tema en Chile, la Mesa de Eficiencia Energética para el Sector Retail (MEESR).

MEESR condujo una iniciativa que buscaba cuantificar el consumo energético de centros comerciales y supermercados a nivel nacional, por ello contrató los servicios de Gamma Ingenieros, sociedad de ingenieros con un amplio conocimiento en eficiencia energética los cuales realizaron un proceso de encuestas enfocadas en la identificación y características de los locales comerciales, información técnica referente a equipos, consumo de energía eléctrica, combustible y usos de la energía de las instituciones del retail pertenecientes a MEESR que se muestran en el siguiente listado.

- Cencosud (Centros comerciales y supermercados).
- Corpgroup.
- D&S.
- Falabella.
- Fasa.

- Mall Plaza.
- Montserrat.
- Parque Arauco.
- Saitec.
- Sodimac.
- Supermercados del Sur.
- Tottus.
- Unimarc.

Para los cuales, número de encuestas enviadas se presentan a continuación, en la tabla 2-1 y tabla 2-2.

Tabla 2-1: Cantidad de encuestas recibidas por supermercados [4]

Supermercados Encuestados	Nº Encuestas Recibidas
Cencosud	9
D&S	30
Unimarc	5
Tottus	18
Montserrat	30
Supermercados del Sur	1
<b>Total encuestas Supermercados</b>	<b>93</b>

Tabla 2-2: Encuestas recibidas por Centros Comerciales [4]

Centros Comerciales Encuestados	Nº Encuestas Recibidas
Mall Plaza	4
Saitec	10
Fasa	0
Parque Arauco	1
Cencosud	4
Corp Group	1
<b>Total encuestas Supermercados</b>	<b>20</b>

Luego del análisis en detalle de la información obtenida de las encuestas se logró definir cuál es el consumo energético global de energía en Supermercados y Centros comerciales participantes, el cual es mostrado en la tabla 2-3. En donde los supermercados participantes son Tottus, Montserrat, Jumbo, Unimarc, Santa Isabel, D&S (Líder) y Supermercados del Sur, representando el 28% de los supermercados de MEESR y para los centros comerciales están incluidos Parque Arauco, Mall Plaza, Corpgroup (Mall del Centro), Malls Cencosud y Malls D&S (Saitec) los que representan el 55% de MEESR.

Tabla 2-3: Cuantificación de energía consumida [4]

	Consumo Energía Total KWh/mes	Consumo Energía Encuestado KWh/mes	% Encuestado
Supermercados	59.879.148	16.768.774	28%
Centros Comerciales	34.055.061	18.892.256	55%
Total	93.934.209	35.661.030	38%

## 2.2 Supermercados

Con la información obtenida se determina la proporción de los distintos tipos de energía eléctrica que emplean los supermercados encuestados y se concluye que el consumo de energía eléctrica en ellos asciende a 53.292 MWh/mes, equivalentes a 550 Teracalorías anuales, que representa el 10,3% del consumo de energía eléctrica del sector comercial. De acuerdo al Balance de Energía de la CNE del 2008, el consumo de energía eléctrica de este sector asciende a 5.330 Teracalorías/año.

Los sistemas que más energía eléctrica consumen son Iluminación, Refrigeración y Aire Acondicionado, generando un consumo de los 73% de la energía eléctrica, dichos consumos son expuestos en el gráfico de la figura 2-1.

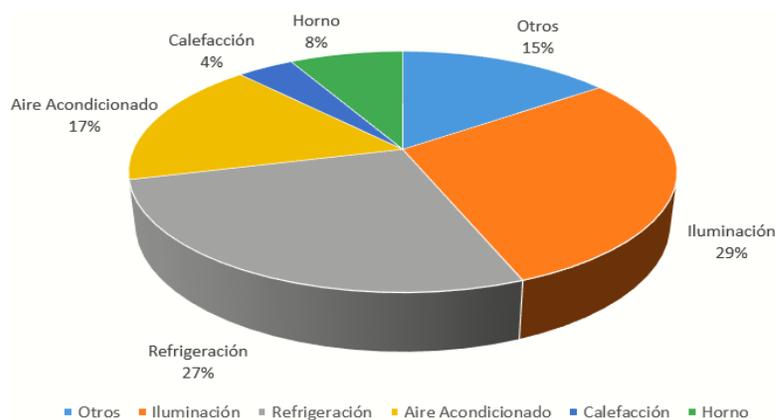


Figura 2-1 Tipos de consumo de energía en Supermercados [4].

Para iluminación también es posible en base al contenido de las encuestas determinar los diferentes tipos de sistemas de iluminación empleados, lo que se muestra en la figura 2-2.

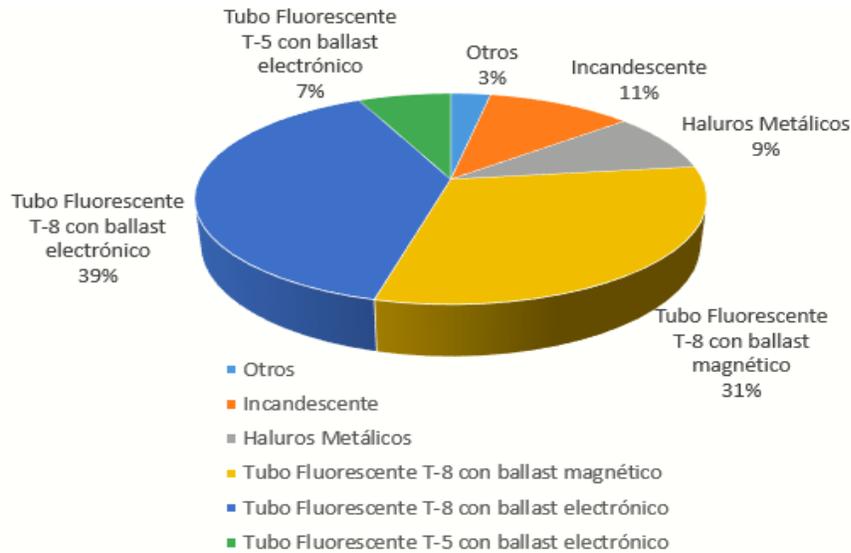


Figura 2-2: Tecnología de los equipos de iluminación en Supermercados [4].

A partir de la información recopilada, referente a aspectos técnicos y constructivos de los sistemas de iluminación se concluye que:

- El 54% de la tecnología instalada corresponde a luminarias con bajos estándares de eficiencia energética, como lo son: sistemas fluorescentes con ballast magnético, haluros metálicos e incandescentes.
- El 46% de las luminarias instaladas corresponde a tecnología con estándares de eficiencia energética, como lo son sistemas fluorescentes con ballast electrónico.

En los locales que existen luminarias que cumplen con estándares de eficiencia energética, por ejemplo, que utilizan sistemas fluorescentes con ballast electrónico, generalmente estos sistemas no se encuentran asociados con sistemas de control que permitan un control dinámico de control de nivel lumínico que distinga cuando existe aporte de luz natural o no.

### 2.3 Centros comerciales

El consumo de energía eléctrica en los centros comerciales estudiados asciende a 33.715 MWh/mes, equivalentes a 348 Teracalorías anuales, que representa el 6,5% del consumo de energía eléctrica del sector comercial. De acuerdo al Balance de Energía de la CNE del 2008, el consumo de energía eléctrica de este sector asciende a 5.330 Teracalorías/año.

Para los centros comerciales el uso de energía eléctrica se produce mayoritariamente en Iluminación y Aire Acondicionado representando un 87% de la energía eléctrica consumida, esto es representado en el gráfico de la figura 2-3.

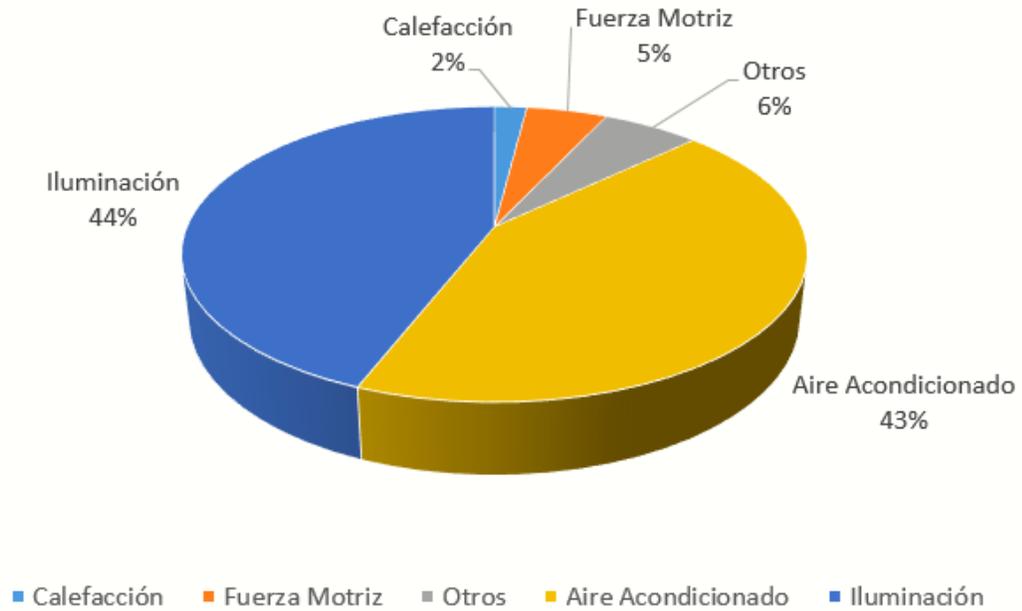


Figura 2-3: Tipos de consumo de energía en Centros Comerciales [4].

Para iluminación también es posible en base al contenido de las encuestas determinar los diferentes tipos de sistemas de iluminación empleados, lo que se resume en la figura 2-4.

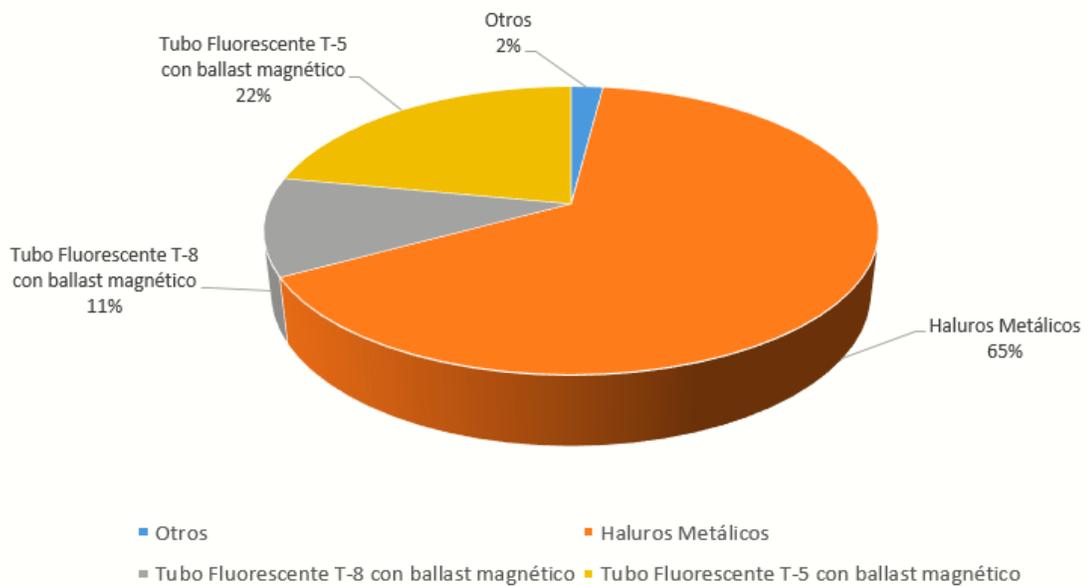


Figura 2-4: Tecnología de los equipos de iluminación en Centros comerciales [4].

- El 78% de la tecnología instalada corresponde a luminarias con bajos estándares de eficiencia energética, como lo son: sistemas fluorescentes con ballast magnético y haluros metálicos.
- El 22% de las luminarias instaladas corresponde a tecnología con estándares de eficiencia energética, como lo son sistemas fluorescentes con ballast electrónico.

En los locales que existen luminarias que cumplen con estándares de eficiencia energética, por ejemplo, que utilizan sistemas fluorescentes con ballast electrónico, generalmente estos sistemas no se encuentran asociados con sistemas que permitan un control dinámico de nivel lumínico que distinga cuando existe aporte de luz natural o no.

## 2.4 Análisis económico

El consumo de energía de los supermercados considerados en el estudio y pertenecientes a la Mesa del Sector Retail es de 59.879 MWh/mes (718.548 MWh/año), equivalentes a 618 Tera calorías anuales, que representan en 6,2% del consumo de energía del sector comercial. El Balance de Energía de la CNE 2008 indica que el consumo de energía del sector comercial es 9.905 Tercalorías/año. Los costos de energía de los supermercados considerados en el estudio son cercanos a 80 millones de US\$ anuales. En donde la gran mayoría de energía empleada es del tipo eléctrica, eso lo muestra la figura 2-5.

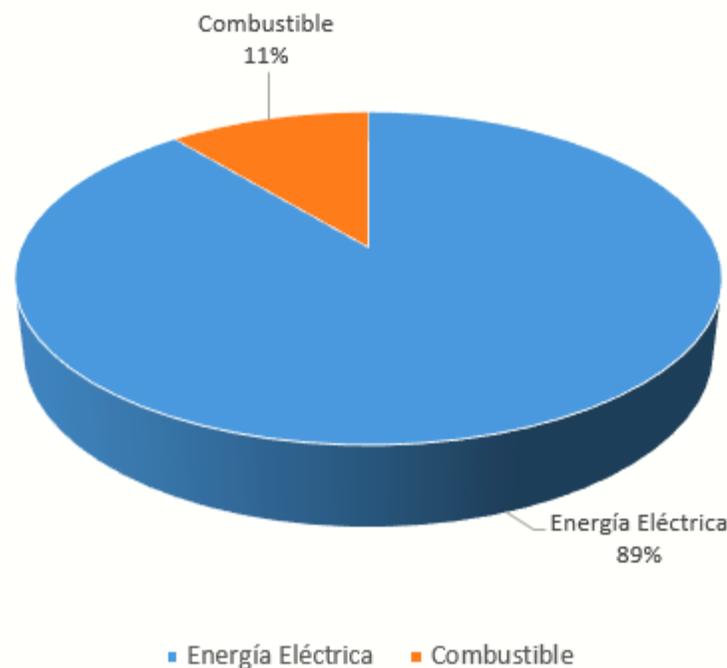


Figura 2-5: Tipos de energías empleadas por Supermercados [4].

El consumo de energía de los centros comerciales considerados en el estudio y pertenecientes a la Mesa del Sector Retail, es de 34.055 MWh/mes (408.660 MWh/año), equivalente a 351 Tera calorías anuales, que representan un 3,5% del consumo de energía del sector comercial. El Balance de Energía de la CNE 2008 indica que el consumo de energía del sector comercial es 9.905 Tercal/año. Los costos en energía de los centros comerciales son cercanos a los 55 millones de US\$ anuales.

El gráfico de la figura 2-6 se presenta la proporción del tipo de energías utilizadas en los Centros Comerciales encuestados.

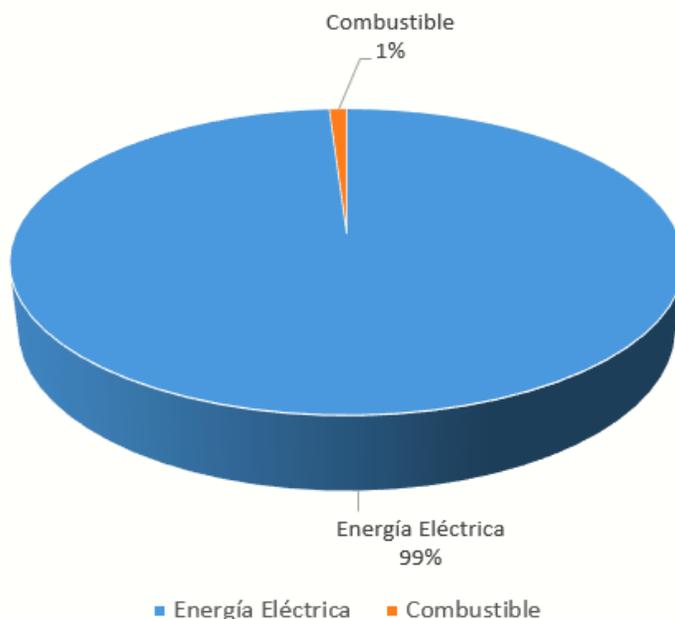


Figura 2-6: Tipos de energías empleadas por Centros Comerciales [4].

Como catastro de la proporción del tipo de energía empleada por los participantes de la Industria del retail considerados en este estudio de Gamma Ingenieros, se muestra que la gran predominante es la energía eléctrica lo que es otro impulso para gestionar de mejor forma su utilización para iluminación ya que todas las fuentes de luz utilizadas en Supermercados y fuentes de luz emplean energía eléctrica.

Una vez estudiado el proceso de encuesta junto con la información obtenida se pueden concluir los siguientes puntos:

- La energía consumida por el sector retail es entre un 90% y un 99% energía eléctrica.
- Los tres componentes predominantes de consumo son, Iluminación, calefacción y aire acondicionado.

- Para los supermercados 29% de la energía eléctrica consumida es empleada en iluminación, exponiendo que un 42% del total de luminarias empleadas tienen la posibilidad de mejorar su eficiencia energética
- Para los centros comerciales la energía eléctrica empleada en iluminación es el 44% del total consumida, con la opción de mejorar la eficiencia energética en el 11% de las luminarias empleadas

De la información indicada en el diagnóstico se concluye que existe la instancia para instaurar medidas, acciones y métodos para mejorar la eficiencia energética en la industria del retail en aplicaciones de iluminación.

## **2.5 Identificación de la problemática**

Una vez expuestos los datos de consumo energético en estos dos grandes sectores del retail junto con las características de la tecnología empleada surge la gran pregunta, ¿se está empleando de manera correcta esta energía?, es a esta inquietud a la que se dará respuesta en el desarrollo del presente proyecto, ya que como fue mencionado anteriormente, el consumo en la industria del retail es aproximadamente el 10% de la matriz energética secundaria del país.

La manera de abordar esta problemática parte en la búsqueda de un índice que permita indicar la eficiencia energética de los proyectos de iluminación y en base a la comparación con la eficiencia de un proyecto realizado con criterios de eficiencia energética se pueda dirimir si el uso de energía eléctrica para fines de iluminación es adecuado o no.

Gran importancia posee la iluminación en la industria del retail, ya que cada tienda perteneciente a ella posee requerimientos lumínicos propios los cuales las caracterizan por lo tanto se debe cumplir con todos ellos para que la dinámica de venta y promoción de la tienda funcione y una vez establecido ello estudiar el consumo energético, lo se trata detalladamente en el siguiente capítulo.

## **3 Metodología de diseño de iluminación a emplear**

A continuación se presenta el procedimiento de diseño que sustenta a este proyecto el cual atesora el esfuerzo muchas personas pertenecientes a Philips Eindhoven, en el método denominado la Filosofía de las cuatro esquinas el cual representa la base teórica de este proyecto.

La filosofía de las cuatro esquinas es la metodología para proporcionar luz con todas las características lumínicas recomendadas a los espacios contemplados en la industria del retail y abarcados en este proyecto, la cual comienza con la clasificación de las tiendas en base a cuatro variables representativas del retail en una matriz y en base a esta ubicación se desprenden todos los requerimientos lumínicos.

### **3.1 Variables de la filosofía de las cuatro esquinas**

El desarrollo del procedimiento de diseño de iluminación para los distintos espacios del retail se basa en el empleo de una matriz cuya área contiene todas las posibilidades de tiendas existentes categorizándolas y ubicándolas en ella, mediante el estudio de las variables de amplitud de precio de producto, diseño interior, la línea de productos y el estilo de ventas.

#### **3.1.1 Amplitud de precio**

La amplitud de precios explica el rango de variación del mismo, siendo los productos baratos en el contexto del retail aquellos que se venden en grandes cantidades y variedad siendo el tipo de productos más común, de primera necesidad, en contraparte a ello están los productos elaborados con más dedicación en donde a medida que su precio aumenta se encuentran piezas refinadas, hechas a mano y de limitada variedad

#### **3.1.2 Diseño interior**

Explica la relevancia que posee la tienda por el diseño de la misma en donde un diseño popular es caracterizado por no representar un estilo en particular, más bien solo se desea mostrar los productos de la forma más sencilla posible para que sean apreciados por los clientes, pero

conforme los productos ofertados poseen un precio mayor y su calidad se escapa de la regular se comienza a pensar en un entorno complementario que ayude a resaltarlos y cree un estilo.

### 3.1.3 Línea de productos

Para la línea de productos se tiene desde una gran variedad como supermercados en donde se pueden encontrar por ejemplo frutas, verduras, lácteos y bebestibles, cada uno con varias opciones de marcas siendo característico vender cada producto a un precio bajo en el contexto de retail y generar ganancias en base a la venta de grandes cantidades en cambio para una línea de productos menor lo que se pretende es la exclusividad de modo que con una línea pequeña se asegura que muy pocas personas podrán usar un producto en específico y para casos de tienda en donde la exclusividad es clave se presenta el caso de ofertar productos únicos en su tipo.

### 3.1.4 Estilo de ventas

El estilo de ventas representa la preocupación de la tienda por asesorar al cliente en su proceso de compra siendo un estilo de ventas impersonal lo que se aprecia en un autoservicio en donde el cliente escoge su producto, lo cancela en caja y eso es toda su experiencia de compra, su contraparte la venta personal o asistida es en donde el cliente es acompañado en su elección, recibe recomendaciones y la persona que lo asesora está debidamente calificado para generar una grata experiencia de compra.

Para mostrar cómo interactúan estas variables en el proceso de compra en la industria del retail, se presenta en la figura 3-1, un diseño interior con el objetivo de resaltar los productos ofertados, que corresponden a una variedad limitada y cara de perfumes que además emplea una modalidad de venta asistida en donde para cada puesto de exhibición hay una persona para asesorar a los clientes, mientras que para la figura 3-2 se muestra una tienda de moda en donde el estilo de ventas es en su mayoría impersonal, la variedad es amplia tanto de marcas como de prendas, al igual que los precios y una relativa importancia del diseño interior..



Figura 3-1: Ejemplo de interacción de variables [6]



Figura 3-2: Ejemplo de interacción de variables [6]

### 3.2 Determinación del espacio de Retail

Como primera etapa de diseño se requiere identificar la ubicación del espacio a iluminar en la matriz que se muestra a continuación en la figura 3-3, en base a las variables anteriormente definidas que contiene el espacio a iluminar. Para llevar a cabo esta clasificación existen tres apoyos, en primer lugar cada esquina muestra un tipo de tienda representativa del tipo A, B, C y D, en la figura 3-4 y una clasificación más ajustada en las áreas ovaladas 1, 2, 3 y 4, para finalmente exponer ejemplos de algunos tipos de tiendas pertenecientes al sector retail.

- 1. Tienda de descuento
- 2. Supermercado
- 3. Tienda de departamentos
- 4. Muebles
- 5. Moda (ropas, zapatos)
- 6. Tienda especializada
- 7. Tienda exclusiva
- 8. Minorista local
- 9. Decoración de Interior

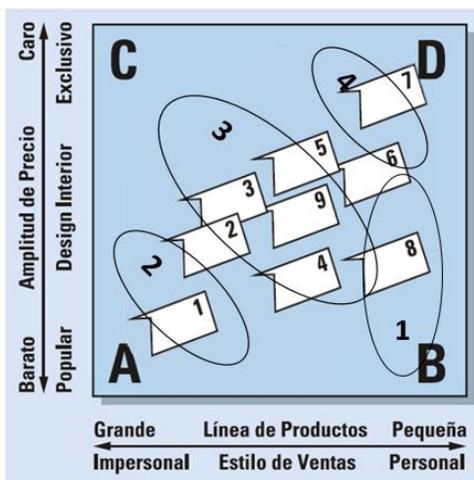


Figura 3-3: Seccionamiento de la matriz para el posicionamiento del espacio a iluminar [1].

### 3.2.1 Tiendas tipo A

Dichas tiendas se diferencian de las demás por poseer una gran variedad de productos sencillos, para suplir las necesidades básicas los cuales representan la opción más económica en el contexto del retail, para las cuales el proceso de venta se centra en el autoservicio, siendo las tiendas más sencillas.

### 3.2.2 Tiendas tipo B

Este tipo de tiendas se caracteriza por ofertar una cantidad limitada de productos, con precios bajos, siendo su modalidad de venta personal ya que su extensión es reducida y basta con un personal de una a tres personas para atender, los almacenes de barrio y minimarkets con ejemplos de este tipo de tiendas.

### 3.2.3 Tiendas tipo C

Son tiendas que presentan precios caros, con gran variedad de productos de calidad en donde se apuesta por la respuesta impulsiva de los clientes al consumir, tiendas de moda en donde se exhiben prendas de calidad emplean este recurso.

### 3.2.4 Tiendas tipo D

La esquina que muestra la letra D es representativa de la exclusividad, productos caros con la mejor calidad en retail, tiendas de moda exclusiva en donde las prendas son producto de una elaboración refinada y empleando materias primas de calidad.

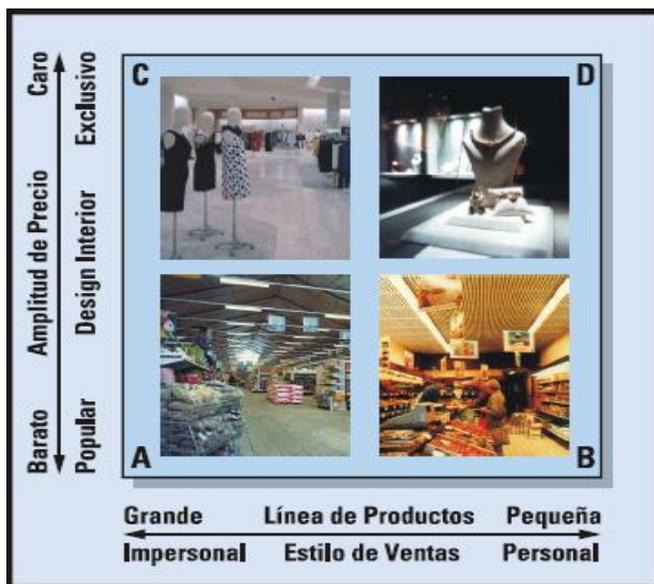


Figura 3-4: Ejemplos de tiendas tipo A, B, C y D [6].

A modo de analizar más detalladamente y lograr dimensionar la ubicación del espacio a iluminar en la matriz es apropiado definir que representa el rango de variación de cada variable contemplada en las áreas 1, 2, 3 y cuatro, con el fin de aclarar el método de posicionamiento.

### 3.2.5 Área 1

Este sector de la matriz se caracteriza porque las tiendas emplean una presentación simple de los productos con motivo de que los clientes los puedan apreciar claramente para realizar su elección la cual es concretada mediante el contacto con el vendedor mediante venta asistida, cualidades propias de tiendas como rotiserías, carnicerías, pastelerías, panadería y librerías. A continuación en la figura 3-5 se presenta un ejemplo de tienda ubicada en este sector.



Figura 3-5: Rotisería [6]

### 3.2.6 Área 2

En este sector se caracteriza porque las tiendas disponen de un bajo presupuesto para invertir en el diseño interior así que los recursos son destinados para cumplir el objetivo de iluminar de manera uniforme todos los productos dejándole al cliente la elección de compra influyendo en ella sólo con la publicidad y ofertas, en este caso el proceso de venta se centra en el autoservicio. Ejemplos de este tipo de tiendas son las tiendas de descuento y outlets. En la figura 3-6 se muestra un ejemplo de tienda correspondiente a esta área:



Figura 3-6: Supermercado [6]

### 3.2.7 Área 3

Para esta área los productos promocionados son de calidad por lo cual se vuelve importante la forma en que se oferta a los clientes empleando una presentación decorativa del entorno de la tienda para mostrar de una forma atractiva el producto, además de existir personas designadas a atender al cliente en su proceso de compra, ejemplos de dichas tiendas son supermercados y tiendas por departamentos. En la figura 3-7 presenta un ejemplo de este tipo de tiendas.



Figura 3-7: Ejemplo de tienda área 3 [3]

### 3.2.8 Área 4

Para el tipo de tiendas correspondiente al espacio ocupado por el área número 4 la preocupación por el diseño interior es imprescindible ya que los productos ofertados son de los precios más elevados en la industria del retail, así que la intención es generar un ambiente que impulse al producto a ser el protagonista de la escena lo que es complementado con un gran nivel de servicio por parte de los vendedores. Esta dinámica se presenta en joyerías, tiendas de moda exclusiva y algunas tiendas por departamentos, como la mostrada en la figura 3-8, donde se aprecia un ejemplo de tienda correspondiente al área 4 de la matriz.



Figura 3-8: Tienda clasificada en área 4 [6]

### 3.3 Requerimientos lumínicos para la industria del retail

Una vez explicado el procedimiento de posicionamiento del espacio a iluminar y consecuente ubicación precisa en la matriz, se desprenden todos los requerimientos lumínicos recomendados para ese espacio, lo que es detallado en las siguientes líneas.

#### 3.3.1 Rango de iluminancias

Teniendo la ubicación apropiada del espacio a iluminar en base al nivel que adquieren las variables de la filosofía de las cuatro esquinas, se procede a determinar el nivel de iluminación media horizontal a nivel del piso, en base a la figura 3-9.

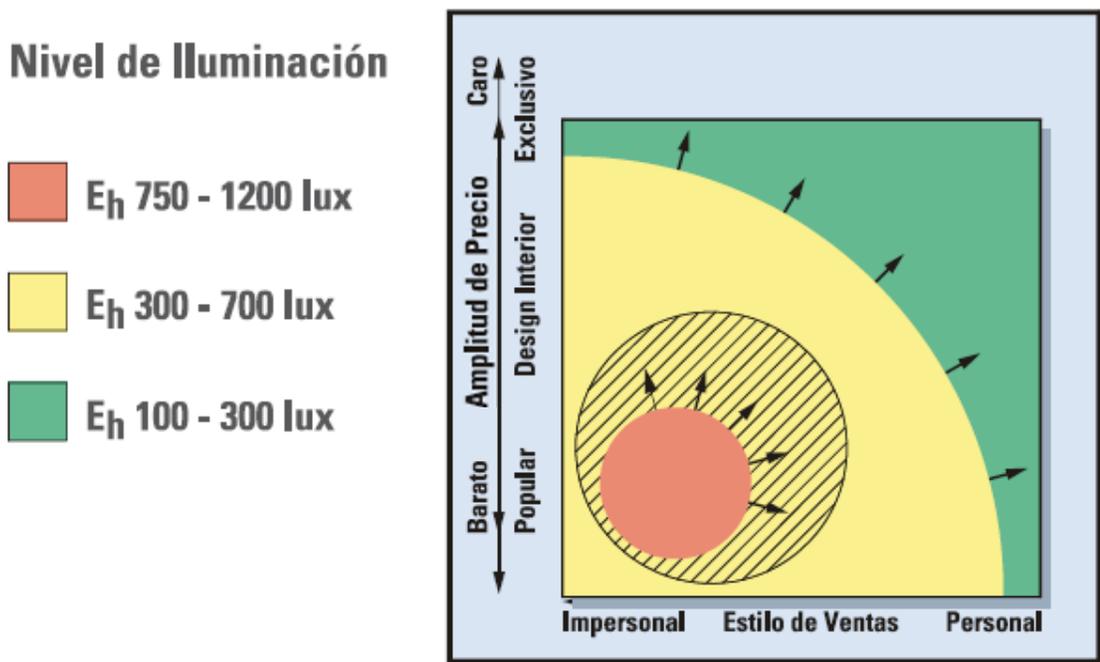


Figura 3-9: Niveles de Iluminación horizontal recomendados, para iluminación general [1].

Cada rango de nivel de iluminación es apropiado para realizar ciertas tareas visuales dependiendo de los requerimientos que ellas posean, para ello existen recomendaciones como las expuestas en la tabla 3-1 por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE).

Tabla 3-1: Niveles de iluminación recomendados por CIE (Fuente: <https://www.noao.edu>)

Lugar o Faena	Iluminación (lux)
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste	150
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en funciones y trabajos similares	300
Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares	500
Laboratorios o salas de consulta y de procedimientos de diagnóstico y salas de esterilización	500 a 700
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado	1000
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares	1500 a 2000
Sillas dentales y mesas de autopistas	5000
Mesa quirúrgica	20000

Al relacionar los niveles de iluminación propuestos por la filosofía de las cuatro esquinas con los recomendados por CIE se aprecia que el rango entre 100 y 300 lux es adecuado para tareas visuales con requerimientos moderados sobre la visión, con mínima distinción de detalles esto es aplicable para la iluminación general de tiendas en donde se pretende establecer una uniformidad para que en conjunto con otros recursos generar una apariencia en particular al generar contrastes. Conforme los niveles de iluminación aumentan, la discriminación de detalles también es por ello en el rango de 300 a 700 lux permite la realización de tareas visuales con una exigencia mayor al rango anterior que le permita a las personas diferenciar los productos, características y formas, escoger correctamente los productos y poder leer la información de sus etiquetados ya que el estilo de ventas propio de este rango es semipersonal por lo cual son recurrentes las instancias en donde el cliente escoge sus productos en base a su razonamiento y sin asesoramiento en su compra. A llegar al rango más de iluminancias recomendadas de mayor valor, 750 a 1200 lux, es donde el nivel de discriminación de detalles es máximo en el contexto de este estudio lo cual se emplea procurando generar la mejor uniformidad posible lo que está presente en tiendas que poseen los precios de venta más baratos con gran variedad y diseño interior orientado solamente a mostrar con claridad los productos, es así que basta con un nivel de iluminación alto con buena uniformidad para permitirle a los clientes apreciar la mercancía.

### 3.3.2 Selección de temperaturas color de fuentes de luz

Teniendo los rangos de iluminancia adecuados para el espacio a iluminar se considera el aspecto que se pretende instaurar en él ya sea este un aspecto hogareño con el fin de generar una sensación de relajó, una apreciación real de los colores del entorno o bien proporcionar la máxima claridad del espacio a los usuarios. Esto se consigue al determinar la temperatura color de los equipos de iluminación, en base a la identificación del mismo en la figura 3-10.

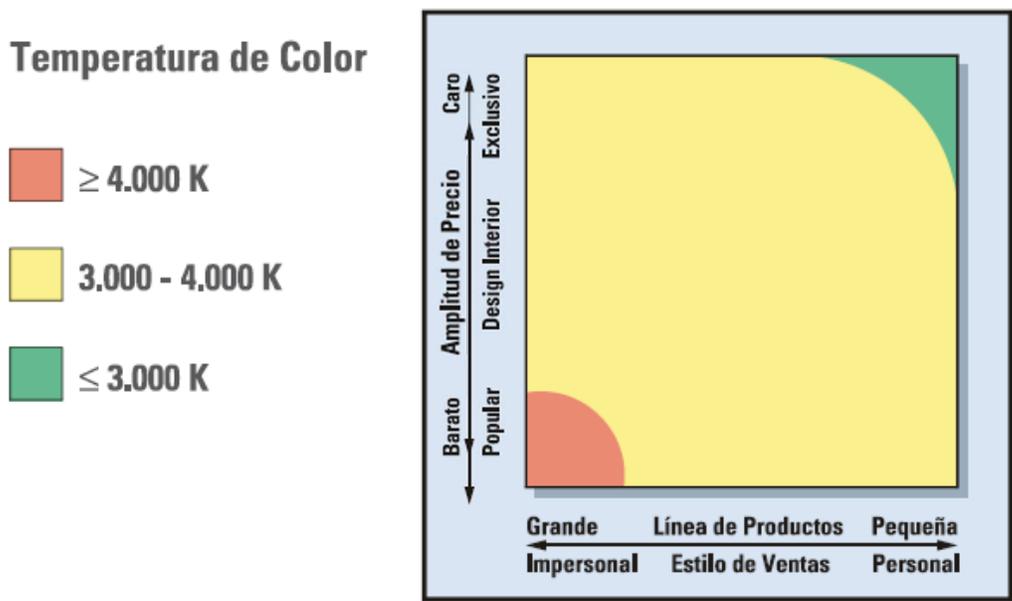


Figura 3-10: Rango de temperatura color recomendado [1].

La temperatura de Color es un parámetro de la luz que permite matizar el espacio a iluminar y ello dependerá de las características que este posea, es apreciable para los lugares que requieren de una especial preocupación por el diseño de interior y el estilo de ventas, es recomendado utilizar temperaturas de color menores a 3000K, esto para generar un ambiente de intimidad que propicie el contacto entre vendedor y cliente ya que la tonalidad rojiza y anaranjada propia de este rango estimula a la calma y relajó del ambiente para generar una experiencia de compra lo más agradable posible. El rango que más área que cubre de la matriz es de 3000 a 4000K en donde la temperatura de color de los equipos es propicia para formar desde un ambiente suavemente cálido hasta uno neutro. Gran cantidad de tiendas y espacios del retail existe este tipo de tonalidad donde es relevante formar un ambiente que cautive y haga sentir acogidos a los clientes al interactuar con los productos y vendedores como zapaterías y ventas de muebles. Mientras que para temperaturas de color mayores a 4000K las tonalidades van desde un neutro tal y como la luz del sol, cambiando paulatinamente a un tono azulado, lo cual es empleado para estimular el estado de alerta de las personas, mantenerlas atentas y generar una sensación de extensión del entorno lo que se busca en supermercados y pequeños minoristas.

Para apreciar el real efecto de la tonalidad de las fuentes de luz, se presenta su efecto en las figuras 3-11 y 3-12.



Figura 3-11: Tonalidades de los equipos de iluminación (Fuente: <https://luznorte.com>)

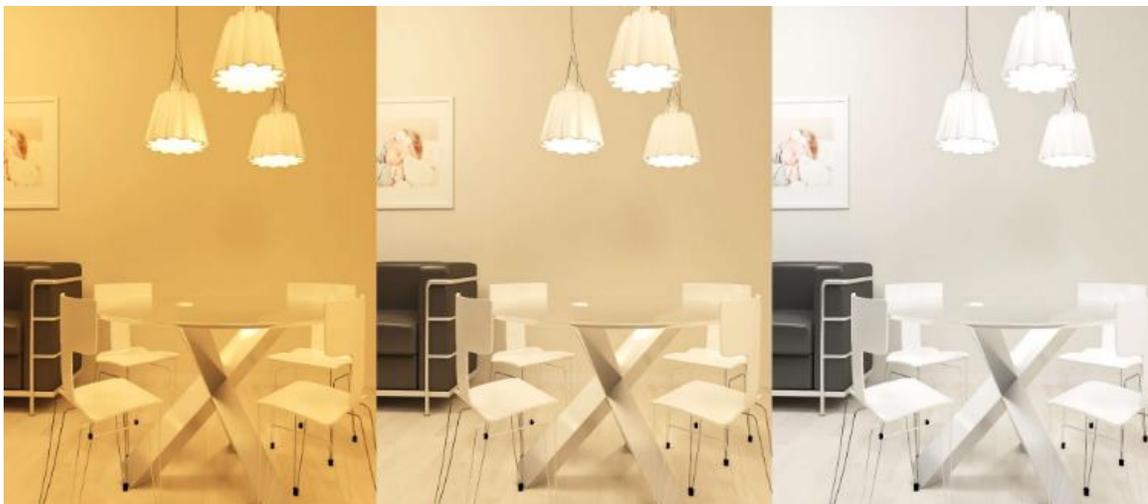


Figura 3-12: Efectos de la temperatura color en el ambiente (Fuente: <https://www.lamparayluz.es>)

### 3.3.3 Reproducción cromática requerida

Teniendo en cuenta el ambiente apropiado para el espacio a trabajar se considera el nivel de reproducción de colores necesario para que se ejecuten de buena forma las actividades en él, esto se concreta inspeccionando el rango de reproducción de colores recomendado que le corresponde a la ubicación de la tienda en la matriz de la figura 3-13 y la muestra de su efecto en la figura 3-14.

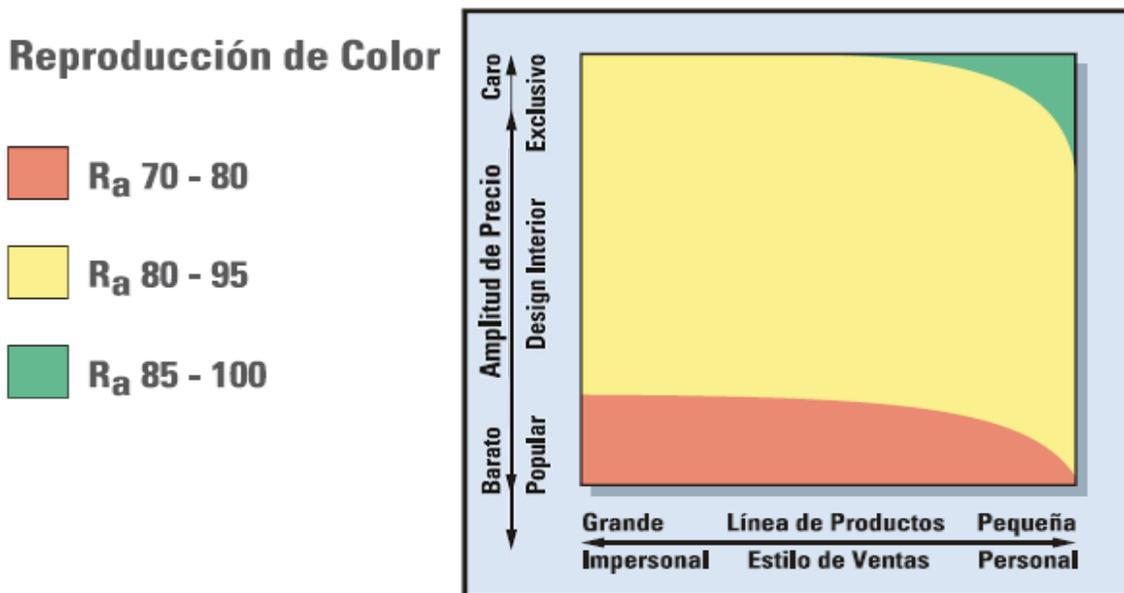


Figura 3-13: Reproducción cromática recomendada [1].



Figura 3-14: Efecto del índice de reproducción de los colores (Fuente: <https://blog.compratuled.es>)

La elección del índice de reproducción de los colores es un punto clave en este procedimiento de diseño y para tener una referencia de los rangos expuestos se presentan una categorización según el valor y la aplicación típica según el nivel en las Tabla 3-2 y 3-3 respectivamente.

Tabla 3-2: Clasificación del CRI según CIE (Fuente: <https://slideplayer.es>)

Nivel	Índice de reproducción de color
1 A (muy bueno)	90-100
1 B (muy bueno)	80-89
2 A (bueno)	70-79
2 B (bueno)	60-69
3 (suficiente)	40-59
4 (insuficiente)	<40

Para el rango de 70 a 80 categorizando una reproducción de los colores “buena”, es empleada para una interpretación moderada del color lo que es recomendable a lugares del retail en donde los productos son comunes, baratos y el diseño no pretende una mayor aplicación que exponer productos de forma simple y clara, un ejemplo es la tienda de descuento. A medida que el precio de los productos aumenta, se demanda un diseño interior de las tiendas más elaborado y ello exige una reproducción del color mayor contenida en el rango de 80 a 95 ya que es necesario resaltar el color de los productos como lo es en una tienda de modas en donde se requiere este realce los colores de las prendas exhibidas en sus escaparates lo que llamará la atención de los clientes e incentivará su deseo de compra. Cuando los espacios del retail asumen mayor preocupación por el diseño, poseen productos caros y con poca variedad por ende el objetivo es presentarlos de la manera más atractiva de tal forma de cautivar al cliente en base al máximo realce de los colores posible es por ello que para lugares como joyerías y galerías de arte el índice de reproducción del color recomendado es mayor a 95.

Tabla 3-3: Aplicaciones según el nivel de CRI, según CIE (Fuente: <https://slideplayer.es>)

Nivel	Aplicación típica
1 A	En lugares donde se requiere resaltar los colores, por ejemplo impresión a color.
1 B	Donde sea preciso aplicar ciertos criterios de interpretación del color y/o el color se necesita por razones de apariencia (resaltar), por ejemplo, en tiendas o locales comerciales.
2	Donde se necesita una interpretación moderada del color
3	Donde la interpretación de color es de poca importancia, pero una distorsión marcada del color es inaceptable
4	Donde la interpretación de color no tiene mucha importancia y todas las distorsiones marcadas son aceptables

### 3.3.4 Iluminación vertical

Una vez definidos los niveles de reproducción del color apropiado es momento de considerar la importancia que asume la iluminación vertical en el espacio a trabajar, como regla general este tipo de iluminación cobra mayor relevancia al momento de resaltar detalles de los planos verticales, como el rostro de las personas en una venta asistida, espejos, paredes, escaparates entre otros.

A continuación se presentan los rangos de iluminación vertical recomendados según la ubicación del espacio a iluminar, en la figura 3-15, se aprecia que para tiendas exclusivas en donde el diseño interior es muy específico, el nivel de iluminación recomendado de 300 a 500 lux esto se debe a que el objetivo de este tipo del empleo de estos niveles es crear un contraste entre la pared y el elemento a destacar para resaltar las características del mismo, siendo este nivel apropiado para destacar el producto iluminándolo con niveles de iluminación más altos que el de las paredes, así para tiendas en donde esta exclusividad se reduce y el diseño interior no es una total preocupación en la extensión los niveles recomendados son de 500 a 700 lux para iluminar sus paredes y repisas con la finalidad de destacar los productos exhibidos como lo es en una zapatería, mientras que para los niveles de iluminación de 700 a 1000 lux se pretende generar uniformidad en planos horizontales de igual forma que para planos verticales iluminando las paredes para generar una sensación de claridad ambiental lo que favorece el reconocimiento de los detalles faciales en la venta asistida y a mostrar con claridad los productos en góndolas.

### Nivel de Iluminación

- $E_v$  700 - 1000 lux
- $E_v$  500 - 700 lux
- $E_v$  300 - 500 lux

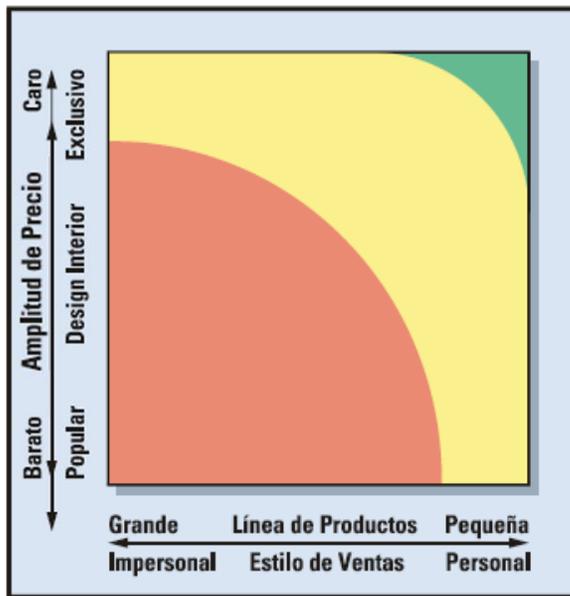


Figura 3-14: Niveles de iluminación vertical recomendada [1].

### 3.3.5 Iluminación de acento o destaque

Luego de determinar el rango de iluminancia vertical se procede a analizar el factor de destaque a ocupar en la figura 3-16, con objeto de matizar la atmósfera con de pinceladas de luz, por ejemplo en un establecimiento de marroquinería, un bolso de cuero recibe una iluminación focalizada que lo convierte en protagonista, para prendas exclusivas la iluminación de acento destaca los detalles característicos y en supermercados resalta los productos en mostradores.

En retail el factor de destaque, muestra la relación entre el valor de iluminancia focalizada y el valor de iluminancia general del espacio en cuestión respondiendo a la siguiente ecuación siendo los rangos recomendados de esta relación mostrados en la ecuación 3-1 y para categorizar el efecto producido en función del factor de destaque empleado se muestra en la tabla 3-4.

$$\text{Factor de destaque} = \frac{\text{Iluminación de acentuación}}{\text{Iluminación horizontal}} \tag{3-1}$$

Tabla 3-4: Categorías de factor de destaque [2]

Factor de acentuación	Efecto
1:1	No acentuado
1:2	Perceptible
5:1	Ligeramente teatral
15:1	Teatral
30:1	Dramático
50:1	Muy dramático

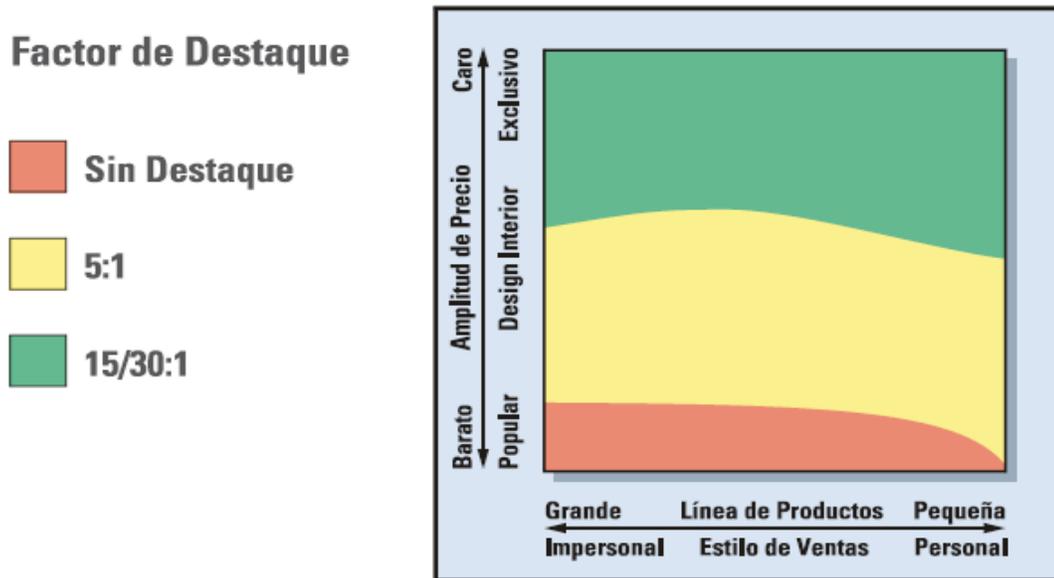


Figura 3-15: Factor de destaque recomendado [1].

Para tiendas que promocionan productos baratos en relación con los precios en general del retail sólo basta con iluminarlos uniformemente para que sean apreciados por los clientes lo que muestra escasa preocupación por el diseño interior en donde no se recomiendan destaques por la sencillez de sus productos en contraste a lo que sucede cuándo el diseño interior cobra relevancia ya que ello implica la preocupación por un espacio adecuado para resaltar los productos a promocionar como zapatos, muebles y prendas de vestir en donde basta con un factor de destaque de 5:1 para resaltarlos, ahora al aumentar el precio y la exclusividad de los productos se hace más exigente la labor de destacarlos y para ello se requiere establecer estratégicamente mediante equipos de iluminación que concentran el flujo luminoso generando niveles de iluminación altos en comparación con la iluminación general entre 15 a 30 veces la iluminación general para destacar de la mejor forma posible los detalles y así volverlos alucinantemente atractivos al ojo humano.

### 3.3.6 Cantidad de zonas a destacar o puntos

Una vez definida la relación entre la iluminancia focalizada y general es momento de establecer la cantidad de destaques para cada sector de la matriz de las cuatro esquinas, lo cual se exhibe en la figura 3-17 y para notar el efecto del destaque en iluminación, se muestra la figura 3-18 en donde una escultura pasa de tener un aspecto normal a uno dramático.

### Números de Destques

- Pocos destaques de alta intensidad
- Muchos destaques de alta/media intensidad
- Muchos destaques de baja intensidad

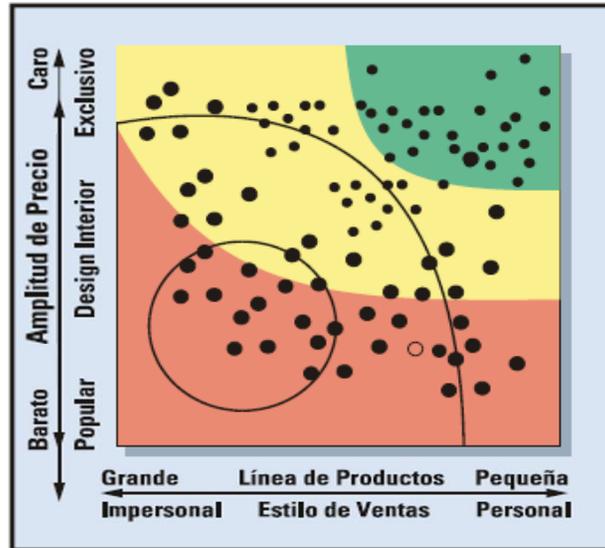


Figura 3-17: Número de destaques recomendados [1].



Figura 3-18: Efecto del uso de iluminación de acentuación [2].

Las características de los destaques recomendados para tiendas en donde el diseño interior es relativamente bajo como supermercados la recomendación es emplear muchos destaques de baja intensidad con objetivo de acentuar moderadamente las extensiones de los mostradores, por ejemplo los de promoción de verduras en la figura 3-19, a medida que la tienda aumenta su nivel de diseño se recomiendan muchos destaques de mayor intensidad con afán de acentuar todo el producto, como por ejemplo los presentes en la iluminación de mostradores de zapatos lo que refleja la figura 3-20 y finalmente en donde la exclusividad de productos y el diseño interior es de gran importancia los destaques recomendados son de menor cantidad, pero de alta intensidad con lo que se busca resaltar los detalles del producto, lo que es mostrado en la figura 3-21.



Figura 3-16: Muchos destaques con alta intensidad (Fuente: <http://comitedearandanos.cl>)



Figura 3-17: Muchos destaque con intensidad media (Fuente: <http://www.arquinterioresperu.com>)



Figura 3-18: Pocos destaques con alta intensidad (Fuente: <http://www.madridpremium.es>)

### 3.3.7 Determinación de iluminancia según tarea visual

Tabla 3-5: Niveles de iluminación recomendados por IESNA para Supermercados [2]

Sección	Iluminancia horizontal	Iluminancia vertical
Góndolas	500	200
Cajas registradoras	300	100
Carnes blancas y procesadas	500	200
Servicio al cliente	500	200
Pasillos	500	200
Carnes rojas	500	200

En esta etapa del proceso de diseño se procede a determinar cuál es el nivel de iluminación recomendado, en este caso se exponen niveles establecidos por IESNA en la tabla 3-5.

Con la tabla anterior de niveles recomendados se asegura el cumplimiento con la normativa para asegurar la correcta ejecución de las tareas visuales pero esos niveles de iluminación tienen la particularidad que una vez instaurados asegurarán todos los requerimientos lumínicos anteriormente expuestos.

### 3.3.8 Selección de fuentes y equipos

En esta etapa se procede a escoger cuales con los equipos y fuentes de luz artificial que más mejor desempeño ofrezcan en el espacio a iluminar, es una etapa clave porque es donde se determinará cuál es el nivel de consumo de energía eléctrica, lo que es clave para la eficiencia energética del presente diseño de iluminación. Para determinar las fuentes de iluminación a emplear se muestra en listado en la tabla 3-6.

Tabla 3-6: Características de fuentes luminosas artificiales [2]

Categoría	Eficacia inicial	Mantenimiento lúmenes	Vida (Hrs)	Temperatura color	CRI	Consistencia
Halógenas	10 - 15	Excelente	3000-5000	2500-2800	97	Excelente
HIR	15 - 35	Excelente	3000-5000	2800-3200	97	Excelente
LEDS	27 - 75	Excelente	20000-50000	1100-9000	20-95	Excelente
Base pin PLC	50-80	Reg-Bueno	10000-16000	2700-5000	<90	Excelente
Fluorescente e Línea	70-100	Bueno- Excelente	150000	2700-7500	50-90	Excelente
HPS	70-145	Bueno- Excelente	160000-550000	1800-2550	<20	Excelente
HM Cuarzo	68-120	Bueno- Excelente	100000-200000	2700-10000	65-75	Regular

### 3.3.9 Calcular índice de eficiencia energética del proyecto

El desarrollo del presente informe está basado en la explicación detallada del método dejando como paso siguiente el desarrollo en si del proyecto de iluminación, a partir del cual se calculará el índice de eficiencia energética del mismo, tema que se desarrollará en la continuación de este proyecto.

Pero para alcanzar dicho objetivo se debe tener especial cuidado en la definición del índice de eficiencia energética ya que para este tipo de proyectos lo que se obtendrá a partir de la energía eléctrica es luz por lo tanto este debe mostrar cuánta luz se genera a partir de la energía eléctrica, lo que se ilustra en el siguiente diagrama explicativo, en la figura 3-19.

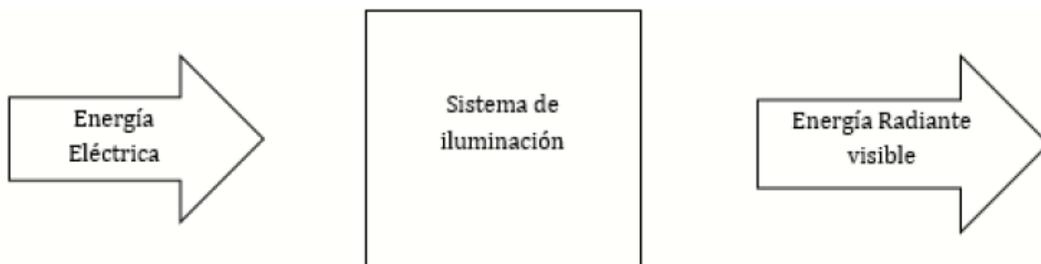


Figura 3-19: Esquema de conversión de Energía Eléctrica a Energía Radiante visible (fuente: Elaboración propia).

Así el índice adecuado que permite apreciar la cuán eficiente es un sistema de iluminación se define como la relación entre la energía radiante visible que incide en las áreas de interés del proyecto con la energía eléctrica necesaria para que los equipos de iluminación operen de manera segura, pero como la eficiencia energética se expresa numéricamente en base a una relación adimensional o porcentaje, para conocer cuál es el aprovechamiento de la energía eléctrica se emplea la eficacia luminosa la cual se cuantifica con la relación de Lúmenes sobre Watt y para evaluar la eficacia de los proyectos de iluminación se emplea la relación entre Lúmenes útiles sobre Watt.

## 4 Supermercados

Como fue mencionado anteriormente los Supermercados son unas de las tiendas más influyentes en la industria del retail con más de 1370 salas a lo largo del país sólo considerando las pertenecientes a la Asociación de Supermercados de Chile, por ello y los datos mostrados anteriormente es escogido como ejemplo de aplicación, para exponer cómo funciona el procedimiento de diseño anteriormente detallado y así desembocar en las líneas base de eficiencia energética.

### 4.1 Aplicación de la filosofía de las cuatro esquinas

La primera etapa en el procedimiento de diseño es estudiar el comportamiento de las variables de la filosofía de las cuatro esquinas en el supermercado, en donde existe amplia variedad de productos presentando artículos de primera necesidad, lácteos, abarrotos, diferentes cortes de carnes, verduras frescas, licores, productos refrigerados entre otros, los cuales a su vez tienen varias opciones de marcas con distinta calidad, en donde el cliente escoge en base a sus necesidades y capacidad de compra en una modalidad de venta mayoritariamente de autoservicio y es asistido en las tareas de pesaje en las secciones de frutas, verduras y carnes.

La gran variedad de marcas que presentan los supermercados para un mismo producto, genera diversidad en los precios y a partir de ello se desprende la forma en que se ofertarán los productos, así los productos baratos de primera necesidad y variados se ofertan en mostradores simples como góndolas pero a medida en que los productos aumentan en calidad y precio como por ejemplo vinos y carnes se ambientan secciones para potenciar su promoción y hacerlos lucir atractivos. En base a este análisis de las variables de, variedad de producto, estilo de ventas, amplitud de precio, diseño interior y apoyando este análisis con la clasificación de tiendas de la filosofía de las cuatro esquinas, se presenta el resumen en la figura 4-1.

1. Tienda de descuento
2. Supermercado
3. Tienda de departamentos
4. Muebles
5. Moda (ropas, zapatos)
6. Tienda especializada
7. Tienda exclusiva
8. Minorista local
9. Decoración de Interior

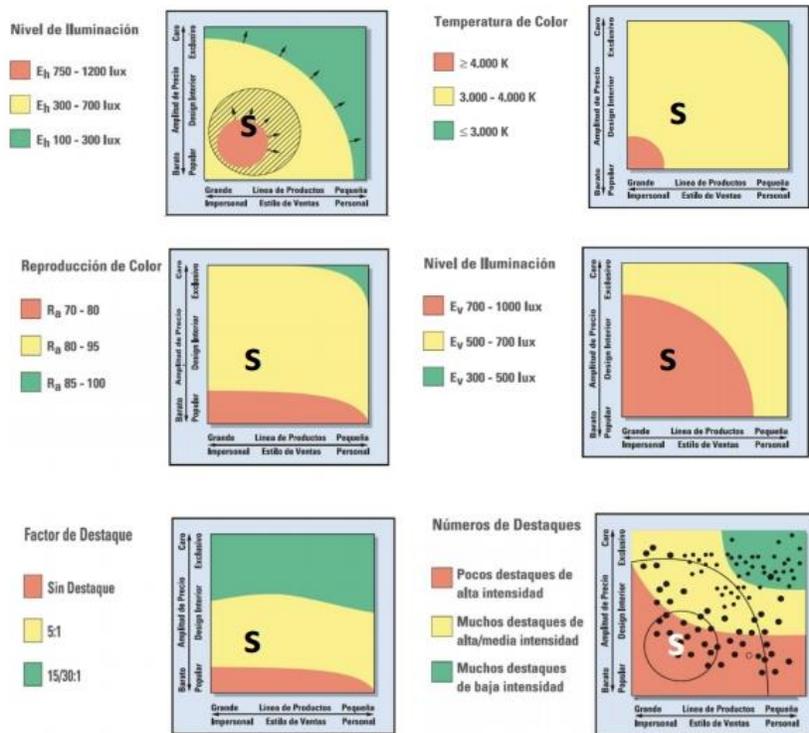
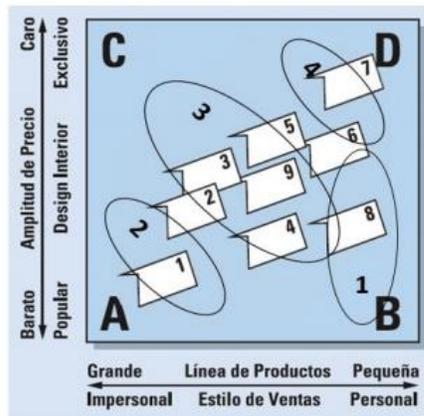


Figura 4-1: Aplicación y resultados de la Filosofía de las cuatro esquinas [1]

### 4.1.1 Iluminancia para la tarea visual

Para abarcar el estudio del supermercado se consideran los niveles de iluminación recomendados por IESNA y mostrados en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Niveles de iluminación recomendados por IESNA [2]

Sección	Iluminancia horizontal piso (lux)	Iluminancia vertical 1,5mts (lux)	Uniformidad (-)
Góndolas	500	200	0,5
Cajas registradoras	300	100	0,5
Carnes blancas y procesadas	500	200	0,5
Pasillos	500	200	0,5
Carnes rojas	500	200	0,5

#### 4.1.2 Selección de fuentes y visitas técnicas a supermercados.

La normativa ISO 50001 define línea base energética como la referencia cuantitativa para evaluar el consumo energético de un proceso luego de aplicar medidas de eficiencia energética en él. La línea base debe reflejar el estado actual de los procesos y en búsqueda de ello se planifican visitas a supermercados con el fin de conocer los equipos de iluminación empleados en los supermercados, las dimensiones de las secciones y los niveles de iluminación presentes.

##### Visitas técnicas a supermercados

Para construir la simulación de tienda tipo que represente lo más fiel posible la realidad de los supermercados, se realizan tres solicitudes formales a los administradores de supermercados de la región de Valparaíso, para adquirir la autorización que permita desarrollar la actividad, las cuales fueron aceptadas bajo un estricto acuerdo de confidencialidad, por ello se referirá a las tiendas como Supermercado 1, Supermercado 2 y Supermercado 3.

##### Niveles de iluminación en los supermercados

Con el fin de obtener los niveles de iluminación reales empleados en tres Supermercados, se realizan mediciones de iluminancia a las secciones más representativas de los supermercados, ocupando el luxómetro Tektronix J17 LumaColor mostrado en la figura 4.-2.

##### Góndolas y pasillos

Para esta sección se plantean tres tramas de medición, dos verticales para determinar el nivel de iluminación y una horizontal, las cuales son mostradas en tabla 4-2. Y en la tabla 4-3 los niveles de iluminación medios obtenidos.



Figura 4-2: Luxómetro Tektronix J17 LumaColor utilizado en las mediciones (Fuente: Laboratorio de Fotometría y Control de Calidad PUCV)

Tabla 4-2: Características de las tramas de medición (Fuente: Elaboración propia)

	Trama de puntos
Horizontal	3x5
Vertical 1	3x5
Vertical 2	3x5

Tabla 4-3: Iluminancia media de góndolas y pasillos (Fuente: Elaboración propia).

	Horizontal (lux)	Vertical 1 (lux)	Vertical 2 (lux)
Supermercado1	537,4	358,3	369,9
Supermercado2	290,58	231,1	237,2
Supermercado3	429,8	278	252,3

### Frutas y verduras

Esta zona es caracterizada por emplear diversos mostradores, pero en base a las visitas a supermercados, las estructuras que más se repiten y consideran para la medición se muestran a continuación en las figuras 4-3 y figura 4-4

### Mostradores rectangulares



Figura 4-3: Mostradores rectangulares (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 4-4: Iluminancia media de mostradores rectangulares (Fuente: Elaboración propia)

	Plano útil 1mt (lux)
Supermercado 1	789,9
Supermercado 2	450,1
Supermercado 3	410,0

### Mostradores piramidal



Figura 4-4: Mostrador (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4-5: Iluminancia media de mostrados piramidal. (Fuente: Elaboración propia)

	Cara 1 (lux)	Cara 2 (lux)
Supermercado 1	598,8	766,7
Supermercado 2	433,8	630,5
Supermercado 3	361,0	306,5

Con ello se logra sencibilizar acerca de los reales niveles de iluminación actualmente existentes en los supermercados

### Mostradores iluminados

Se apreciaron dos tipos de mostradores de frutas y verduras, en la figura 4-5 se muestra un exhibidor que contiene tres líneas de tubos fluorescentes, para iluminar todas las baldas que lo componen y en la figura 4-6 un mostrador que sólo posee una línea de tubos fluorescentes en la parte superior, con la cual se iluminan todas las verduras.



Figura 4-5: Mostrador con tres líneas de tubos fluorescentes (Fuente: Elaboración propia)

Figura 4-6: Mostrador con una línea de tubos fluorescentes (Fuente: <https://www.lagaceta.com.ar>)

## Equipos de iluminación

De la inspección visual se concluye que los equipos de iluminación existentes en los supermercados son.

### Iluminación general

- Regleta TMS022
- Equipo fluorescente con dos tubos de TLD 50W.
- Temperatura color: 4000K
- Balasto electrónico
- LOR: 0,7
- 14% de pérdida de potencia eléctrica
- Eficacia luminosa: 61,4 lum/watt
- Altura de montaje 4,0mts.



Figura 4-7: Equipo de iluminación en supermercados (Fuente: Philips Catálogo)

### Iluminación de destaque

Iluminación Focalizada para Frutas y verduras

- MCS 501 1XSDW-TG50W EB 36
- Temperatura color: 2500K
- Flujo luminoso: 3100 lum
- LOR: 0,6
- Eficacia luminosa: 24,1 lum/watt
- 24% de pérdida de potencia eléctrica
- Altura de montaje: 4,0mts



Figura 4-8: Iluminación de destaque presente en sección de frutas y verduras (Fuente: Philips Catálogo)

#### Iluminación para mostradores de productos refrigerados y verduras

- Regleta GMS022 R A
- Equipo fluorescente con dos tubos de TLD 36W
- Temperatura color: 4000K
- Flujo luminoso: 3350lum
- Balasto electrónico
- LOR: 0,74
- 14% de pérdida de potencia eléctrica
- Eficacia: 60,4lum/watt

#### Iluminación para mostradores de carnes

- Regleta GMS022 R A
- Equipo fluorescente con dos tubos de TLD 36W
- Temperatura color: 3000K
- Flujo luminoso: 3100lum
- Balasto electrónico
- LOR: 0,74
- 14% de pérdida de potencia eléctrica
- Eficacia: 55,8lum/watt



Figura 4-9: Equipo de iluminación para mostradores (Fuente: Philips Catálogo)

Con la información recopilada se está en condiciones de implementarla en las simulaciones, mediante el programa de simulación Dialux.

## 4.2 Cálculo del índice de eficiencia energética

Para determinar este índice anteriormente expuesto en el capítulo anterior se realizan simulaciones en el software de diseño Dialux, y mediante los resultados obtenidos se calcula el flujo útil total en base a la ecuación 4-1 mostrada y explicada a continuación.

$$\Phi_{\text{útil total}} = \sum_{n=1}^n E_{mh_n} \cdot A_{h_n} + \sum_{n=1}^n E_{mv_n} \cdot A_{v_n} \quad (4-1)$$

$E_{mh_n}$  = Iluminancia media horizontal

$E_{mv_n}$  = Iluminancia media vertical

$A_{h_n}$  = Area de la trama horizontal

$A_{v_n}$  = Area de la trama vertical

$n$  = número de tramas

$$P_{\text{total}} = P_{\text{luminaria}} \cdot N \quad (4-2)$$

$N$  = Número de luminarias

$$L_{\text{befe}} = \frac{\Phi_{\text{útil total}}}{P_{\text{total}}} \cdot \left[ \frac{\text{lúmenes}}{\text{watt}} \right] \quad (4-3)$$

### 4.2.1 Góndolas y pasillos

A raíz de las visitas a los supermercados se realiza una medición de las dimensiones actuales de la sección, para considerar el promedio de ellas como el valor representativo y así emplearlo en la construcción del caso tipo a simular, esto se resumen en la tabla 4-6.

Tabla 4-6: Dimensiones de góndolas y pasillos (Fuente: Elaboración propia)

	Largo (mts)	Ancho (mts)
Supermercado 1	12,0	3,0
Supermercado 2	15,6	2,4
Supermercado 3	10,8	2,1
Góndolas y pasillos tipo	12,0	2,5

Como el enfoque de este proyecto es lograr corroborar teórica y prácticamente los niveles de iluminación se emplean tres tramas de mediciones con 18 puntos de medición, para que el proceso de medición sea sencillo y acertado, lo que se detalla en la tabla 4-7.

Tabla 4-7: Características de las tramas de medición para Góndolas y Pasillos (Fuente: Elaboración propia)

Trama	Altura (mts)	Largo(mts)	Ancho(mts)	Puntos
Horizontal	Piso	10,5	1,8	3x6
Vertical	1,5	10,5	1,5	3x6
Vertical	1,5	10,5	1,5	3x6

Empleando esta información y posicionando las luminarias en línea para replicar lo que observó en los supermercados se presenta la simulación en la figura 4-10.

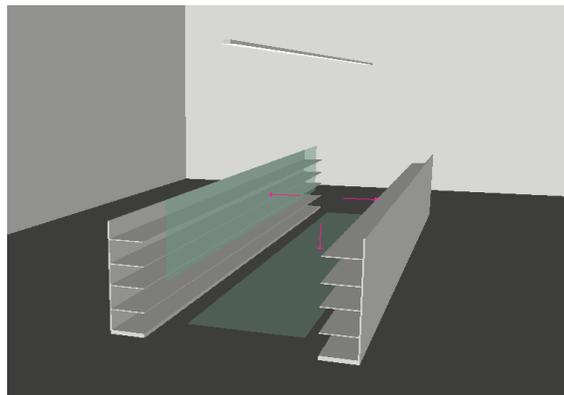


Figura 4-10: Escenario de la simulación Góndolas y Pasillos (Fuente: Elaboración propia)

Empleando la misma tendencia de ubicación de equipos fluorescentes que emplean los supermercados, que es ubicarlos uno tras otro, se realiza la simulación empleando 11 equipos fluorescentes, de la cual se obtienen los siguientes resultados mostrados en la figura 4-11.

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Horizontal	perpendicular	6 x 3	501	432	555	0.862	0.778
2	Vertical	perpendicular	6 x 3	307	221	389	0.720	0.568
3	Vertical	perpendicular	6 x 3	306	220	389	0.719	0.567

Figura 4-11: Resultados de la simulación. (Fuente: Elaboración propia)

Se alcanzan los niveles de iluminación propuestos por la metodología de diseño lo que recomienda 500 lux a nivel horizontal y 200 lux verticales, y en base a ello se procede a calcular el índice de eficiencia energética que representa la práctica común de los supermercados visitados y por lo tanto es la línea base energética, lo que se resume en la tabla 4-7.

Tabla 4-7: Línea base energética para góndolas y pasillos (Fuente: Elaboración propia).

Flujo útil total (lum)	Potencia (Watt)	Línea base (lum/Watt)
19123,6	1254,0	15,3

Tabla 4-7: Línea base energética para góndolas y pasillos (Fuente: Elaboración propia).

Sección	Altura actual (mts)	Altura propuesta (mts)
Góndolas y Pasillos	4,0	3,0
Frutas y Verduras	4,0	3,0 y 3,5
Sección Carnes	4,0	3,0
Cajas Registradoras	4,0	3,0

#### 4.2.2 Frutas y verduras

Empleando la información obtenida de las visitas a terreno y aplicando el mismo criterio que para la sección anterior, se obtiene el área promedio empleada por los supermercados estudiados a la sección de frutas y verduras, en la tabla 4-8.

Tabla 4-8: Dimensiones de sección Frutas y Verduras (Fuente: Elaboración propia)

	Largo (mts)	Ancho (mts)
Supermercado 1	13,8	12
Supermercado 2	15,0	9,0
Supermercado 3	19,2	11,0
Promedio	16,0	10,6

Considerando la información en la tabla 4-8 se consideran dimensiones para la sección de frutas y verduras de 12mts de ancho y 14mts de largo, para representar el área promedio que emplean los supermercados. Agregando además los mostradores identificados en los supermercados mediante las visitas a terreno, se construye la simulación mostrada en la figura 4-11. Cabe destacar que los equipos de iluminación propios de los mostradores no se consideran en la simulación para evitar contribuciones a las tramas de medición.

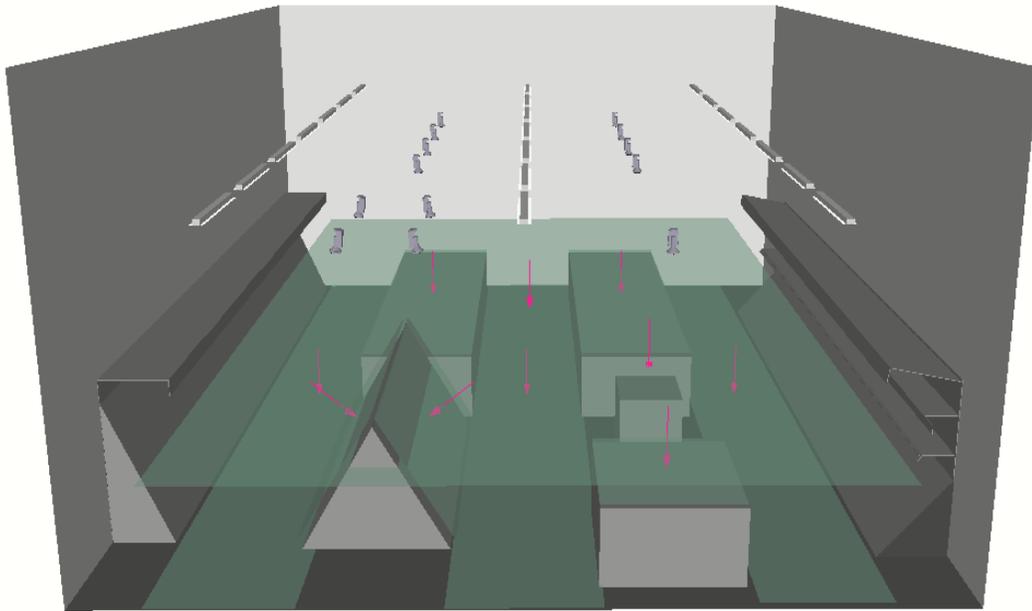


Figura 4-11: Simulación de Sección de Frutas y Verduras (Fuente: Elaboración propia).

Se realizan simulaciones para obtener niveles de iluminación semejantes a los obtenidos de las mediciones en terreno ocupando los archivos de simulación que representen el funcionamiento de equipos fluorescentes y luminarias de destaque anteriormente expuestos, en conjunto con ellos y para la obtención de la línea base se disponen una trama de medición de 14mts de largo y 10mts de ancho, a 1,2mts de altura en conjunto con una a nivel del piso, lo que se resume en la tabla 4-9. Se escoge la trama de a 1,2mts de altura para calcular el índice de eficiencia energética ya que a esa altura se evita la interferencia con los mostradores de la sección.

Tabla 4-9: Características de las tramas de medición. (Fuente: Elaboración propia)

Trama	Altura (mts)	Largo(mts)	Ancho(mts)	Puntos
Horizontal	Piso	14,0	10,0	9x6
Horizontal	1,2 mts	14,0	10,0	9x6

Luego de la simulación se presentan los resultados mostrados en la figura 4-12, en donde se aprecia que se alcanzan los niveles actualmente existentes.

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	9 x 6	577	388	789	0.672	0.491
2	prisma (plano 1)	perpendicular	3 x 2	613	572	648	0.934	0.883
3	prisma (plano 2)	perpendicular	3 x 2	484	446	525	0.920	0.848
4	Mostrador 1	perpendicular	2 x 4	896	801	938	0.894	0.853
5	Mostrador 2	perpendicular	2 x 4	894	795	943	0.889	0.843
6	Caja	perpendicular	1 x 2	748	748	748	1.000	1.000
7	Mostrador simple	perpendicular	2 x 2	747	726	770	0.971	0.943
8	1,2 mts	perpendicular	9 x 6	774	538	993	0.695	0.542

Figura 4-12: Resultados de la simulación (Fuente: Software Dialux)

Analizando los resultados se aprecia que se cumple con los niveles de iluminación propuestos por la metodología de diseño lo que recomienda 500 lux a nivel del suelo y en base a ello se procede a calcular el índice de eficiencia energética que representa la práctica común de los supermercados visitados y por lo tanto es la línea base energética, lo que se resume en la tabla 4-10.

Tabla 4-9: Línea base energética para Frutas y Verduras (Fuente: Elaboración propia)

Flujo útil total (lum)	Potencia (Watt)	Línea Base (lum/Watt)
108360,0	3884,0	27,9

### 4.2.3 Sección de carnes

Con observado en las visitas a supermercados se puede decir que esta sección es bastante diversa ya así como algunos supermercados sólo emplean mostradores frigoríficos rectangulares de aproximadamente 1metro de alto para promocionar sus canes otros poseen, otros emplean frigoríficos de 2mts con iluminación propia, la cual se caracteriza por presentar una temperatura color cálida de 3000K. Entonces para ejecutar la simulación se replica la sección de un supermercado la cual posee ambos mostradores, empleando el mismo procedimiento de diseño que para frutas y verduras, con dos tramas de medición, una a nivel del suelo y otra a 1,2mts, de altura las que se detallan en la tabla 4-11 y nuevamente destacado que para la simulación no se considera la iluminación propia de los mostradores, se presenta en la figura 4-13 la simulación de la sección de carnes rojas.

Tabla 4-10: Características de las tramas de medición (Fuente: Elaboración propia)

Trama	Altura (mts)	Largo(mts)	Ancho(mts)	Puntos
Horizontal	Piso	10,5	6,0	7x4
Horizontal	Piso	10,5	6,0	7x4

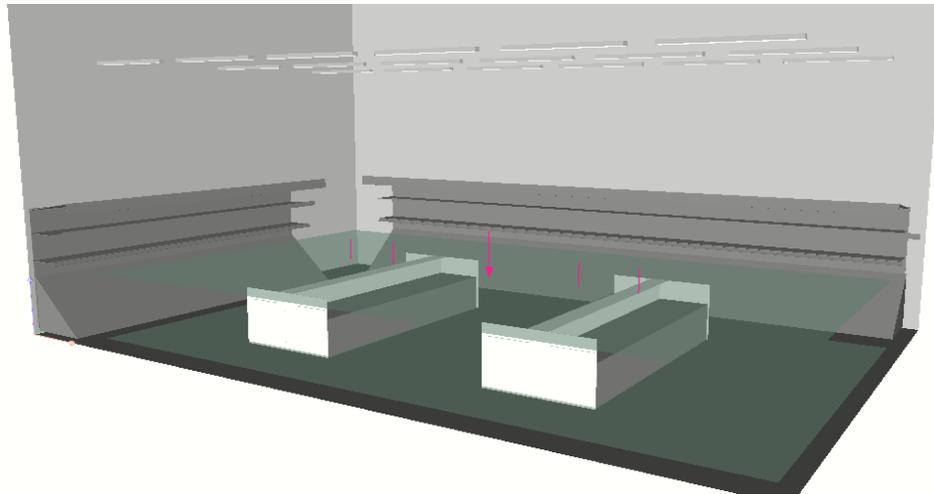


Figura 4-13: Escenario de simulación de Sección Carnes (Fuente: Elaboración propia)

Realizando simulaciones con la misma cantidad de tubos fluorescentes que se emplea esta sección esta sección se obtienen los siguientes resultados, mostrados en la figura 4-14.

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	7 x 4	575	319	767	0.555	0.416
2	1,2 mts	perpendicular	7 x 4	788	516	945	0.654	0.546

Figura 4-14: Resultados de la simulación (fuente: Elaboración propia)

Apreciando los resultados de la simulación se obtiene un nivel de iluminación medio que supera los 500 lux a nivel del suelo, por lo tanto se cumple con la recomendación y en base a ello se procede a calcular el índice de eficiencia energética para la sección de venta de carnes de los supermercados visitados y por lo tanto es la línea base energética, lo que se resume en la tabla 4-12.

Tabla 4-11: Línea base para sección de oferta de carnes (Fuente: Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Línea base (lum/Watt)
49644,0	2052,0	24,2

#### 4.2.4 Cajas registradoras

Se simula el escenario contemplando cuatro tramas de medición las cuales son mostradas en la tabla 4-13, en donde las tramas de medición a nivel del piso son para asegurar que se cumpla con la recomendación de iluminancia media de 300 lux a nivel del suelo, una a 0,85 mts de altura la cual contempla el plano de trabajo para dos cajas y una trama para obtener la iluminancia vertical ya que en esta área es relevante la interacción visual entre clientes y cajeras

Tabla 4-12: Características de las tramas de medición (Fuente: Elaboración propia)

Trama	Altura (mts)	Largo(mts)	Ancho(mts)	Puntos(mts)
Horizontal	Piso	2,0	2,0	2x2
Horizontal	Piso	2,0	2,0	2x2
Horizontal	0,85	3,0	4,0	3x4
Vertical	1,5	3,0	1,0	3x1

Se diseña una sección tipo de cajas registradoras considerando un ancho de pasillo de 1mts, lo cual fue corroborado en las visitas a terreno, el diseño de la sección se muestra en la figura 4-15.

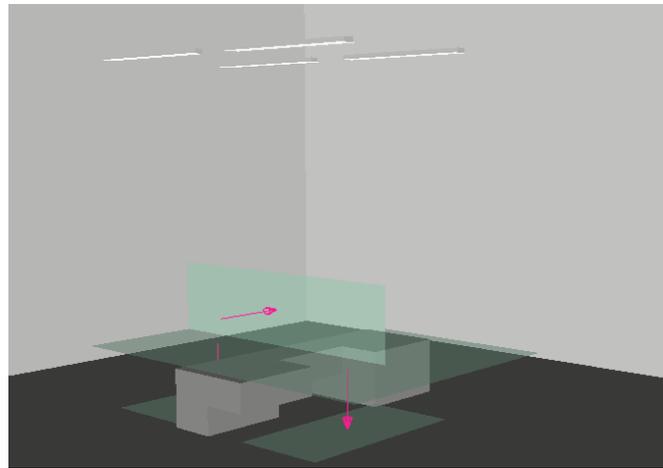


Figura 4-15: Escenario de simulación para sección de Cajas (Fuente: Elaboración propia)

Ejecutando la simulación anteriormente explicada se muestran los resultados obtenidos en la figura 4-16 y en la tabla 4-14 se exhibe la línea base para sección carnes.

## Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	0,85mts	perpendicular	3 x 4	376	315	439	0.837	0.717
2	piso	perpendicular	2 x 2	306	301	313	0.984	0.960
3	Vertical	perpendicular	3 x 1	113	109	121	0.965	0.904
4	piso	perpendicular	2 x 2	299	294	303	0.985	0.971

Figura 4-16: Resultados de la simulación (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4-14: Línea base para Sección Carnes (Fuente: Elaboración propia)

Flujo útil total (lum)	Potencia eléctrica (Watt)	Línea base (lum/Watt)
4851,0	456,0	10,6

Del trabajo detallado en las líneas anteriores se resumen las líneas bases obtenidas en la siguiente tabla 4-15.

Tabla 4-15: Líneas bases obtenidas (Fuente: Elaboración propia)

Sección	Línea base (lum/Watt)
Góndolas y pasillos	15,3
Frutas y verduras	27,9
Carnes	24,2
Cajas registradoras	10,6

### 4.3 Disminución de la altura de montaje de los equipos de iluminación

Luego de obtener las líneas base de eficiencia energética contemplando la situación actual se analizan mejoras las cuales se aplican a las simulaciones y se exponen los resultados para compararlos con la línea base, generando criterios de eficiencia energética para las secciones estudiadas.

#### 4.3.1 Góndolas y pasillos

Para esta sección se realizan simulaciones para estudiar mejoras y se concluye que disminuyendo a 3,0 mts la altura de punto e luz, como lo explica la figura 4-17 se logran mayores niveles de iluminación lo que concuerda con la definición de iluminancia y su depreciación al cuadrado de la distancia y además se aumenta la incidencia del flujo luminoso en especial a los planos verticales.

Luminaria	Posiciones	Altura de montaje
Tipo de montaje:	Definido por el usuario	
Longitud de suspensión:	4.088	m
Altura de montaje:	3.912	m
Altura del punto de luz:	3.000	m

Figura 4-17: Altura de 3mts para iluminación general. (Fuente: Elaboración propia)

Luego es posible reducir de once equipos fluorescentes a nueve obteniendo los siguientes resultados de niveles de iluminación en la figura 4-18 y la eficacia luminosa obtenida en la tabla 4-16.

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Horizontal	perpendicular	6 x 3	534	463	592	0.868	0.783
2	Vertical	perpendicular	6 x 3	401	281	516	0.700	0.545
3	Vertical	perpendicular	6 x 3	401	281	515	0.700	0.545

Figura 4-18: Resultados de la simulación (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4-16: Eficacia luminosa luego de emplear criterios de eficiencia energética (Fuente: Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
22724,1	1026,0	22,1

Lo que representa una mejora de la línea base en un 44,4% con respecto a la línea base contemplando un ahorro energético de 228W.

#### 4.3.2 Sección de frutas y verduras

Ya que en esta sección se presentan dos tipos de iluminación, general y focalizada se propone bajar a 3,5mts la iluminación general ya 3,0mts la iluminación focalizada como lo muestran las figuras 4-19 y 4-20 respectivamente.

Luminaria	Posiciones	Altura de montaje
Tipo de montaje:		
Longitud de suspensión:	<input type="text" value="3.588"/>	m
Altura de montaje:	<input type="text" value="4.412"/>	m
Altura del punto de luz:	<input type="text" value="3.500"/>	m

Figura 4-19: Reducción de altura a 3,5mts (Fuente: Elaboración propia)

Luminaria	General	Altura de montaje
Tipo de montaje:	Definido por el usuario	
Longitud de suspensión:	1.973	m
Altura de montaje:	4.027	m
Altura del punto de luz:	3.000	m

Figura 4-20: Reducción de altura a 3mts (Fuente: Elaboración propia)

Con lo cual luego de la simulación se obtiene los resultados mostrados en la figura 4-21 y la eficacia luminosa en la tabla 4-17.

## Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	9 x 6	529	368	727	0.695	0.505
2	prisma (plano 1)	perpendicular	3 x 2	614	573	674	0.933	0.849
3	prisma (plano 2)	perpendicular	3 x 2	504	454	575	0.901	0.790
4	Mostrador 1	perpendicular	2 x 4	900	817	941	0.908	0.869
5	Mostrador 2	perpendicular	2 x 4	900	810	949	0.900	0.853
6	Caja	perpendicular	1 x 2	658	657	658	0.999	0.998
7	Mostrador simple	perpendicular	2 x 2	746	729	763	0.977	0.955
8	1,2 mts	perpendicular	9 x 6	728	519	1039	0.712	0.499

Figura 4-21: Resultados de la Simulación (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4-17: Eficacia lumínica luego de aplicar criterios de eficiencia energética (Fuente: Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
101920,0	3542,0	28,8

Lo que genera aumentos importantes en los niveles de iluminación y mayor aprovechamiento de los destaques lo que da espacio para reducir en tres equipos fluorescente lo que genera una mejora del 3,2% con respecto a la línea base contemplando un ahorro energético de 342W.

### 4.3.3 Sección de carnes

Al realizar la modificación se disminuye la altura de punto de luz a 3,0mts de la iluminación general lo que aumenta los niveles de iluminación lo que permite reducir en tres los equipos fluorescentes y al simular se obtiene los resultados que se muestra en la figura 4-22.

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	7 x 4	545	323	725	0.593	0.445
2	1,2 mts	perpendicular	7 x 4	754	501	883	0.665	0.568

Figura 4-22: Resultados de la simulación (Fuente: Elaboración propia)

Se mantiene el nivel de iluminación recomendado y obtiene la eficacia luminosa, mostrada en la tabla 4-18.

Tabla 4-18: Eficacia luminosa al aplicar criterios de eficiencia energética (Fuente Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
47502,0	1710,0	27,8

Realizando esta modificación genera el espacio para reducir la cantidad de equipos fluorescentes lo que se resume en una mejora de 14,9% con respecto a la línea base contemplando un ahorro energético de 342W.

#### 4.3.4 Cajas registradoras

Al realizar la acción de bajar la altura de punto de luz de la iluminación general a 3mts, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la figura 4-23.

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	0,85mts	perpendicular	3 x 4	528	402	667	0.761	0.603
2	piso	perpendicular	2 x 2	415	385	437	0.928	0.880
3	Vertical	perpendicular	3 x 1	186	176	205	0.946	0.859
4	piso	perpendicular	2 x 2	402	388	417	0.964	0.931

Figura 4-23: Resultados de la simulación (Fuente Elaboración propia)

Con lo que los niveles de iluminación aumentan considerablemente y al reducir en un equipo no se logran los niveles de iluminación recomendados por lo que esta medida en la zona de cajas sólo proporciona una eficacia mayor a la línea base, lo que se muestra en la tabla 4-19.

Tabla 4-19: Eficacia luminosa al aplicar criterios de eficiencia energética (Fuente Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
6894,0	456,0	15,1

Lo que concluye con una mejora de 39,8% con respecto a la línea base.

## 4.4 Cambio a Tecnología LED

Hoy en día la gran tendencia en los supermercados del país es realizar modificaciones radicales en el sistema de iluminación, una de ellas es el recambio de tecnología estándar a LED, bajo esta primicia se exponen nuevas líneas bases alcanzables con este recambio de tecnología, considerando equipos comerciales que estén a disposición de todas las personas y los criterios de eficiencia anteriormente mencionados

### 4.4.1 Equipo de iluminación

Para determinar esta línea base se consideran luminarias que estén a disposición en el comercio y para obtener un equipo representativo de esta realidad se realiza una inspección visual de los equipos a la venta, con el fin de obtener su eficacia luminosa y en base a ello determinar una eficacia luminosa representativa, para emplear en la simulación, de este trabajo se desprende la siguiente tabla 4-20 para luminarias de iluminación general y la tabla 4-21 para iluminación de acentuación.

Tabla 4-20: Eficacias luminosas de equipos comerciales para iluminación general (Fuente: Elaboración propia)

Marca	Equipo	Eficacia luminosa[lum/Watt]	Temperatura color (K)
ELFA	Tubo Lineal LEDT8 vidrio	77,7	4000,0
D.R.L	Tubo LED	83,3	4000,0
ELFA	Canoa LED	86,1	4000,0
D.R.L	Canoa LED 20W	77,5	4000,0
WESTINGHOUSE	Tubo LED T8	88,8	4000,0
PHILIPS	Tubo LED	100	4000,0

Tabla 4-21: Eficacias luminosas de equipos comerciales para iluminación de destaque (Fuente: Elaboración propia)

Marca	Equipo	Eficacia luminosa[lum/Watt]	Temperatura color (K)
Westinghouse	Ampolleta LED	68,7	3000,0
Westinghouse	Foco sobrepuesto LED	87,5	3000,0
Hommy	Ampolleta LED GU	74,5	3000,0
Dairu	Ampolleta LED GU	61,4	3000,0
PHILIPS	Ampolleta LED GU	80,0	3000,0

De acuerdo a la información de luminarias obtenidas de visitas a tiendas de construcción, el promedio de las eficacias de equipos de iluminación general es de 85 lum/watt y para iluminación de focalización 74 lum/watt es la eficacia a emplear para realizar una simulación de los casos tipos expuestos anteriormente.

#### 4.4.2 Góndolas y pasillos

De la simulación se muestran los resultados en la figura 4-24 y la eficacia luminosa en la tabla 4-22.

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	E h	perpendicular	6 x 3	506	437	561	0.865	0.780
2	E v	perpendicular	6 x 3	363	245	474	0.676	0.518
3	E v	perpendicular	6 x 3	363	245	474	0.677	0.518

Figura 4-24 Resultados de simulación (Fuente Elaboración propia)

Tabla 4-22: Eficacia luminosa Góndolas y Pasillos al emplear tecnología LED (Fuente Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
20997,9	880,0	23,9

#### 4.4.3 Frutas y Verduras

Como la sección de frutas emplea iluminación de destaque se emplea un equipo LED de eficacia luminosa de 74,0 lum/watt, con una temperatura color de 3000K., con ello se ejecutada la simulación y se obtienen los resultados de niveles de iluminación mostrados en la figura 4-25 y la eficacia luminosa obtenida en la tabla 4-23

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	9 x 6	523	362	824	0.692	0.440
2	prisma (plano 1)	perpendicular	3 x 2	767	680	913	0.886	0.745
3	prisma (plano 2)	perpendicular	3 x 2	646	548	794	0.849	0.691
4	Mostrador 1	perpendicular	2 x 4	1282	1200	1326	0.936	0.905
5	Mostrador 2	perpendicular	2 x 4	1285	1200	1331	0.934	0.901
6	Caja	perpendicular	1 x 2	638	638	639	0.999	0.999
7	Mostrador simple	perpendicular	2 x 2	1002	981	1023	0.979	0.959
8	1,2 mts	perpendicular	9 x 6	781	483	1521	0.618	0.317

Figura 4-25: Resultados de simulación (Fuente Elaboración propia)

Tabla 4-23: Eficacia luminosa Frutas y Verduras al emplear tecnología LED (Fuente Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
108500,0	2628,0	41,3

#### 4.4.4 Carnes

Realizada la simulación se obtienen los niveles de iluminación, mostrados en la figura 4-26 y la eficacia luminosa obtenida en la tabla 4-24.

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	7 x 4	532	304	722	0.571	0.420
2	1,2 mts	perpendicular	7 x 4	743	465	880	0.626	0.528

Figura 4-26: Resultados de simulación (Fuente Elaboración propia)

Tabla 4-24: Eficacia luminosa para Sección de Carnes al emplear tecnología LED (Fuente: Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
46809,0	1440,0	32,5

#### 4.4.5 Cajas

Los resultados de la simulación con respecto a los niveles de iluminación en las tramas de cálculo son mostrados en la figura 4-27 y la eficacia luminosa obtenida en la tabla 4-25.

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	0,85mts	perpendicular	3 x 4	411	324	513	0.790	0.633
2	piso	perpendicular	2 x 2	321	301	338	0.937	0.890
3	Vertical	perpendicular	3 x 1	147	140	161	0.950	0.867
4	piso	perpendicular	2 x 2	311	301	321	0.968	0.939

Figura 4-27 Resultados de simulación (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4-25: Eficacia luminosa de Sección Cajas Registradoras al emplear tecnología LED (Fuente: Elaboración propia)

Flujo útil (lum)	Potencia (Watt)	Eficacia luminosa (lum/Watt)
5373,0	320,0	16,8

Todos los resultados lumínicos expuestos en este capítulo se detallan en las memorias de cálculo obtenidas del software de iluminación Dialux, anexadas en el final del presente informe.

#### 4.5 Proyección de las líneas bases

Como ya fue mencionado, el recambio de tecnología es inminente y para el mismo es posible encontrar equipos de iluminación sofisticados, que se van perfeccionando conforme avanza el tiempo, es por ello que se proponen nuevas líneas bases, pero esta vez empleando equipos más especializados que para la sección anterior, con eficacias luminosas más altas y ópticas especializadas para las tareas visuales a emplear. Hoy en día en catálogos de luminarias LED es posible encontrar eficacias luminosas de más de 110 lum/watt, para iluminación general y de destaque, al considerar un equipo de 110 lum/watt es posible obtener nuevas líneas base mediante el siguiente procedimiento matemático mostrado en la ecuación 4-4 en donde se calcula un factor multiplicativo con el cociente entre la eficacia luminosa de los tubos fluorescentes estándar empleados para calcular la línea base y la eficacia luminosa de un equipo especializado.

$$\frac{\text{Eficacia LED}}{\text{Eficacia Standar}} = \text{factor multiplicativo} \quad (4-4)$$

$$\text{factor multiplicativo} = \frac{110}{61,4} = 1,8$$

A partir de este análisis, se multiplican las líneas bases obtenidas para generar las nuevas eficacias mostradas en la columna de equipos especializados, en la tabla 4-26.

Tabla 4-26: Proyección de líneas base (Fuente: Elaboración propia)

Sección	Línea base (lum/Watt)	Equipos Especializados (lum/Watt)
Góndolas y pasillos	15,3	27,5
Frutas y verduras	27,9	50,2
Carnes	24,2	43,5
Cajas registradoras	10,6	19,1

Una vez obtenido el factor de 1,8 se procede a multiplicar todas las líneas bases obtenidas de la aplicación de la filosofía de las cuatro esquinas con lo cual se obtienen eficacias luminosas que representan la evolución de las líneas bases ya que para alcanzarlas se contemplan equipos especializados.

Al considerar los criterios de eficiencia energética presentados en este análisis se puede concluir que es posible aprovechar más el flujo luminoso de las fuentes de luz artificiales, exhibiendo mejoras de hasta un 44,4% con respecto a la línea base adicionando ahorro energético, luego

complementando estas medidas de eficiencia energética con un recambio total de tecnología standard a tecnología LED es posible generar eficacias que superan ampliamente la línea base como lo es la zona de góndolas y pasillos con un 56,0% y finalmente ocupando luminarias con eficacias de 110 lum/watt, que representan equipos más sofisticados, es posible mejorar hasta un 80,1% con respecto a la línea base de eficiencia energética. En la tabla 4-27, se muestran todos los resultados obtenidos y es notable el aumento generado al ir instaurando diferentes medidas de eficiencia energética.

Tabla 4-27: Resultados finales (Fuente: Elaboración propia)

Sección	Resultados Finales			
	Línea base (lum/Watt)	Disminución de altura de montaje (lum/Watt)	Cambio a tecnología LED (lum/Watt)	Equipos Especializados (lum/Watt)
Góndolas y pasillos	15,3	22,1	23,9	27,5
Frutas y verduras	27,9	28,8	41,3	50,2
Carnes	24,2	27,8	32,5	43,5
Cajas registradoras	10,6	15,1	16,8	19,1

La tabla 4-27 genera un ancho de banda entre la línea base existente y la producida por el empleo de equipos especializados por lo que se espera que los proyectos de iluminación en supermercados para las zonas estudiadas sean a lo menos el de las propuestas por un recambio de tecnología LED básico.

## Discusión y conclusiones

Al implementar los criterios de eficiencia energética obtenidos del análisis es posible generar ahorros energéticos en los sistemas de iluminación, manteniendo una eficacia luminosa que supera la línea base energética y por tanto cumple con los requerimientos lumínicos recomendados por la metodología.

A raíz de las visitas en terreno y estudio de la información obtenida se logran identificar variadas oportunidades de mejora para las tiendas que de alguna u otra manera mejoran la eficacia de los sistemas de iluminación, es así que estas son recopiladas y mostradas en forma de recomendación en las siguientes líneas.

Disminuir la altura de montaje de las luminarias aumenta el nivel de iluminación, lo que a su vez permite una reducción de la potencia, lo que se demostró en base a las simulaciones, siempre considerando un desplazamiento máximo de 1mts, ya que en los supermercados se mantienen distancias de seguridad para el empleo de máquinas alza hombres mediante las cuales se ubica la publicidad.

Se recomienda separar las verduras entre según su tiempo de rotación, ya que existen frutas y verduras como frambuesas, frutillas, espárragos, tomates que tiene una vida útil muy corta entre 3 y 4 días, por ende se recomienda ubicarlas en mostradores con mayor iluminación, mientras que para los tallos como papas, ajos, cebollas, la vida útil es considerablemente mayor y ellos promocionarlos en los mostradores con menor iluminación.

Direccionar adecuadamente las lámparas de destaque, ya que fueron registrados niveles de iluminación de 1000 lux a nivel del piso en la sección de frutas y verduras, los cuales eran generados por la iluminación de destaque que se encontraba mal direccionada.

Realizar una capacitación al personal de mantenimiento ya que se apreciaron luminarias con temperatura color cálida (3000K) en rieles de tubos fluorescentes con temperatura color fría (4000K) lo que se debe a al desconocimiento de este efecto en los equipos de iluminación, es por ello que se propone realizar una capacitación que contemple además de este tema, conceptos básicos de iluminación.

Emplear en lo posible un tipo de luminaria para iluminación general, esto fue apreciable en un supermercado en donde todos los equipos empleados para iluminación general son de un tipo, esto hace mucho más expedita la mantención.

Evitar ubicar publicidad encima de los mostradores ya que bloquea al flujo luminoso, se encontraron mostradores sobre los cuales se disponen grandes carteles con publicidad, lo que genera sombras realmente notables en la mercancía, lo que perjudica su promoción y más aún si son alimentos perecibles como frutas.

La aplicación de la filosofía de las cuatro esquinas proporciona un método generalizado para iluminar, pero se aprecia que para supermercados estudiados es suficiente con la recomendación de 200lux verticales, a diferencia de lo que establece la filosofía de 700 a 1000lux.

Estas líneas bases también aplican para otras secciones del retail en donde son totalmente funcionales como lo que muestra la tabla. 4-29

Tabla 4-29: Extensión de las Líneas Bases obtenidas (Fuentes: Elaboración propia)

Góndolas y Pasillos	Frutas y Verduras	Sección Carnes	Cajas Registradoras
Minimarkets	Verdulerías	Rotiserías	Toda tienda que las ocupe
Venta Asistida			Bodegas Malls

De las mediciones realizadas se logran concluir grandes enseñanzas, si bien de los supermercados medidos solamente el supermercado 1 cumple con la recomendación de IESNA (500lux a nivel del piso), es de suma importancia aclarar que la medición se realizó entre 20:30 y 21:00 (horario de verano) por ende el aporte de luz diurna fue nulo y para el supermercado 2 en donde existen amplias lucarnas se puede entender que durante el día este nivel aumenta. También es posible decir que en todos los supermercados se cumple con la recomendación de 200lux en los planos verticales de las góndolas.

Tabla 4-2: Iluminancia media de góndolas y pasillos (Fuente: Elaboración propia).

	Horizontal (lux)	Vertical 1 (lux)	Vertical 2 (lux)
Supermercado1	537,4	358,3	369,9
Supermercado2	290,6	231,1	237,2
Supermercado3	429,8	278,0	252,3

Luego de en primer intento, probar abarcando todo un supermercado en una sola simulación fue infructuoso ya que se presentaron problemas en el equipo computacional debido a las exigencias que poseía la simulación, debido a esto se optó por separar las secciones.

# Bibliografía

- [1] Philips, « "Filosofía de las cuatro Esquinas" Philips Eindhoven 5.4 Manual de Iluminación » Diciembre 1995.
- [2] AChEE, «Guía Técnica de Iluminación Eficiente Para el Sector Retail,» 2012.
- [3] Ministerio de Energía, Gobierno de Chile , «Informe Balance Anual De Energía 2016» 2016.
- [4] GAMMA Ingenieros S.A «Diagnóstico Energético Sector Retail» Diciembre 2009
- [5] IES, «THE LIGHTING HANDBOOK,» *Reference And Application*, tenth Edition
- [6] Philips, «Criterios de diseño iluminación espacio comercial,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com>. [Último acceso: 4 enero 2019].

# A Anexo

# Góndolas y Pasillos

Memorias de cálculo para la obtención de línea base en Góndolas y Pasillos

Fecha: 07.01.2019

Proyecto elaborado por: Francisco Javier Cortés Araya



## Índice

### **Góndolas y Pasillos**

Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3

### **Línea base energética Góndolas y Pasillos**

Resumen	4
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	5
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	6

### **Aplicación de criterios de eficiencia energética**

Resumen	7
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	8
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	9

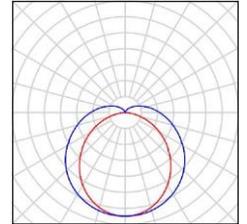
### **Cambio de tecnología**

Resumen	10
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	11
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	12

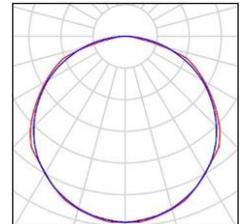
## Góndolas y Pasillos / Lista de luminarias

22 Pieza Philips (Tipo 1)  
 N° de artículo:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 3400 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 3400 lm  
 Potencia de las luminarias: 40.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 88 Código CIE Flux: 40 69 88 88 100  
 Lámpara: 1 x Definido por el usuario  
 (Factor de corrección 1.000).

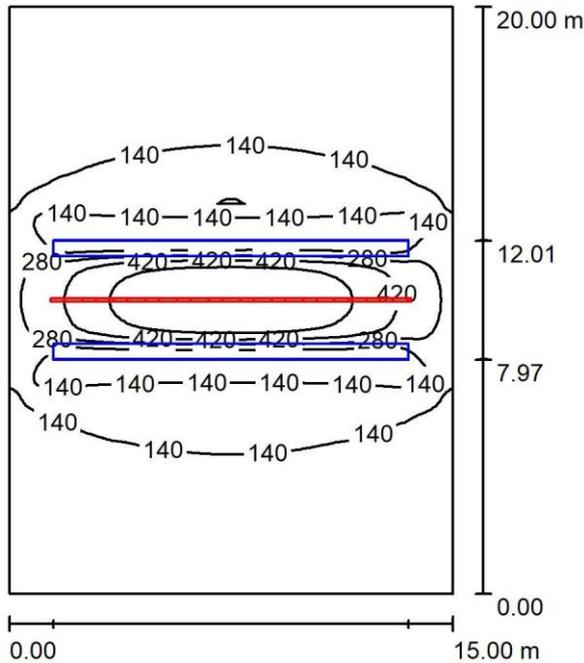
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



20 Pieza PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R  
 (Tipo 1)  
 N° de artículo:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 7000 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 10000 lm  
 Potencia de las luminarias: 114.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 100 Código CIE Flux: 45 77 95 100 70  
 Lámpara: 1 x Definido por el usuario  
 (Factor de corrección 1.000).



## Linea base energética Góndolas y Pasillos / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 4.912 m,  
Factor mantenimiento: 0.85

Valores en Lux, Escala 1:257

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	157	16	683	0.099
Suelo	20	139	15	553	0.109
Techo	70	30	20	43	0.653
Paredes (4)	50	48	17	304	/

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

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	11	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

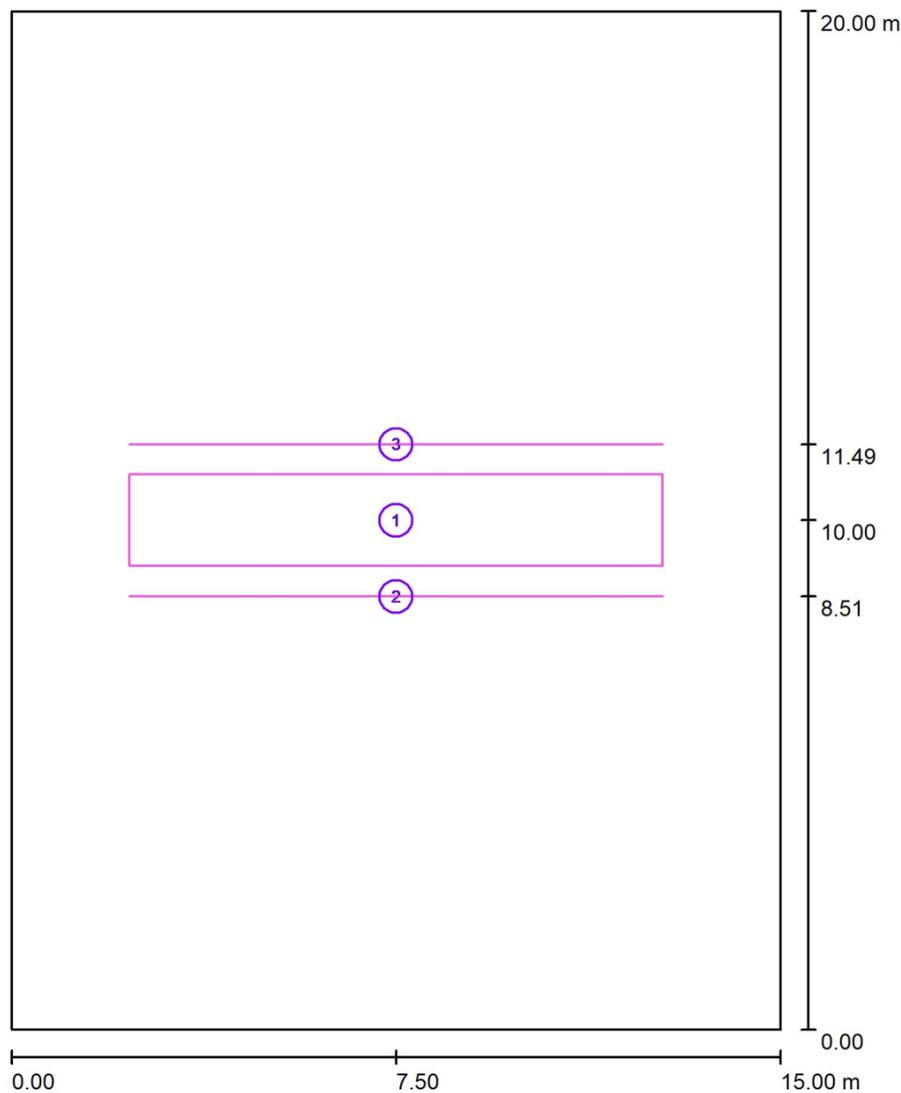
\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 77000 Total: 110000 1254.0

Valor de eficiencia energética:  $4.18 \text{ W/m}^2 = 2.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $300.00 \text{ m}^2$ )



## Línea base energética Góndolas y Pasillos / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

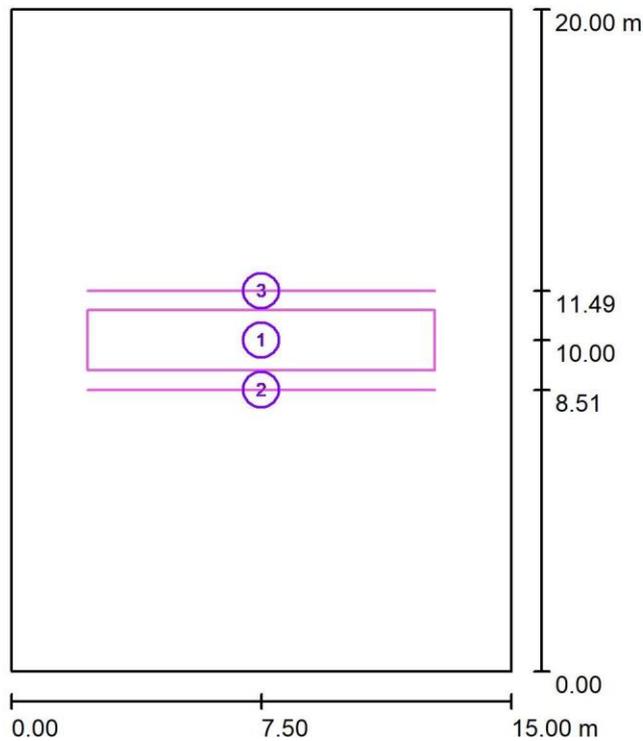


Escala 1 : 136

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	Horizontal	7.500	10.003	0.050	10.400	1.800	0.000	0.000	0.000
2	Vertical	7.500	8.505	1.500	10.400	1.500	90.000	0.000	180.000
3	Vertical	7.500	11.495	1.500	10.400	1.500	90.0	0.000	0.000

## Línea base energética Góndolas y Pasillos / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 228

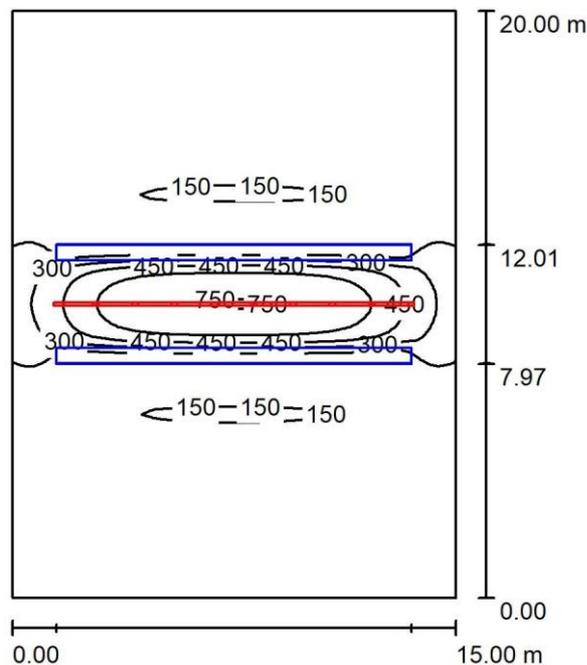
### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Horizontal	perpendicular	6 x 3	501	432	555	0.862	0.778
2	Vertical	perpendicular	6 x 3	307	221	389	0.720	0.568
3	Vertical	perpendicular	6 x 3	306	220	389	0.719	0.567

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	3	381	220	555	0.58	0.40

## Aplicación de criterios de eficiencia energética / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 3.912 m,  
Factor mantenimiento: 0.85

Valores en Lux, Escala 1:257

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	128	11	758	0.082
Suelo	20	108	11	587	0.101
Techo	70	24	15	35	0.652
Paredes (4)	50	33	13	269	/

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

## Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

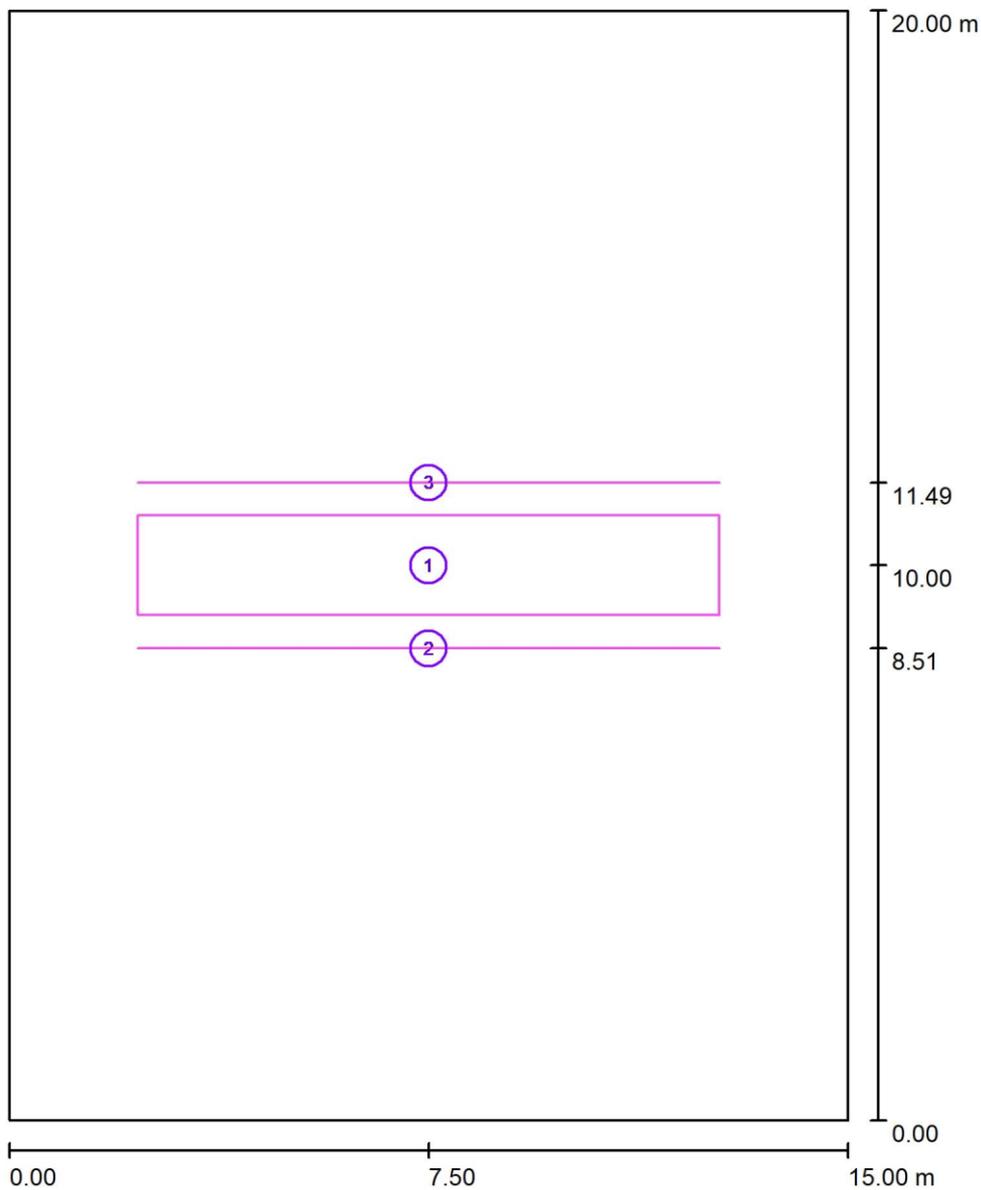
\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 63000 Total: 90000 1026.0

Valor de eficiencia energética:  $3.42 \text{ W/m}^2 = 2.68 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $300.00 \text{ m}^2$ )



## Apliacación de criterios de eficiencia energética / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

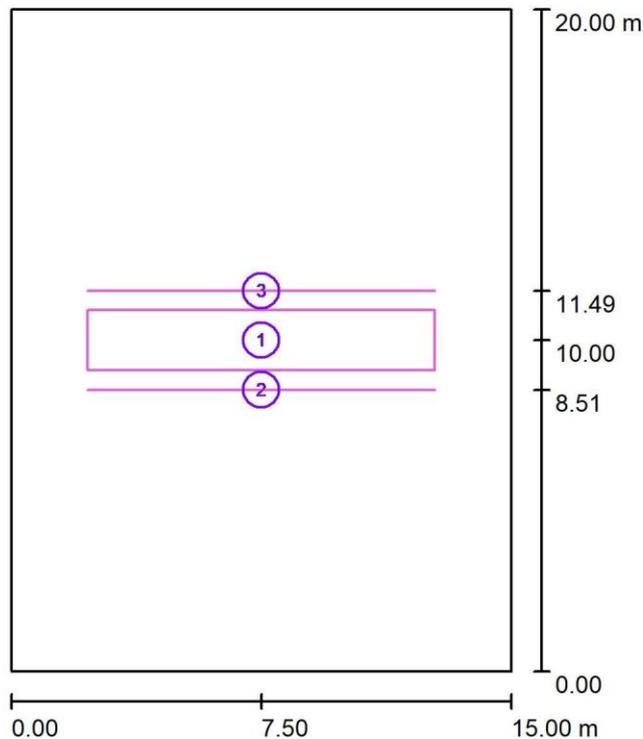


Escala 1 : 136

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	Horizontal	7.500	10.003	0.050	10.400	1.800	0.000	0.000	0.000
2	Vertical	7.500	8.505	1.500	10.400	1.500	90.000	0.000	180.000
3	Vertical	7.500	11.495	1.500	10.400	1.500	90.0	0.000	0.000

## Aplicación de criterios de eficiencia energética / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 228

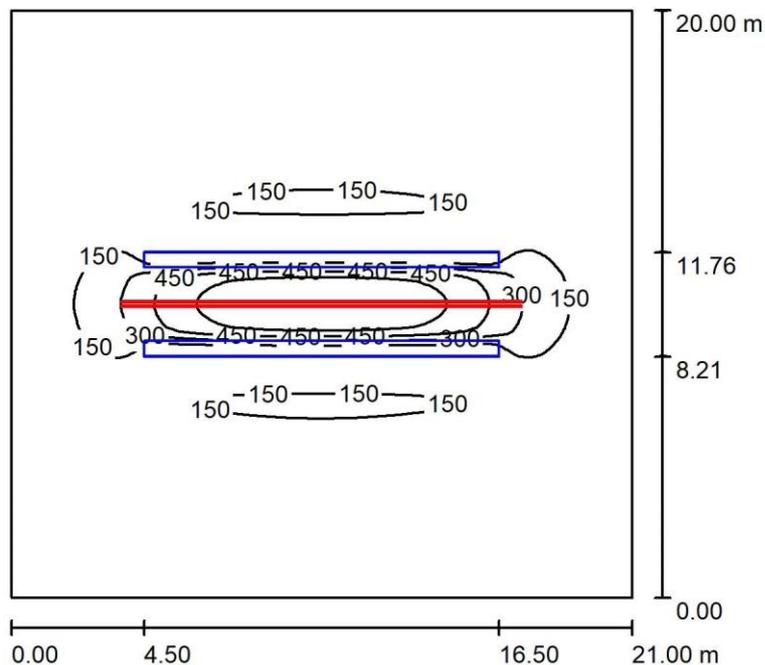
### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Horizontal	perpendicular	6 x 3	534	463	592	0.868	0.783
2	Vertical	perpendicular	6 x 3	401	281	516	0.700	0.545
3	Vertical	perpendicular	6 x 3	401	281	515	0.700	0.545

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	3	452	281	592	0.62	0.47

## Cambio de tecnología / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 3.892 m,  
Factor mantenimiento: 0.85

Valores en Lux, Escala 1:257

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	102	14	724	0.133
Suelo	20	90	12	562	0.135
Techo	70	28	18	43	0.634
Paredes (4)	50	40	21	120	/

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

### Lista de piezas - Luminarias

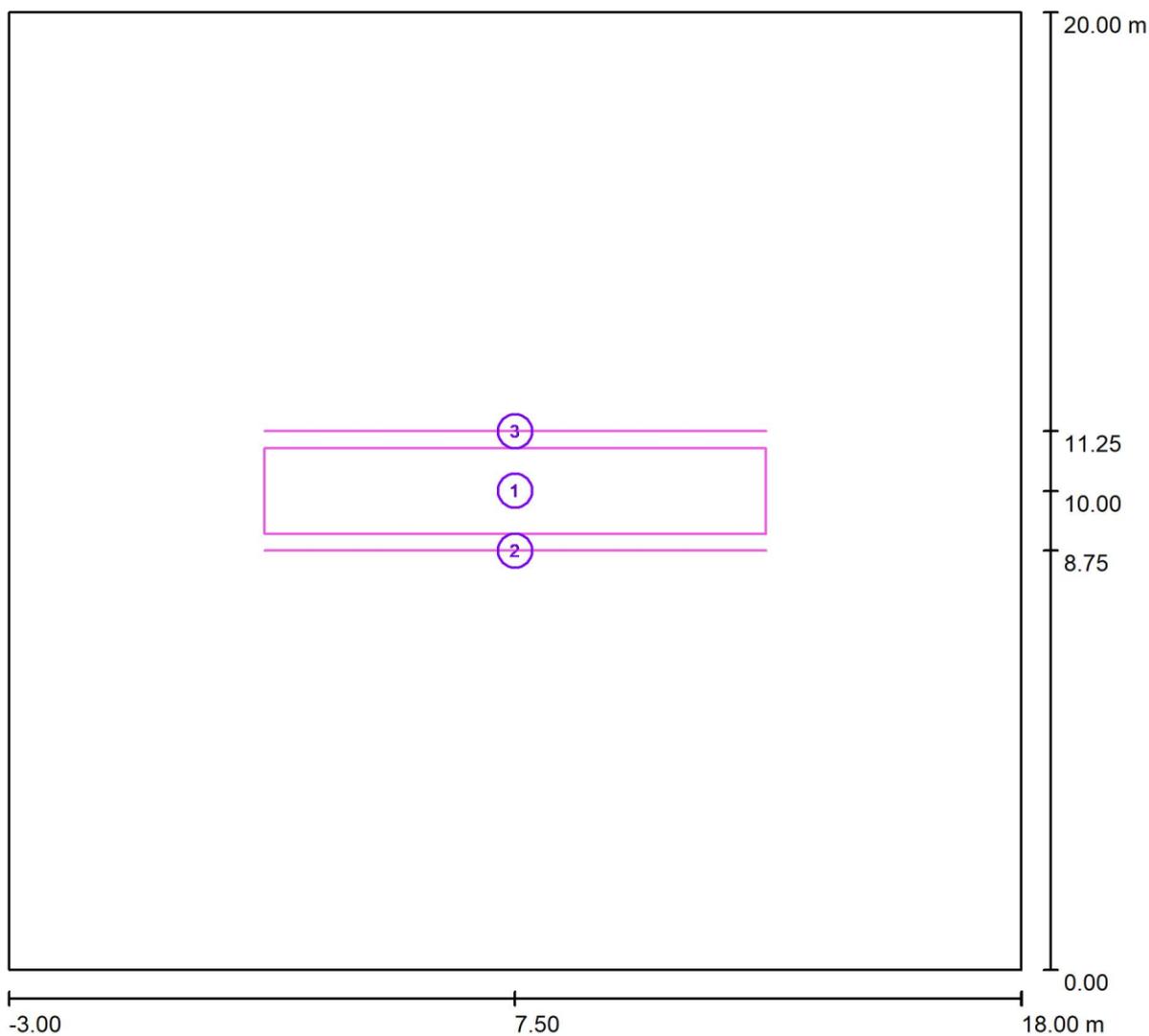
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	22	Philips (Tipo 1)* (1.000)	3400	3400	40.0
			<b>Total: 74792</b>	<b>Total: 74800</b>	<b>880.0</b>

\*Especificaciones técnicas modificadas

Valor de eficiencia energética:  $2.10 \text{ W/m}^2 = 2.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $420.00 \text{ m}^2$ )



## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

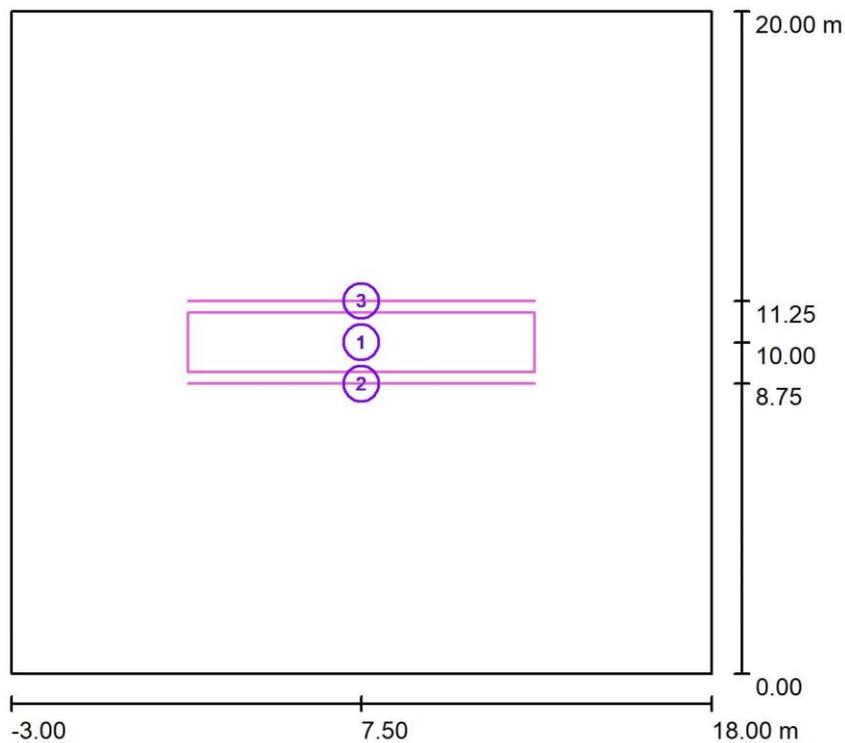


Escala 1 : 151

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	E h	7.500	10.000	0.050	10.400	1.800	0.000	0.000	0.000
2	E v	7.500	8.752	1.500	10.400	1.500	90.000	0.000	180.000
3	E v	7.500	11.248	1.500	10.400	1.500	90.000	0.000	0.000

## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 228

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	E h	perpendicular	6 x 3	506	437	561	0.865	0.780
2	E v	perpendicular	6 x 3	363	245	474	0.676	0.518
3	E v	perpendicular	6 x 3	363	245	474	0.677	0.518

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	3	418	245	561	0.59	0.44

# Sección Frutas y Verduras

Memoria de cálculo para la obtención de línea base en Sección Frutas y Verduras

## Índice

### **Sección Frutas y Verduras**

Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3

### **Sección Frutas y Verduras**

Resumen	4
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	5
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	7

### **Apicación de criterios de eficiencia energética**

Resumen	8
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	9
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	11

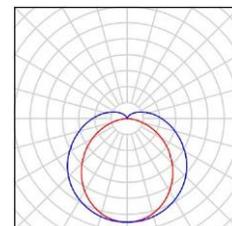
### **Cambio de tecnología**

Resumen	12
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	13
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	15

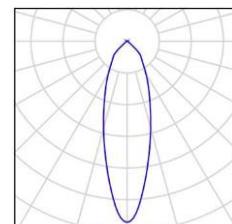
## Sección Frutas y Verduras / Lista de luminarias

54 Pieza Philips (Tipo 1)  
 N° de artículo:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 3400 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 3400 lm  
 Potencia de las luminarias: 40.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 88 Código CIE Flux: 40 69 88 88 100  
 Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).

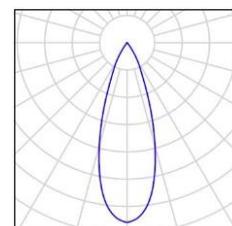
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



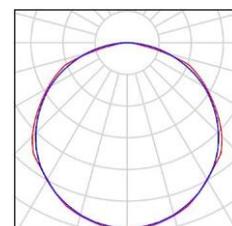
26 Pieza PHILIPS MCS501 1xSDW-TG50W EB 36  
 N° de artículo:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 1500 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 2500 lm  
 Potencia de las luminarias: 62.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 100 Código CIE Flux: 85 99 100 100 60  
 Lámpara: 1 x SDW-TG50W (Factor de corrección 1.000).



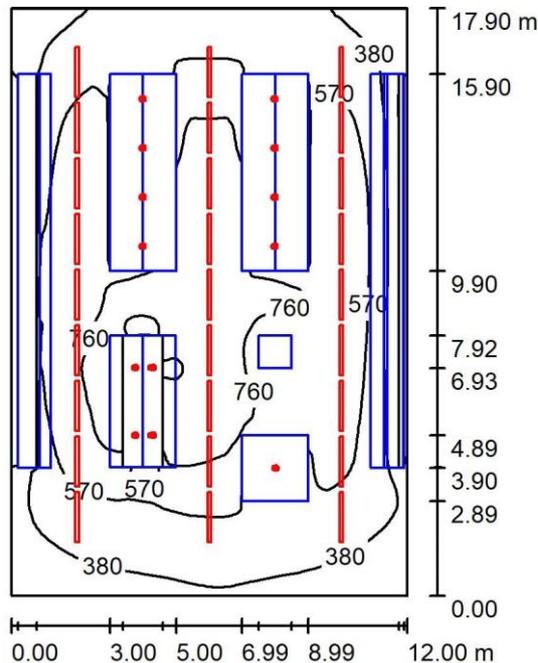
13 Pieza PHILIPS PT320T 1 xLED27S/CRW WB (Tipo 1)  
 N° de artículo:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 2633 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 2660 lm  
 Potencia de las luminarias: 36.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 100 Código CIE Flux: 99 100 100 100 99  
 Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



51 Pieza PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)  
 N° de artículo:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 7000 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 10000 lm  
 Potencia de las luminarias: 114.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE:  
 100 Código CIE Flux: 45 77 95 100 70  
 Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



## Sección Frutas y Verduras / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:230

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	577	65	976	0.113
Suelo	20	349	5.04	821	0.014
Techo	70	125	84	153	0.673
Paredes (4)	50	232	21	491	/

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

### Lista de piezas - Luminarias

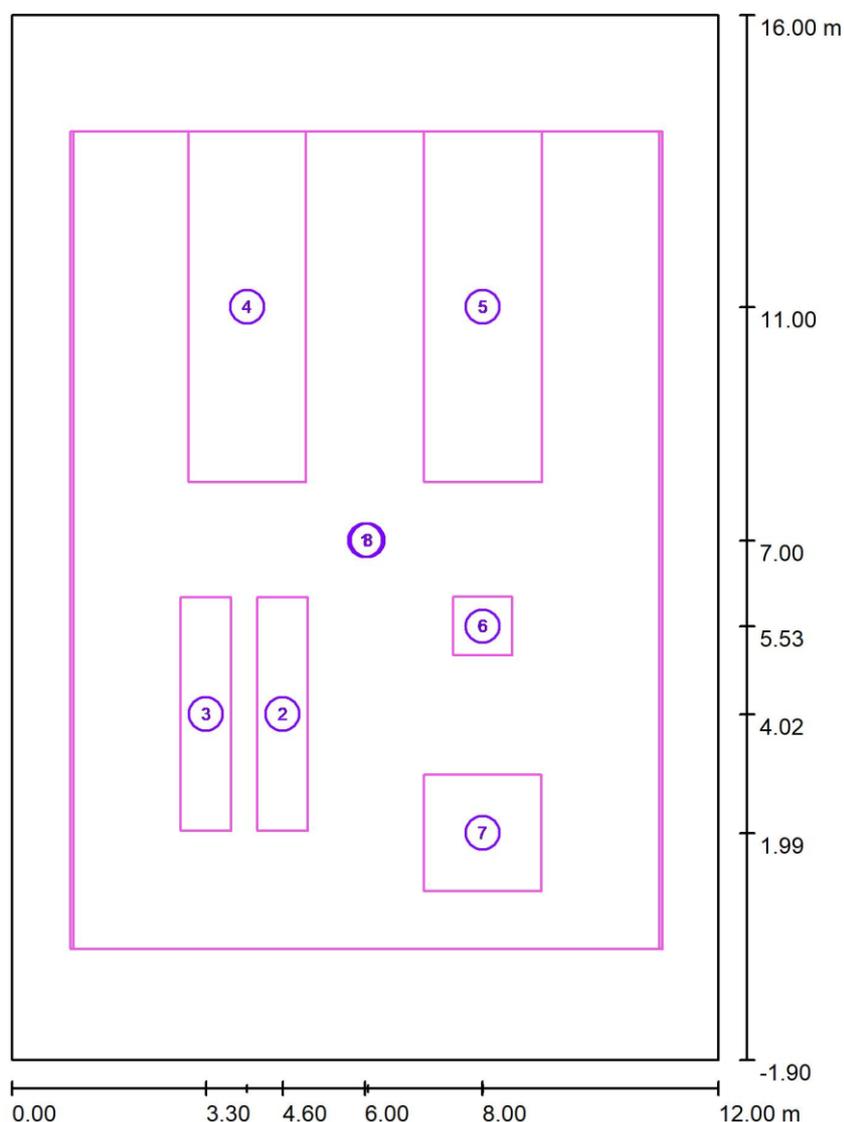
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	13	PHILIPS MCS501 1xSDW-TG50W EB 36 (1.000)	1500	2500	62.0
2	27	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 208500 Total: 302500 3884.0

Valor de eficiencia energética:  $18.08 \text{ W/m}^2 = 3.13 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $214.80 \text{ m}^2$ )

## Sección Frutas y Verduras / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)



Escala 1 : 122

### Lista de superficies de cálculo

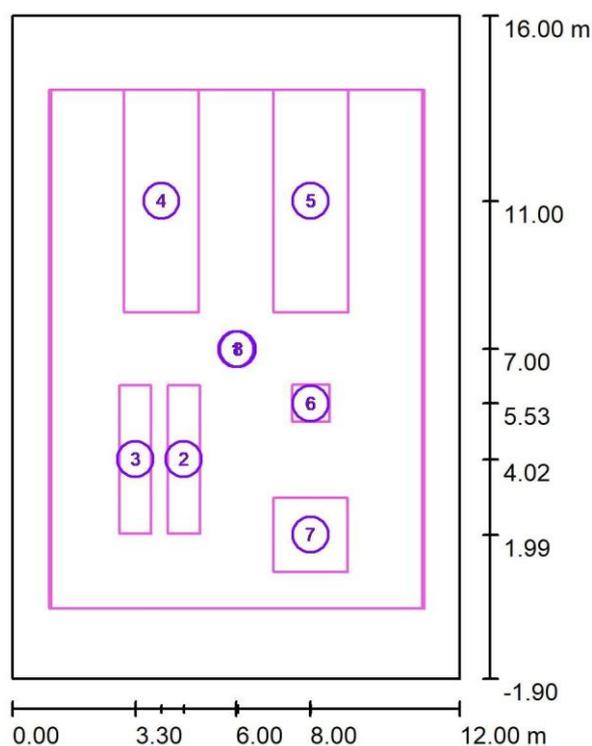
N°	Designación	Posición			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	piso	6.000	7.000	0.050	10.000	14.000	0.000	0.000	0.000
2	prisma (plano 1)	4.600	4.023	1.000	4.000	1.500	55.000	0.000	90.000
3	prisma (plano 2)	3.300	4.023	1.000	4.000	1.500	55.000	0.000	-90.000
4	Mostrador 1	4.000	11.000	1.050	2.000	6.000	0.000	0.000	0.000

## Sección Frutas y Verduras / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
5	Mostrador 2	8.000	11.000	1.050	2.000	6.000	0.000	0.000	0.000
6	Caja	8.000	5.530	1.220	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000
7	Mostrador simple	7.997	1.987	1.050	1.994	2.000	0.000	0.000	0.000
8	1,2 mts	6.048	7.000	1.200	10.000	14.000	0.000	0.000	0.000

## Sección Frutas y Verduras / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 204

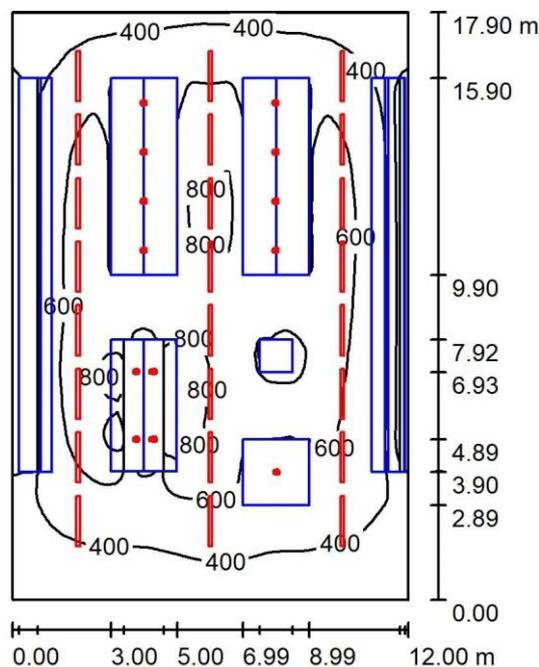
### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	9 x 6	577	388	789	0.672	0.491
2	prisma (plano 1)	perpendicular	3 x 2	613	572	648	0.934	0.883
3	prisma (plano 2)	perpendicular	3 x 2	485	446	526	0.920	0.848
4	Mostrador 1	perpendicular	2 x 4	899	804	941	0.895	0.855
5	Mostrador 2	perpendicular	2 x 4	898	798	947	0.890	0.843
6	Caja	perpendicular	1 x 2	748	748	748	1.000	1.000
7	Mostrador simple	perpendicular	2 x 2	753	732	774	0.972	0.945
8	1,2 mts	perpendicular	9 x 6	774	538	993	0.696	0.542

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	8	704	388	993	0.55	0.39

## Apicación de criterios de eficiencia energética / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:230

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	532	53	1012	0.099
Suelo	20	321	5.26	779	0.016
Techo	70	109	72	138	0.657
Paredes (4)	50	187	18	413	/

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

### Lista de piezas - Luminarias

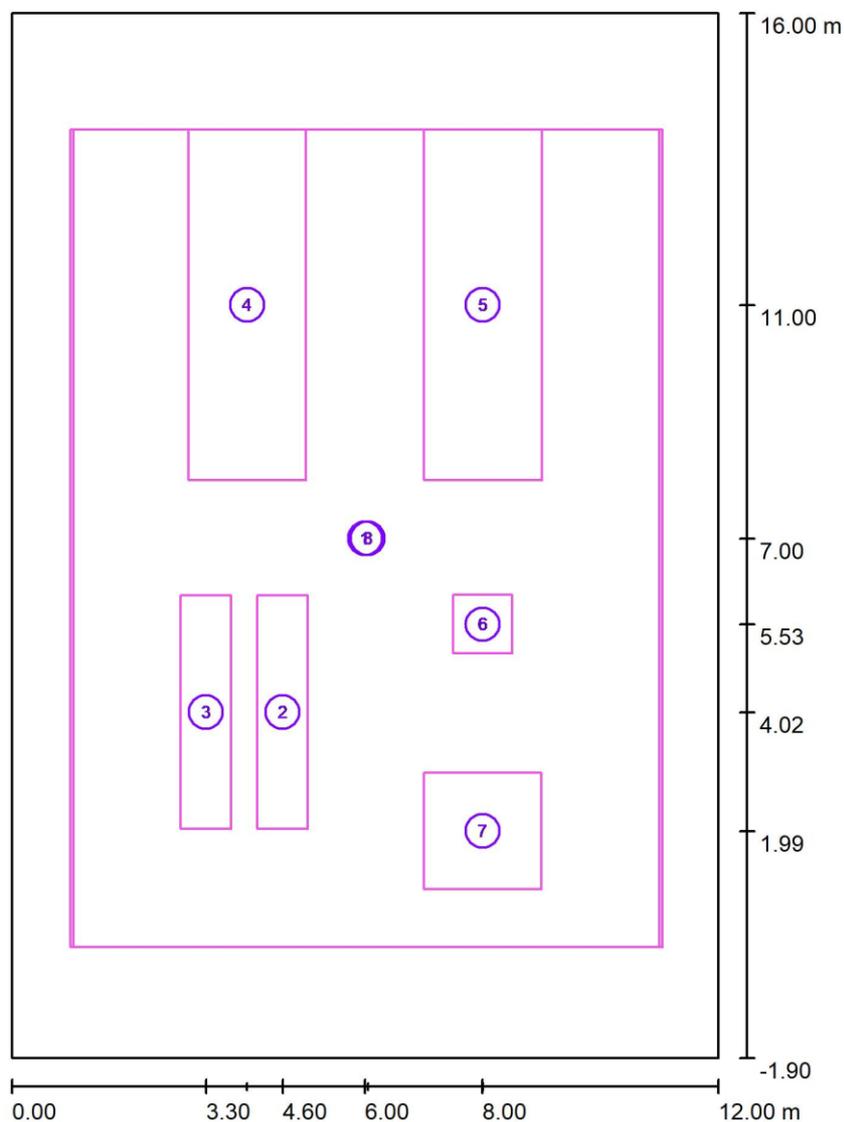
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	13	PHILIPS MCS501 1xSDW-TG50W EB 36 (1.000)	1500	2500	62.0
2	24	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 187500 Total: 272500 3542.0

Valor de eficiencia energética:  $16.49 \text{ W/m}^2 = 3.10 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $214.80 \text{ m}^2$ )

## Apicación de criterios de eficiencia energética / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)



Escala 1 : 122

### Lista de superficies de cálculo

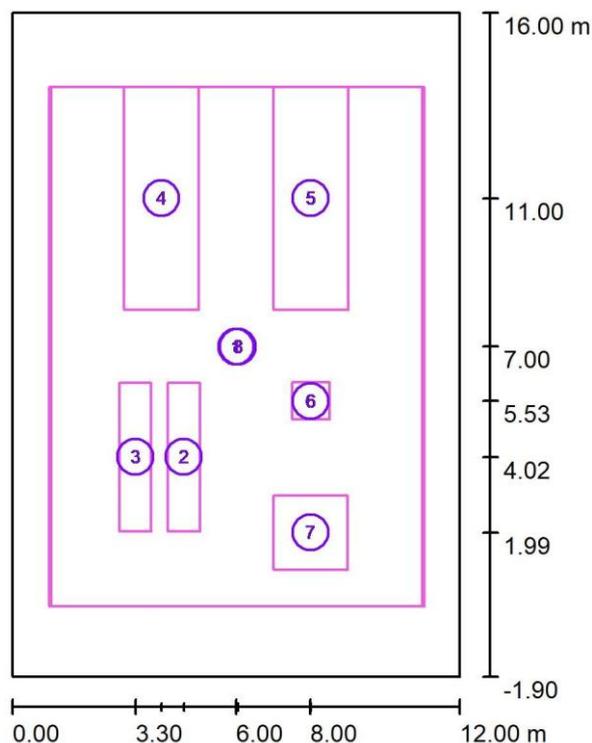
N°	Designación	Posición			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	piso	6.000	7.000	0.050	10.000	14.000	0.000	0.000	0.000
2	prisma (plano 1)	4.600	4.023	1.000	4.000	1.500	55.000	0.000	90.000
3	prisma (plano 2)	3.300	4.023	1.000	4.000	1.500	55.000	0.000	-90.000
4	Mostrador 1	4.000	11.000	1.050	2.000	6.000	0.0	0.000	0.000

## Apicación de criterios de eficiencia energética / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
5	Mostrador 2	8.000	11.000	1.050	2.000	6.000	0.000	0.000	0.000
6	Caja	8.000	5.530	1.220	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000
7	Mostrador simple	7.997	1.987	1.050	1.994	2.000	0.000	0.000	0.000
8	1,2 mts	6.048	7.000	1.200	10.000	14.000	0.000	0.000	0.000

## Aplicación de criterios de eficiencia energética / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 204

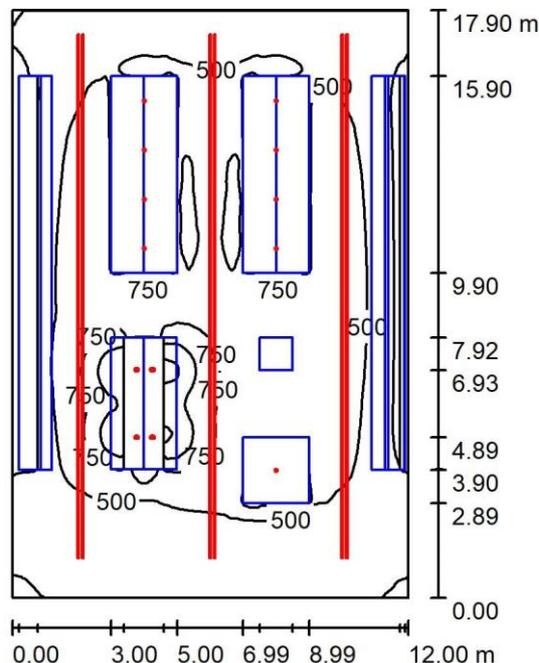
### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	9 x 6	529	368	727	0.695	0.506
2	prisma (plano 1)	perpendicular	3 x 2	614	573	674	0.933	0.849
3	prisma (plano 2)	perpendicular	3 x 2	504	454	575	0.901	0.790
4	Mostrador 1	perpendicular	2 x 4	900	817	940	0.908	0.869
5	Mostrador 2	perpendicular	2 x 4	900	810	949	0.900	0.853
6	Caja	perpendicular	1 x 2	658	657	659	0.999	0.998
7	Mostrador simple	perpendicular	2 x 2	746	729	763	0.977	0.955
8	1,2 mts	perpendicular	9 x 6	728	519	1039	0.712	0.499

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	8	664	368	1039	0.55	0.35

## Cambio de tecnología / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:230

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	520	92	1336	0.176
Suelo	20	237	3.33	609	0.014
Techo	70	176	104	230	0.588
Paredes (4)	50	260	15	543	/

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

### Lista de piezas - Luminarias

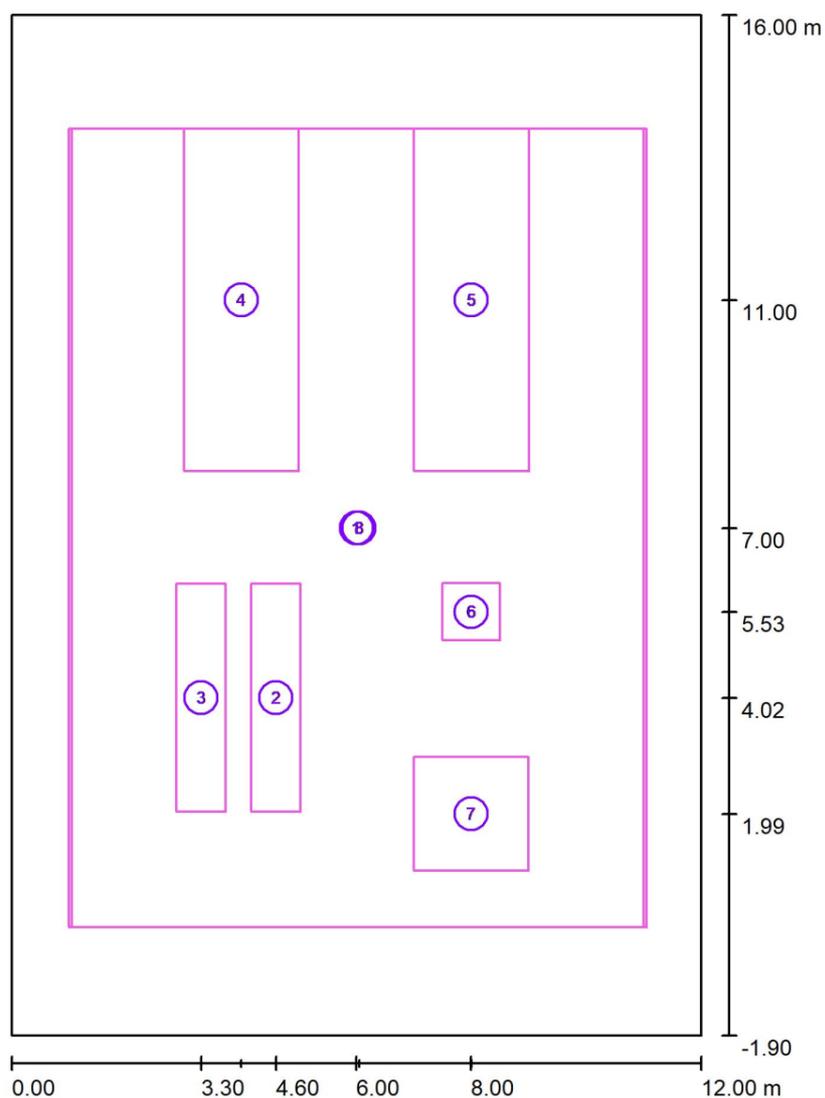
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	54	Philips (Tipo 1)* (1.000)	3400	3400	40.0
2	13	PHILIPS PT320T 1 xLED27S/CRW WB (Tipo 1)* (1.000)	2633	2660	36.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 217813 Total: 218180 2628.0

Valor de eficiencia energética:  $12.23 \text{ W/m}^2 = 2.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $214.80 \text{ m}^2$ )

## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)



Escala 1 : 122

### Lista de superficies de cálculo

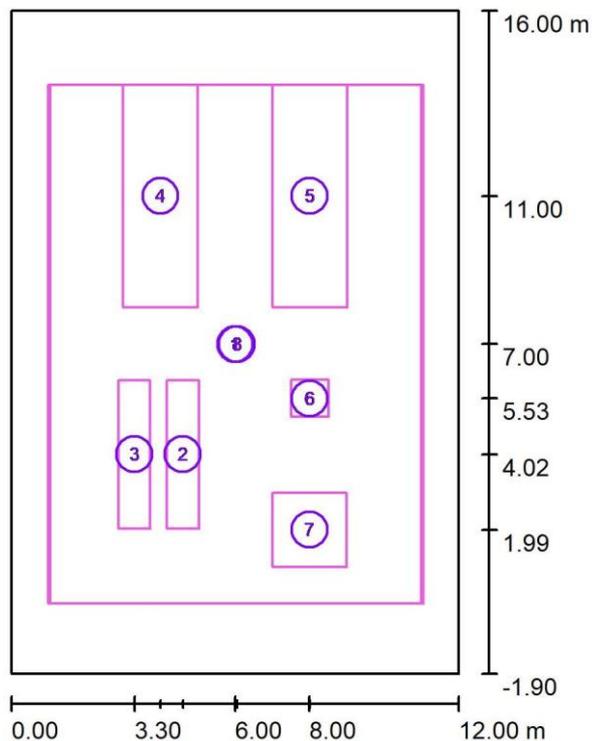
N°	Designación	Posición			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	piso	6.000	7.000	0.050	10.000	14.000	0.000	0.000	0.000
2	prisma (plano 1)	4.600	4.023	1.000	4.000	1.500	55.000	0.000	90.000
3	prisma (plano 2)	3.300	4.023	1.000	4.000	1.500	55.000	0.000	-90.000
4	Mostrador 1	4.000	11.000	1.050	2.000	6.000	0.000	0.000	0.000

## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
5	Mostrador 2	8.000	11.000	1.050	2.000	6.000	0.000	0.000	0.000
6	Caja	8.000	5.530	1.220	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000
7	Mostrador simple	7.997	1.987	1.050	1.994	2.000	0.000	0.000	0.000
8	1,2 mts	6.048	7.000	1.200	10.000	14.000	0.000	0.000	0.000

## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 204

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	9 x 6	523	362	824	0.692	0.440
2	prisma (plano 1)	perpendicular	3 x 2	767	680	913	0.886	0.745
3	prisma (plano 2)	perpendicular	3 x 2	646	548	794	0.849	0.691
4	Mostrador 1	perpendicular	2 x 4	1282	1200	1326	0.936	0.905
5	Mostrador 2	perpendicular	2 x 4	1285	1200	1331	0.934	0.901
6	Caja	perpendicular	1 x 2	638	638	639	0.999	0.999
7	Mostrador simple	perpendicular	2 x 2	1002	981	1023	0.979	0.959
8	1,2 mts	perpendicular	9 x 6	781	483	1521	0.618	0.317

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	8	731	362	1521	0.50	0.2

# Sección carnes

Memoria de cálculo para la obtención de línea base energética



# Índice

## Sección carnes

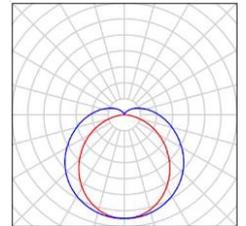
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
<b>Línea base sección carnes</b>	
Resumen	4
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	5
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	6
<b>Criterios de eficiencia energética</b>	
Resumen	7
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	8
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	9
<b>Cambio de tecnología</b>	
Resumen	10
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	11
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	12



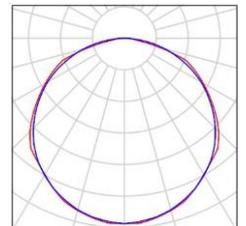
## Sección carnes / Lista de luminarias

36 Pieza Philips (Tipo 1)  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 3400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3400 lm  
Potencia de las luminarias: 40.0 W  
Clasificación luminarias según CIE:  
88 Código CIE Flux: 40 69 88 88 100  
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).

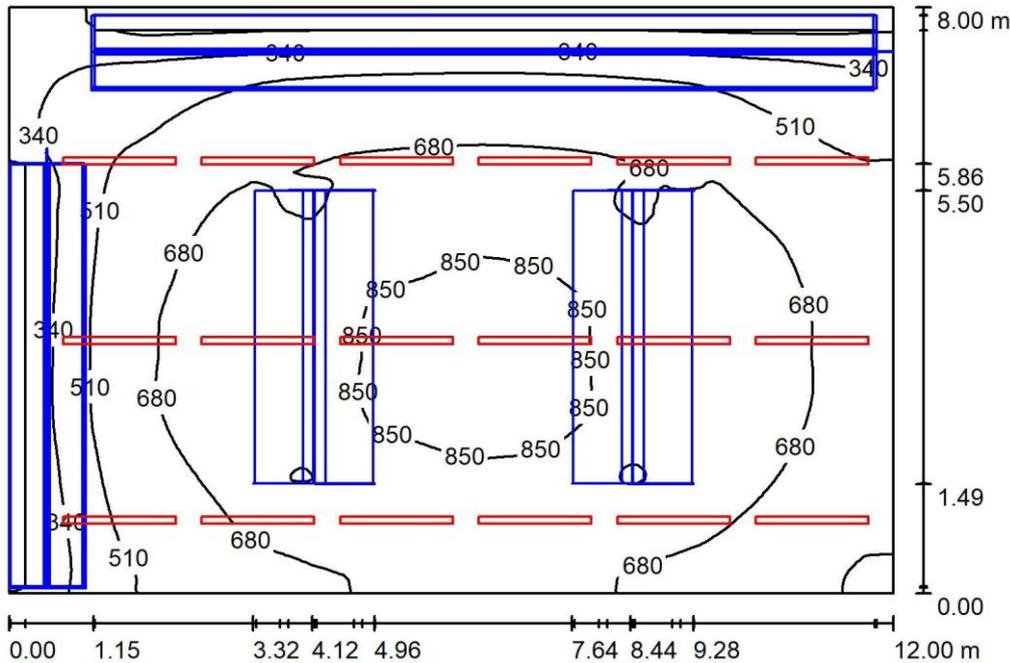
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



33 Pieza PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 7000 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 10000 lm  
Potencia de las luminarias: 114.0 W  
Clasificación luminarias según CIE:  
100 Código CIE Flux: 45 77 95 100 70  
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



Línea base sección carnes / Resumen



Altura del local: 7.000 m, Altura de montaje: 4.912 m,  
Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	[%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	628	84	898	0.134
Suelo	20	376	23	744	0.062
Techo	70	124	93	147	0.747
Paredes (4)	50	268	8.16	963	/

**Plano útil:**

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

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.443, Techo / Plano útil: 0.197.

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	(Luminaria) [lm]	(Lámparas) [lm]	P [W]
1	18	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

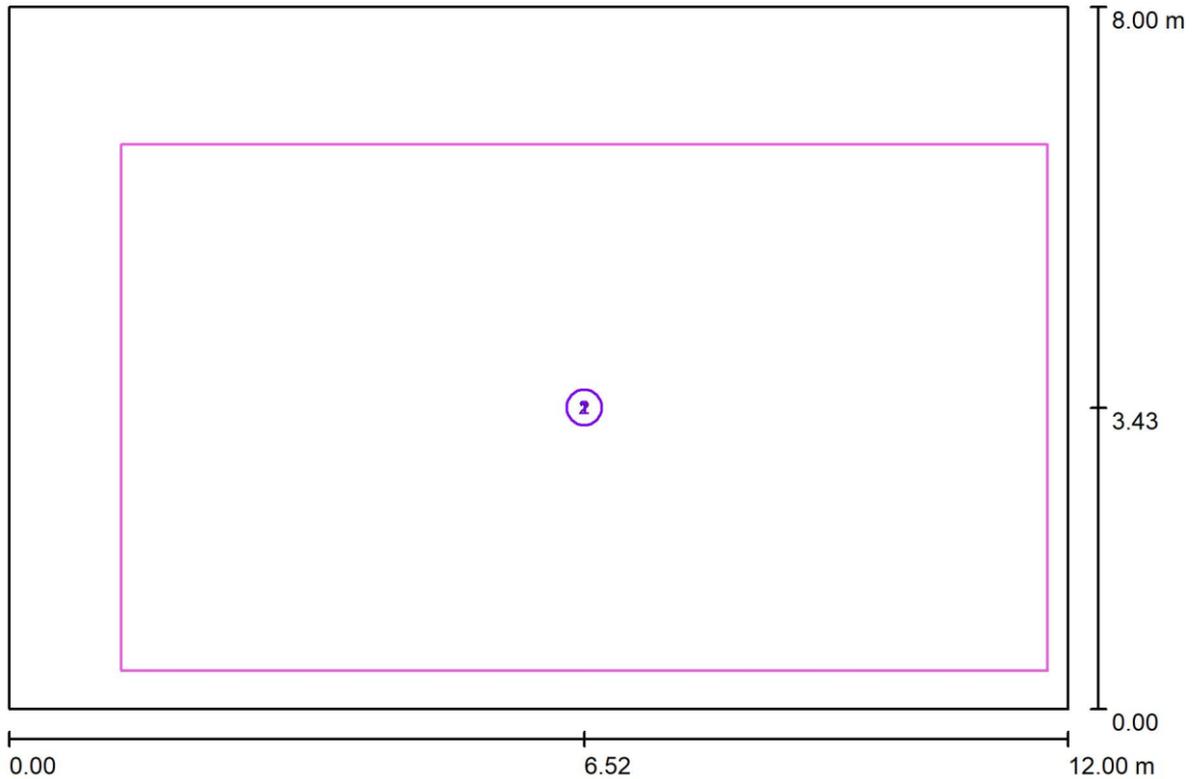
Total: 126000

Total: 180000 2052.0

Valor de eficiencia energética:  $21.38 \text{ W/m}^2 = 3.40 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $96.00 \text{ m}^2$ )



Linea base sección carnes / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

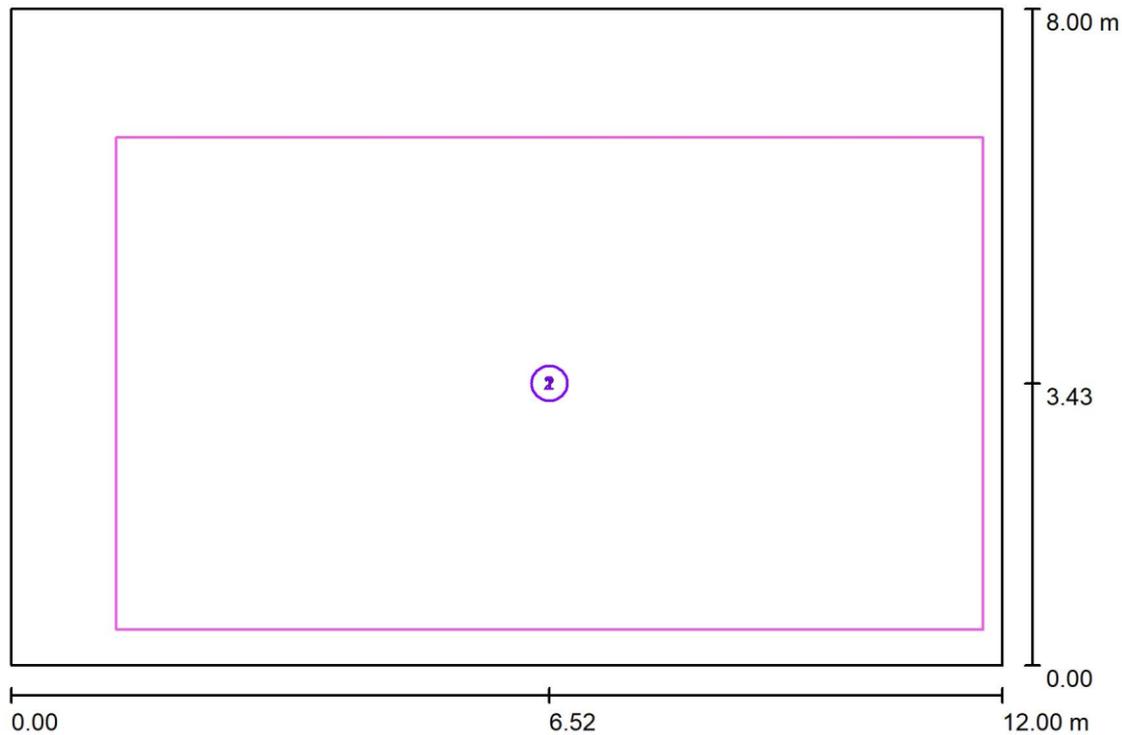


Escala 1 : 86

**Lista de superficies de cálculo**

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	piso	6.521	3.433	0.020	10.500	6.000	0.000	0.000	0.000
2	1,2 mts	6.521	3.433	1.200	10.500	6.000	0.000	0.000	0.000

## Linea base sección carnes / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1: 92

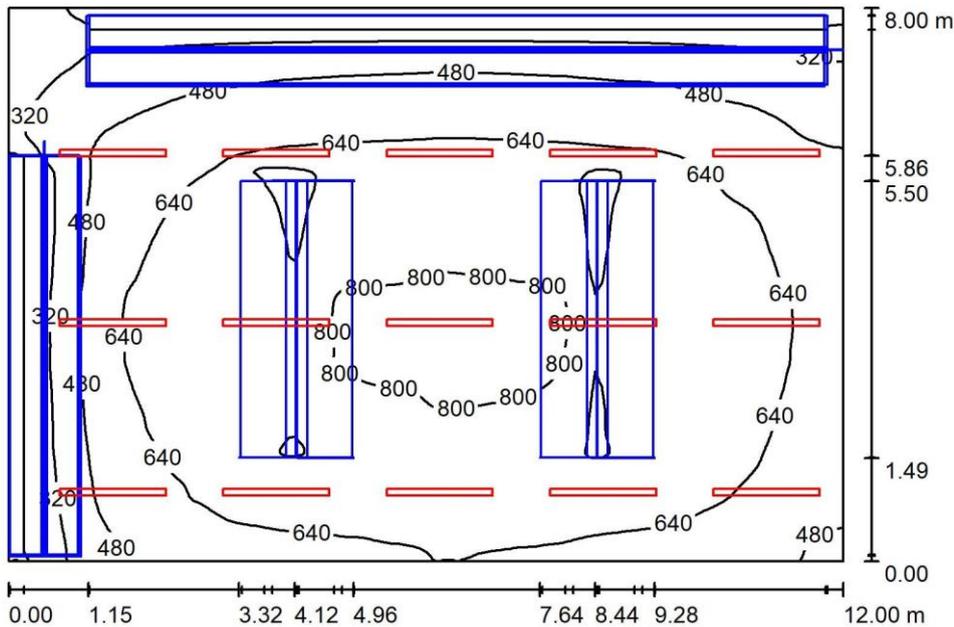
## Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	7 x 4	575	319	767	0.555	0.416
2	1,2 mts	perpendicular	7 x 4	788	516	945	0.654	0.546

## Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	2	689	349	938	0.51	0.3

Criterios de eficiencia energética / Resumen



Altura del local: 7.000 m, Altura de montaje: 3.912 m,  
Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	[%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	601	64	835	0.107
Suelo	20	356	19	709	0.052
Techo	70	94	73	112	0.778
Paredes (4)	50	186	10	947	/

**Plano útil:**

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

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.310, Techo / Plano útil: 0.155.

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	(Luminaria) [lm]	(Lámparas) [lm]	P [W]
1	15	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

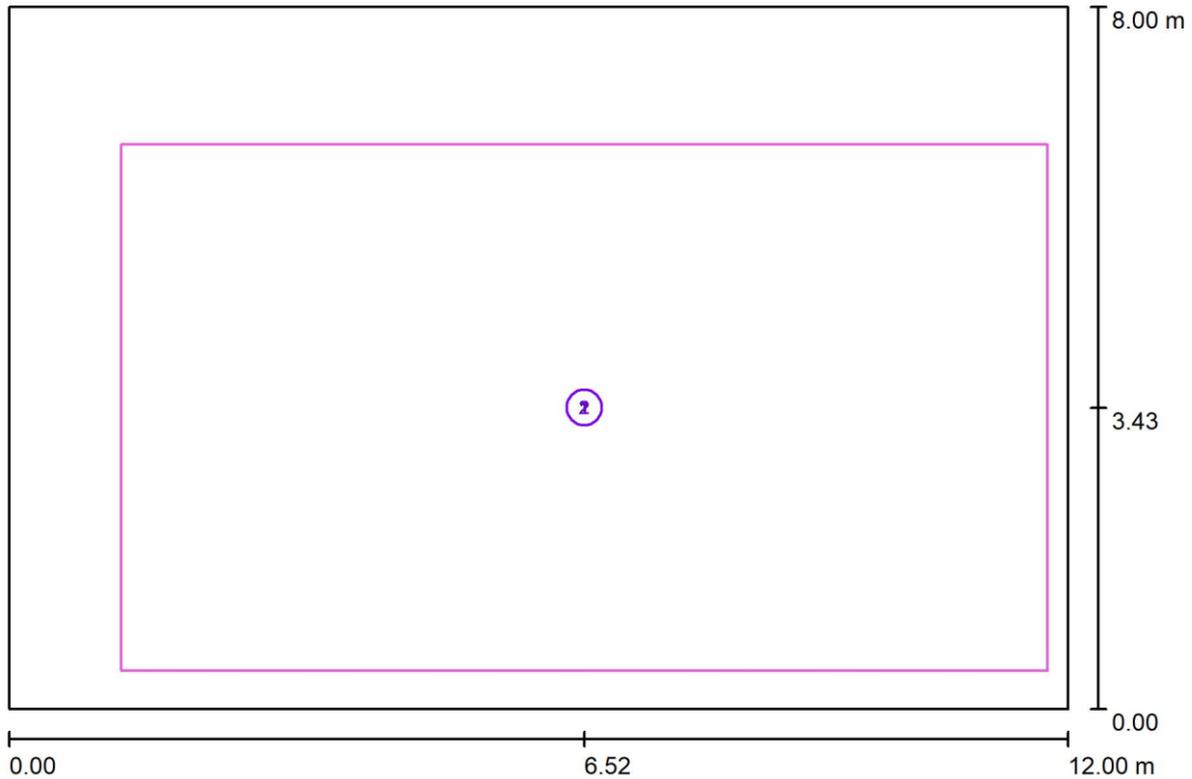
Total: 105000

Total: 150000 1710.0

Valor de eficiencia energética:  $17.81 \text{ W/m}^2 = 2.96 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$  (Base:  $96.00 \text{ m}^2$ )



**Criterios de eficiencia energética / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)**

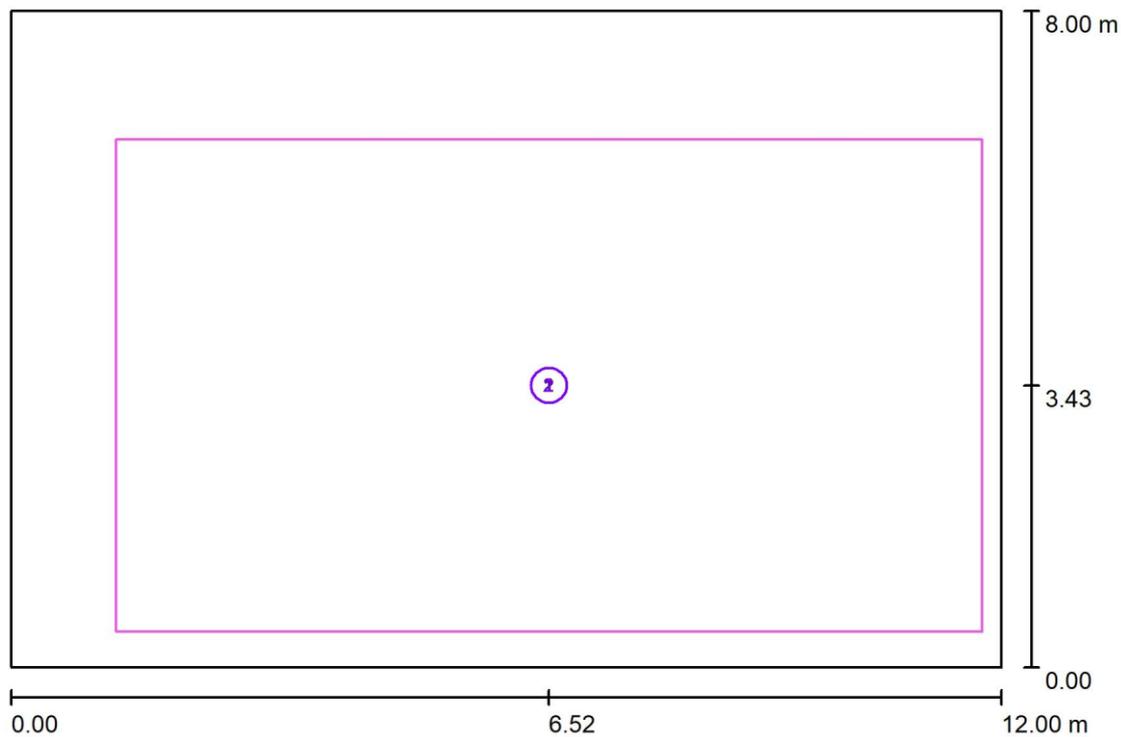


Escala 1 : 86

**Lista de superficies de cálculo**

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	piso	6.521	3.433	0.020	10.500	6.000	0.000	0.000	0.000
2	1,2 mts	6.521	3.433	1.200	10.500	6.000	0.000	0.000	0.000

## Criterios de eficiencia energética / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1: 92

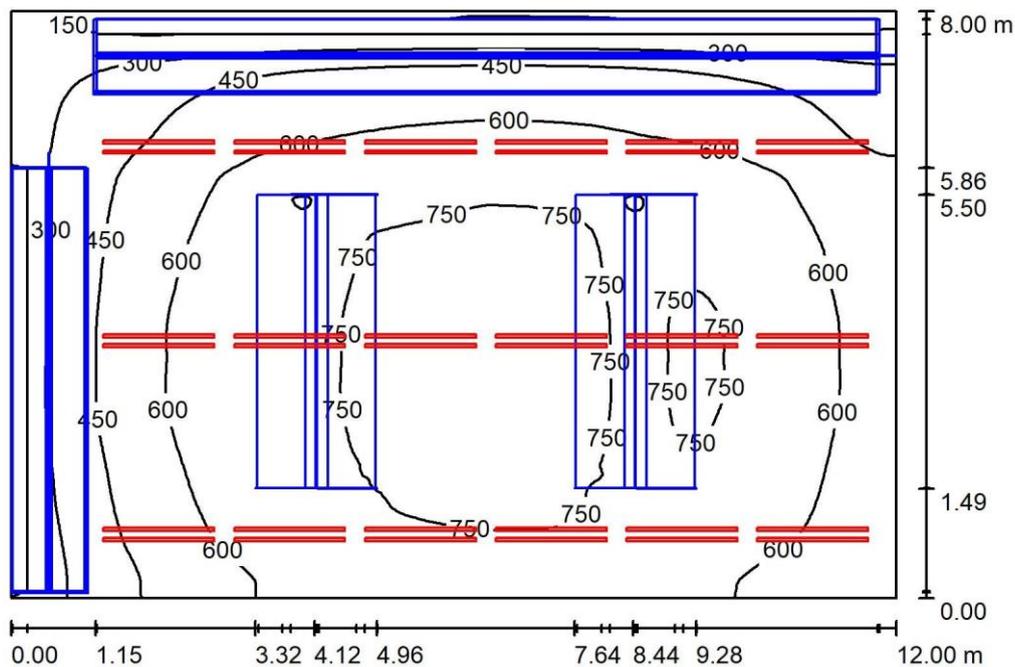
## Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	7 x 4	545	323	725	0.593	0.445
2	1,2 mts	perpendicular	7 x 4	754	501	883	0.665	0.568

## Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	2	661	349	858	0.53	0.41

Cambio de tecnología / Resumen



Valores en Lux, Escala 1:103

Altura del local: 7.000 m, Altura de montaje: 3.912 m,  
Factor mantenimiento: 0.80

Superficie	[%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	592	109	834	0.185
Suelo	20	347	19	702	0.053
Techo	70	148	102	176	0.690
Paredes (4)	50	272	5.67	961	/

**Plano útil:**

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

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.481, Techo / Plano útil: 0.250.

**Lista de piezas - Luminarias**

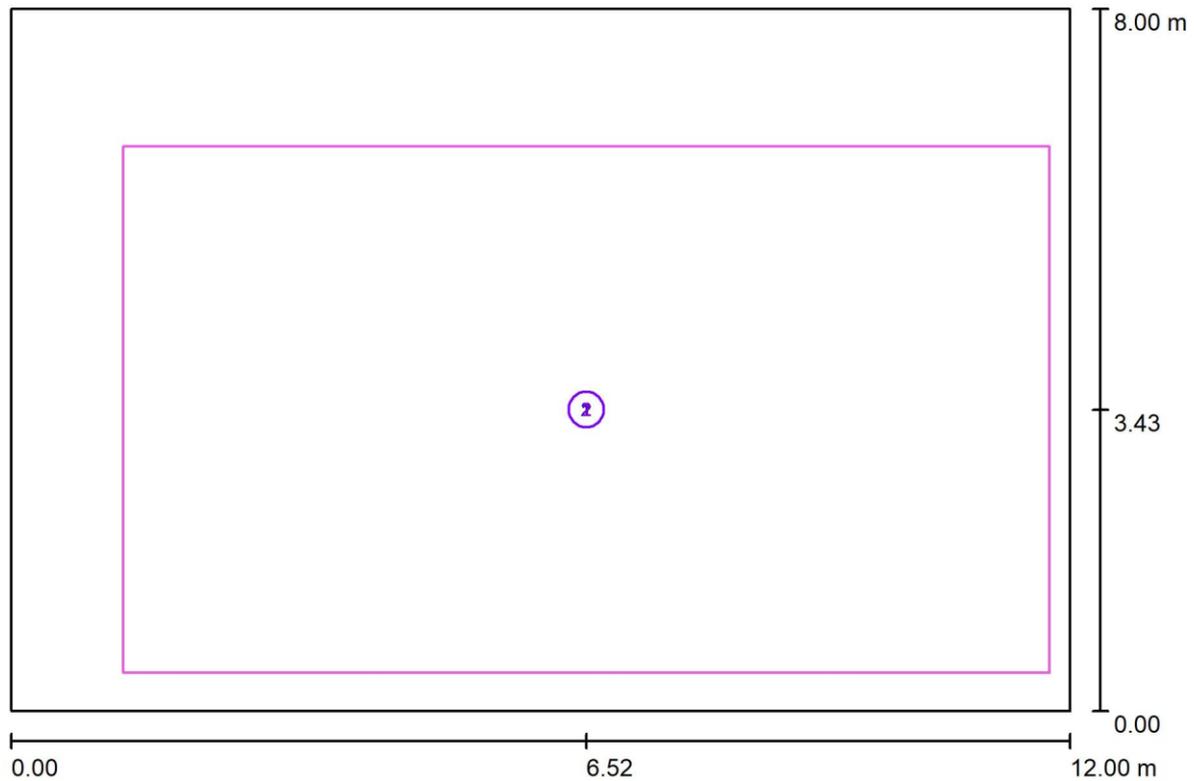
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	(Luminaria) [lm]	(Lámparas) [lm]	P [W]
1	36	Philips (Tipo 1)* (1.000)	3400	3400	40.0
			<b>Total: 122386</b>	<b>Total: 122400</b>	<b>1440.0</b>

\*Especificaciones técnicas modificadas

Valor de eficiencia energética:  $15.00 \text{ W/m}^2 = 2.54 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$  (Base:  $96.00 \text{ m}^2$ )



**Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)**

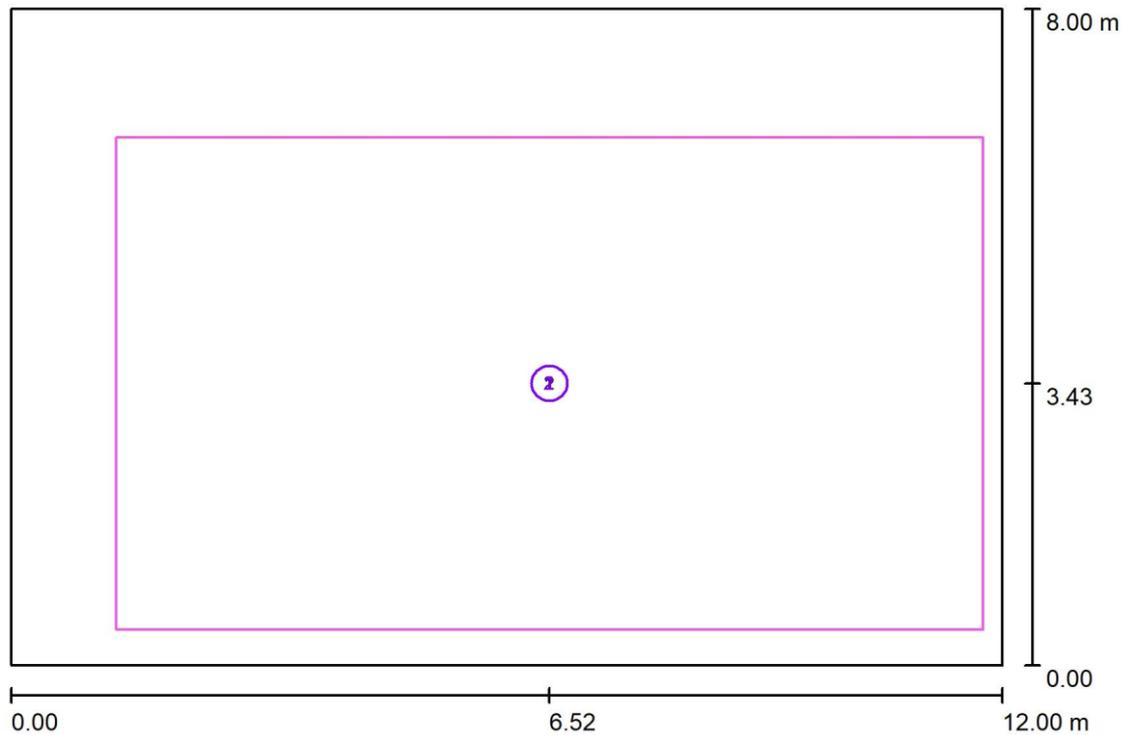


Escala 1 : 86

**Lista de superficies de cálculo**

N°	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	piso	6.521	3.433	0.020	10.500	6.000	0.000	0.000	0.000
2	1,2 mts	6.521	3.433	1.200	10.500	6.000	0.000	0.000	0.000

## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1: 92

## Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	piso	perpendicular	7 x 4	532	304	722	0.571	0.420
2	1,2 mts	perpendicular	7 x 4	743	465	880	0.626	0.528

## Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
$E_{max}$ perpendicular	2	647	352	866	0.54	0.41

## Sección cajas registradoras

Memoria de cálculo para la obtención de línea base energética.



## Indice

### **Sección cajas registradoras**

Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3

### **Línea base energética para Cajas Registradoras**

Resumen	4
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	5
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	6

### **Aplicación de criterios de Eficiencia Energética**

Resumen	7
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	8
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	9

### **Cambio de tecnología**

Resumen	10
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	11
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	12



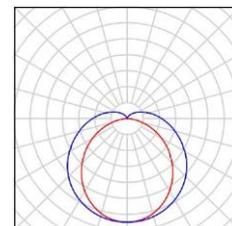
e-Mail: francisco.cortes.a@mail.pucv.cl

Teléfono: +56974628477

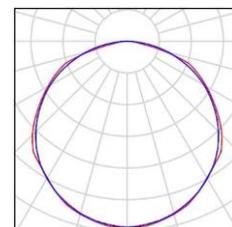
## Sección cajas registradoras / Lista de luminarias

8 Pieza Philips (Tipo 1)  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 3400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3400 lm  
Potencia de las luminarias: 40.0 W  
Clasificación luminarias según CIE:  
88 Código CIE Flux: 40 69 88 88 100  
Lámpara: 1 x Definido por el usuario  
(Factor de corrección 1.000).

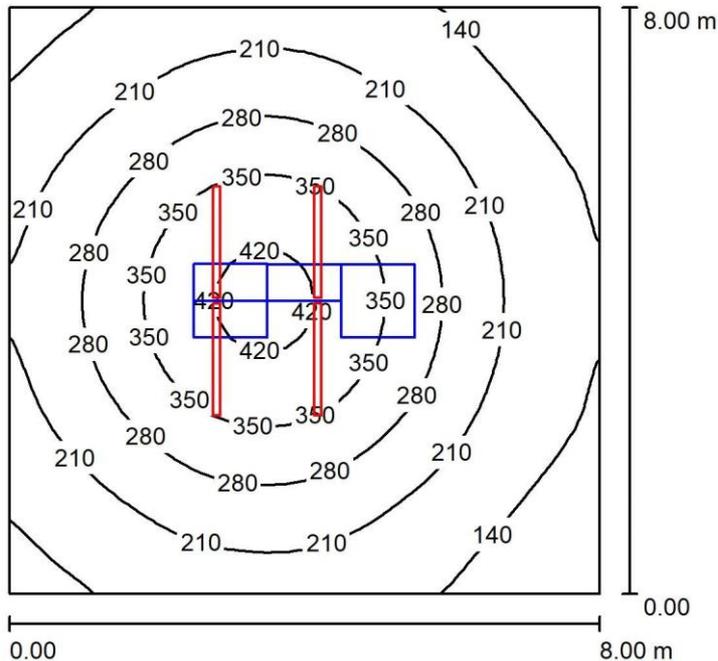
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



8 Pieza PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R  
(Tipo 1)  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 7000 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 10000 lm  
Potencia de las luminarias: 114.0 W  
Clasificación luminarias según CIE:  
100 Código CIE Flux: 45 77 95 100 70  
Lámpara: 1 x Definido por el usuario  
(Factor de corrección 1.000).



## Linea base energética para Cajas Registradoras / Resumen



Altura del local: 8.000 m, Altura de montaje: 4.912 m,  
Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	239	93	439	0.391
Suelo	20	191	25	315	0.131
Techo	70	33	27	39	0.804
Paredes (4)	50	86	24	234	/

Plano  
útil: 0.850 m  
Altura:  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

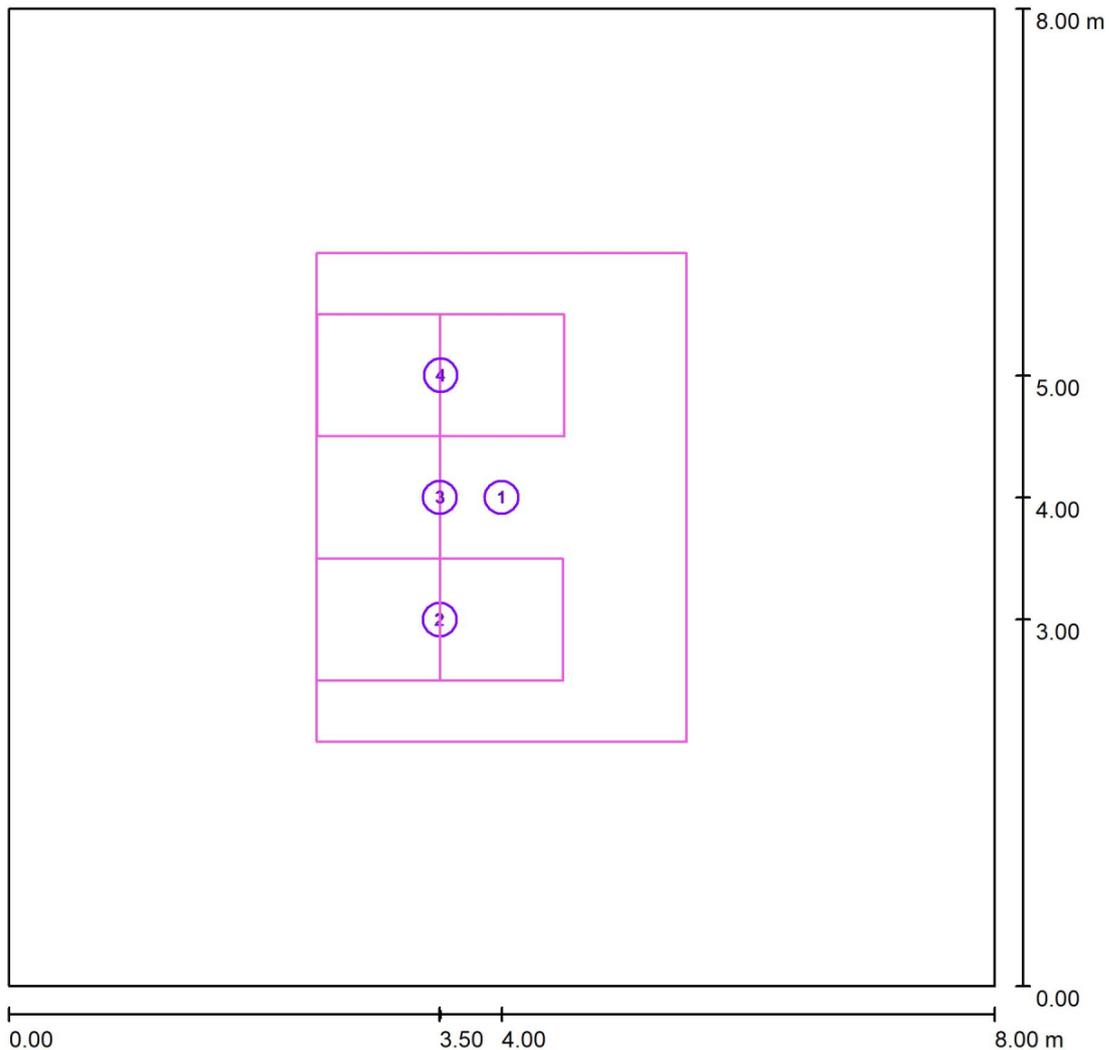
\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 28000 Total: 40000 456.0

Valor de eficiencia energética:  $7.13 \text{ W/m}^2 = 2.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $64.00 \text{ m}^2$ )



## Linea base energética para Cajas Registradoras / Superficie de cálculo (listade coordenadas)

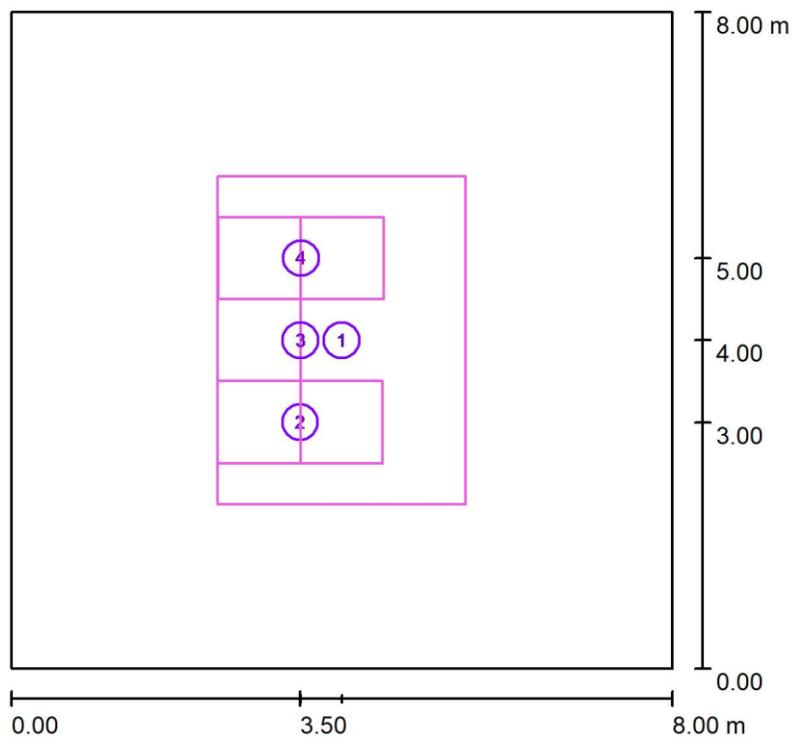


Escala 1 : 58

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Posición			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	0,85mts	4.000	4.000	0.850	4.000	3.000	0.000	0.000	90.000
2	piso	3.497	3.000	0.050	1.000	2.000	0.000	0.000	90.000
3	Vertical	3.500	4.000	1.500	3.000	1.000	90.000	0.000	-90.000
4	piso	3.506	5.000	0.050	1.000	2.000	0.0	0.000	90.000

## Linea base energética para Cajas Registradoras / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 92

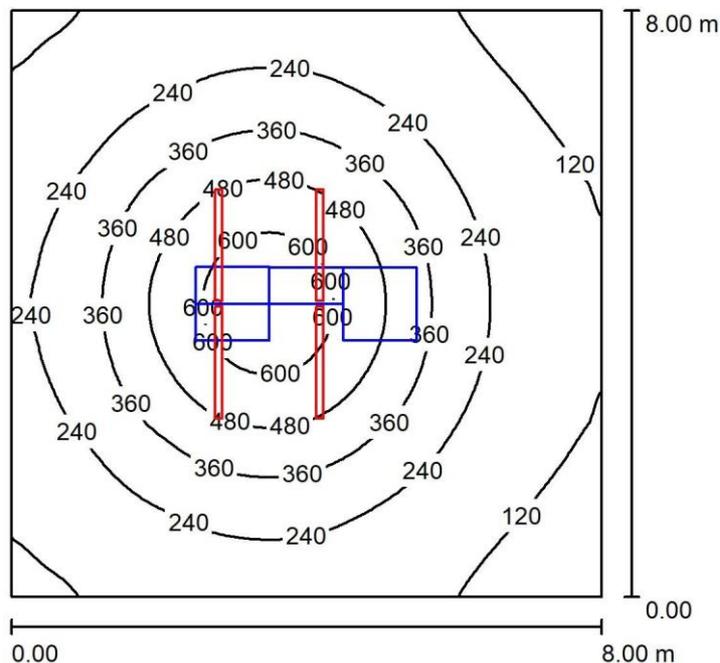
### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	0,85mts	perpendicular	3 x 4	376	315	439	0.837	0.717
2	piso	perpendicular	2 x 2	306	301	313	0.984	0.960
3	Vertical	perpendicular	3 x 1	113	109	121	0.965	0.904
4	piso	perpendicular	2 x 2	299	294	303	0.985	0.971

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	4	319	109	439	0.34	0.25

## Aplicación de criterios de Eficiencia Energética / Resumen



Altura del local: 8.000 m, Altura de montaje: 3.912 m,  
Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	278	76	671	0.274
Suelo	20	219	23	447	0.106
Techo	70	30	25	35	0.830
Paredes (4)	50	73	22	236	/

Plano  
útil: 0.850 m  
Altura:  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS TMS022 2xTL-D58W +GMS022 R (Tipo 1)* (1.000)	7000	10000	114.0

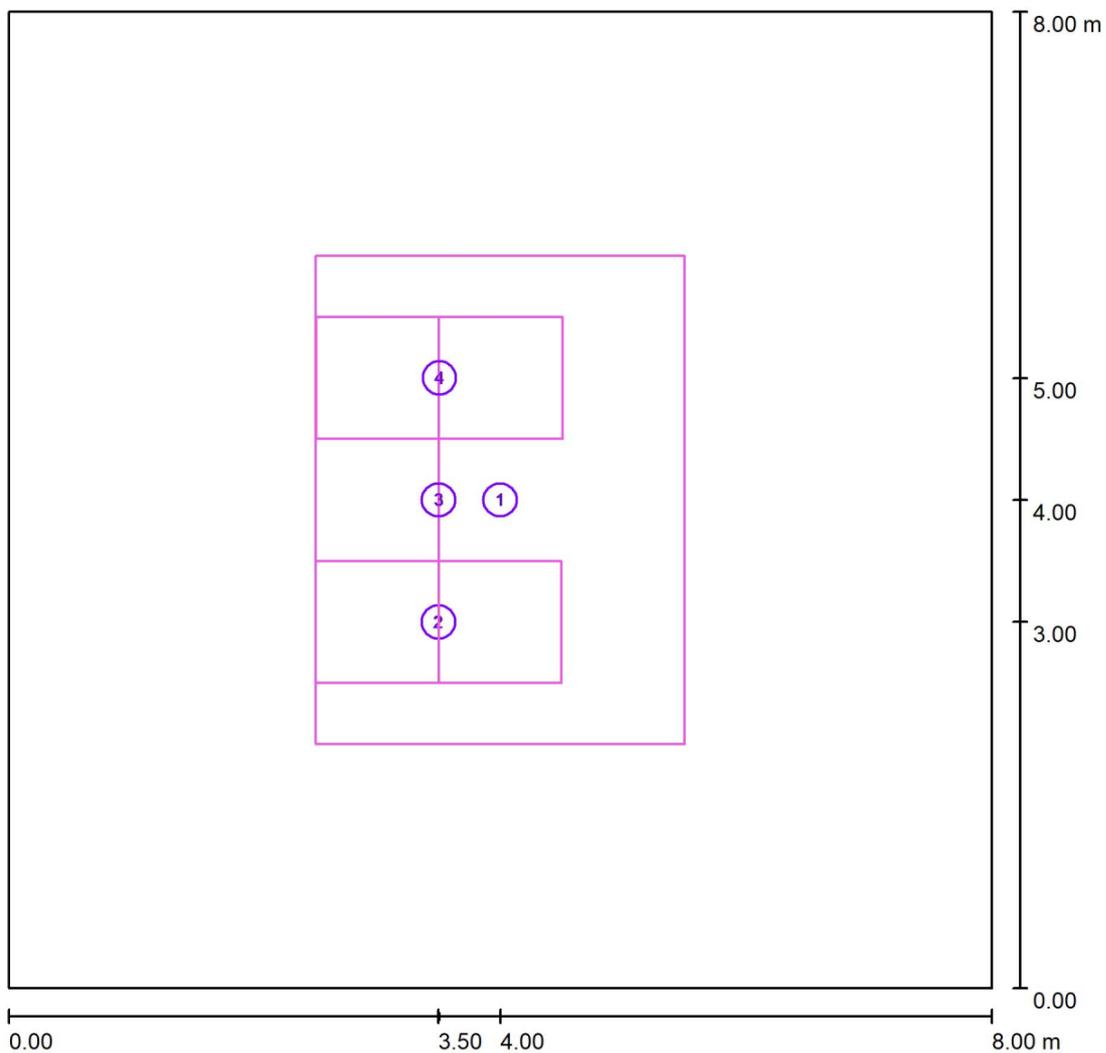
\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 28000 Total: 40000 456.0

Valor de eficiencia energética:  $7.13 \text{ W/m}^2 = 2.56 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $64.00 \text{ m}^2$ )



## Aplicación de criterios de Eficiencia Energética / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

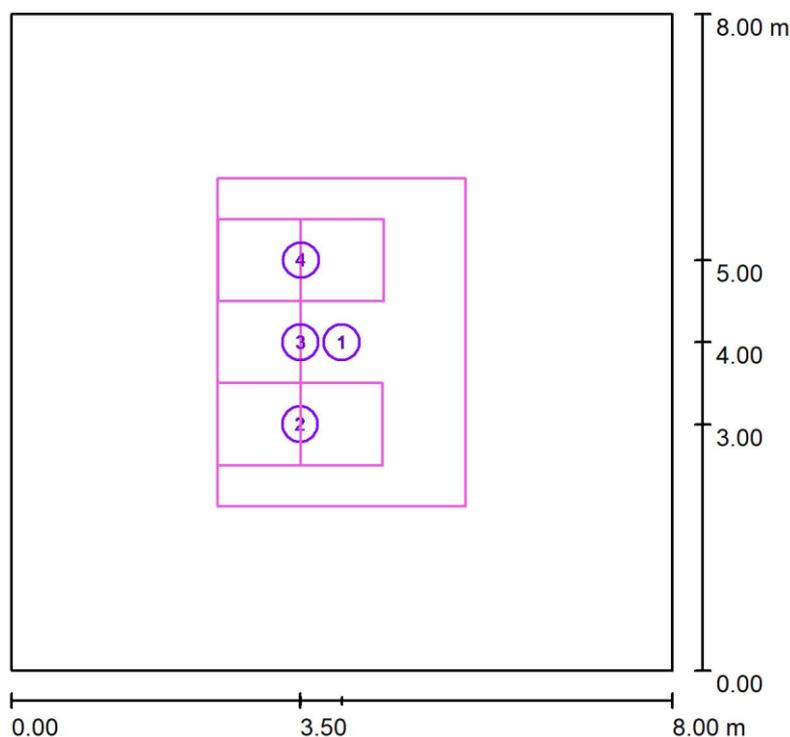


Escala 1 : 58

### Lista de superficies de cálculo

N° [m]	Designación	Posición			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	0,85mts	4.000	4.000	0.850	4.000	3.000	0.000	0.000	90.000
2	piso	3.497	3.000	0.050	1.000	2.000	0.000	0.000	90.000
3	Vertical	3.500	4.000	1.500	3.000	1.000	90.000	0.000	-90.000
4	piso	3.506	5.000	0.050	1.000	2.000	0.000	0.000	90.000

## Aplicación de criterios de Eficiencia Energética / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 92

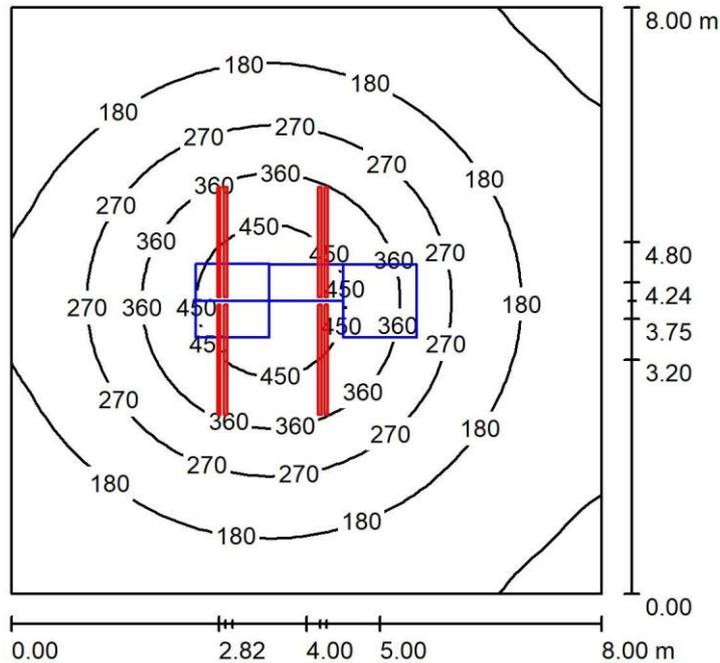
### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	0,85mts	perpendicular	3 x 4	528	402	667	0.761	0.603
2	piso	perpendicular	2 x 2	415	385	437	0.928	0.880
3	Vertical	perpendicular	3 x 1	186	176	205	0.946	0.859
4	piso	perpendicular	2 x 2	402	388	417	0.964	0.931

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
$E_{max}$ perpendicular	4	449	176	667	0.39	0.26

## Cambio de tecnología / Resumen



Altura del local: 8.000 m, Altura de montaje: 3.892 m,  
Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	r [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	225	75	514	0.332
Suelo	20	177	24	344	0.135
Techo	70	38	30	44	0.799
Paredes (4)	50	85	30	224	/

Plano  
útil: 0.850 m  
Altura:  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

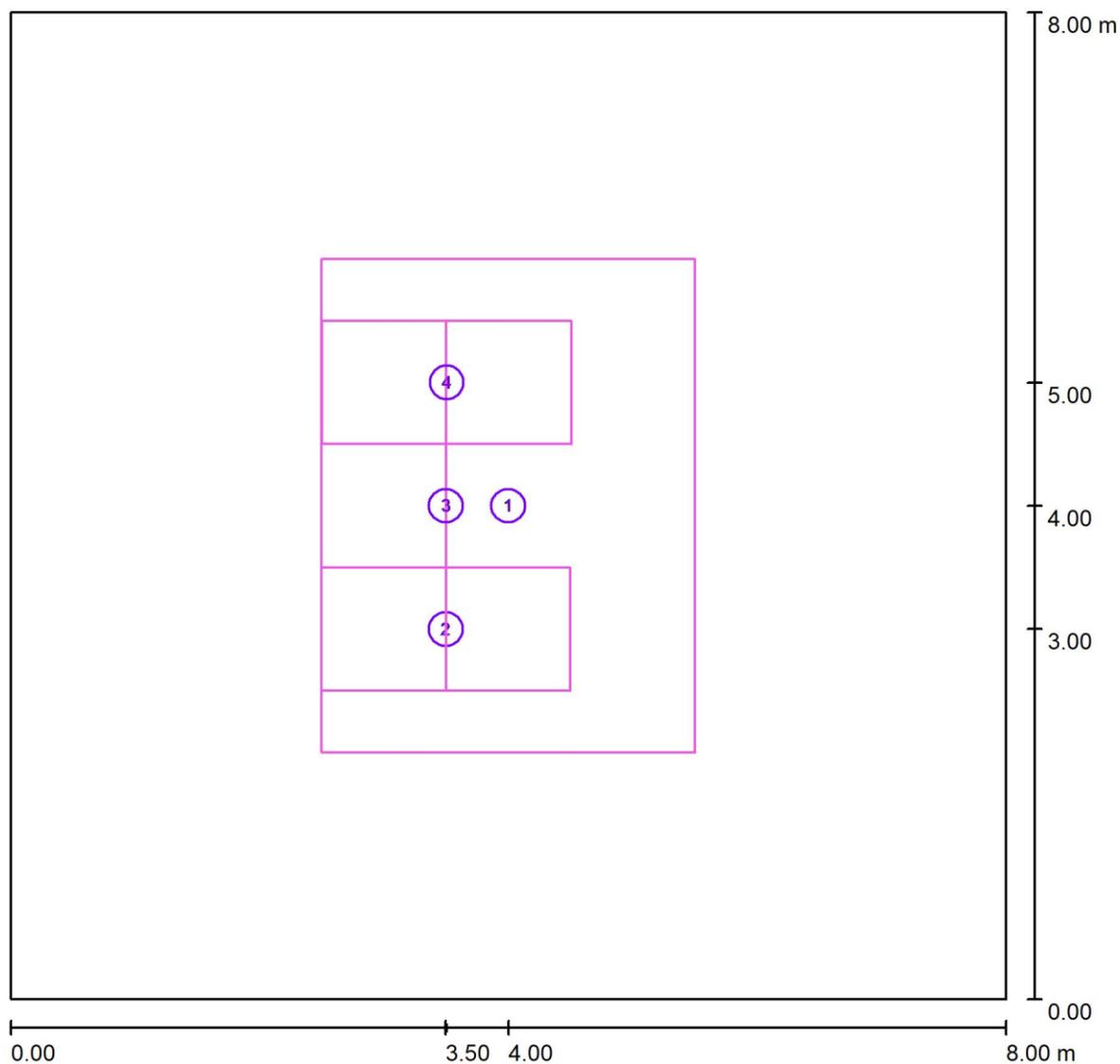
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips (Tipo 1)* (1.000)	3400	3400	40.0
			<b>Total: 27197</b>	<b>Total: 27200</b>	<b>320.0</b>

\*Especificaciones técnicas modificadas

Valor de eficiencia energética:  $5.00 \text{ W/m}^2 = 2.22 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$  (Base:  $64.00 \text{ m}^2$ )



## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)

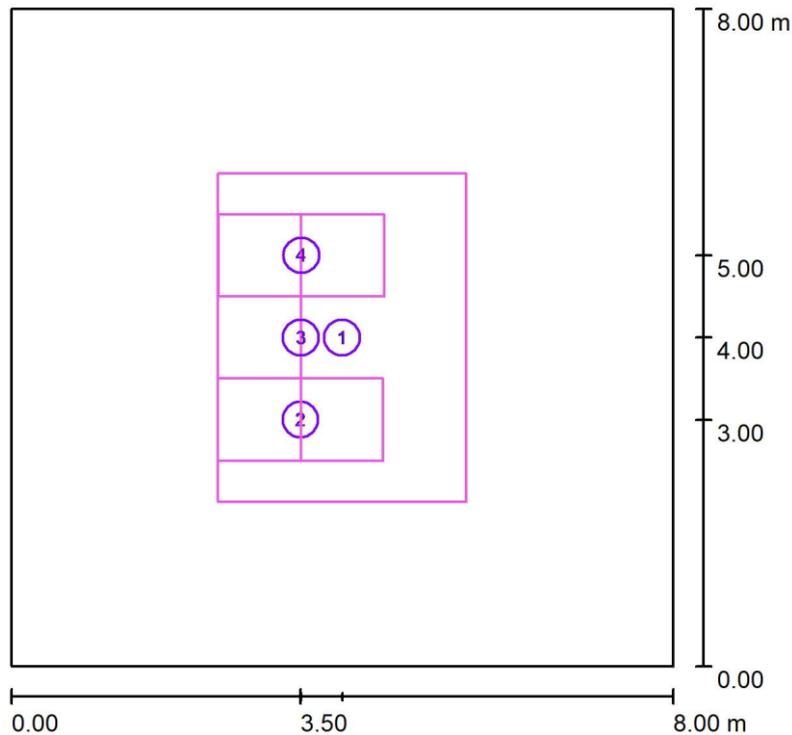


Escala 1 : 58

### Lista de superficies de cálculo

N° [m]	Designación	Posición			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	0,85mts	4.000	4.000	0.850	4.000	3.000	0.000	0.000	90.000
2	piso	3.497	3.000	0.050	1.000	2.000	0.000	0.000	90.000
3	Vertical	3.500	4.000	1.500	3.000	1.000	90.000	0.000	-90.000
4	piso	3.506	5.000	0.050	1.000	2.000	0.000	0.000	90.000

## Cambio de tecnología / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 92

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	0,85mts	perpendicular	3 x 4	411	324	513	0.790	0.633
2	piso	perpendicular	2 x 2	321	301	338	0.937	0.890
3	Vertical	perpendicular	3 x 1	147	140	161	0.950	0.867
4	piso	perpendicular	2 x 2	311	301	321	0.968	0.939

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	4	349	140	513	0.40	0.2