



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa Único de Especializaciones de Ingeniería

ESPECIALIZACIÓN: AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA UNA PYME

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA

EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA

PRESENTA:

ING. ERIKA MARLENE TREJO MENDOZA

DIRECTOR DE TESINA:

M. IVÁN URZÚA ROSAS



**Programa Único de
Especializaciones de Ingeniería**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, ENERO DE 2019.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres **Gloria Mendoza** y **Valente Trejo**, por su paciencia y esfuerzo en darme todo lo que he necesitado

A **Marco**, por tu amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por todas las experiencias y conocimientos que me ha brindado a lo largo de toda mi trayectoria académica.

A mi tutor M. Iván Urzúa por la paciencia y en estar siempre al tanto de mis avances.

A mis sinodales que se tomaron el tiempo para leer mi tesina y hacerme valiosos comentarios

A Víctor Fernández, por haber estado ahí apoyándome en todo momento, por compartirme tus conocimientos y ser ese consejero que se toma el tiempo siempre para resolver mis dudas. Fuiste una luz cuando todo parecía oscuro.

A Luis Becerril, tengo una especial deuda contigo por la ayuda ofrecida, por ser un gran amigo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico durante la especialidad para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV
LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	V
RESUMEN	VI
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL	1
1.1. Las Pequeñas y medianas empresas en México	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1. Sistemas de iluminación	6
2.2. Criterios de selección de lámparas	7
2.3. Distribución del alumbrado	10
2.4. Iluminación industrial	11
2.5. Tipos de lámparas	13
2.6. Tecnología LED	13
2.7. Normatividad	14
2.7.1. NOM-025-STPS-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo	15
2.7.2. NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales	16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	20
CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN	26
4.1. Caso de estudio	26
4.2. Sistema de iluminación actual	29
4.3. Cumplimiento de la normatividad	30
CAPÍTULO V. PROPUESTA	34
5.1. Consideraciones	34
5.2. Descripción de la propuesta	35

ÍNDICE

5.3. Recomendaciones	43
CONCLUSIONES.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	49
I. Niveles de iluminación	49
II. Factores de reflexión en paredes y áreas de trabajo.....	49
III. Análisis de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado del sistema de iluminación actual	50
IV. Simulaciones en DIALux	51
V. Fichas técnicas de tecnologías propuestas	79
VI. Cotización.....	81
VII. Memoria de cálculo de las inversiones.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Distribución porcentual de estratos de industrias de manufactura en México.....	2
Figura 1. 2. Usos finales de energía eléctrica en PyME manufactureras en México	3
Figura 2. 1. Ejemplos de luminarias	7
Figura 2. 2. Eficacia luminosa	8
Figura 2. 3. Valores del IRC.....	9
Figura 2.4. Distribución de alumbrado.....	11
Figura 2. 5. Alumbrado de nave industrial	12
Figura 2.6. Tipos de luminarias industriales para montar en el techo.....	12
Figura 3. 1 Proceso de diseño sobre iluminación.....	20
Figura 3. 2 Diagrama de flujo para el diseño de instalaciones de iluminación utilizando DIALux	25
Figura 4. 1. Distribución por áreas de la empresa.....	26
Figura 4. 3. Consumo 2017-2018	27
Figura 4. 2. Proceso productivo de la empresa.....	28
Figura 4. 4 Estimación del consumo de energía por tipo de tecnología instalada	30
Figura 5. 1 Simulación en DIALux para el área de Abombado.....	36
Figura 5. 2 Grupos de control de luminarias para el área de abombado	37
Figura 5. 3 Simulación en DIALux para el área de Ventas, calidad y compras	38
Figura 5. 4 Análisis del flujo efectivo.....	41
Figura 5. 5. Curvas de depreciación lumínica	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Rangos del IRC	8
Tabla 2. 2. Índice de rendimiento en color	9
Tabla 2.3. Niveles de iluminación.....	15
Tabla 2.4. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).....	18
Tabla 2. 5. Valores de DPEA para diferentes espacios pertenecientes a diferentes tipos de edificios	19
Tabla 3. 1. Relación entre el Índice de Área y el número de zonas de medición	22
Tabla 4. 1 Tipos de tecnología de iluminación existentes.....	29
Tabla 4. 2 Análisis de las condiciones de iluminación en los centros de trabajo del sistema de iluminación actual	31
Tabla 4. 3 Factores de reflexión en paredes y puestos de trabajo	31
Tabla 4. 4 Análisis de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado del sistema de iluminación actual.....	32
Tabla 4. 5. Comparación de indicadores energéticos	43
Tabla 5. 1. Comparación del sistema actual con el nuevo sistema de referencia	35
Tabla 5. 2. Parámetros de selección de las luminarias.....	36
Tabla 5. 3. Niveles de iluminación y valores de densidad de potencia eléctrica para alumbrado simulados	38
Tabla 5. 4. Potencia instalada y consumo total propuesto	39
Tabla 5. 5. Costo de inversión	40

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CIE	Comisión Internacional de Iluminación
CO ₂ e	Emisiones de bióxido de carbono evitadas
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
DENUE	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
DPEA	Densidad de potencia eléctrica para alumbrado
GIZ	Corporación Alemana para la Cooperación Internacional
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
IRC	Índice de Rendimiento del Color
K_f	Índice de reflexión
LED	Diodo emisor de luz (Light-Emitting Diode)
NOM	Norma Oficial Mexicana
PIB	Producto Interno Bruto
PyME	Pequeñas y Medianas Empresas
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social
TDH	Distorsión armónica total
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

RESUMEN

El presente trabajo es un análisis del sistema de iluminación instalado en una PyME de la rama metal mecánica ubicada en la Ciudad de México. El objetivo del presente análisis es evaluar las condiciones actuales del sistema de iluminación bajo las normas oficiales mexicanas NOM-025-STPS-2008 “Condiciones de iluminación en los centros trabajos” y la NOM-007-ENER-2014 “Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales”, para el caso de esta última solo se tomará como norma de referencia ya que no entra dentro del campo de aplicación de la misma.

Derivado de la evaluación de las condiciones actuales, se verificó que el nivel de iluminación promedio de las instalaciones se encuentra desde un 25% hasta un 69% por debajo del mínimo exigido por la norma NOM-025-STPS-2008. No obstante, los límites de densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) establecidos en la NOM-007-ENER-2014 se encuentran desde 4% al 67% del máximo permitido para áreas de proceso y oficinas.

Por consiguiente, y por la relevancia del incumplimiento con la normatividad referente al sistema de iluminación, se utilizó el software de modelación de iluminación “DIALux” para proponer un nuevo rediseño como una alternativa de sistema de iluminación que incluyera el reemplazo de la tecnología existente y agregar las luminarias necesarias que permitan el cumplimiento de las normas antes mencionadas, siempre en términos de mayor nivel costo-efectivo de eficiencia energética.

El presente diagnóstico está dividido en cinco capítulos, adicionales a esta Introducción, además de una sección de Anexos. El Capítulo 1 contiene la descripción del sistema actual de iluminación instalado, mostrando las características generales de la empresa, los horarios de uso y el proceso productivo dentro de las instalaciones; expone también el objetivo principal, así como específicos de este análisis, el planteamiento del problema y la justificación del mismo. El Capítulo 2 incluye los conceptos principales en los sistemas de iluminación y las normas mexicanas actuales de referencia para estos sistemas. Posteriormente, el Capítulo 3 describe la metodología empleada para la evaluación de los sistemas de iluminación.

La sección principal de esta tesina, Capítulo 4, presenta los resultados de la evaluación y el Capítulo 5, contiene la propuesta planteada para la empresa: rediseño con nuevas tecnologías. Igualmente, se mencionan los ahorros de energía y económicos, montos de inversión, así como emisiones de bióxido de carbono evitadas (CO_{2e}) por la aplicación de esta alternativa.

Finalmente, se incluyen anexos como soporte al presente trabajo: cálculo de nivel de iluminación, simulaciones en DIALux, fichas técnicas de sustitución propuestas, y la memoria de cálculo de las inversiones para la alternativa propuesta.

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL

1.1. Las Pequeñas y medianas empresas en México

De acuerdo con el INEGI (2016), en México las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME), tienen una gran importancia en la economía, el 97.6% son microempresas y concentran el 75.4% del personal ocupado total. Le siguen las empresas pequeñas, que son un 2% y tienen el 13.5% del personal ocupado. Las medianas representan 0.4% de las unidades económicas y tienen poco más del 11% de los ocupados.

Las Pequeñas y Medianas Empresas son un elemento fundamental para el desarrollo económico de México, tanto por su contribución al empleo, como por su aportación al PIB y su propia competitividad ya que, de un total de 4, 230,745 unidades empresariales, 99.8% son PyME que generan el 52% del PIB nacional y 72% del empleo en el país.

En general, las características de las PyME varían de una a otra, pero comparten ciertos rasgos comunes. Uno de ellos es la demanda y el consumo de energía, elemento que resulta clave en términos de competitividad para este tipo de empresas, debido a sus implicaciones económicas.

En cuanto a la industria manufacturera en su conjunto, de acuerdo con la información contenida en el DENU, se estima que estaba integrada en 2016 por un total de 529,601 establecimientos. La misma fuente señala que de ese total, 494,409 establecimientos correspondieron a microempresas, 3,975 a grandes empresas, y el resto, es decir 31,217 correspondieron a PyME. La Figura 1.1 muestra la distribución porcentual de esta estratificación (CONUEE, 2018).

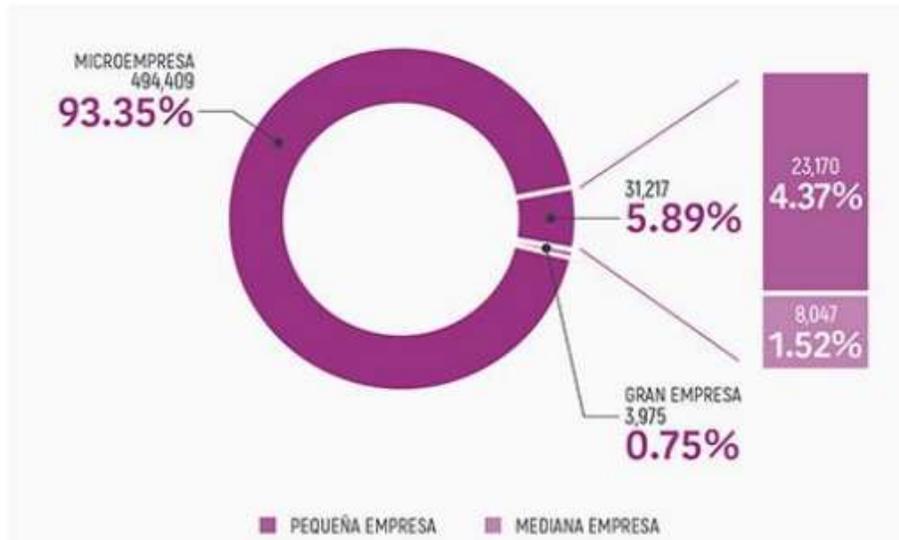


Figura 1. 1. Distribución porcentual de estratos de industrias de manufactura en México (CONUEE, 2018)

Consumo eléctrico por uso final en las PyME

Si bien, no existe una estadística oficial acerca del consumo energético de las PyME manufactureras, en México, la caracterización energética de diversos subsectores de empresas PyME, se ha logrado a través de reunir información de campo desagregada en las principales áreas de oportunidad dentro de cada subsector.

Así, utilizando la información disponible públicamente y los análisis realizados por la CONUEE, la GIZ y otros esfuerzos del subsector en pro de la competitividad y el respeto al medio ambiente, permitieron establecer que el consumo eléctrico de las PYMES es de alrededor del 37% del total nacional, en comparación con el 21.3% de la gran industria.

Así mismo, el subsector PyME manufacturero tuvo un consumo energético en 2015 de 674.8 PJ. De este consumo, 317.3 PJ corresponden a energía eléctrica. La Figura 1.2 muestra los resultados de usos finales de energía eléctrica en diversas PyME de intensidad energética moderada a alta (SEMARNAT, 2012; CONUEE, 2016a; CONUEE, 2018).

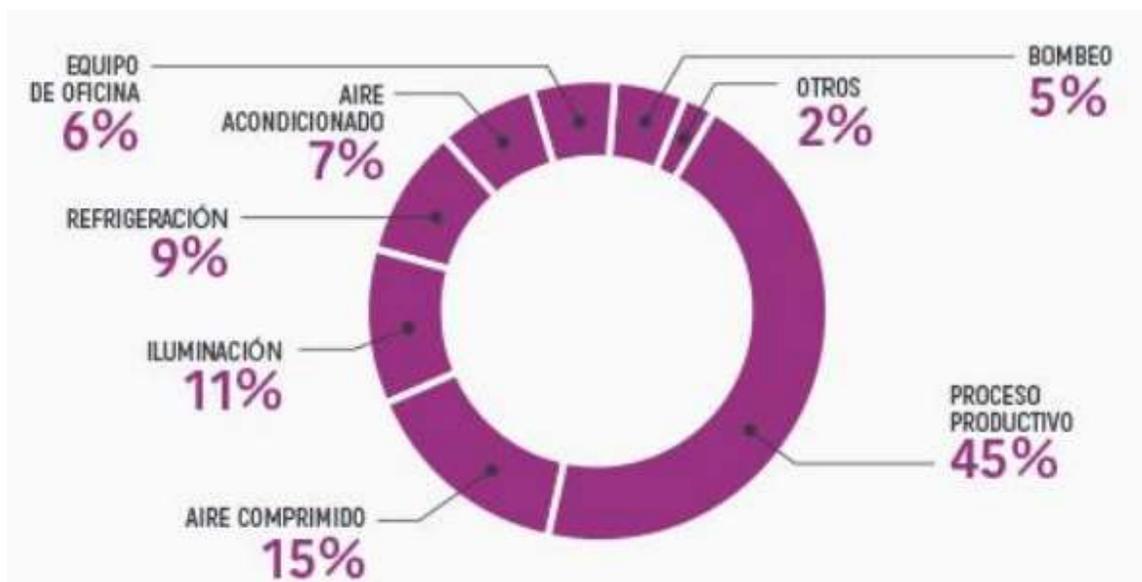


Figura 1. 2. Usos finales de energía eléctrica en PyME manufactureras en México (CONUEE, 2018)

De acuerdo con la información presentada en la gráfica anterior, el uso final o principal sistema consumidor de energía eléctrica es el del proceso productivo, el segundo gran consumidor lo ocupa el aire comprimido y con un 11%, la iluminación representa el tercer lugar del consumo total.

Derivado de este escenario, una de las medidas más redituables que pueden encontrar las PyME para maximizar su competitividad en términos de energía son las estrategias de eficiencia. Su uso eficiente y racional representa una oportunidad para que las PyME ahorren recursos económicos, fortalezcan sus procesos productivos y ejerzan un impacto positivo en el medio ambiente. (Danel, 2015).

1.2. Planteamiento del problema

De acuerdo a una evaluación previa realizada en la empresa en relación al sistema de iluminación, no se cumple con lo establecido por las normas oficiales en lo que respecta a los niveles adecuados de iluminación para la realización de actividades por lo que se debe realizar un nuevo proyecto tomando en cuenta en primer lugar que debe cumplir con los niveles mínimos de iluminación de la NOM-025-STPS-2008 “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo” y los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que serán tomados de referencia de la NOM-007-ENER-2014 “Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales”.

Así mismo, en la planta se encuentran instaladas lámparas fluorescentes que ya se consideran obsoletas, tales como las T12 y las T8, estas últimas no se consideran obsoletas, sin embargo, la tendencia es que salgan del mercado. A pesar de que se

ha comenzado a sustituir por tecnología LED, no se tiene un seguimiento que indique que se está cumpliendo con la normatividad en niveles de iluminación mínimos obligatorios y de eficiencia energética del alumbrado instalado, además de que no cuentan con ningún plan de mantenimiento.

1.3. Justificación

Es importante realizar este estudio porque además de cumplir con normas como la NOM-025-STPS que es de carácter obligatorio, se garantizará al trabajador la seguridad en el área de trabajo, sobre todo en esta planta donde utilizan maquinaria como troqueladoras, tornos y soldadoras; por lo cual, un nivel inadecuado de luz podría provocar un accidente.

Por otro lado, al tener tecnología obsoleta se dificulta la adquisición de sustitutos, además del consumo adicional de energía que tienen con respecto a tecnologías más recientes.

En cuanto a la cuestión energética, las alternativas para hacer uso eficiente de la energía en iluminación, no solo se limitan a las tecnologías aplicadas a la luminaria, sino al estudio y análisis de los elementos que conforman el sistema energético que también puede ser optimizado con el objetivo de disminuir los consumos (Arrigoni y col., 2006).

El primer aspecto para considerar en la iluminación artificial es que debe ser diseñado para proporcionar la iluminación que no se tiene en un lugar cerrado o semi cerrado (ventanas, por ejemplo), y que el nivel de iluminación debe seleccionarse en función de la actividad que se va a realizar.

Un segundo aspecto, es el costo de las tarifas eléctricas, considerando los cargos por el costo de la energía (kWh) y el costo por la demanda (kW) (CONUEE, 2016b).

Por lo tanto, un buen diseño del sistema de iluminación debe considerar parámetros como la potencia de la lámpara, el tiempo de uso de iluminación y el tipo de tecnología de la lámpara o luminaria. Por otro lado, la posibilidad en el aprovechamiento de la luz natural y de la utilización de sistemas de control que desactiven aquellas lámparas en donde la luz aportada por el Sol alcance para satisfacer la necesidad de iluminación (Arrigoni y col., 2006; Rodríguez y Llano, 2012).

Los beneficios futuros que se pueden lograr en este proyecto son el mejoramiento de los niveles de iluminación, ya que se contará con la totalidad del sistema en buen estado; tener un aspecto visual adecuado, así como un ambiente de trabajo más agradable tanto en las naves como en las oficinas y con esto, asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminación marcados por la norma evitando la posibilidad de accidentes y multas por parte de la STPS por incumplimiento de la norma.

1.4. Objetivos

Objetivo general

- Proponer un sistema de iluminación alternativo que contemple el reemplazo de luminarias fluorescentes con tecnología LED, que ofrezca los niveles adecuados de iluminación permitiendo la correcta operación acorde con la normatividad vigente de seguridad, eficiencia y niveles de iluminación.

Objetivos específicos

- Elaborar el diagnóstico energético del sistema de alumbrado de la PyME para determinar el área de oportunidad para ahorro y/o uso eficiente de energía eléctrica.
- Proponer un sistema de iluminación alternativo para determinar los potenciales de ahorro de energía.
- Proponer un sistema de control adecuado por zonas para que las medidas de ahorro de energía eléctrica sean efectivas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Sistemas de iluminación

Un sistema de iluminación es un conjunto de elementos, que se diseña para proporcionar una visibilidad clara y los aspectos estéticos requeridos en un espacio y actividades definidas. Esto se realiza seleccionando las mejores luminarias y lámparas que proporcionan el nivel de iluminación adecuado para cada tarea y se minimicen efectos de brillo directo y reflejado buscando en todos los casos optimizar el uso de energía y reducir el costo operativo.

El sistema de iluminación óptimo de una instalación es aquel que garantice el nivel de iluminación adecuado, con una buena calidad de luz y con el costo mínimo posible (Garza y col., 2010)

Un sistema de iluminación está integrado por los siguientes elementos:

- **Lámparas.** Son las encargadas de transformar la energía eléctrica en luminosa (Ruiz, 2010).
- **Luminarias.** Son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética (García y Boix, s.f.). La Figura 2.1 muestra algunos ejemplos de luminarias.

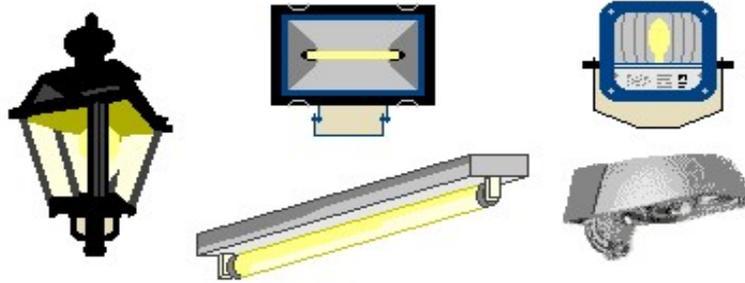


Figura 2. 1. Ejemplos de luminarias (García y Boix, s.f.)

- **Balastos.** Son dispositivos electromagnéticos, electrónicos o híbridos, los cuales limitan la corriente de las lámparas y cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido (Ruiz, 2010).
- **Dispositivos de control.** La necesidad de ahorrar en la iluminación implica un control de las lámparas en base a diversos factores, los dispositivos para el control de los sistemas de iluminación se distinguen como apagadores, fotoceldas, controladores de tiempo, sensores de movimiento, etc. (COMITE, 2015; Ruiz, 2010).

Un aspecto imprescindible para la adecuación de la iluminación en los lugares de trabajo es la adecuada elección de la iluminación artificial. Para ello se deben conocer las características y los tipos de lámparas. Las luminarias van a ser los dispositivos donde se van a alojar las lámparas junto con otros componentes como reflectores, lentes, pantallas, difusores, etc. Al conjunto de estas luminarias se le denomina alumbrado (INSHT, 2015).

2.2. Criterios de selección de lámparas

Las características fotométricas, cromáticas, eléctricas y de duración junto al programa de actividades y objetivos del espacio a iluminar, así como las condiciones arquitectónicas y económicas constituyen las condicionantes para elección de las fuentes luminosas.

De esto se desprende que, si bien no es posible dar reglas estrictas cuando se elige una lámpara, sí es importante poseer criterios claros de elección a fin de poder priorizar aquellas características más relevantes al caso en cuestión.

Los criterios de elección se pueden dividir en:

- **Criterios de eficacia:** La eficacia (luz producida por unidad de energía; en general lumen/watt), corresponde al rendimiento de la lámpara donde se analiza el flujo luminoso emitido sobre la cantidad de energía eléctrica consumida (véase Figura 2.2); es la característica fotométrica más importante en cuanto a las consideraciones energéticas, ya que cuanto más

eficiente es una lámpara se necesita menos energía para producir el mismo flujo luminoso. La eficacia es en particular importante, pues se relaciona con el costo puesto que las fuentes de luz eficaces reducen el consumo de energía (Camino, 2011; COMPITE, 2015).

Ahora bien, comparando diferentes tipos de lámparas se observan marcadas variaciones de eficacia. Es conveniente utilizar las lámparas de mayor eficacia, siempre que se cumplan al mismo tiempo los criterios de tamaño, color y vida útil. No debe ahorrarse energía a expensas del confort visual de los usuarios.



Figura 2. 2. Eficacia luminosa (COMPITE, 2015)

- **Criterios cromáticos:** De las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el Índice de Rendimiento del Color (IRC). Se trata de una medida que cuantifica la capacidad de una fuente de luz en reproducir fielmente los colores de los objetos (ver Figura 2.3). Este índice se encuentra en un rango de 0 a 100, siendo el más alto el de mejor reproducción de los colores como se describe en la tabla siguiente:

Tabla 2. 1. Rangos del IRC (COMITE, 2015)

Rango IRC	Percepción de los colores	Comentarios
80<IRC	Elevada	Los colores se reproducen de forma eficiente. Debe utilizarse en lugares donde una pequeña variación en la tonalidad puede ser importante por motivos laborales o decorativos. El otro factor importante es la afluencia de personas en la zona a iluminar.
65-80	Buena	Ciertos colores pueden parecer a simple vista distorsionados. Se debe emplear en interiores donde no haya permanencia de personas
<65	Baja	Los colores no se aprecian con claridad. Estas lámparas, cuando tienen propiedades de rendimiento en color bastante aceptable, se usan en locales de trabajo donde la discriminación cromática no es demasiado importante

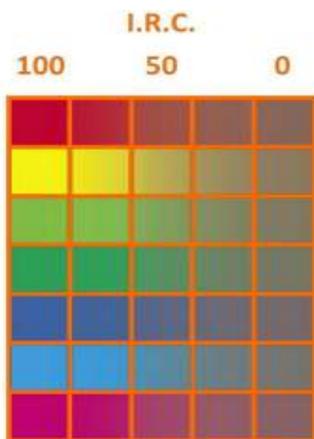


Figura 2. 3. Valores del IRC (COMITÉ, 2015)

Clasificación del IRC. La Comisión Internacional de Iluminación (CIE, por sus siglas en francés) ha propuesto un sistema de clasificación de las lámparas en cuatro grupos según el valor del IRC (Véase la Tabla 2.1) (Mier y col., 2007).

Tabla 2. 2. Índice de rendimiento en color (Mier y col., 2007)

<i>Grupo de rendimiento en color</i>	<i>Índice de rendimiento en color (IRC)</i>	<i>Apariencia de color</i>	<i>Aplicaciones</i>
1	IRC≥85	Fría	Industrial, textil, fábricas de pintura, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	70≤IRC<85	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas fríos)
3	Lámparas con IRC <70 pero con propiedades de rendimiento bastante aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

Con lo anterior, la NOM-030-ENER-2016 “Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba” (DOF, 2016) determina que para todas las lámparas de led integradas deben tener, en promedio, un IRC de 80, pero ninguna de ellas debe estar por debajo de 77.

- **Criterios del factor de potencia:** Corresponde a un factor indicativo que determina la cantidad real de potencia utilizada por el equipo frente a la potencia absorbida; en este sentido, la NOM-030-ENER-2016 establece los siguientes valores de referencia para el factor de potencia para lámparas LED:

“Todas las lámparas de led integradas con potencias eléctricas menores o iguales a 25 W, deben tener un factor de potencia mayor o igual a 0,5”.

“Todas las lámparas de led con potencias eléctricas mayores a 25 W, el factor de potencia debe ser mayor o igual a 0,7” (DOF, 2016).

- **Criterios de la Distorsión armónica total (THD):** De acuerdo con la NOM-030-ENER-2016 (DOF, 2016), para lámparas LED:

“Se podrá marcar en el producto o en el empaque la distorsión armónica total en la intensidad de corriente eléctrica, siempre y cuando la medición realizada durante las pruebas, ésta sea igual o menor que lo marcado en el mismo. Una lámpara de led integrada puede marcarse como “baja distorsión armónica en corriente” o “ $THDi \leq 30\%$ ” si la distorsión armónica que se mide es menor al 30%” (DOF, 2016).

- **Criterios de vida media y vida útil:** La vida media de un lote de lámparas corresponde al número de horas de funcionamiento hasta que 50% de los equipos dejen de funcionar. La vida útil de una lámpara o lote de lámparas indica las horas de funcionamiento transcurridas, manteniendo sus características funcionales de origen en un 80% (COMITÉ, 2015).

2.3. Distribución del alumbrado

La distribución del alumbrado indica cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, se distinguen tres casos: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado.

- **Alumbrado general:** El alumbrado general proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local
- **Alumbrado Localizado:** Proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta.

- **Alumbrado suplementario:** Se emplea el alumbrado localizado cuando es necesaria una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto (Rodríguez, 2016).

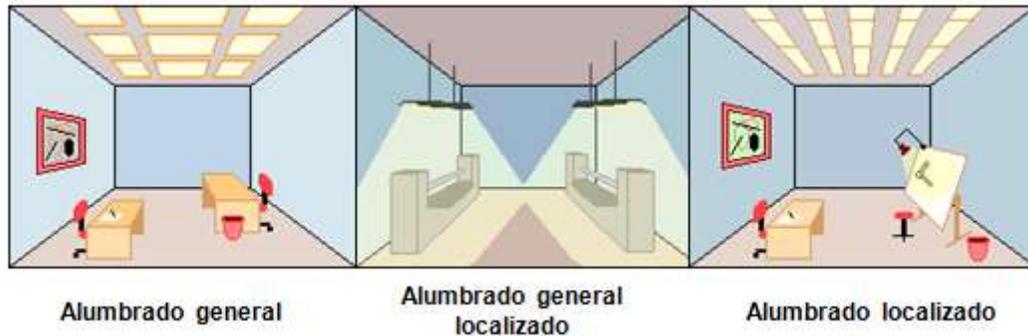


Figura 2.4. Distribución de alumbrado (Rodríguez, 2016)

2.4. Iluminación industrial

La iluminación industrial es un sistema que se implementa en bodegas, fábricas, plantas, almacenes y naves industriales con la finalidad de mejorar la visibilidad en este tipo de espacios donde el área es bastante extensa y las actividades que en ella se realizan requieren condiciones muy específicas para que se puedan llevar a cabo de manera adecuada (SUPRA, 2017).

Iluminación de naves industriales

Para las naves industriales, se recomienda instalar domos en la medida de lo posible para aprovechar la luz solar. Sin embargo, en la mayoría de los casos, es necesario añadir luz artificial a la natural ya existente.

Una iluminación general uniforme, como se ejemplifica en la Figura 2.5, permite tener mayor flexibilidad en cuanto a la organización del área, aunque conlleva generalmente a un sobredimensionamiento del sistema de iluminación.

Esta configuración tiene la ventaja de:

- Poder modificar completamente la disposición de la nave sin modificar el sistema de iluminación
- Organizar los puestos de trabajo de manera variable en toda la superficie de la nave
- Instalar nuevos equipos a futuro.

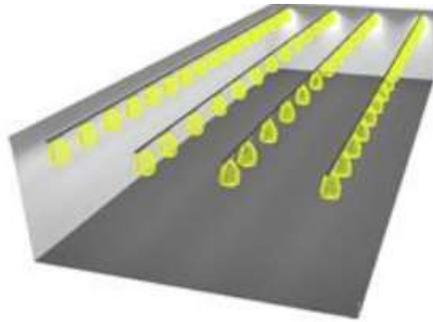


Figura 2. 5. Alumbrado de nave industrial (COMITE, 2015)

Las luminarias instaladas pueden permitir cambiar la orientación de la luz, el tipo de reflector, etc. Pueden también estar instaladas sobre rieles (COMITE, 2015)

Tipos de luminarias usadas en la industria

Aunque parece ser un sistema eléctrico con el fin de iluminar como cualquier otro, en realidad requiere especificaciones muy precisas para evitar cualquier tipo de daño a la instalación eléctrica y satisfacer las necesidades de los usuarios. Y entre las particularidades menos favorecedoras de este tipo de sistemas está el hecho de consumir una cantidad de energía eléctrica mucho mayor a la de una instalación tradicional como la doméstica o de oficina, razón por la que contar con lámparas que ofrezcan un ahorro considerable de energía resulta una gran ventaja para los usuarios (SUPRA, 2017).

Las fuentes más comunes de iluminación industrial, es decir, de luminarias, se muestran en la Figura 2.6 (Niebel y Freibals, 2004).

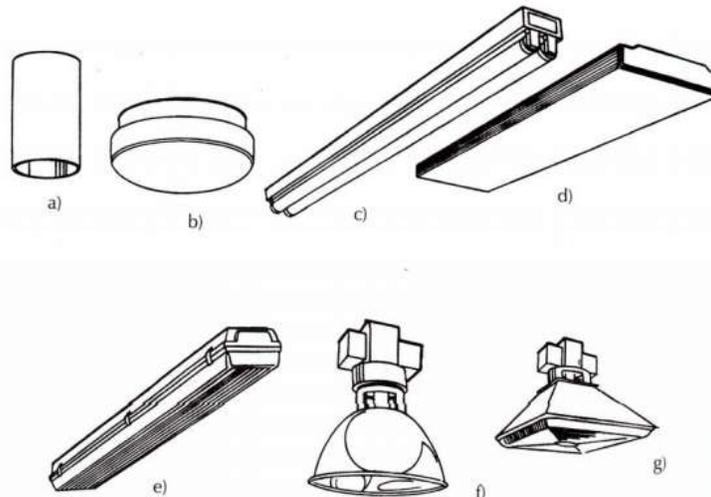


Figura 2.6. Tipos de luminarias industriales para montar en el techo. a) y c) luz hacia abajo, b) y d) difusa, e) lugares húmedos, f) nave alta, y g) nave baja (Niebel y Freibals, 2004).

Factores adicionales que considerar

Además de las propiedades de las lámparas y luminarias deben tenerse en cuenta otros factores en el alumbrado industrial. Uno muy importante es el mantenimiento, una limpieza periódica de las lámparas y luminarias, el recambio de las lámparas quemadas garantizará que la iluminación media estará siempre cerca del valor máximo que esta instalación permite obtener.

Otro factor para tener en cuenta es el económico, ya que una instalación debe preverse para una larga vida útil, de modo que lo importante es cuánto va a costar durante toda su vida útil y no durante el periodo de instalación únicamente. Debe tenerse en cuenta el costo de inversión, el costo de mantenimiento y el costo de la energía eléctrica que la instalación va a utilizar durante su vida útil, siendo este el factor más importante en el costo final (Caminos, 2011)

2.5. Tipos de lámparas

Hoy en día, se puede encontrar en el mercado una gran diversidad de lámparas cuyo funcionamiento, potencia y eficacia varían de una tecnología a la otra. Se pueden distinguir tres grandes grupos de lámparas:

- Las lámparas incandescentes que utilizan la elevación de la temperatura para producir luz (incandescentes de filamento, halógenas...)
- Las lámparas de descarga que incluyen:
 - Las lámparas fluorescentes (neones) que utiliza la luminosidad de polvos que se encuentran dentro de los tubos (fluorescentes compactas, tubos fluorescentes, lámpara de inducción, etc.)
 - Las lámparas de descarga de alta presión como las de vapor de sodio de alta presión, aditivos metálicos
- Las lámparas a LED que se componen de diodo electro lumínicos de diferentes colores (COMITE, 2015)

2.6. Tecnología LED

Un LED (diodo emisor de luz) es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz cuasi-monocromática, es decir, con un espectro muy angosto, cuando se polariza en directa es atravesado por una corriente eléctrica.

Comparado con otras tecnologías, los LED no tienen filamentos y otras partes mecánicas sujetas a rotura ni a fallos por “fundido”, no existe un punto en que cesen de funcionar, sino que su degradación es gradual a lo largo de su vida.

Se considera que aproximadamente a las 50,000 horas, es cuando su flujo decae por debajo del 70% del inicial, eso significa aproximadamente 6 años en una aplicación de 24 horas diarias los 365 días/año. Lo anterior permite una reducción en los costos de mantenimiento ya que no es necesario reemplazarlos en un corto tiempo, por lo que el costo de iluminación es menor (Mier y col., 2007).

Beneficios de la tecnología LED

La importancia de introducir la iluminación LED en el sector industrial viene determinada por la necesidad de optimizar los costos de operación con el objeto de aumentar su competitividad.

Entre sus principales ventajas se tienen:

- **Larga vida útil:** Los LED, correctamente instalados, pueden llegar a más de 50 mil horas de vida conservando más del 70% del flujo lumínico original.
- **Menor mantenimiento comparado con las fuentes de luz convencionales:** Otra de las ventajas de la tecnología LED es que no se funde, sino que sufre una degradación del flujo luminoso. Se considera que la vida útil del LED termina en el momento en que se reduce su luminosidad más de un 70% de su valor inicial.

Las luminarias LED duran muchas veces más que las fuentes de luz convencionales por lo que no es necesario invertir en repuestos constantemente. Se eliminan costos de mantenimiento periódicos, lo que mejora la rentabilidad de la instalación.

- **Alta eficiencia energética:** La tecnología LED aprovecha un 90% de la luz emitida con una pérdida de un 10% de calor.
- **Encendido instantáneo:** El LED tiene el encendido más rápido comparado con fuentes de luz convencionales. Siendo otra de las características de los LED que su vida no se reduce por las repetidas acciones de encendido y apagado.
- **Resistencia a golpes y vibraciones:** Otro punto a favor es la robustez: no es que los LED sean robustos (presionado con un dedo obviamente la óptica se daña), sino que esta tecnología es resistente a las continuas vibraciones.
- **Ahorro en el consumo eléctrico:** Debido a su bajo consumo, se pueden tener ahorros hasta del 80% del consumo total (Illuminet, 2011).

Es importante recalcar que las ventajas antes mencionadas son válidas para la tecnología de buena calidad que cumpla con los estándares

2.7. Normatividad

Todos los sistemas de iluminación están sujetos a normativas o reglamentos que varían dependiendo del espacio a iluminar, tarea a realizar, país, etc. (UPC, s.f.). Estas normativas deberán consultarse para cada proyecto en particular. En México existen normas aplicables para evaluar los sistemas de iluminación tales como:

- **NOM-025-STPS-2008.** Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- **NOM-007-ENER-2014.** Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Ambas normas son de carácter obligatorio para su cumplimiento, a continuación, se presentan las características necesarias para su evaluación.

2.7.1. NOM-025-STPS-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

La NOM-025-STPS-2008 tiene el objetivo de establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 2.3 (DOF, 2008).

Tabla 2.3. Niveles de iluminación (DOF, 2008)

<i>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</i>	<i>Área de Trabajo</i>	<i>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</i>
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300

<i>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</i>	<i>Área de Trabajo</i>	<i>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</i>
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000

2.7.2. NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales

La NOM-007-ENER-2014 es una Norma Oficial Mexicana que tiene por objeto:

- a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para

Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.

- b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya

existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

Campo de aplicación

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones de los sistemas de alumbrado interior y exterior con carga conectada de alumbrado mayor o igual a 3 kW de los edificios existentes.

En particular, los edificios cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana son aquellos cuyos usos autorizados en función de las principales actividades y tareas específicas que en ellos se desarrollen, queden comprendidos dentro de los siguientes tipos:

- a) Oficinas
- b) Escuelas y demás centros docentes
- c) Establecimientos comerciales
- d) Hospitales
- e) Hoteles
- f) Restaurantes
- g) Bodegas
- h) Recreación y cultura
- i) Talleres de servicio
- j) Centrales de pasajeros

Para ampliaciones o modificaciones de edificios no residenciales ya existentes, la aplicación de esta Norma Oficial Mexicana queda restringida exclusivamente a los sistemas de alumbrado de dicha ampliación o modificación y no a las áreas construidas con anterioridad.

·No se consideran en el alcance de esta Norma Oficial Mexicana otros tipos de edificios de uso diferente a los mencionados en el campo de aplicación de la Norma Oficial Mexicana, tales como: salas de espera de centrales de pasajeros, edificios destinados a seguridad pública y nacional, naves industriales (área de proceso).

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los edificios indicados en el campo de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) (DOF, 2014)

<i>Tipo de edificio</i>	<i>DPEA (W/m²)</i>
Oficinas	12
Escuelas o instituciones educativas	14
Bibliotecas	15
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	15
Hospitales, sanatorios y clínicas	14
Hoteles	12
Moteles	14
Bares	14
Cafeterías y venta de comida rápida	15
Restaurantes	14
Bodegas o áreas de almacenamiento	10
Salas de cine	12
Teatros	15
Centros de convenciones	15
Gimnasios y centros deportivos	14
Museos	14
Museos	14
Talleres de servicio para automóviles	11
Talleres	15
Centrales y terminales de transporte de carga	12
Centrales y terminales de transporte de pasajeros, aéreas y terrestres	13

Adicional a la tabla anterior, en el Apéndice C de la NOM-007-ENER-2014, incluye el desglose de los valores de DPEA para los diferentes espacios, de acuerdo con su uso, en diferentes tipos de edificios. De manera resumida, para el caso de la industria se pueden encontrar espacios como los mostrados en la Tabla 2.5.

Tabla 2. 5. Valores de DPEA para diferentes espacios pertenecientes a diferentes tipos de edificios (DOF, 2014)

<i>Tipo de espacio específico</i>	<i>DPEA [W/m²]</i>
Bodegas	6.78
Manufactura detallada industria	13.89
Oficina abierta	10.55
Oficina cerrada	11.95
Pasillos	7.10
Pasillos fábricas/industrias	4.41
Salas de juntas	13.24
Sanitarios	10.55
Talleres	17.11

Criterio de aceptación

La instalación cumple con lo establecido por esta Norma Oficial Mexicana si las DPEA calculadas son iguales o menores que los valores límites establecidos para cada uso del edificio analizado (DOF, 2014).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles. Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación (Rodríguez y Llano, 2012).

Metodología sobre iluminación

Para el análisis y diseño de un sistema de iluminación se aplica un procedimiento como el siguiente:

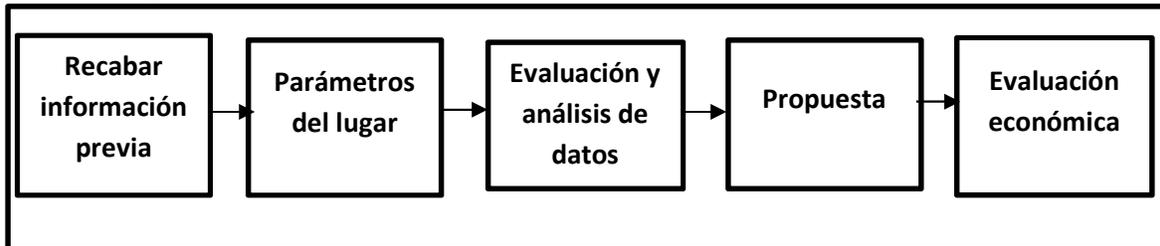


Figura 3. 1 Proceso de diseño sobre iluminación

Recabar información previa

El procedimiento comienza por un análisis destinado a reunir datos que permiten determinar las demandas visuales de iluminación y establecer los alcances y limitaciones del trabajo. La identificación clara y precisa de estas cuestiones es fundamental para el éxito de cualquier proyecto.

La recopilación de información consiste en la elaboración de una auditoría realizada en el lugar donde se llevará a cabo el proyecto, este incluirá un censo de cargas instaladas para alumbrado tomando el dato de su tipo y potencia, horario de encendido, plan de mantenimiento, la clase de ambientes en dónde están ubicadas las lámparas y la información referente al consumo eléctrico total facturado.

Definir parámetros del lugar

El objetivo de toda instalación de iluminación es garantizar que se presenten los niveles de iluminancia promedio establecidos por la normatividad, para lograr esto se deben tener en cuenta múltiples factores que afectan la distribución luminosa dentro de una edificación. La adecuada selección y manejo de estos parámetros asegurarán que la instalación de iluminación diseñada cumpla con los requisitos energéticos y de conformidad establecidos por las normas vigentes.

Los parámetros para tener en cuenta en todo diseño son los siguientes:

- **Dimensiones:** Se deben tener en cuenta las dimensiones del local, principalmente el largo, el ancho y el alto. También es de suma importancia saber si la geometría descrita por las paredes y techo no es rectangular; es decir, tanto la pared como el techo pueden presentar formas tales como arcos, cúpulas o domos y techos de forma triangular. Este parámetro es de suma importancia para poder seleccionar el tipo de luminaria a utilizar y su disposición.
- **Tipo de recinto y actividad:** Se debe conocer el tipo de edificación y qué clase de actividad se realiza.
- **Plano de trabajo:** El plano útil o de trabajo indica la altura respecto al suelo a la cual se realizarán las actividades dentro del local, esta altura puede ser general o local y en caso de no conocerse, se establece que se puede considerar esta altura de 0,75 m para trabajo realizado sentado y 0,85 m para el trabajo realizado de pie.
- **Altura de montaje:** Indica la altura a la cual las luminarias se encuentran instaladas.
- **Índice de área:** Calcular el índice de área como indica la siguiente formula:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)}$$

Donde *IC*: índice del área

x,y: dimensiones del área (largo y ancho) en metros

h: altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros

En donde *x* es el valor de índice de área (*IA*) del lugar, redondeado al entero superior, excepto que para valores iguales o mayores a 3 el valor de *x* es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

- **Ubicación de los puntos de medición:** Las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la columna A (número mínimo de zonas a evaluar) de la Tabla 3.1, y realizar la medición en el lugar donde haya mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas; en caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, se debe considerar el número de zonas de evaluación de acuerdo a lo establecido en la columna B (número mínimo de zonas a considerar por la limitación) de la Tabla 3.1. En caso de coincidir nuevamente el centro geométrico de cada zona de evaluación con la ubicación del punto focal de la luminaria, se debe mantener el número de zonas previamente definido.

Con base a la especificación de la NOM-025-STPS seleccionar el número de zonas de medición de la iluminación utilizando la siguiente tabla:

Tabla 3. 1. Relación entre el Índice de Área y el número de zonas de medición (DOF, 2008)

<i>Índice de área</i>	<i>A. Número mínimo de zonas a evaluar</i>	<i>B. Número de zonas a considerar por la limitación</i>
IC<1	4	6
1≤IC<2	9	12
2≤IC<3	16	20
3≤IC	25	30

- **Niveles de iluminación:** Realizar la medición en de las zonas seleccionadas colocando la fotocelda apuntando hacia arriba, al nivel de la superficie de trabajo, evitando la proyección de sombras. En pasillos o escaleras, el plano de trabajo por evaluar debe ser un plano horizontal a 75 cm ± 10 cm, sobre el nivel del piso.

Se establecerá el nivel de iluminancia promedio con que debe contar la edificación. En la Tabla 2.1 del Capítulo II, se presentaron los niveles de iluminación mínimos que se deben garantizar en la edificación para cumplir con la normatividad vigente.

- **Factor de reflexión:** se evalúa el factor de reflexión de las superficies en áreas y puestos de trabajo seleccionados de acuerdo con los siguientes pasos establecidos en el Apéndice B de la NOM-025-STPS:
 - a) Se efectúa una primera medición (E1), con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie, a una distancia de 10 cm ± 2 cm, hasta que la lectura permanezca constante;
 - b) La segunda medición (E2), se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie, con el fin de medir la luz incidente. El factor de reflexión de la superficie (k_f) se determina con la ecuación siguiente:

$$K_f = \frac{E_1}{E_2}(100)$$

- c) Compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la tabla siguiente. Se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión (k_f) supere los valores establecidos en la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2. Niveles Máximos Permisibles del Factor de Reflexión (DOF, 2008)

<i>Concepto</i>	<i>Niveles Máximos Permisibles de Reflexión, k_f</i>
Paredes	60%
Plano de trabajo	50%

- **Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA):** La determinación de las DPEA del sistema de alumbrado de un edificio no residencial nuevo, ampliación o modificación de alguno ya existente, de los tipos cubiertos por la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER, deben ser calculados a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo con la metodología indicada a continuación.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}}$$

donde la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) está expresada en W/m^2 , la carga total conectada para alumbrado, que incluye la potencia total del sistema de alumbrado, está expresada en watts y el área total iluminada está expresada en metro cuadrado (DOF,2014).

El valor resultante debe ser comparado con los valores máximos permisibles mostrados anteriormente en la Tabla 2.5 y que se pueden consultar, además, en el Anexo C de la NOM-007-ENER-2014.

Evaluación y análisis de datos

Una vez que los datos han sido reunidos, deben ser analizados de acuerdo con los siguientes criterios:

- Función específica de lámparas, luminarios y accesorios.
- Niveles de iluminación Requeridos Vs. Reales.
- Eficiencia energética del equipo instalado.
- Estimación del potencial de ahorro energético (UPME y COLCIENCIAS, s.f).

Propuesta

Realizar la simulación de un nuevo sistema de iluminación utilizando el software DIALux. La razón principal para utilizar DIALux como software de diseño es la facilidad con la que se cuenta al momento de realizar múltiples cálculos, ya sean definitivos o de prueba.

La metodología empleada para diseñar sistemas de iluminación con DIALux será la siguiente.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

1. Determinar el tipo de recinto y la actividad que se realiza, así mismo, especificar el tipo de instalación de iluminación (general, local, decorativa, etc.)
2. Especificar todo lo relacionado al proyecto en el administrador del proyecto, por ejemplo, nombre del proyecto y del diseñador, factor de mantenimiento, etc.
3. Construir la edificación incluyendo en esta todos sus atributos arquitectónicos tales como ventanas, vigas, columnas, etc.
4. Aplicar colores y texturas a las superficies del local ya sea usando las que se incluyen en el software o importar nuevas texturas (Recomendado).
5. Insertar los objetos correspondientes al tipo de local para así representar de la mejor manera la edificación real.
6. Por medio de los catálogos instalados en DIALux, se selecciona el tipo de luminaria a emplear de acuerdo con las demandas del proyecto.
7. Determinar las luminarias requeridas y su distribución.
8. El software calculará por defecto la iluminancia promedio en todo el local, en caso de que se requieran realizar mediciones adicionales de iluminancia o deslumbramiento, se debe insertar los puntos de medida disponibles en la opción "Objetos" >> "Puntos de cálculo" del administrador de proyectos.
9. Se da inicio a los cálculos y terminados éstos se verifica el cumplimiento de los objetivos esenciales del diseño, los cuales son: Iluminancia promedio y el valor de eficiencia energética de la instalación.
10. En caso de que no se cumpla alguno de los objetivos, se debe retomar el diseño desde el paso 6 ó 7 según la gravedad del caso; es decir, si la solución del problema consiste solo en la reubicación de las luminarias, seleccionar otro tipo de luminarias o calcular nuevamente el número de luminarias requeridas.

A continuación, la Figura 3.2 muestra de forma esquemática los pasos anteriores:

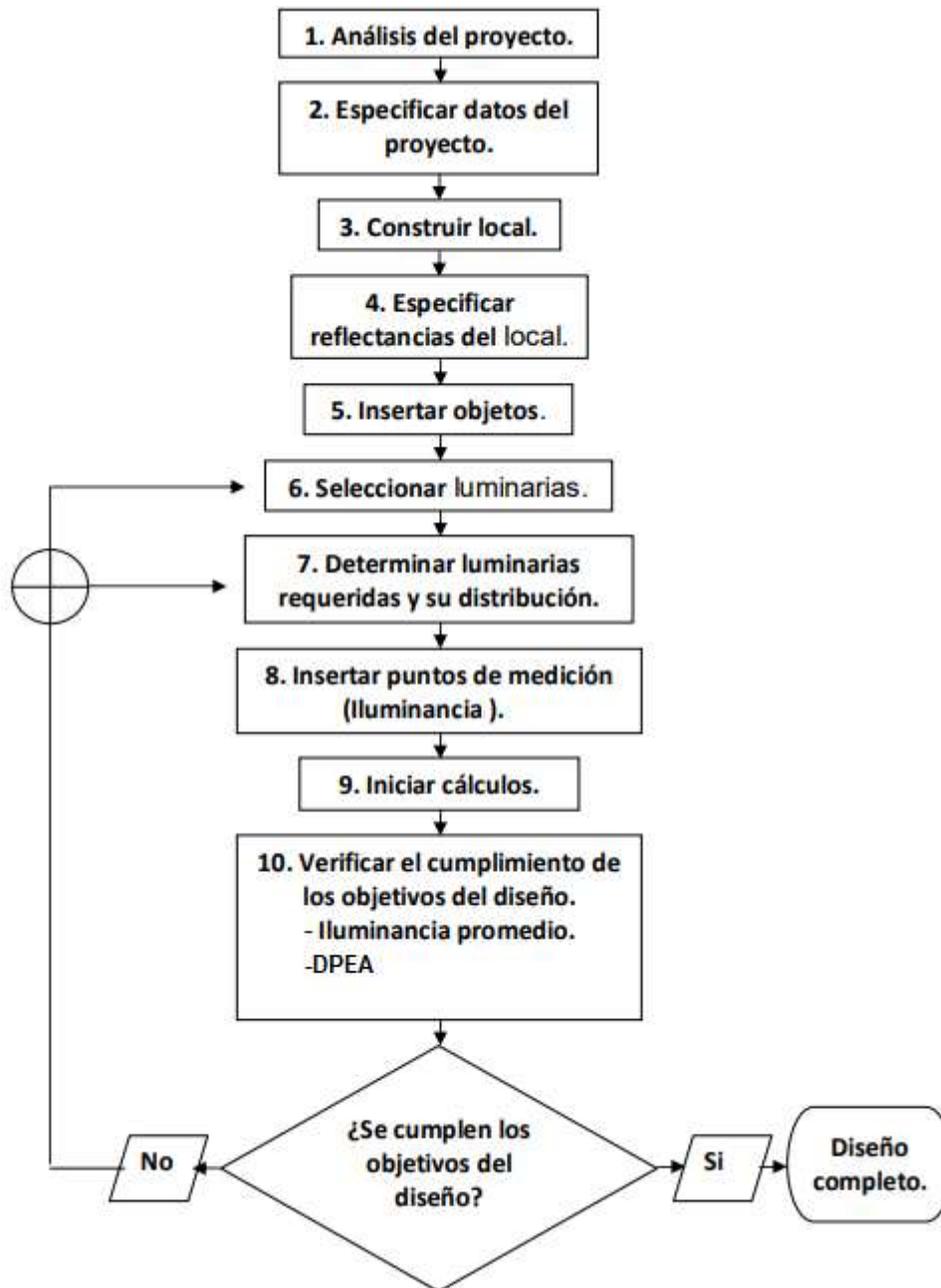


Figura 3. 2 Diagrama de flujo para el diseño de instalaciones de iluminación utilizando DIALux (Rodríguez y Llano, 2012)

Evaluación económica del proyecto propuesto

Finalmente, se debe realizar la estimación de los costos del nuevo sistema y los ahorros esperados y determinar el período de recuperación de la inversión.

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN

4.1. Caso de estudio

El caso de estudio objeto de esta investigación está enfocado a una PyME mexicana de la rama metal mecánica ubicada en la Ciudad de México que fue fundada en 1968 y que se ha especializado en el diseño y fabricación de equipos de acero inoxidable para cocinas industriales, para la industria farmacéutica de cosméticos y para la industria alimenticia; fabricando marmitas de vapor, marmitas a gas, sartenes, cocedoras de vapor, deshebradoras, turbo licuadoras, turbo transportadoras, líneas de aguas frescas, tanques de proceso, cocedoras al vacío, diseños industriales especiales, etc.

Con un área de tamaño de 1005 m², la planta cuenta con una pequeña zona de oficinas, la mayor cantidad del espacio es ocupado por el taller o maquinado, en el cual se distinguen diferentes secciones según la actividad que se realiza en ellas. Además, cuenta con servicios como: pasillos, baños, regaderas, vestidores y comedor (véase Figura 4.1) para los 49 empleados que laboran en toda la empresa.

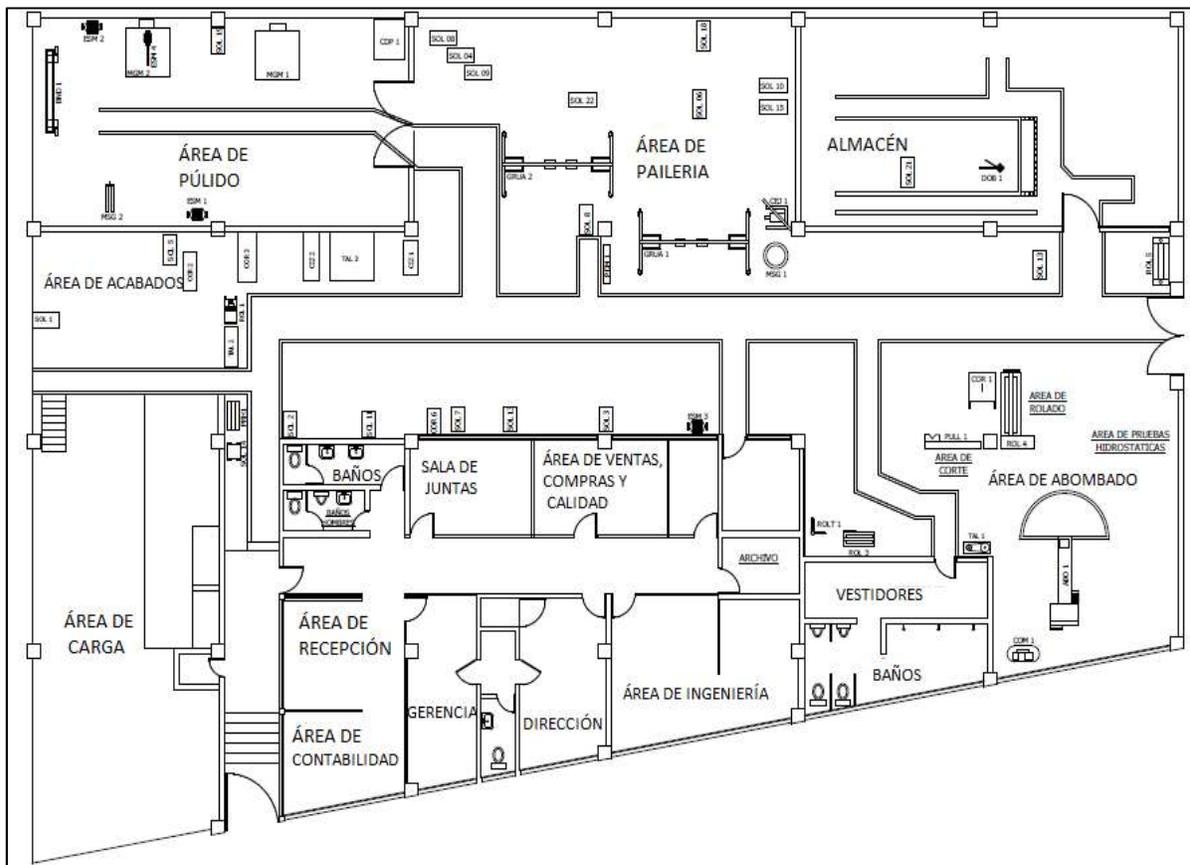


Figura 4. 1. Distribución por áreas de la empresa

Consumo de energía eléctrica facturada

En base a la información proporcionada por la empresa, la alimentación eléctrica se realiza mediante una acometida en baja tensión y el cobro del consumo de electricidad se realiza en Tarifa 3. El costo de kilowatt hora del último recibo para el 2018 fue de 3.01 \$/kWh.

En la Figura 4.3 se muestra el consumo de un año, en donde se observa que el mes con menor consumo fue el de abril, mientras que el mes en que se consumió mayor energía ocurrió en febrero.

El consumo mensual promedio durante un año fue de 3,342 kWh.

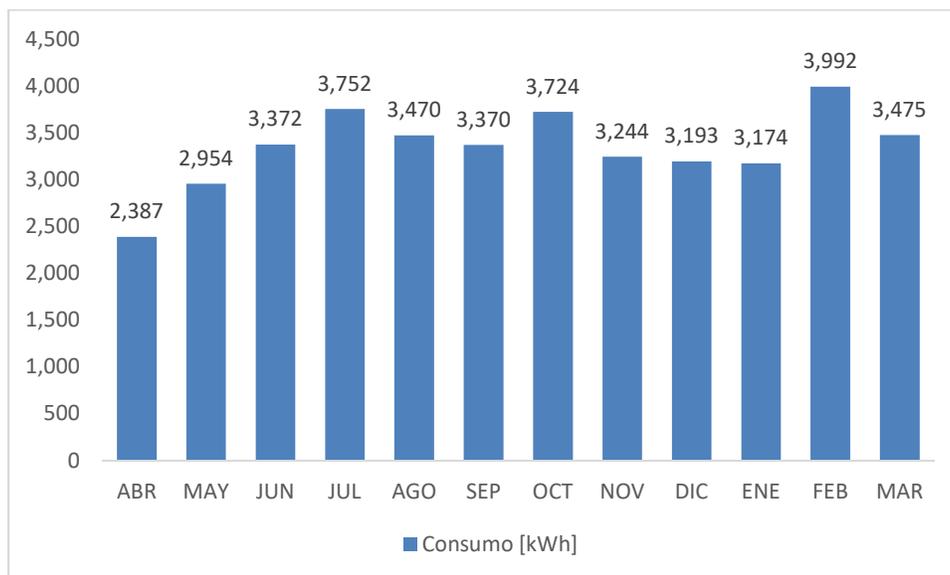


Figura 4. 2. Consumo 2017-2018

Horario laboral

Usualmente, los horarios de operación, en el caso del área de oficinas, inician a las 08:00 horas y terminan alrededor de las 17:00 horas de lunes a viernes; para el caso del área de planta, el horario laboral de lunes a viernes es de 07:00 a 17:30 horas y de 07:00 a 14:00 en sábados.

Proceso productivo

Como la producción de la empresa son principalmente la elaboración de equipos de acero inoxidable para la industria alimenticia y farmacéutica, tiene varios insumos como materia prima: láminas de acero, tornillos, empaques, soldadura, equipo de control, etc. Una vez definido los datos técnicos y específicos del producto a fabricar, ya sea de nuevo diseño o de línea; se inicia el proceso productivo, donde se distinguen básicamente las siguientes etapas en la Figura 4.2:

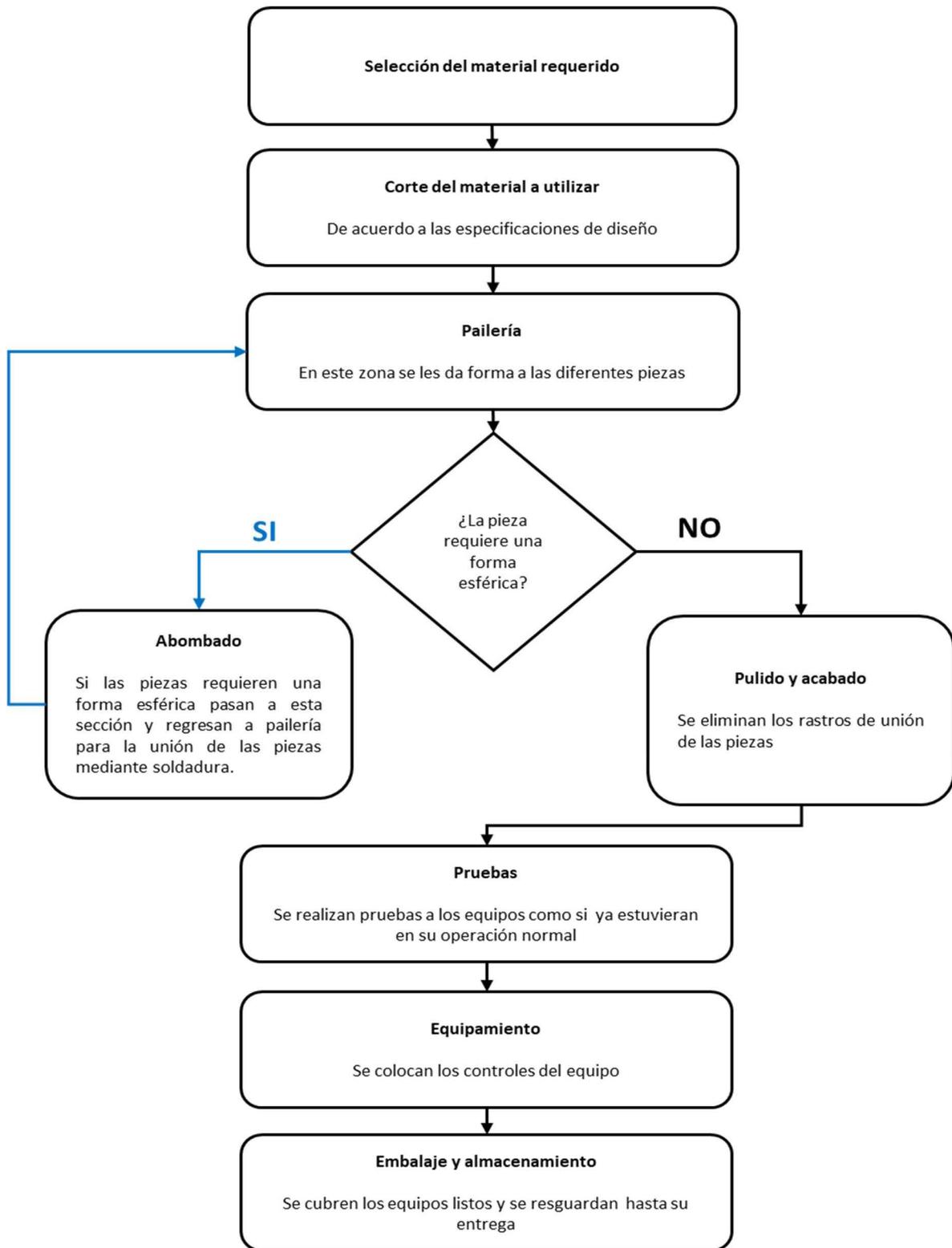


Figura 4. 3. Proceso productivo de la empresa

4.2. Sistema de iluminación actual

Se identificaron y cuantificaron las luminarias existentes, sus características, condiciones físicas y ubicación dentro de la empresa.

En la empresa se encuentran instaladas luminarias como tecnología LED, lámparas fluorescentes compactas, luminarias tipo T8 y T12 de diferentes potencias. Cabe mencionar que estas dos últimas representan una parte considerable del consumo y de la potencia instalada.

A continuación, en la Tabla 4.1 se pueden observar las tecnologías existentes en la planta.

Tabla 4. 1 Tipos de tecnología de iluminación existentes

<i>Tipo de tecnología</i>	<i>Cantidad de luminarios</i>	<i>Potencia instalada(kW)</i>	<i>Consumo de energía por tecnología [kWh/año]</i>
LED 1-22 W	7	0.154	325
LED T8-1x18 W	3	0.054	138
LED T8-1x28 W	27	0.756	1,697
LED T8-1x30 W	8	0.240	509
LED T8-2x32 W	6	0.192	490
LED T8-2x28 W	2	0.056	114
Fluorescente compacta	3	0.060	31
Fluorescente T12-2x60 W	10	1.300	3,199
Fluorescente T12-2x75 W	7	1.120	2,611
Fluorescente T8-2x60 W	15	1.950	4,293
TOTAL	88	5.912	13,405

En lo que respecta al consumo de energía eléctrica por iluminación (véase Figura 4.4), la tecnología más representativa son las lámparas fluorescentes T12 con el 43% del consumo, le siguen las lámparas fluorescentes T8 con el 32%, la tecnología LED con 24% y las fluorescentes compactas con el 0.17% del consumo total.

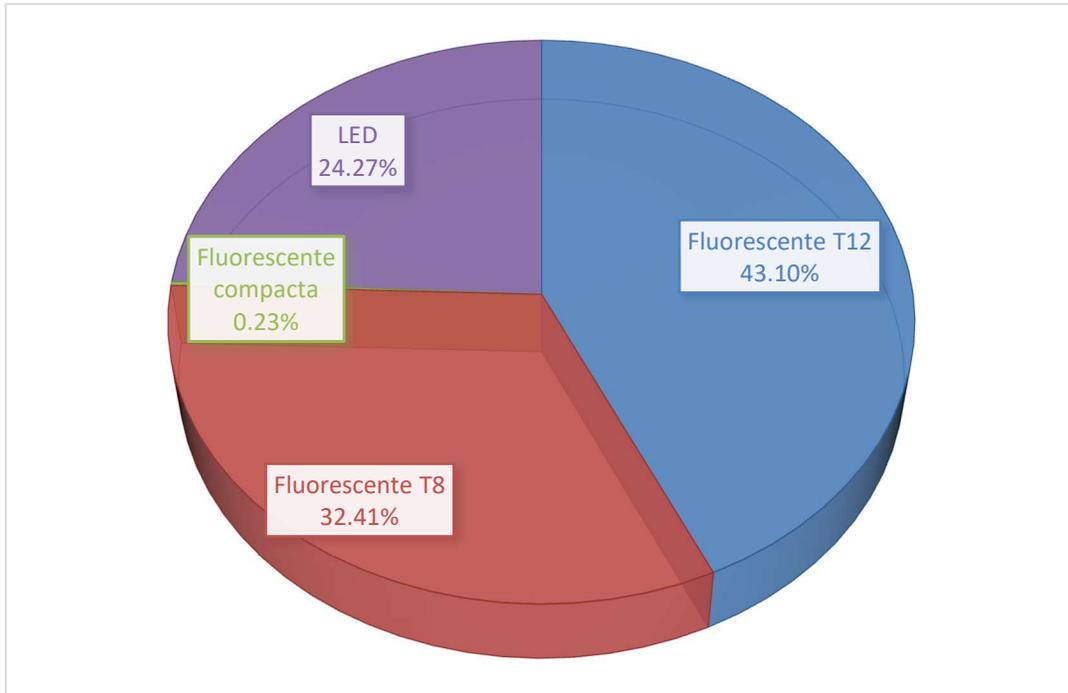


Figura 4. 4 Estimación del consumo de energía por tipo de tecnología instalada de un total 13,482 [kWh/año]

4.3. Cumplimiento de la normatividad

Se realizaron mediciones de niveles de iluminación en área de pasillos, oficinas y planta de la empresa. La ubicación de los puntos de medición se consideró conforme a lo establecido en la sección A.2.3 de la NOM-025-STPS-2008 tomando en cuenta la ecuación del valor del índice del área para establecer el mínimo número de zonas a evaluar. Las mediciones se realizaron directamente en los puestos de trabajo a la altura del plano de trabajo con un luxómetro digital.

Las mediciones tomadas se promediaron y se obtuvieron los valores que se muestran en la Tabla 4.2. Así mismo, las áreas fueron agrupadas por zonas conforme a la NOM-025-STPS-2008, por lo que para mayor detalle de los espacios consultar el Anexo I de la presente tesina.

Tabla 4. 2 Análisis de las condiciones de iluminación en los centros de trabajo del sistema de iluminación actual

<i>Tipo de área</i>	<i>Nivel de iluminación promedio [lx]</i>	<i>Nivel mínimo de iluminación NOM-025-STPS-2008</i>	<i>Cumplimiento con la NOM-025-STPS-2008</i>
Almacenamiento rudo	150	200	25% por debajo
Talleres de precisión	204.1925	500	59% por debajo
Cuartos de almacén	69	100	31% por debajo
Pasillos de poco movimiento	148.5	50	ACEPTABLE
Recepción	132.5	200	34% por debajo
Oficinas	191.94	300	36% por debajo

La mayoría de las zonas no cumple con la NOM-025-STPS-2014, los valores de nivel de iluminación promedio se encuentran entre 25 y 59% por debajo del mínimo exigido.

Evaluación del Factor de reflexión, k_f

Se evaluó el factor de reflexión de las superficies en puestos de trabajo y paredes y se comparó contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la Tabla 3.1 presentada en esta tesina en el Capítulo III. Se considera que existe deslumbramiento en paredes y puestos de trabajo cuando el valor de la reflexión (k_f) supera el 60% y el 40%, respectivamente.

A continuación, la Tabla 4.3 muestra los valores de reflexión en paredes y puestos de trabajo medidos en la empresa, se resaltan en rojo aquellos valores que no cumplen con la normatividad y en el Anexo II se muestra con detalle el total de áreas.

Tabla 4. 3 Factores de reflexión en paredes y puestos de trabajo

<i>Tipo de área</i>	<i>Nivel de reflexión en paredes, k_f [%]</i>	<i>Nivel de reflexión en el puesto de trabajo, k_f [%]</i>
Almacenamiento rudo	53	33
Talleres de precisión	44.5	23.25
Cuartos de almacén	30	50
Pasillos de poco movimiento	26.5	37
Recepción	16	60
Oficina	61.4	23

Por otra parte, los resultados de la evaluación de la NOM-007-ENER-2014, se muestran en la Tabla 4.4. Debido a que es un edificio¹ con múltiples actividades, las áreas se tuvieron que conglomerar por zonas y evaluarlas de acuerdo al Anexo C de la NOM-007-ENER-2014. El desglose de las zonas para las áreas específicas de la empresa se puede ver en el Anexo III de la presente tesina.

Para determinar la Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) es necesario considerar la actividad realizada en el área de trabajo, la dimensión de la superficie en m² y la potencia del sistema de iluminación o alumbrado instalado en watts [W].

Tabla 4. 4 Análisis de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado del sistema de iluminación actual

<i>Tipo de espacio específico</i>	<i>Nivel de DPEA calculado [W/m²]</i>	<i>DPEA recomendado por la NOM-007-ENER-2014</i>	<i>Resultado con la NOM-007-ENER-2014</i>
Bodegas	3.05	6.78	ACEPTABLE
Manufactura detallada industria	6.10	13.89	ACEPTABLE
Pasillos	12.92	7.1	Se excede un 82%
Oficina cerrada	13.95	11.95	Se excede un 17%
Sala de juntas	5.60	13.24	ACEPTABLE
Sanitarios	4.92	10.55	ACEPTABLE
	5.88		

Se puede notar que en la mayoría de las zonas se cumple con la NOM-007-ENER-2014, sin embargo, en algunas en Oficinas se está por encima de lo establecido.

Por lo anterior, el Capítulo V de esta tesina presenta una alternativa de sistema de iluminación con la finalidad de cumplir con los niveles de confort y de eficiencia energética.

Indicadores energéticos del sistema de iluminación actual

Los indicadores de desempeño son instrumentos que proporcionan información cuantitativa sobre el desenvolvimiento y logros de una institución, programa, actividad o proyecto a favor de la población u objeto de su intervención, en el marco de sus objetivos estratégicos y su Misión. Los indicadores de desempeño establecen una relación entre dos o más variables, que, al ser comparados con periodos anteriores, productos similares o metas establecidas, permiten realizar

¹ Cualquier estructura que limita un espacio por medio de techos, paredes, piso y superficies inferiores, que requiere de un permiso o licencia de la autoridad municipal o delegacional para su construcción (DOF, 2014).

inferencias sobre los avances y logros de las instituciones y/o programas (MEF, 2010)

El indicador energético establecido para los sistemas de iluminación es la DPEA, para este caso el indicador del edificio es:

$$DPEA = \frac{5,912 [W]}{1,005 [m^2]}$$

$$DPEA = 5.88 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Además, si se considera el consumo de energía eléctrica actual, se puede determinar el siguiente indicador por metro cuadrado de superficie.

$$IEn = \frac{13,405 [kWh]}{1,005 [m^2]}$$

$$IEn = 13.33 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$$

De acuerdo al número total de trabajadores, también se puede determinar el siguiente indicador energético:

$$\frac{\text{Consumo energético}}{\text{No. de trabajadores}} = \frac{13,405 [kWh]}{49 \text{ trabajadores}} = 273.57 \left[\frac{kWh}{\text{trabajador}} \right]$$

CAPÍTULO V. PROPUESTA

Como se demostró anteriormente, el sistema actual de iluminación en la empresa no cumple con las exigencias de seguridad en los puestos de trabajo establecidos en la NOM-025-STPS-2008 ni con los requisitos de eficiencia energética establecidos en la NOM-007-ENER-2014 por lo que, este capítulo presenta una alternativa de sistema de iluminación.

Esta alternativa en realidad consiste en una redistribución de la localización de las luminarias actuales, sustitución de tecnología de iluminación y adicionar a estas propuestas un sistema de control basado en los apagadores de luminarias, esto debido a que, en la empresa el sistema de iluminación es controlado desde el tablero.

5.1. Consideraciones

En el presente trabajo, se utilizan datos de referencia diferentes a los encontrados en el estado actual del sistema, la razón de esto radica en que el estado actual del sistema no cumple con la normatividad y por lo mismo al ser comparado con el sistema que se propone en este Capítulo no existen ahorros.

Es debido a esta condición que ha sido necesario proponer una referencia que se ajuste a la normatividad vigente.

Para lograr esto, se estimó el número de luminarias capaces de entregar los lúmenes requeridos en cada área, como consecuencia, se tiene a un aumento en el consumo total de energía.

Es a partir de estos nuevos resultados obtenidos que se cuenta con valores referenciales a un sistema que permiten reflejar cualquier posible ahorro y también son útiles para hacer la comparación con cualquier otro sistema propuesto.

La tabla siguiente muestra los datos del sistema actual y los nuevos valores que se tomarán de referencia para los futuros cálculos.

Tabla 5. 1. Comparación del sistema actual con el nuevo sistema de referencia

<i>Área de trabajo</i>	<i>SISTEMA ACTUAL</i>		<i>NUEVO SISTEMA DE REFERENCIA</i>	
	<i>No. de luminarias totales</i>	<i>Consumo de Sistema actual [kWh/año]</i>	<i>No. de luminarias totales estimadas</i>	<i>Consumo sistema de referencia [kWh/año]</i>
Almacén	9	1285	12	1811
Área de Abombado	28	3142	41	4488
Área de Pailería	18	2117	58	5215
Área de Pulido	17	1803	56	6702
Área de acabados	8	815	26	1985
Bahía de descarga	5	44	8	115
Pasillo entrada	4	286	4	286
Recepción	6	714	10	898
Gerencia Administrativa	4	530	6	734
Dirección	4	530	7	857
Área de Ingeniería	5	910	5	910
Área de ventas, calidad y compras	3	135	7	314
Sala de juntas	4	191	10	477
Baños oficinas	2	15	2	15
Pasillo central oficinas	7	889	7	889
Total	124	13,405	259	25,696

En la tabla se puede observar también que el consumo total de la empresa en lo que respecta a iluminación fue casi duplicado, esto se debe a que las áreas se encontraban muy por debajo de lo exigido por las normas.

5.2. Descripción de la propuesta

La alternativa se compone de 147 luminarias Gamma LED de 30 [W] para las áreas de procesos dentro de la empresa y 25 luminarias tipo LED Panel 60x60 de 35[W] para las áreas de oficinas. La Tabla 5.2 muestra los parámetros principales de estas luminarias de acuerdo con los criterios vistos en el Capítulo II de la presente tesina.

Tabla 5. 2. Parámetros de selección de las luminarias

	<i>Gamma LED 1200 S-6000k</i>	<i>Gabinete CUBIC LED 60x60-6000k</i>
Potencia [W]	30	31
Flujo luminoso [lm]	3660	3700
Eficiencia [lm/W]	122	119
IRC	82	>82
Vida útil [h]	50,000	50,000
Factor de potencia	0.9	0.9
Distorsión armónica total (TDH) [%]	<30	<20

Modelando con el simulador DIALux, en el área de proceso de Abombado (véase Figura 5.1) y un área de oficina (véase Figura 5.3), se obtuvieron los niveles de iluminación que cumplen con los requisitos de la NOM-025-STPS-2008, además el nivel de DPEA se encuentra dentro los límites establecidos por la NOM-007-ENER-2014 (ver Tabla 5.3). Para mayor detalle del resto de las áreas simuladas ver el Anexo IV de la presente tesina.



Figura 5. 1 Simulación en DIALux para el área de Abombado

Del levantamiento de datos, se observó que las luminarias son controladas de manera remota desde tableros, lo que provoca que en horas fuera del horario laboral se tengan encendidas luminarias en espacios donde no son necesarias. Por lo que a esta propuesta fue necesario agregar el seccionamiento por locales.

Las luminarias se agruparon como se muestra en el ejemplo de la Figura 5.2, para ser controladas desde interruptores y permitir apagar aquellas en donde no se esté laborando.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

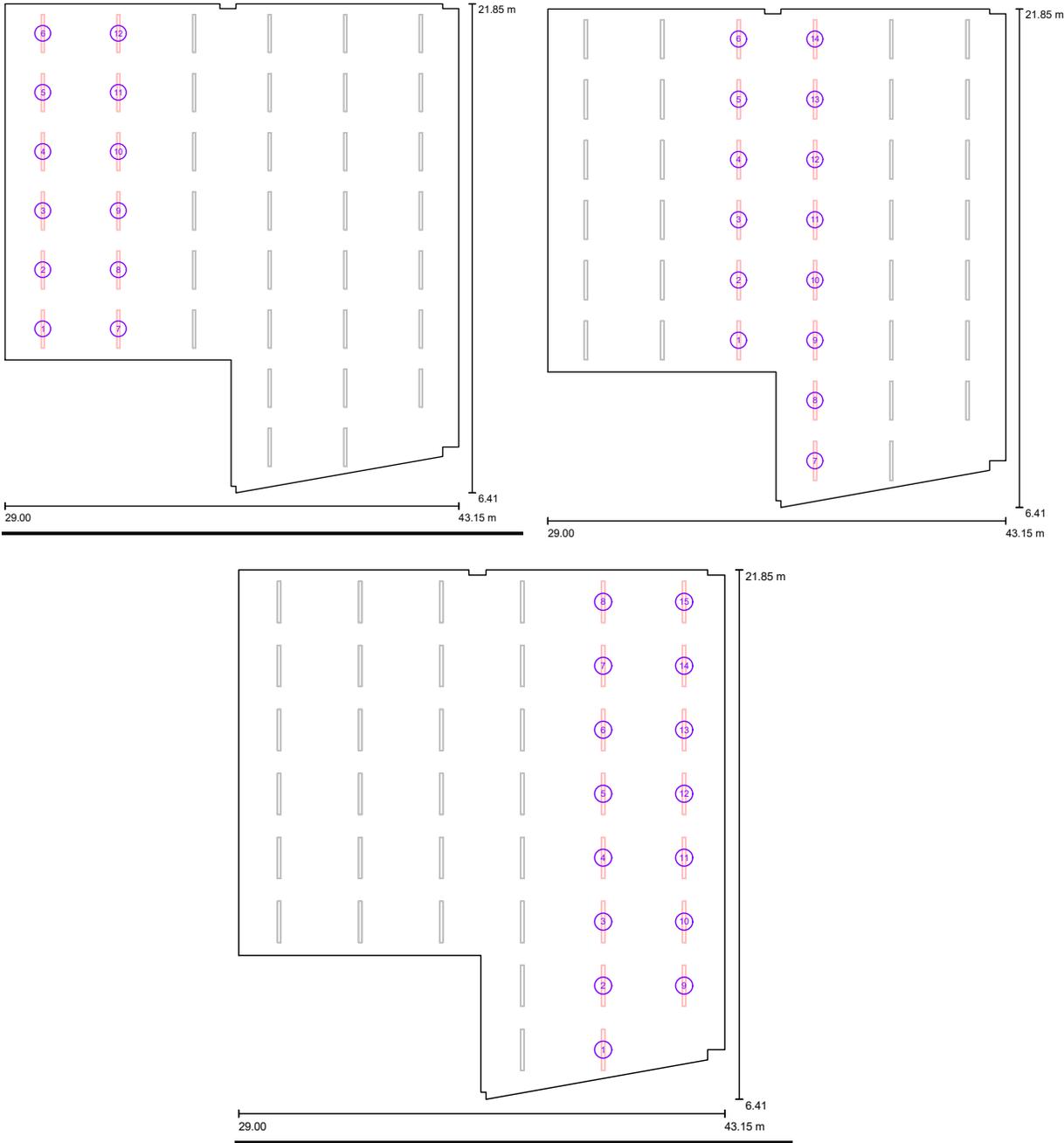


Figura 5. 2 Grupos de control de luminarias para el área de abombado



Figura 5. 3 Simulación en DIALux para el área de Ventas, calidad y compras

Tabla 5. 3. Niveles de iluminación y valores de densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) simulados

<i>Área de trabajo</i>	<i>Nivel de iluminación promedio [lx]</i>	<i>Nivel de iluminación NOM-025-STPS-2008</i>	<i>DPEA [W/m²]</i>	<i>DPEA recomendado por la NOM-007-ENER-2014</i>
Almacén	236	200	4.72	6.78
Área de Abombado	586	500	7.49	13.89
Área de Pailería	562	500	7.09	13.89
Área de Pulido	512	500	8.87	13.89
Área de acabados	528	500	7.96	13.89
Bahía de descarga	124	100	2.25	6.78
Pasillo entrada	248	50	3.18	7.1
Recepción	223	200	4.11	11.95
Gerencia Administrativa	379	300	5.82	11.95
Dirección	331	300	7.66	11.95
Área de Ingeniería	320	300	5.05	11.95
Área de ventas, calidad y compras	357	300	6.16	11.95
Sala de juntas	417	300	6.65	13.24
Baños oficinas	239	100	7.47	10.55
Pasillo central oficinas	179	50	3.76	7.1
Total			5.15	

En lo que respecta a la potencia instalada y al consumo eléctrico con el nuevo diseño de iluminación, la Tabla 5.4 muestra la cantidad total de luminarias necesarias y su consumo respectivo por área, así como la comparación entre el consumo del sistema actual y los ahorros energéticos anualmente.

Tabla 5. 4. Potencia instalada y consumo total propuesto

<i>Área de trabajo</i>	<i>Potencia de la lámpara [W]</i>	<i>Número de lámparas [piezas]</i>	<i>Potencia instalada [kW]</i>	<i>Consumo total [kWh/año]</i>	<i>Consumo sistema de referencia [kWh/año]</i>	<i>Porcentaje energético ahorrado</i>
Almacén	30	12	0.36	918	1811	49.30%
Área de Abombado	30	41	1.14	2,907	4488	35.23%
Área de Paileria	30	48	1.26	3,213	5215	38.39%
Área de Pulido	30	24	0.72	1,561	6702	76.71%
Área de acabados	30	21	0.63	1366	1985	31.22%
Bahía de descarga	30	8	0.24	122	115	-6.19%
Pasillo entrada	30	2	0.06	153	286	49.30%
Recepción	35	4	0.124	253	898	35.23%
Gerencia Administrativa	35	3	0.093	190	734	38.39%
Dirección	35	4	0.124	253	857	76.71%
Área de Ingeniería	35	5	0.124	253	910	31.22%
Área de ventas, calidad y compras	35	3	0.093	190	314	-6.19%
Sala de juntas	35	2	0.062	134	477	46.43%
Baños oficinas	35	2	0.062	16	15	71.82%
Pasillo central oficinas	35	4	0.093	202	889	74.17%
Total			5.185	11,730	25,696	54.35%

Costo total [\$/año]	\$ 35,320.49	\$ 77,373.56
Emissiones de [KgCO ₂ /Año]	6,827	14,955

Con esta alternativa ya se cumplen los objetivos de estar dentro de las normas de eficiencia energética y de seguridad laboral.

Los ahorros de energía con esta propuesta son de 13,965 [kWh] anualmente, lo que se traduce a un ahorro de \$42,053 anuales.

En términos ambientales, las emisiones de gases efecto invernadero que pudieran evitarse por la implementación de esta propuesta serían de hasta 8,128 kilogramos de bióxido de carbono equivalente (CO₂e) anualmente.

Lo anterior, tomando en cuenta la calidad de la gasolina magna que se comercializa en la Zona Metropolitana del Valle de México, la combustión de cada litro de gasolina regular genera 2.265 kgCO₂/Litro de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014). Con ello, la implementación de la propuesta tendría un ahorro aproximado a la combustión de 3,539 litros de gasolina magna, lo que equivalen a 53,827 [km] recorridos en ciudad en un vehículo compacto promedio que recorre 18,000 [km] anuales², evitando así, las emisiones de CO₂e de un vehículo compacto por 1,077 días.

Evaluación económica

La naturaleza de la propuesta presentada en este proyecto tiene como núcleo el cumplimiento normativo, en materia de ahorro energético, además de ser una opción vanguardista disponible en el mercado.

Con anterioridad, se ha podido observar que la mayoría de las áreas que conforman la compañía, no cumplían con la normatividad vigente. La propuesta presentada en este trabajo consta de la instalación de un total de 172 luminarias, distribuidas en 147 luminarios Gamma 1200 S LED para las áreas de tipo taller y 25 luminarios Ivy Panel LED para las áreas de oficina.

Los costos de cada una de las lámparas se presentan en la Tabla 5.5:

Tabla 5. 5. Costo de inversión

Insumos	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Gamma 1200 S LED	\$ 614.79	147	\$ 63,262.14
CUBIC LED 60x60	\$ 1290.00	25	\$ 32,250.00
		Subtotal	\$ 95,512.14

El costo total de la inversión (considerando mano de obra y material) se determinó en un precio fijo de \$800 por cada luminaria de la Gamma 1200 S y un costo fijo de \$500 por cada luminaria CUBIC LED, por lo que la ecuación queda de la siguiente manera:

$$\text{Costo de instalación} = \$800(147 \text{ luminarios}) + \$500(25 \text{ luminarios}) = \$130,100$$

La total resulta en sumar el valor anterior más la cantidad obtenida a partir de la Tabla 5.5, quedando de la siguiente manera:

² Nissan Versa 2018- Vehículo más vendido en México en el 2018 (El economista, 2018)

$$\text{Total de inversión} = \$95,524.14 + \$130,100$$

$$\text{Total de inversión} = \$ 225,612.14$$

Cabe mencionar que los precios fijos estimados de instalación y mano de obra se consideraron diferentes en los dos tipos de luminarias, esto debido a que los luminarios tipo Gamma 1200 S serán instalados en áreas de talleres donde se tiene una altura mayor a 4m, por lo que será necesario el uso de andamios que provoca un cargo extra.

Análisis del Flujo efectivo

La estimación para los años próximos se estableció considerando un incremento anual en la tarifa eléctrica de la inflación promedio que ha tenido México en los últimos 10 años, según información provista por el Banco Mundial (2018). Esta estimación es debido a la incertidumbre en el mercado energético que presenta el cambio en el gobierno federal para los periodos siguientes al 2019.

Por lo anterior, la Figura 5.4 muestra el comportamiento del flujo efectivo, así como el punto en el que se recuperaría la inversión.

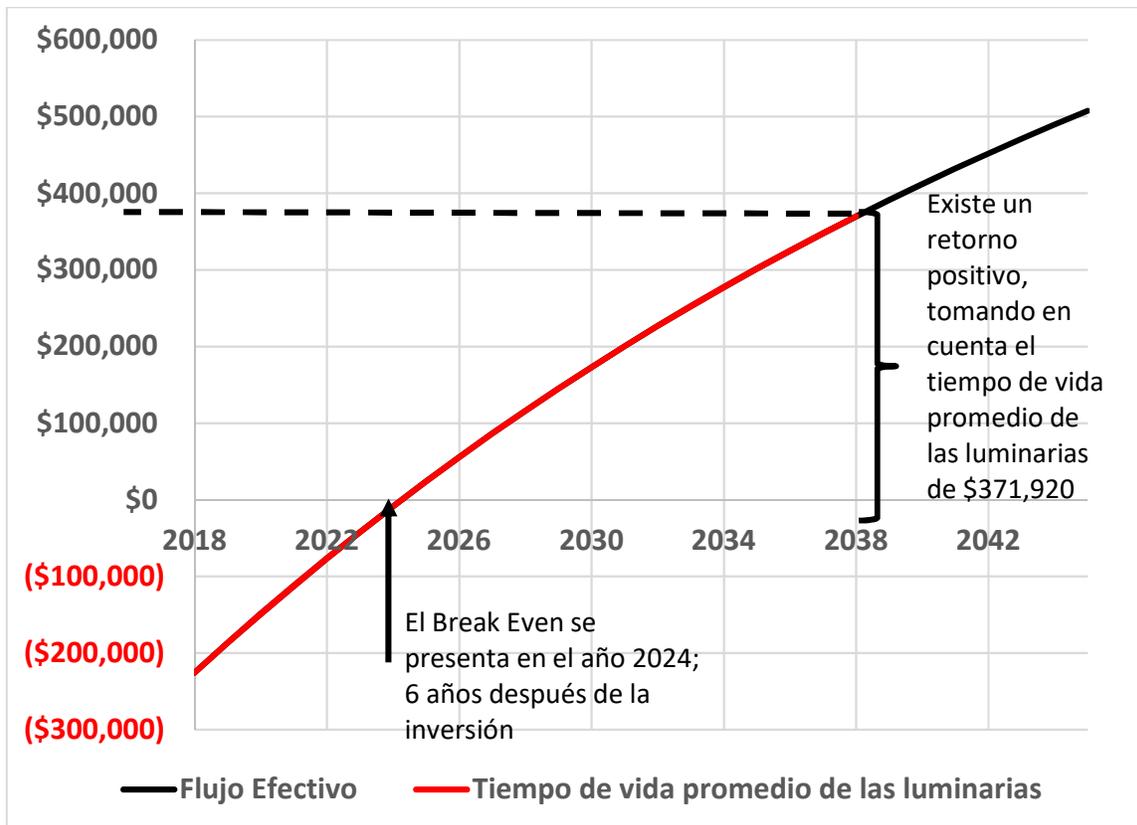


Figura 5. 4 Análisis del flujo efectivo

Tomando en cuenta los ahorros generados por el sistema propuesto respecto al sistema actual, se puede observar que existe un *Break Even* en el año 2025 para la recuperación del capital invertido a una tasa de descuento de 8%.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Uno de los indicadores financieros más confiables para evaluar proyectos de inversión es la Tasa Interna de Retorno (TIR), este indicador es fácil de calcular mediante funciones de Excel y permite tomar decisiones de acuerdo con las siguientes bases:

- Si $TIR > 0$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR = 0$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- Si $TIR < 0$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

La tasa interna de retorno a 20 años, el cual es el periodo promedio de vida de las luminarias es de 13.58%, este valor indica que el proyecto propuesto de iluminación es auto costeable por los ahorros generados del mismo sistema.

Indicadores energéticos del sistema propuesto

El indicador energético establecido para los sistemas de iluminación es la DPEA, para este caso el indicador del edificio es:

$$DPEA = \frac{5,185 [W]}{1,005 [m^2]}$$

$$DPEA = 5.15 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Además, si se considera el consumo de energía eléctrica actual, se puede determinar el siguiente indicador por metro cuadrado de superficie.

$$IEn = \frac{11,730 [kWh]}{1,005 [m^2]}$$

$$IEn = 11.67 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$$

De acuerdo al número total de trabajadores, también se puede determinar el siguiente indicador energético:

$$\frac{\text{Consumo energético}}{\text{No. de trabajadores}} = \frac{11,730 [kWh]}{49 \text{ trabajadores}} = 239 \left[\frac{kWh}{\text{trabajador}} \right]$$

La Tabla 5.6. siguiente muestra la comparación de los indicadores energéticos del sistema actual con el sistema propuesto:

Tabla 4. 5. Comparación de indicadores energéticos

	<i>Sistema actual</i>	<i>Sistema propuesto</i>
[W/m ²]	5.88	5.15
[kWh/m ²]	13.33	11.67
[kWh/trabajador]	273	239

Si bien, no hay mucha diferencia entre los indicadores del sistema actual con el sistema propuesto, El sistema propuesto no solo cumple con la normatividad vigente, sino que resulta ser más eficiente.

5.3. Recomendaciones

Para mantener el mínimo valor permitido establecido para el que se diseña el sistema, es necesario realizar un mantenimiento adecuado del sistema completo

En la Figura 5.5 se observa la evolución que sufre un sistema de alumbrado con el tiempo. Por ejemplo, el porcentaje de iluminación disminuye hasta un 71% los primeros seis meses, si en este momento se limpia el conjunto, al cabo de un año, el porcentaje de iluminación será del 70%. En cambio, si la limpieza se realiza al año, el porcentaje baja hasta el 62% (INDALUX, 2002).

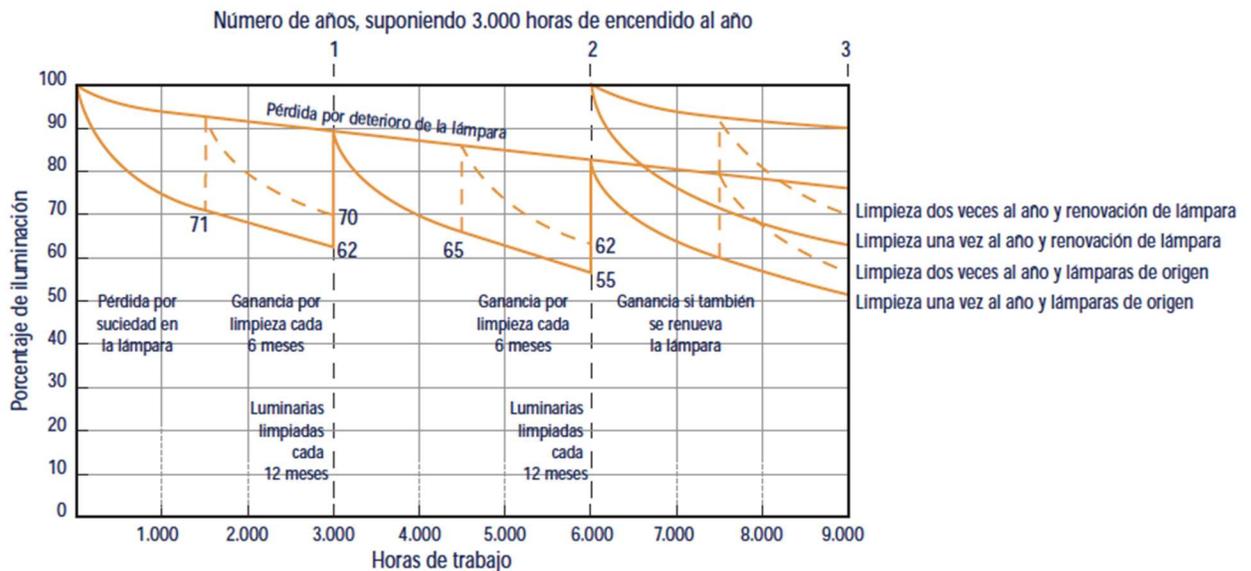


Figura 5. 5. Curvas de depreciación lumínica (INDALUX, 2002)

El plan de mantenimiento preventivo y correctivo incluye:

- Limpieza en el conjunto lámpara-luminario.
- Sustitución de lámparas. Debe hacerse al final de la vida útil indicada por el fabricante, ya que, aunque no hayan fallado, su eficacia habrá disminuido. En grandes instalaciones es aconsejable sustituir las lámparas por grupos en lugar de individualmente para mantener los niveles de iluminación adecuados.
- Revisión periódica del estado de los distintos componentes de la instalación.

Así mismo, se debe tener una gestión del alumbrado, prestando atención a:

- Seguimiento de los planes de mantenimiento (limpiezas, reposiciones de lámparas por grupos, etc.)
- Control de horarios de funcionamiento.
- Control de consumos y costos.
- Seguimiento de la tarificación.

Finalmente, para el aprovechamiento de la luz natural también deben llevarse a cabo buenas prácticas tales como:

- Instalar en paramentos horizontales tragaluces, lucernarios o láminas translucidas en los techos, Instalar en paramentos verticales elementos regulables (persianas y lamas). Todo ello reducirá el consumo eléctrico por alumbrado.
- Realizar una buena distribución de los puestos de trabajo para que reciban luz natural. En caso de sufrir reflejos de la luz del sol en las pantallas, instalar láminas antirreflejantes en las ventanas.
- Pintar las paredes de colores claros que reflejen la luz natural (DGIEM, 2004)

CONCLUSIONES

El sistema actual de alumbrado de la PyME analizada se encuentra integrada por una amplia variedad de luminarios, los cuales se distribuyen en las diferentes áreas productivas de la empresa; se tienen, entre otras, lámparas fluorescentes T8 de diferentes potencias; que actualmente ya no se consideran la mejor opción tecnológica en ahorro de energía y lámparas T12 que incluso ya se consideran obsoletas. Esto conlleva a un consumo anual de 13,405 [kWh/año] con un costo estimado a partir del costo integrado de \$40,365.44 M.N.

En lo que respecta al desempeño energético, el sistema de iluminación cumple mayoritariamente con las áreas de la empresa de acuerdo con la NOM-007-ENER-2014. Sin embargo, tomando en cuenta los niveles de iluminación recomendados por la NOM-025-STPS, no se cumplen los requerimientos mínimos, debido a que en la mayoría de las áreas de trabajo existen deficiencias, se explica el hecho de que la DPEA está muy por debajo del recomendado por la normatividad.

De los 14 recintos en que se dividió el área total de esta empresa, sólo 4 de ellas cumplen con los niveles mínimos de iluminación por tipo de área indicados en la NOM-025-STPS-2008. El resto de las áreas se encuentran entre un 25% a un 69% por debajo del mínimo requerido por la norma.

Para corregir lo anterior y evitar accidentes laborales por no tener las condiciones óptimas de iluminación, se propuso una alternativa con tecnología LED que mostró un consumo total de 11,730 [kWh/año] lo que representa un 54.35% ahorrado comparado con el sistema base o de referencia.

La inversión total de esta propuesta se estimó en un total de \$222,879.83 MNX, con lo cual, es necesario que pasen 6 años para poder recuperar la inversión con los ahorros energéticos que proveería de este sistema. Así mismo, resultó en un Tasa Interna de Retorno a 20 años (tiempo en que se tendrán que sustituir las primeras lámparas) de 13.58%, por lo que el proyecto resulta ser auto costeable con una Relación Beneficio Costo de 2.64.

Finalmente, en términos ambientales, las emisiones de gases efecto invernadero que pudieran evitarse por la implementación de esta propuesta serían de hasta 8,127 kilogramos de bióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) anualmente. Lo que representaría a recorrer 53,827 km recorridos en ciudad en un vehículo compacto promedio que recorre 18,000 km anuales.

Entre los beneficios futuros que se pueden lograr en este proyecto son el mejoramiento de los niveles de iluminación, ya que se contará con la totalidad del sistema en buen estado; un ambiente de trabajo más agradable tanto en las naves como en las oficinas y con esto, asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminación marcados por la norma evitando la posibilidad de accidentes y multas por parte de la STPS por incumplimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrigoni, A. Pasjalidis, D. Menduburu, D. y Dutt, G. 2006. Manual de Iluminación Eficiente. Editado por Universidad Tecnológica Nacional. Pág.14-15. Buenos Aires, Argentina.

BM. 2018. Inflación, precios al consumidor (% anual). Publicación del Banco de México.

Caminos, J. 2011. Criterios de diseño en iluminación y color. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.

Colomer, R. 2011. Estudio y diseño del sistema de iluminación de un centro de uso general. Proyecto Fin de carrera de Ingeniería Industrial. Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, España.

CONUEE. 2016a. Pequeñas y medianas empresas. Publicación de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. Ciudad de México, México.

CONUEE. 2016b. Guía de Iluminación Eficiente en Comercios. Publicación de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. Ciudad de México, México.

CONUEE. 2018. Propuesta de instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México. Anexo VI - Identificación de medidas de eficiencia energética para la Hoja de Ruta. Publicación de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. Ciudad de México, México

COMPITE. 2015. Iluminación -Tutorial para el trabajo en campo. Publicación del Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica. Ciudad de México, México.

Danel, K. 2015. Sistemas de gestión de energía para pequeñas empresas. Publicación de Constructor Eléctrico. Ciudad de México, México.

DGIEM. 2004. Guía técnica de iluminación eficiente. Publicación de la Dirección General de Industria, Energía y Minas. Madrid, España.

DOF. 2008. NOM-025-STPS-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Publicación del Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.

DOF. 2014. NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Publicación del Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.

DOF. 2016. NOM-030-ENER-2016. Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba. Publicación del Diario Oficial de la Federación. CDMX, México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El Economista. 2018. Autos más vendidos en México, enero-marzo 2018. Publicación de

García, J. y Boix, O. s.f. Lámparas y luminarias. Publicado por la Universidad Politécnica de Cataluña.

Garza, R., González, C., Pérez, I. Rodríguez, I. 2010. Selección de lámparas y luminarias. Un problema multicriterio. Publicación de la Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura (CCIA).

INDALUX. 2002. Luminotecnia. Publicación de Indalux Iluminación Técnica. Pp. 155-156. Valladolid, España.

Iluminet. 2011. 9 ventajas de la tecnología LED. Publicación de Iluminet, Revista de iluminación on line.

INECC. 2014. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. Publicación del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Ciudad de México, México.

INEGI. 2016. Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE). Boletín de prensa Núm. 285/16. Publicación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags., México.

INSHT. 2015. Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamientos de los puestos. Publicación del Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, Torrelaguna, Madrid, España.

MEF. 2010. Instructivo para la Formulación de Indicadores de Desempeño. Publicación del Ministerio de Economía y Finanzas. Lima, Perú.

Mier, E., Jiménez, M., y Viveros, A. 2007. Análisis comparativo entre un sistema de iluminación convencional y uno utilizando tecnología de LEDS, aplicado a interiores. Tesis de Ingeniería Eléctrica. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Instituto Politécnico Nacional. Zacatenco, CDMX, México.

Niebel, B. y Freivalds A. 2004. Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. 11 ed. México: editorial Alfaomega. Pp. 238-240.

Rodríguez, J.A., Llano, C. 2012. Guía para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando Dialux. Proyecto de Grado de Tecnología en Electricidad. Facultad de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda, Colombia.

Rodríguez, R. Desarrollo de un plan estratégico de ahorro y uso eficiente de la energía para el centro de enseñanza para extranjeros, "CEPE". Tesis de Licenciatura de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, CDMX, México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ruiz, E. 2010. Automatización del sistema de iluminación de la Torre de Ingeniería. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Cd. de México., México.

SEMARNAT. 2012. Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME. Publicación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México.

SUPRA. 2017. Ventajas de iluminación industrial con lámparas led. Publicación de Supra Desarrollos. Monterrey, México.

UPC. s.f. Curso On-line de iluminación. Publicado por la Universidad Politécnica de Cataluña.

UPME y COLCIENCIAS. s.f. Diagnóstico energético en el sistema de iluminación. Publicado por la Unidad de Planeación Minero-Energética de Colombia y el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología.

I. Niveles de iluminación

<i>Área de trabajo</i>	<i>Tipo de área</i>	<i>Nivel de iluminación promedio [lx]</i>	<i>Nivel mínimo de iluminación NOM-025-STPS-2008</i>	<i>Cumplimiento con la NOM-025-STPS-2008</i>
Almacén	Almacenamiento rudo	150	200	No, 25% abajo
Área de Abombado	Talleres de precisión	349.33	500	No, 30% abajo
Área de Pailería	Talleres de precisión	155.83	500	No, 69% abajo
Área de Pulido	Talleres de precisión	153.5	500	No, 69% abajo
Área de acabados	Talleres de precisión	158.11	500	No, 68% abajo
Bahía de descarga	Cuartos de almacén	69	100	No, 31% abajo
Pasillo entrada	Pasillos de poco movimiento	153	50	Sí
Recepción Gerencia Administrativa	Recepción	132.5	200	No, 34% abajo
Dirección	Oficina	225	300	No, 25% abajo
Área de Ingeniería	Oficina	173.2	300	No, 42% abajo
Área de ventas, calidad y compras	Oficina	302.2	300	Sí
Sala de juntas	Oficina	132.5	300	No, 52% abajo
Pasillo central oficinas	Pasillos de poco movimiento	126.8	300	No, 58% abajo
		144	50	Sí

II. Factores de reflexión en paredes y áreas de trabajo

<i>Área de trabajo</i>	<i>Tipo de área</i>	<i>Nivel de reflexión en paredes, kf [%]</i>	<i>Nivel de reflexión en el puesto de trabajo, kf [%]</i>
Almacén	Almacenamiento rudo	53	33
Área de Abombado	Talleres de precisión	58	16
Área de Pailería	Talleres de precisión	33	15

Área de Pulido	Talleres de precisión	30	50
Área de acabados	Talleres de precisión	57	12
Bahía de descarga	Cuartos de almacén	30	50
Pasillo entrada	Pasillos de poco movimiento	30	50
Recepción	Recepción	16	60
Gerencia	Oficina	15	12
Administrativa	Oficina	77	16
Dirección	Oficina	73	12
Área de Ingeniería	Oficina	74	14
Área de ventas, calidad y compras	Oficina	68	61
Sala de juntas	Oficina	23	24
Pasillo central oficinas	Pasillos de poco movimiento		

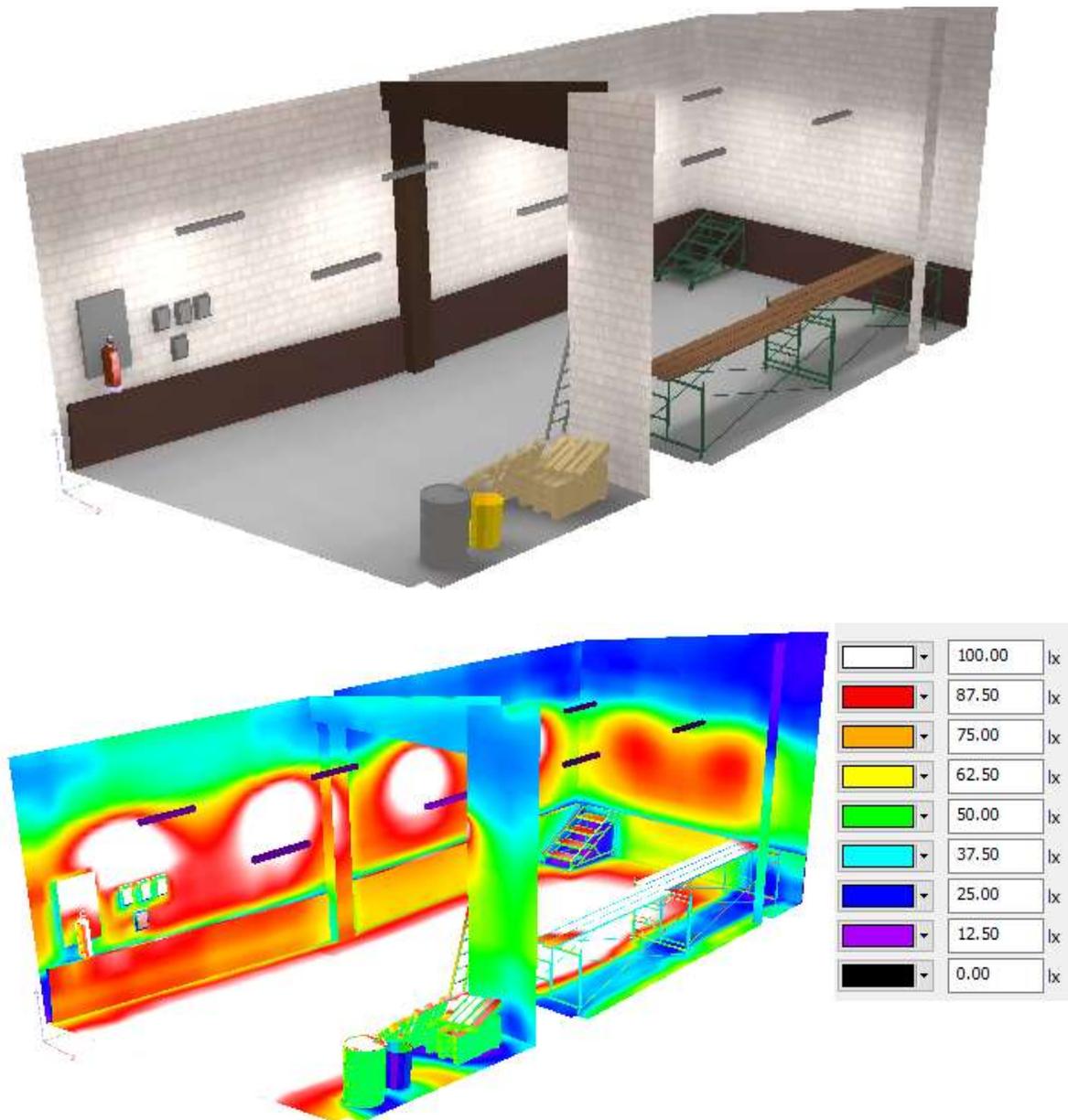
III. Análisis de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado del sistema de iluminación actual

<i>Área de trabajo</i>	<i>Tipo de área</i>	<i>Nivel de DPEA calculado [W/m²]</i>	<i>DPEA recomendado por la NOM-007-ENER-2014</i>	<i>Resultado con la NOM-007-ENER-2014</i>
Almacén	Bodegas	4.90		ACEPTABLE
Área de Abombado	Talleres	6.61	13.89	ACEPTABLE
Área de Pailería	Talleres	4.26	13.89	ACEPTABLE
Área de Pulido	Talleres	8.00	13.89	ACEPTABLE
Área de acabados	Talleres	5.54	13.89	ACEPTABLE
Bahía de descarga	Bodegas	1.20	6.78	ACEPTABLE
Pasillo entrada	Pasillos	4.25	7.1	ACEPTABLE
Recepción	Oficina cerrada	18.83	11.95	Se excede 58%
Gerencia	Oficina cerrada	15.68	11.95	Se excede 31%
Administrativa	Oficina cerrada	15.06	11.95	Se excede 26%
Dirección	Oficina cerrada	15.48	11.95	Se excede 30%
Área de Ingeniería	Oficina cerrada		11.95	
Área de ventas, calidad y compras	Oficina cerrada	4.71	11.95	ACEPTABLE
Sala de juntas	Sala de juntas	5.60	13.24	ACEPTABLE
Baños oficinas	Sanitarios	4.92	10.55	ACEPTABLE

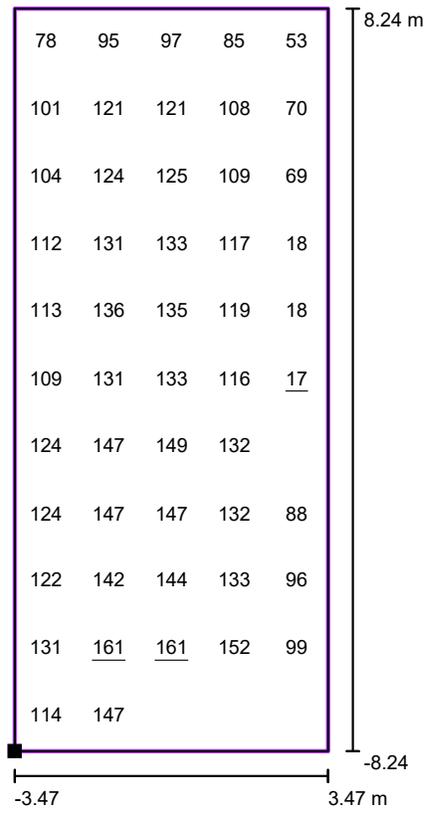
Pasillo central oficinas	Pasillos	21.59	7.1	Se excede 204%
TOTAL		6.64		

IV. Simulaciones en DIALux

Área de descarga / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)

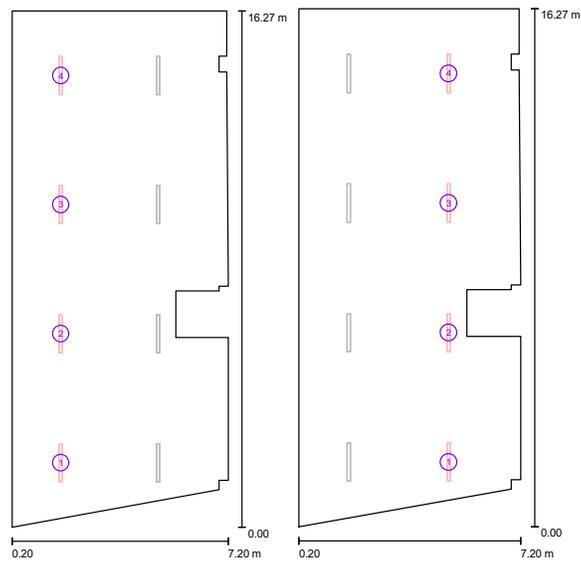


ANEXOS

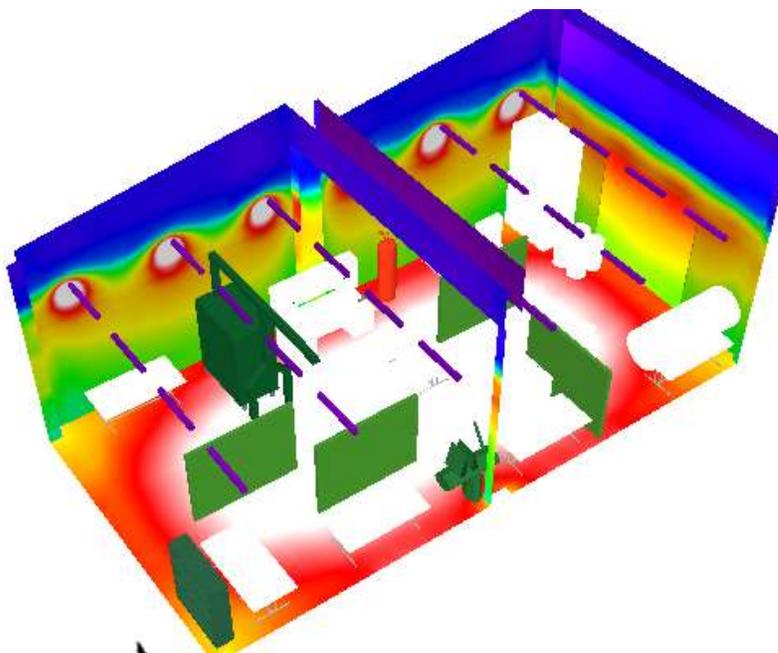


Trama: 51 Puntos

$E_m [Ix]$	$E_{min} [Ix]$	$E_{max} [Ix]$	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
114	17	161	0.15	0.11

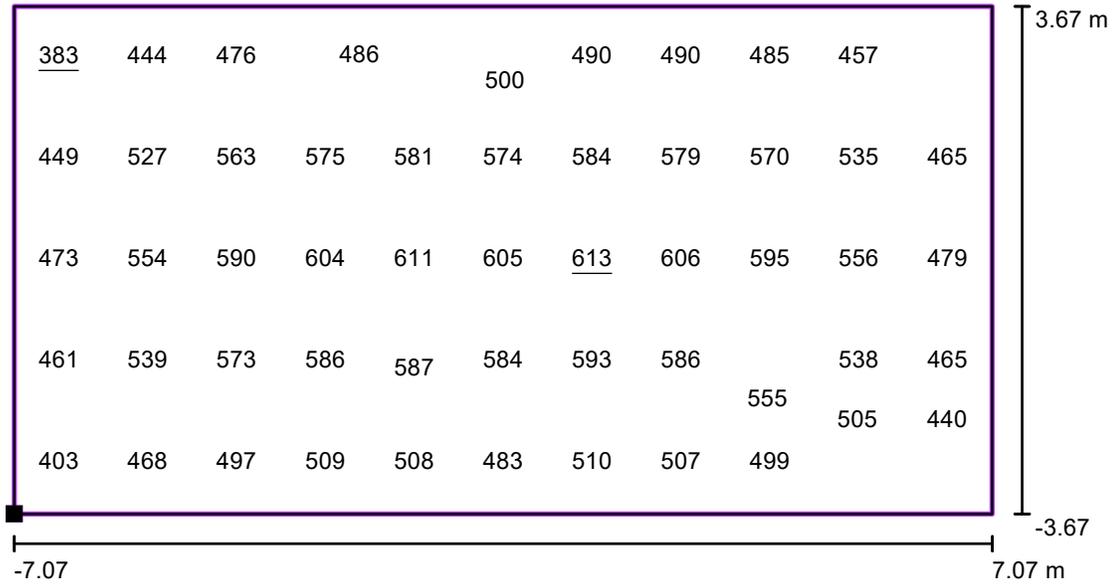


Área de pulido / Trama de cálculo / Gráfico de valores (E, perpendicular)



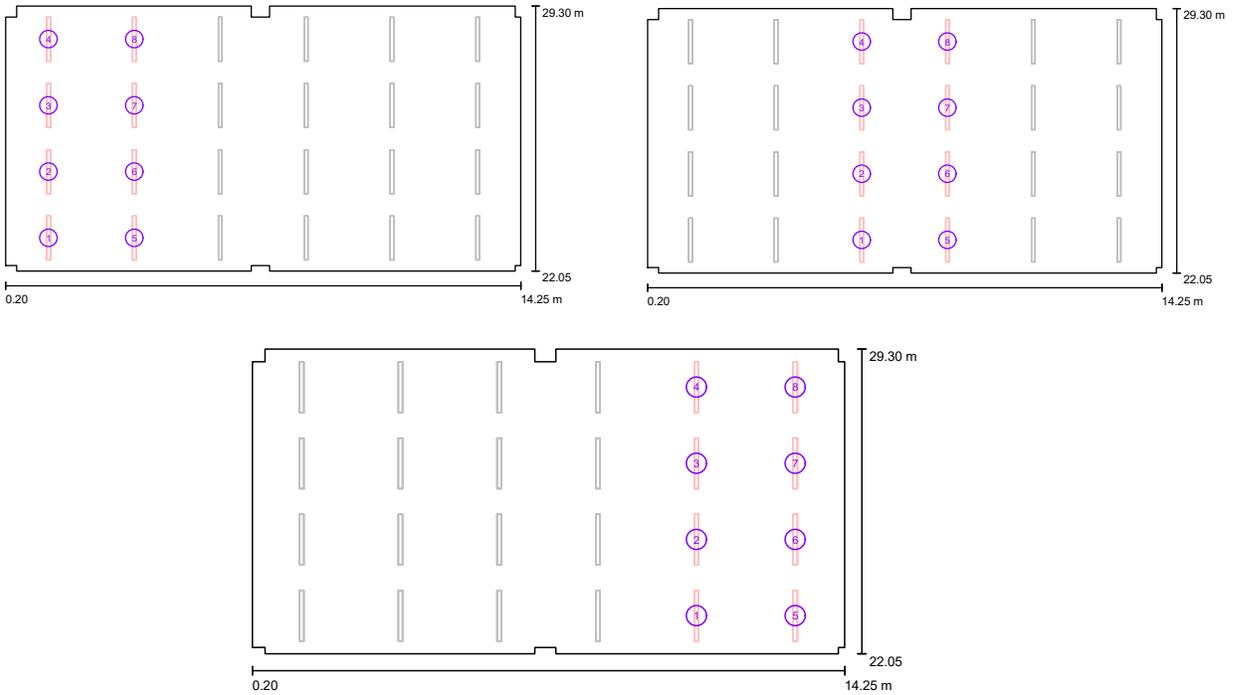
	500.00	lx
	437.50	lx
	375.00	lx
	312.50	lx
	250.00	lx
	187.50	lx
	125.00	lx
	62.50	lx
	0.00	lx

ANEXOS

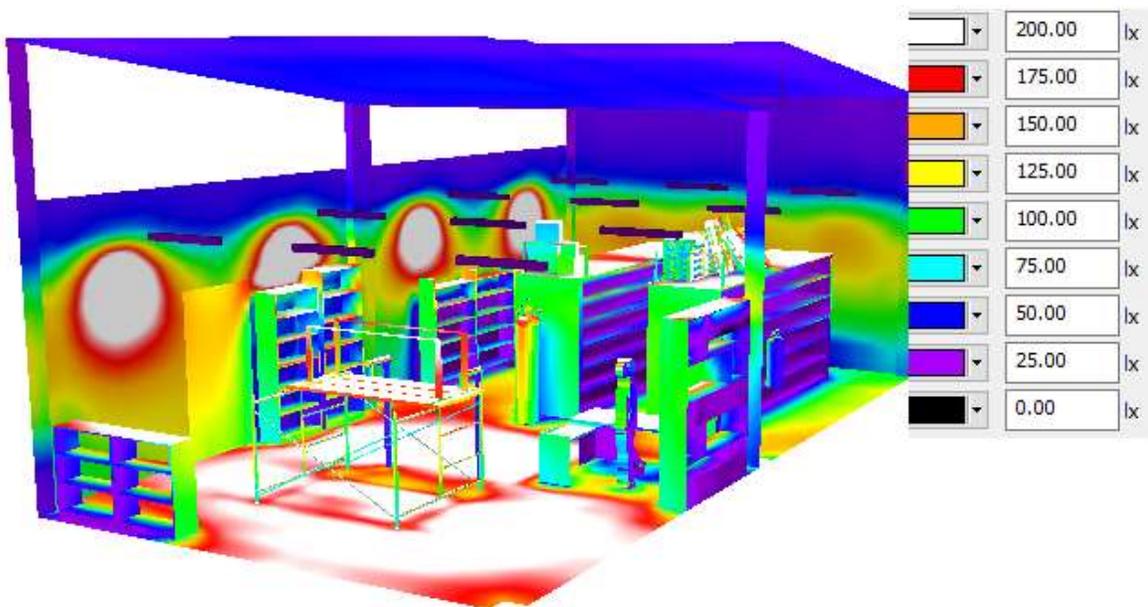


Trama: 54 Puntos

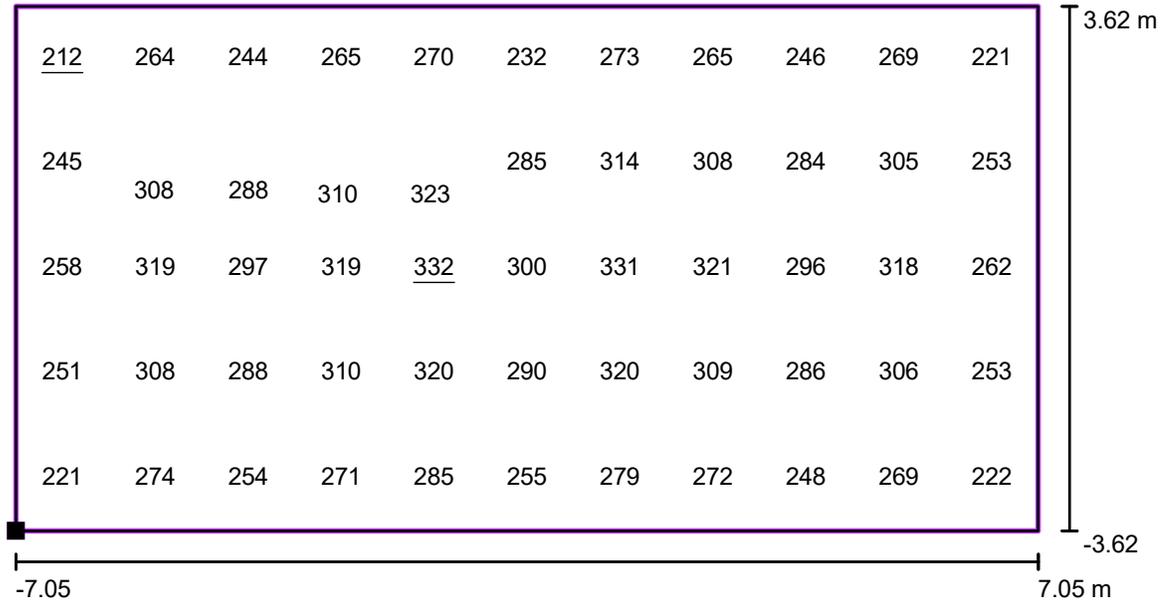
E_m [Ix] 526
 E_{min} [Ix] 383
 E_{max} [Ix] 613
 E_{min} / E_m 0.73
 E_{min} / E_{max} 0.62



Almacén / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)

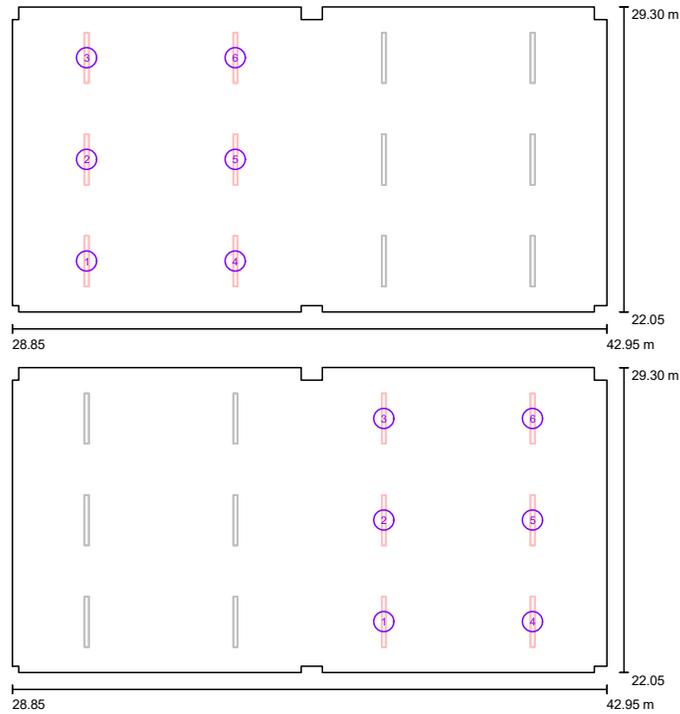


ANEXOS

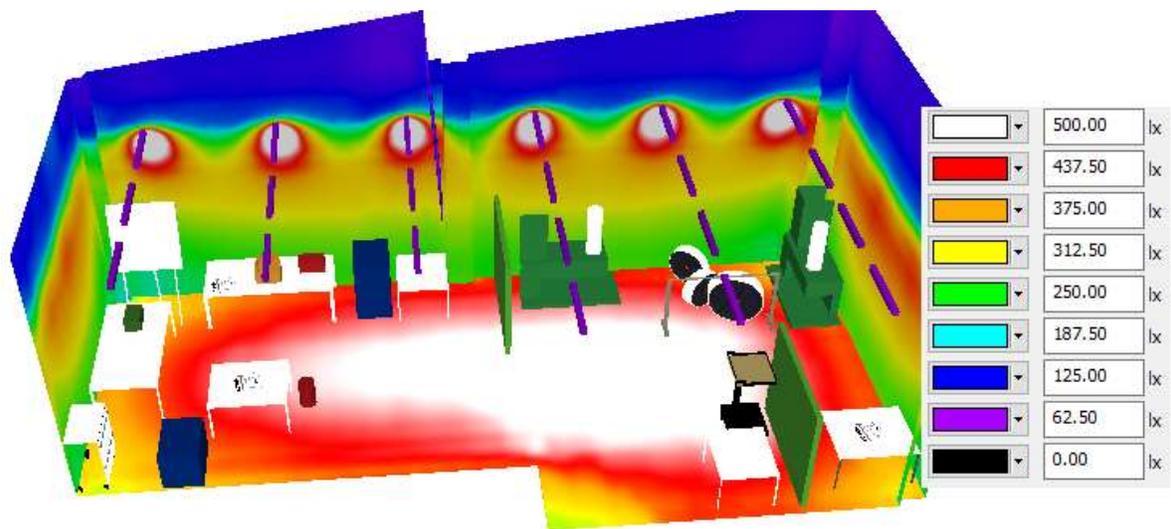


Trama: 55 Puntos

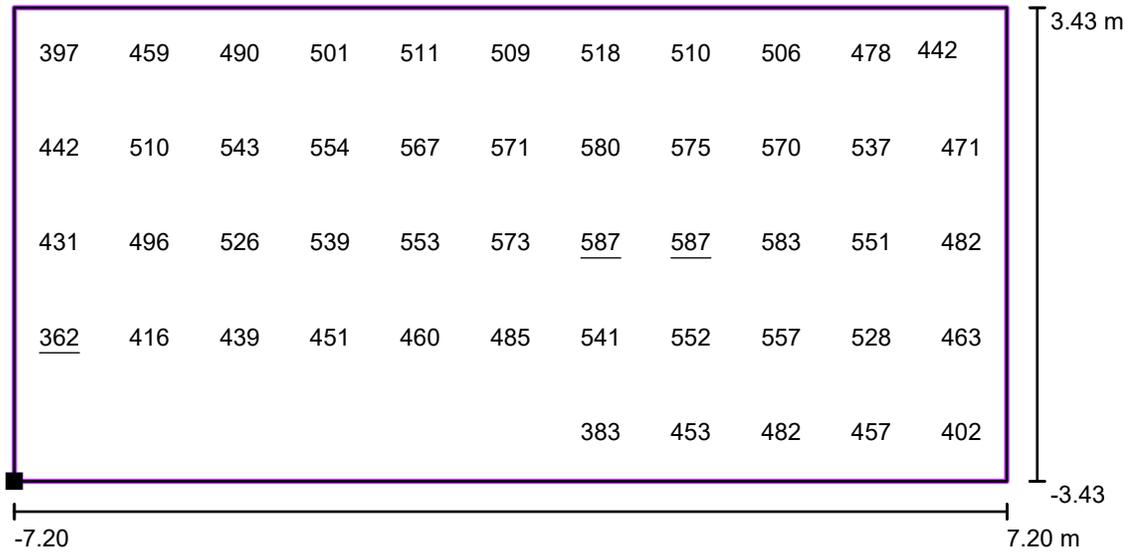
E_m [lx] 280
 E_{min} [lx] 212
 E_{max} [lx] 332
 E_{min} / E_m 0.76
 E_{min} / E_{max} 0.64



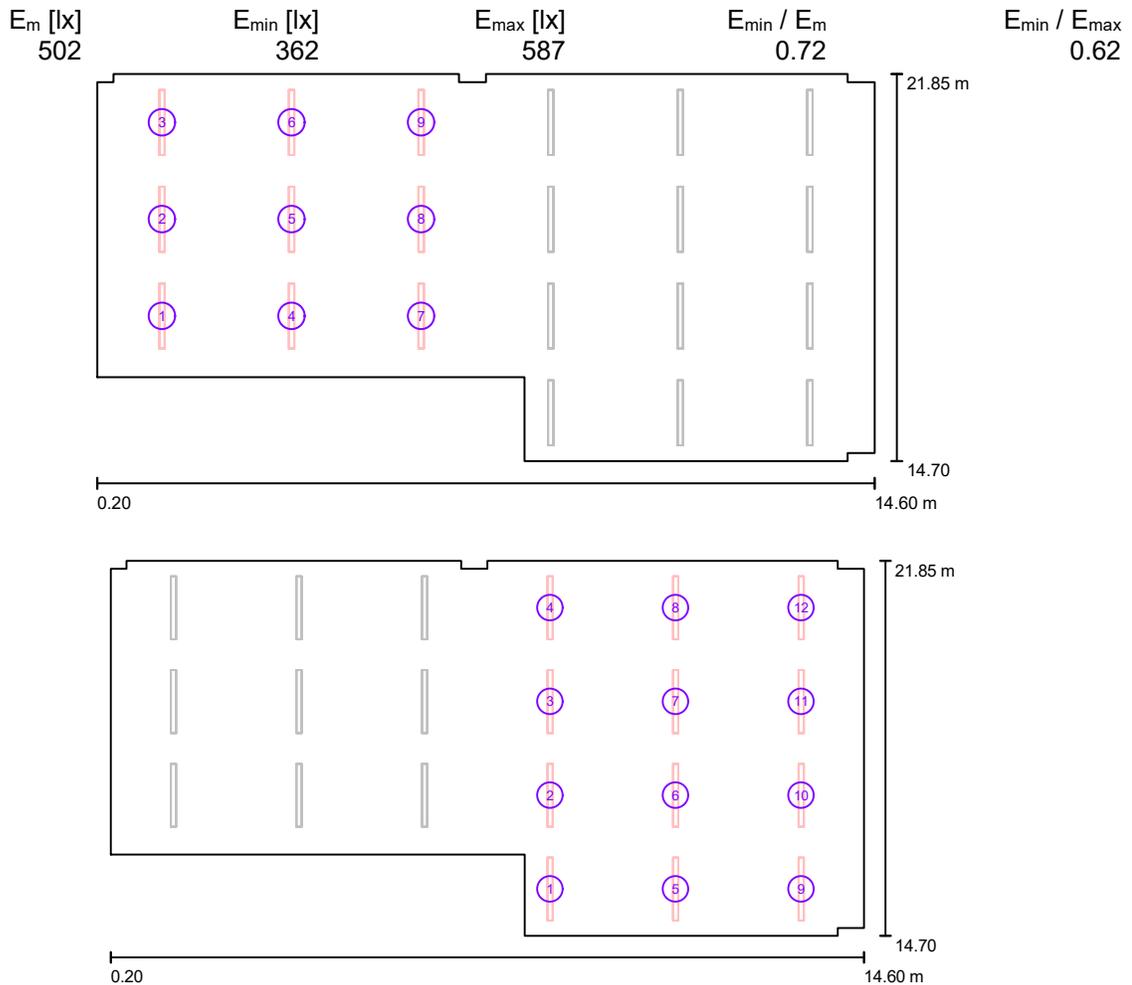
Área de acabados / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



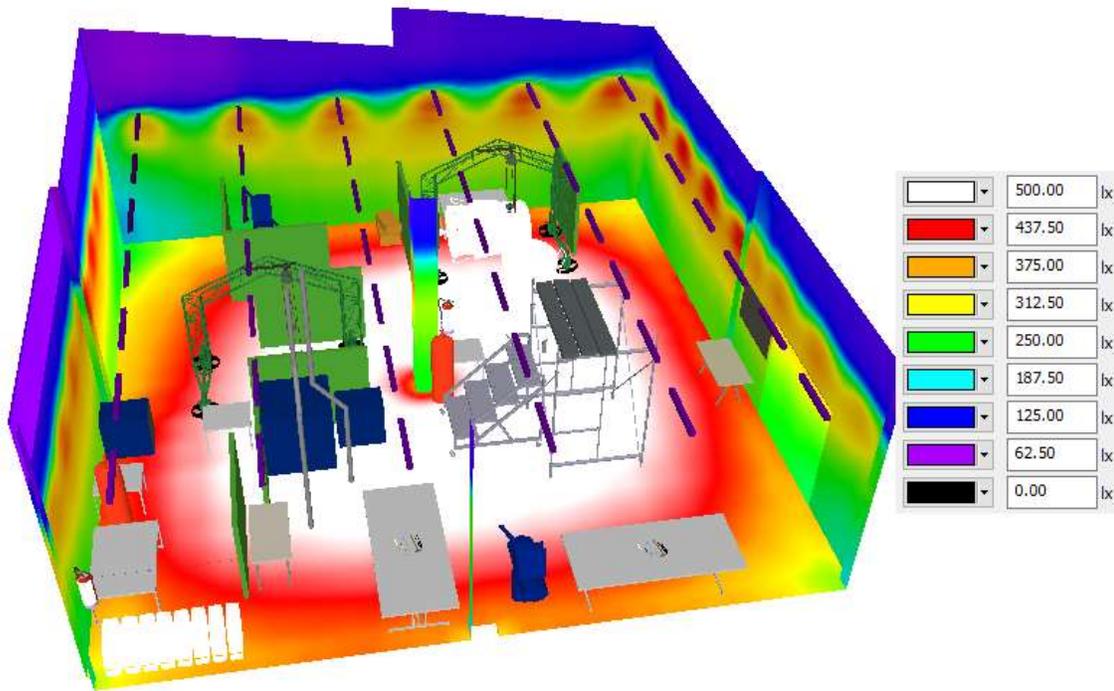
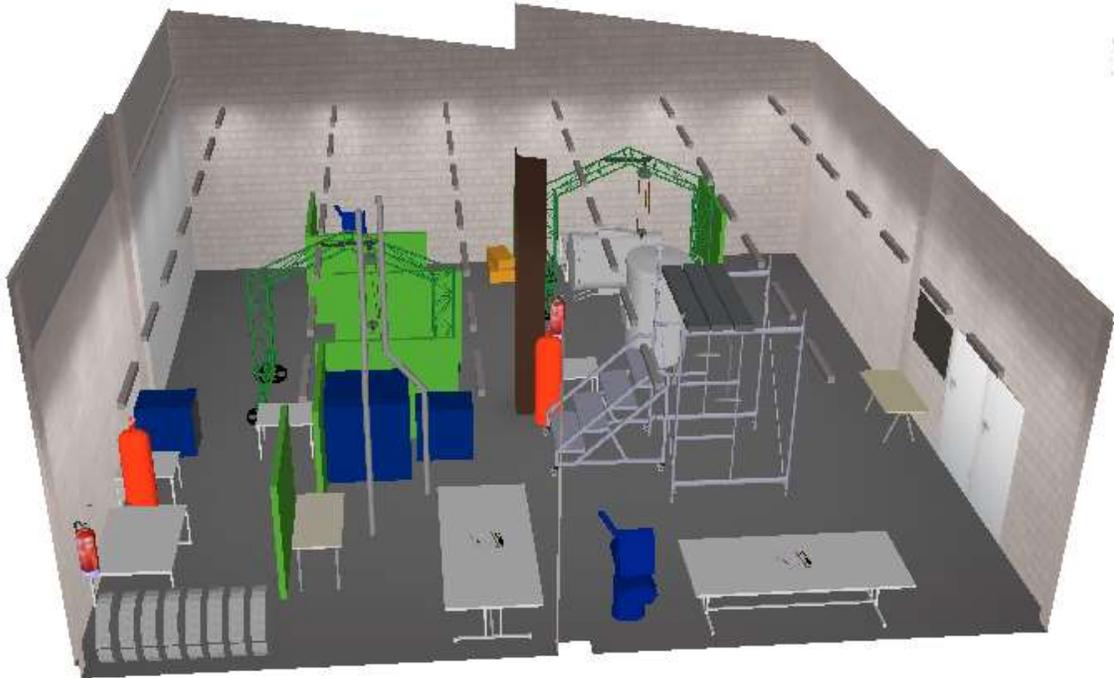
ANEXOS



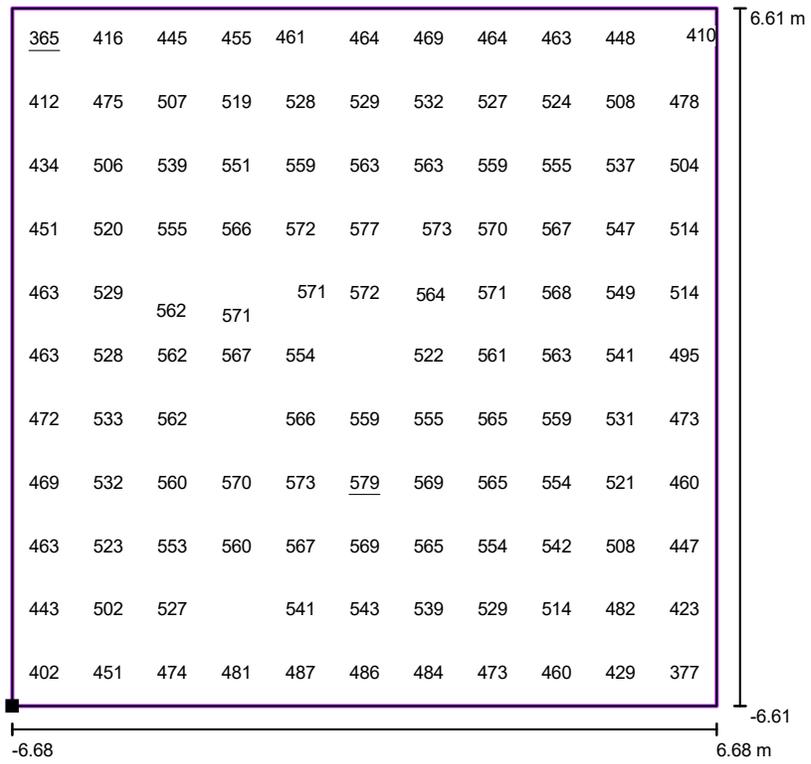
Trama: 49 Puntos



Área de pailería / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



ANEXOS



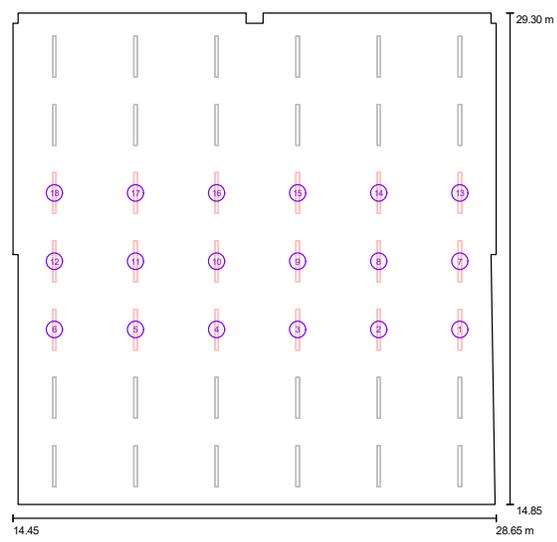
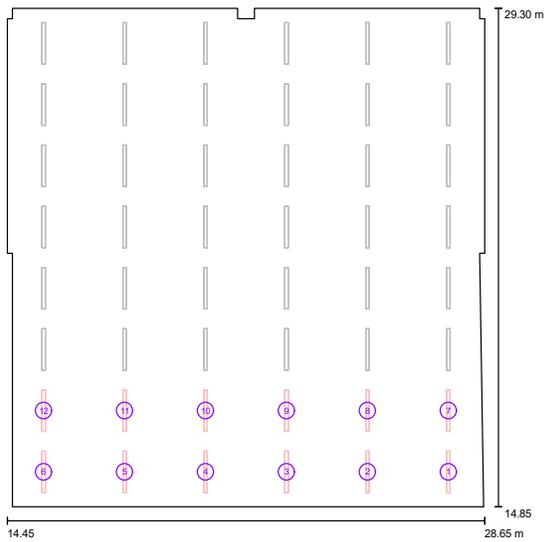
E_m [Ix]
516

E_{min} [Ix]
365

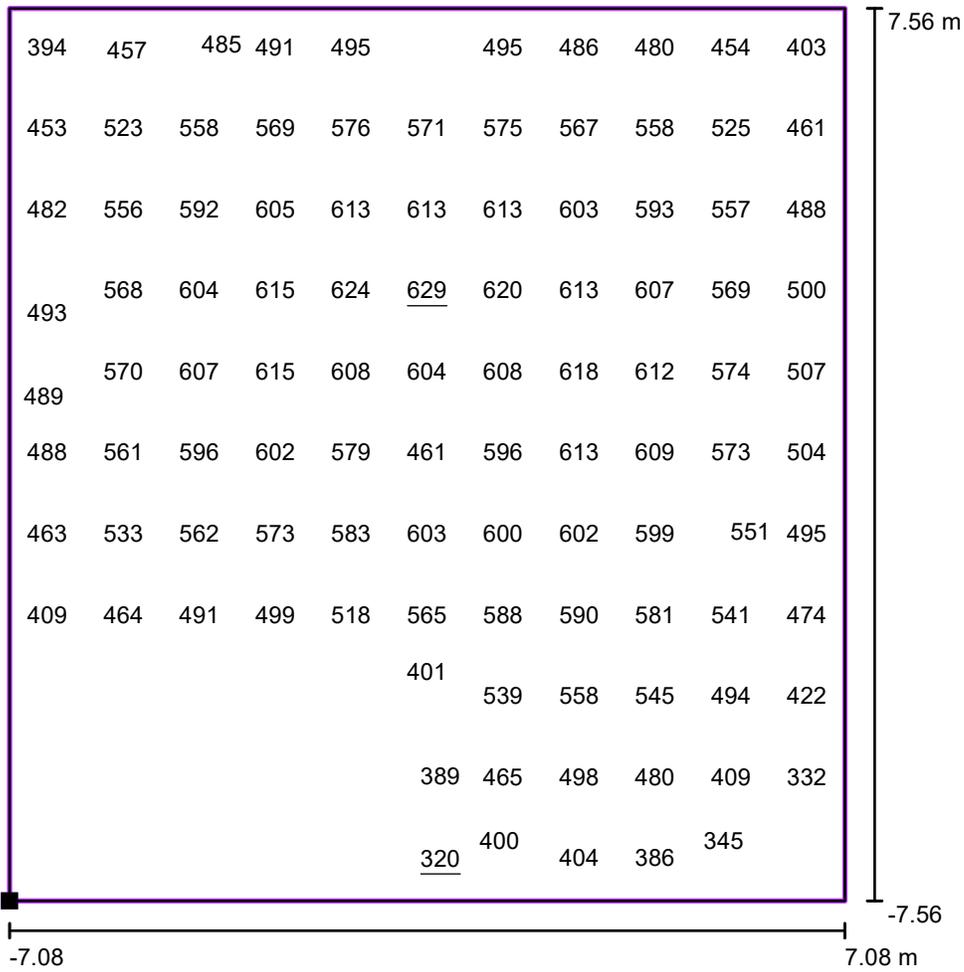
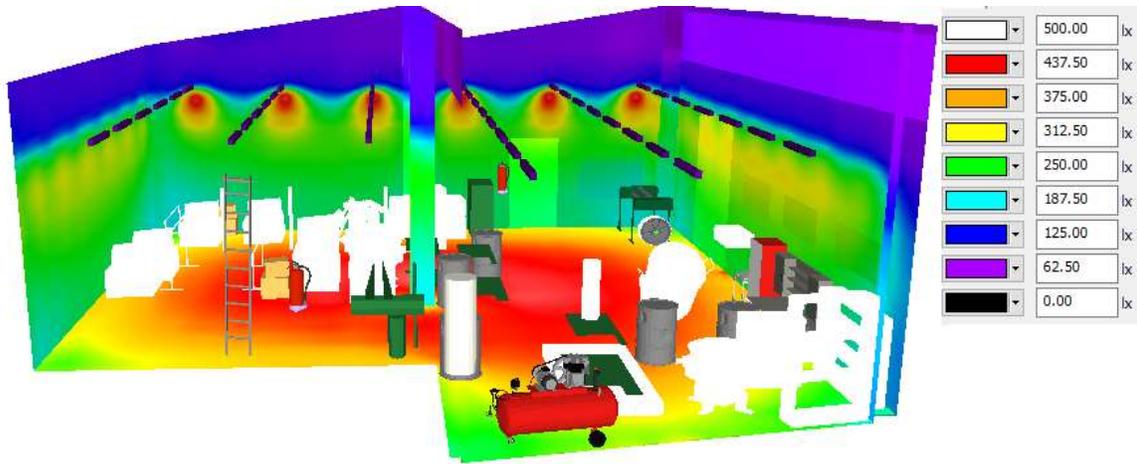
E_{max} [Ix]
579

E_{min} / E_m
0.71

E_{min} / E_{max}
0.63



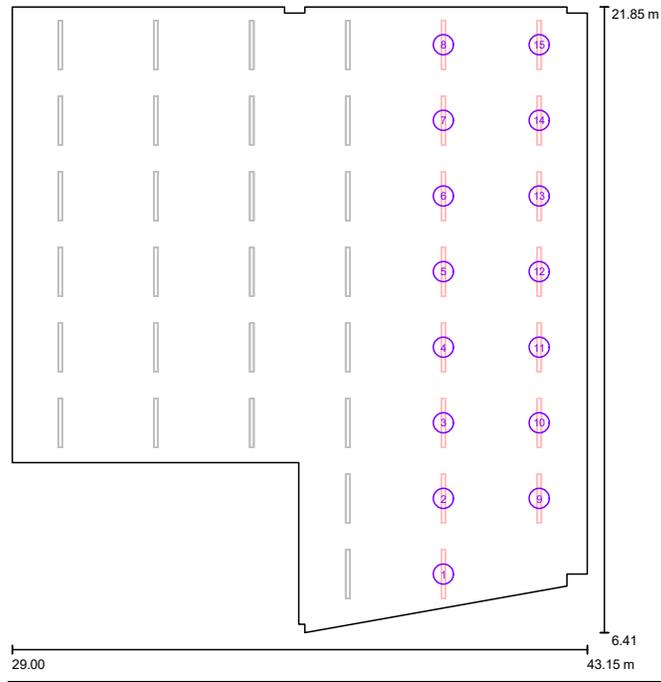
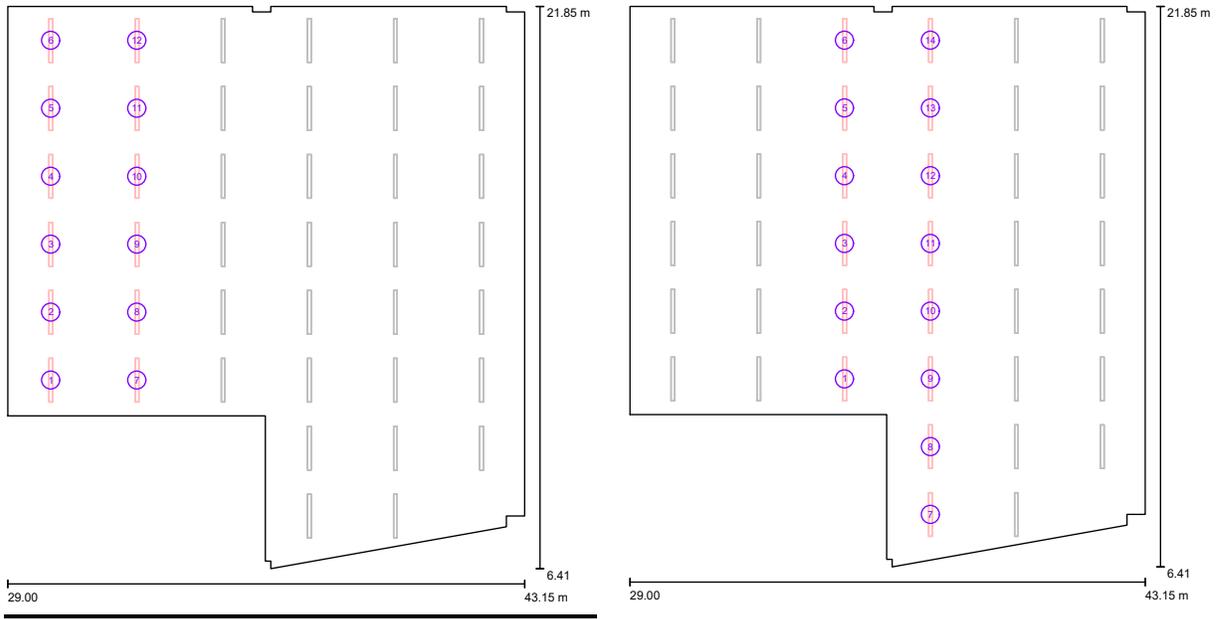
ANEXOS



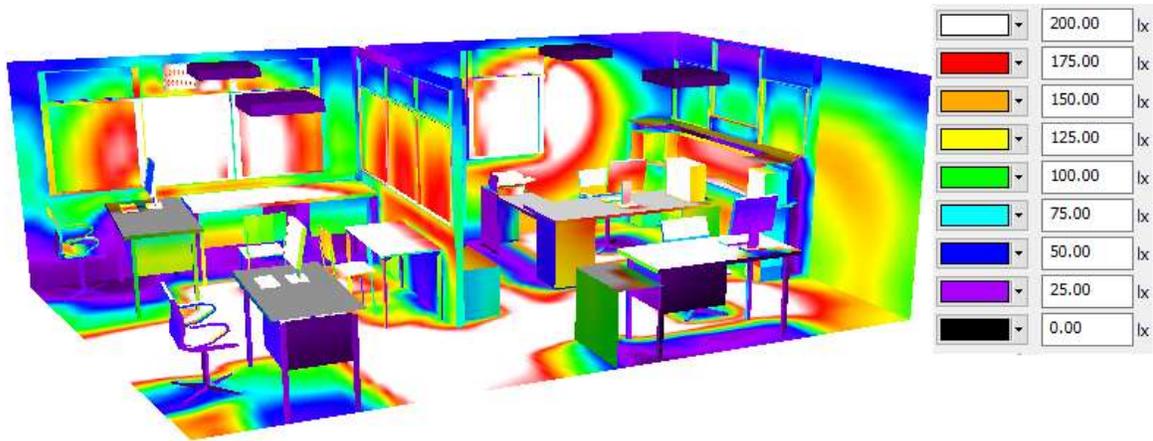
Trama: 104 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
531	320	629	0.60	0.51

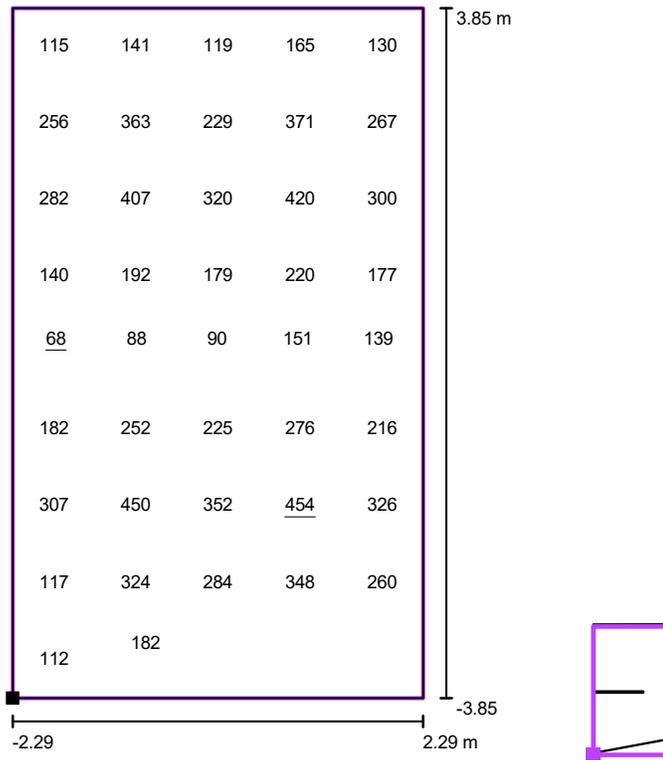
ANEXOS



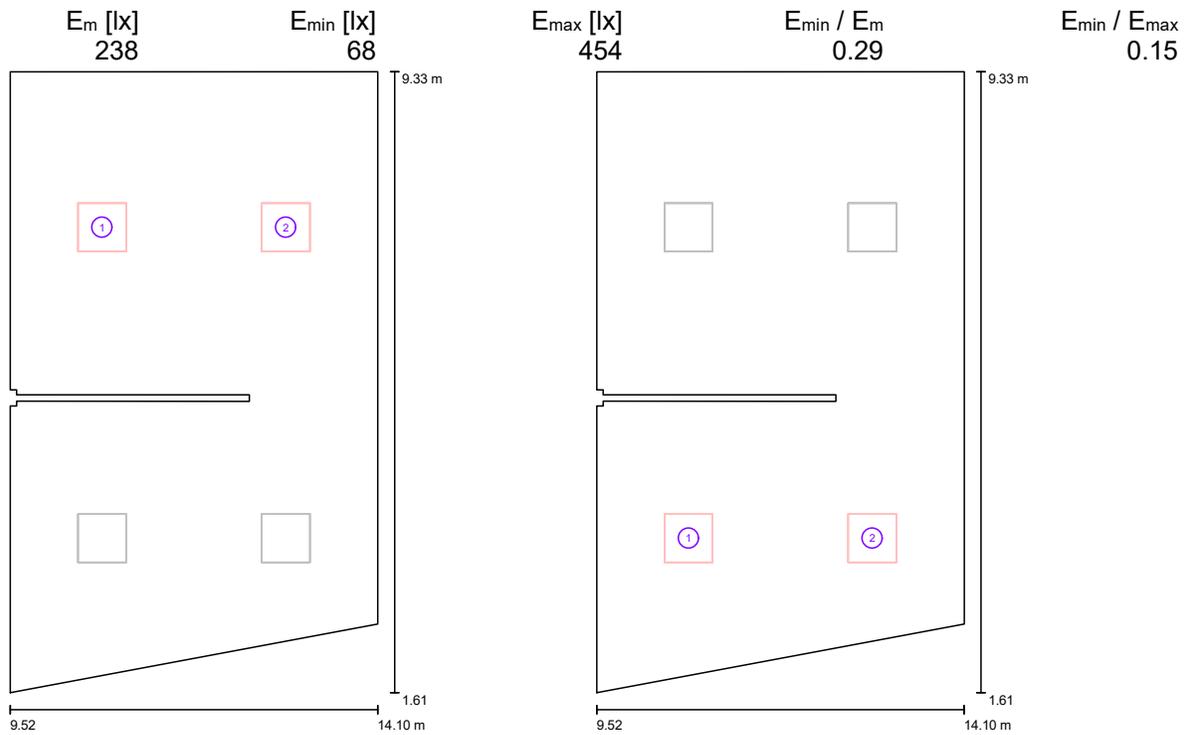
Recepción / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



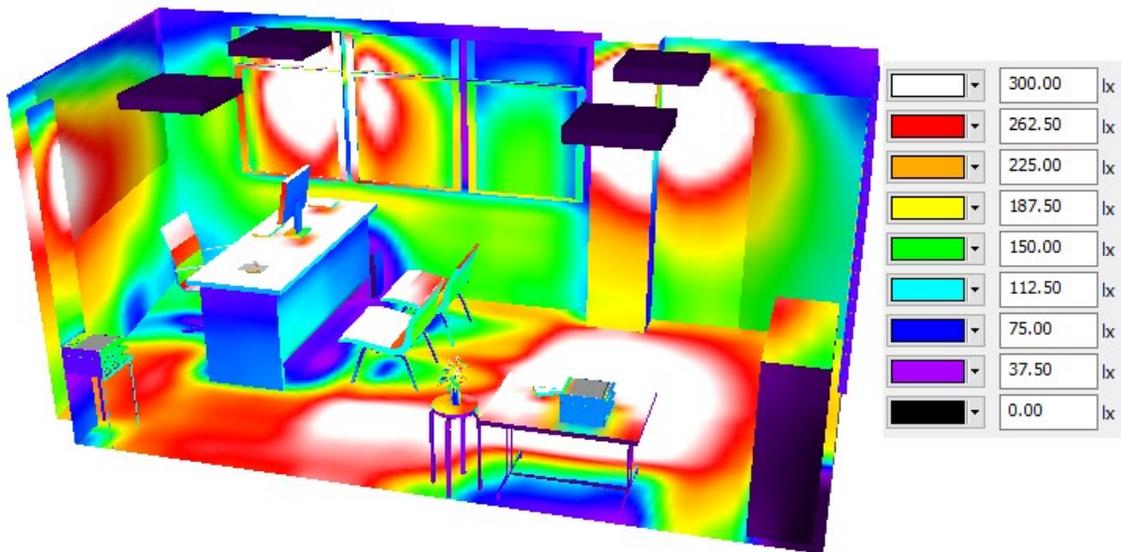
ANEXOS



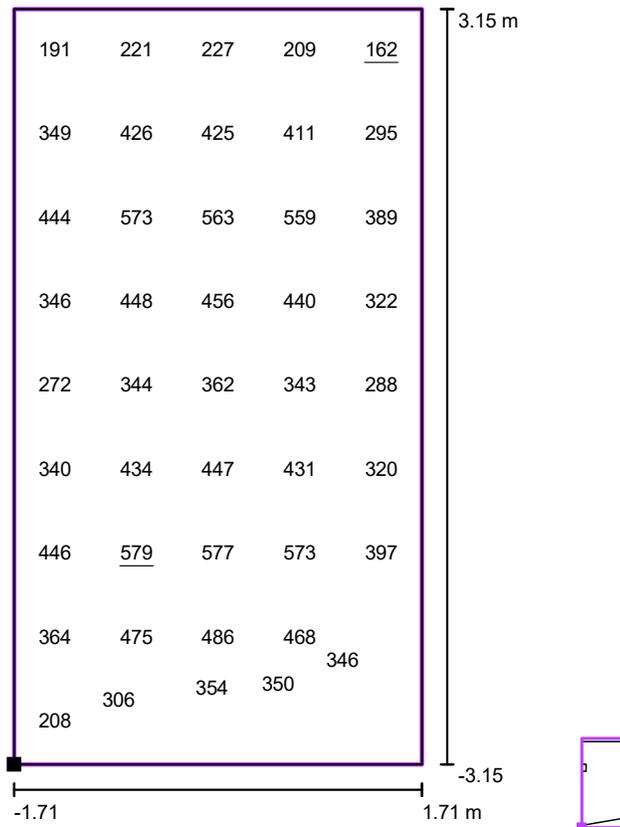
Trama: 42 Puntos



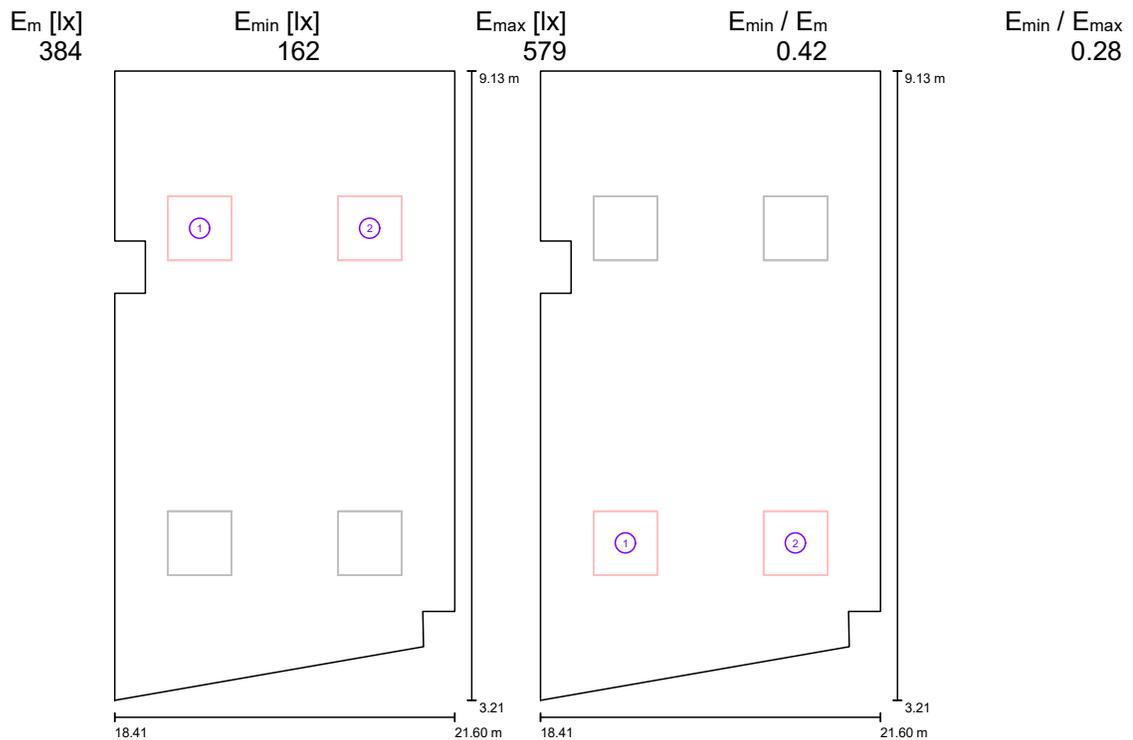
Oficina Dirección / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



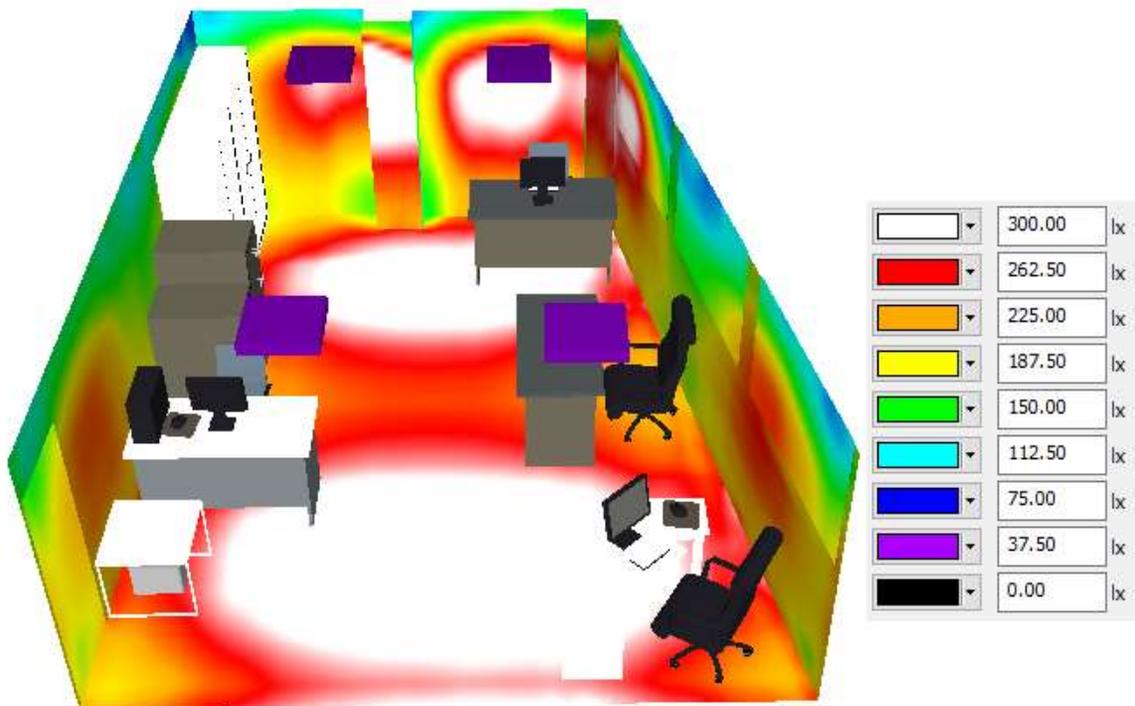
ANEXOS



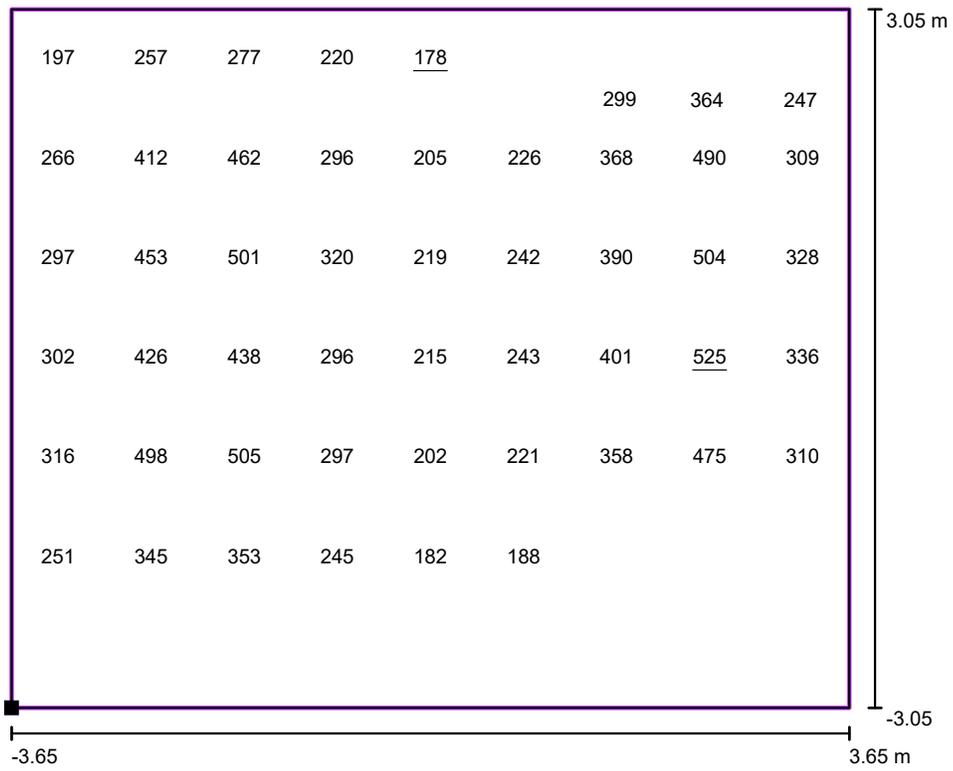
Trama: 45 Puntos



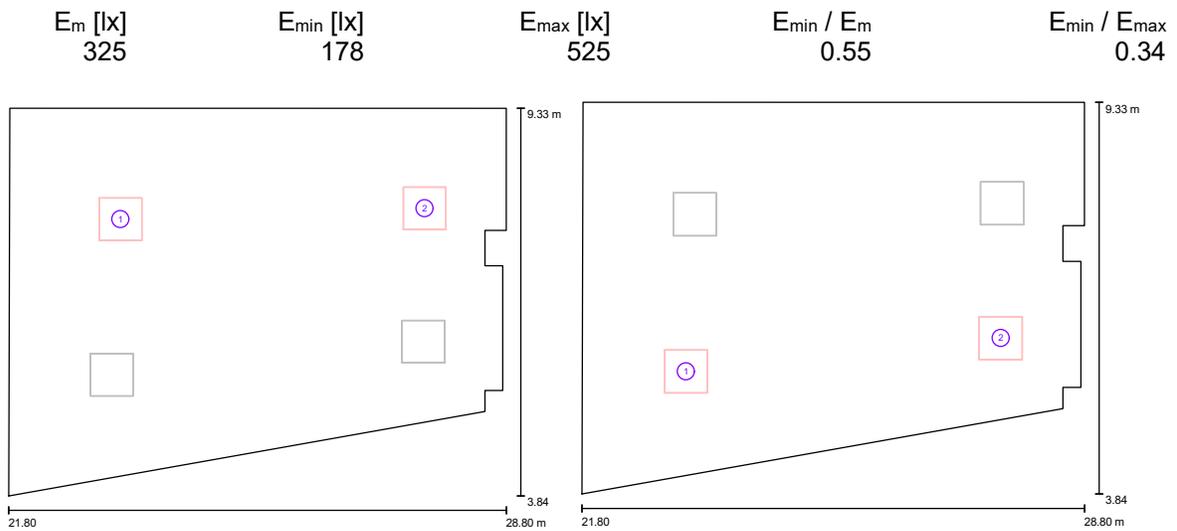
Área de Ingeniería / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



ANEXOS



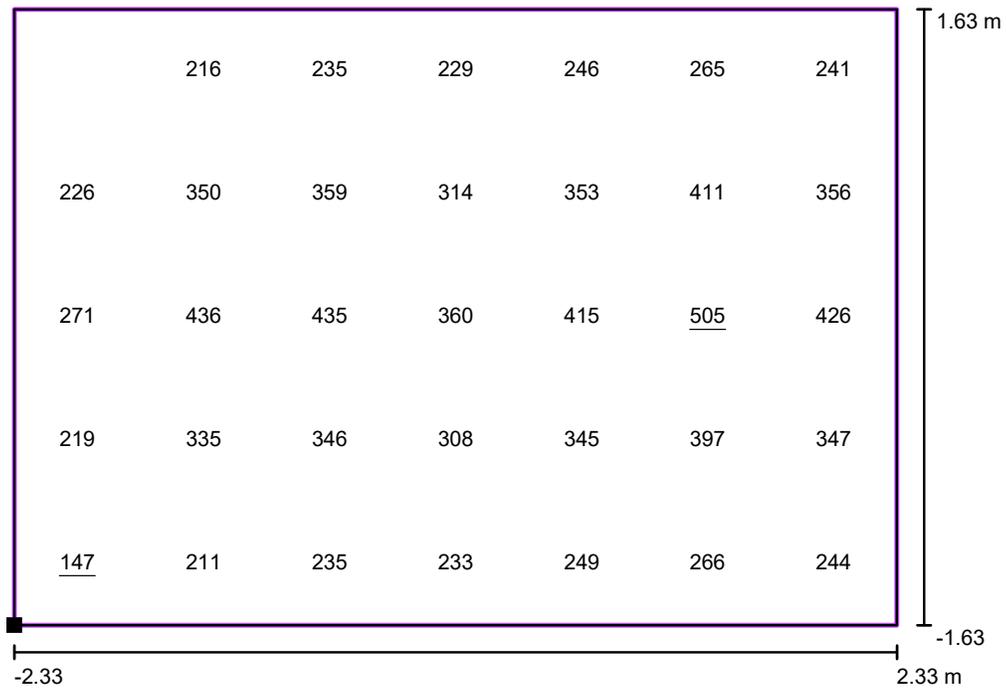
Trama: 50 Puntos



Sala de juntas / Trama de cálculo 2 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



ANEXOS



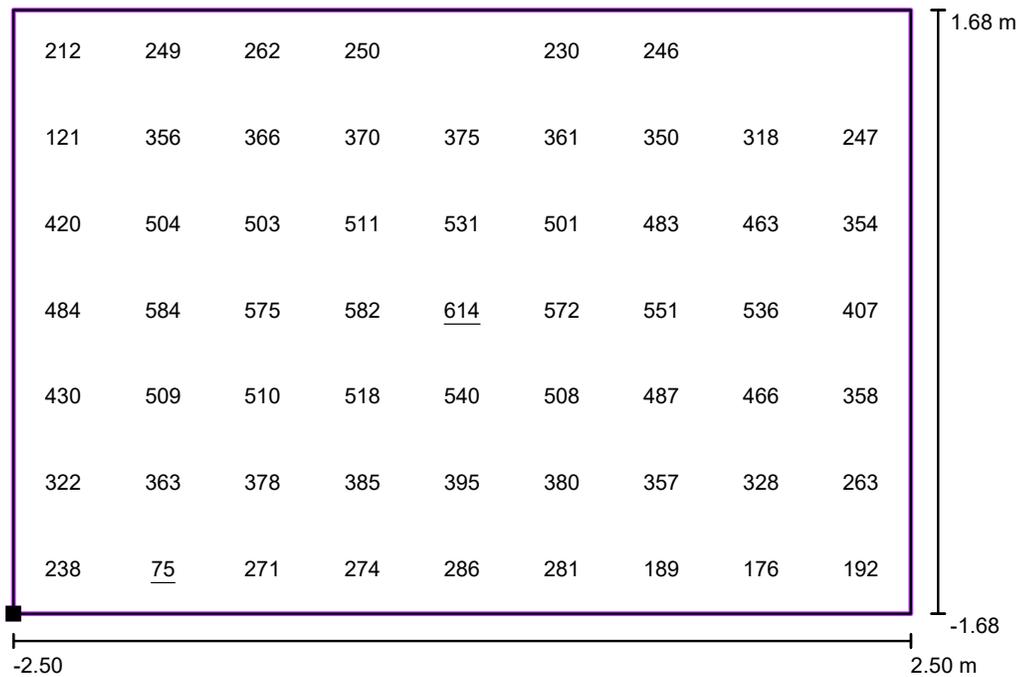
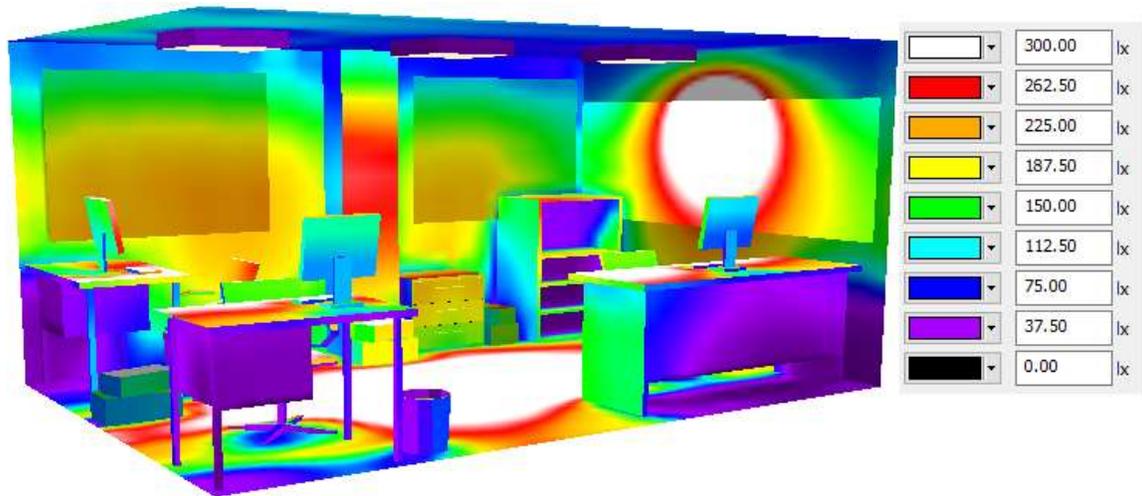
Trama: 34 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
310	147	505	0.47	0.29

Área de Ventas, Calidad y Compras / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



ANEXOS

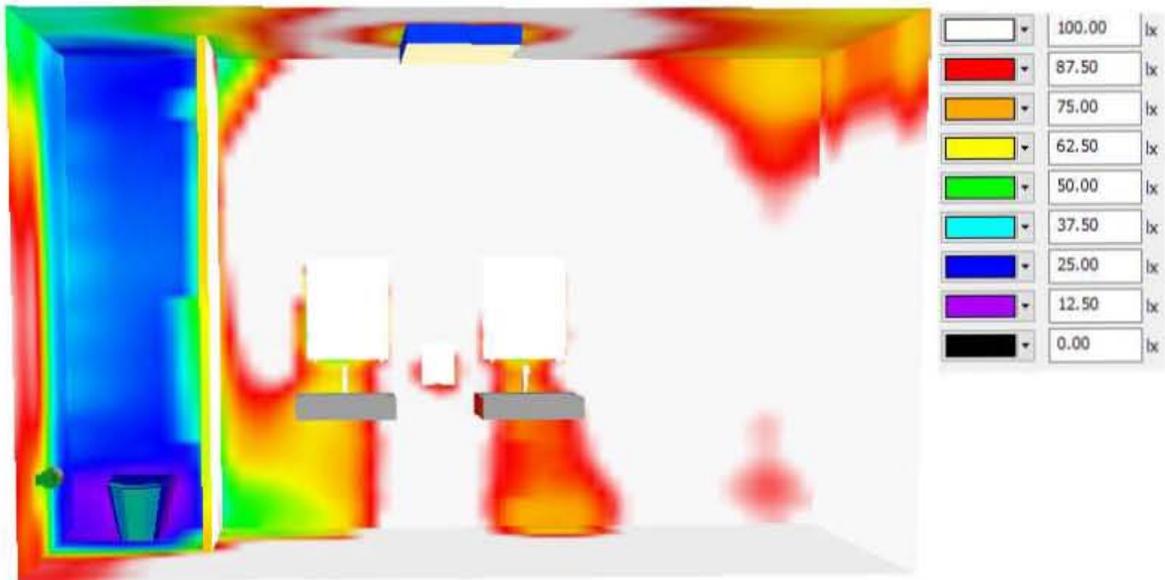


Trama: 60 Puntos

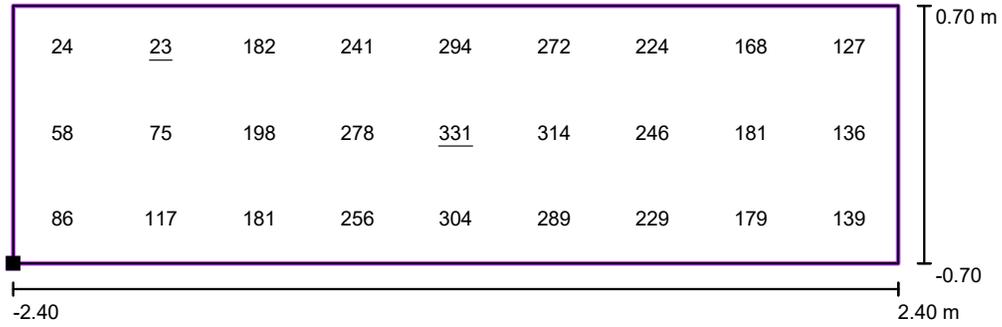
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
383	75	614	0.20	0.12

Baño Mujeres / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)

ANEXOS



ANEXOS



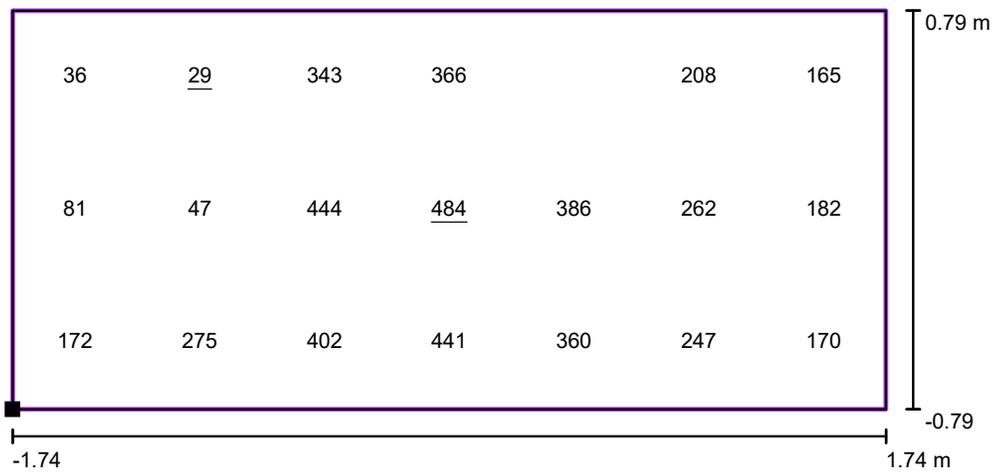
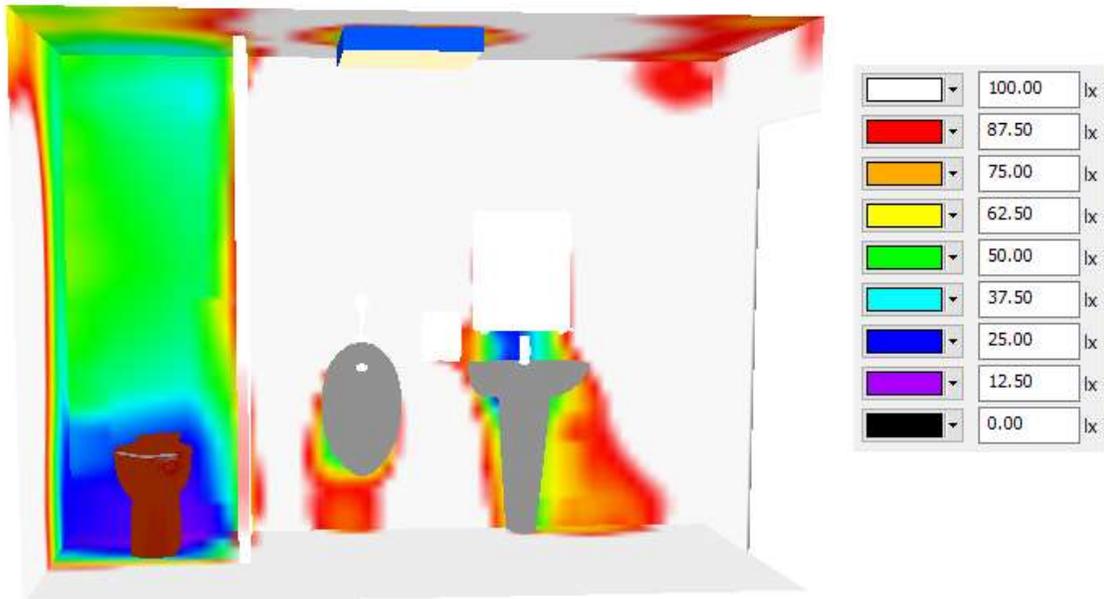
Trama: 9 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
191	23	331	0.12	0.07

Baño Hombres / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



ANEXOS

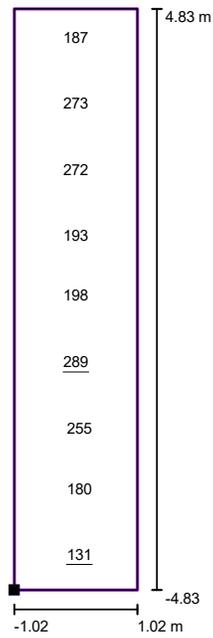
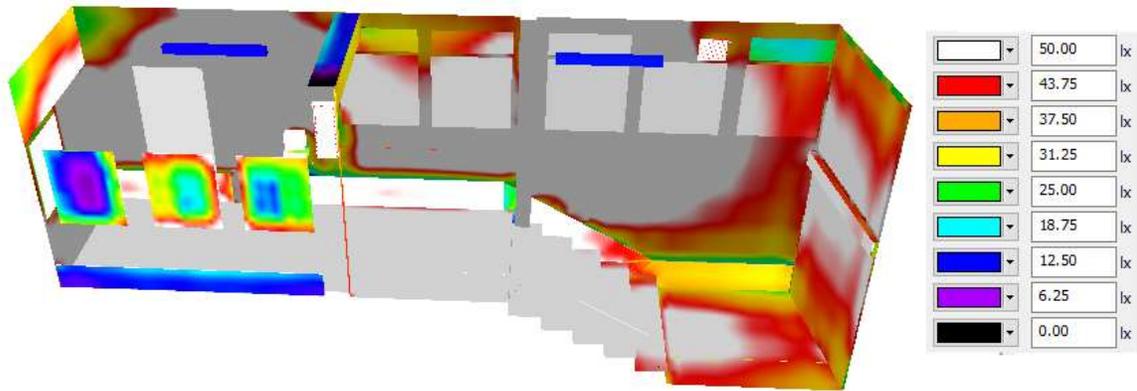


Trama: 20 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
255	29	484	0.11	0.06

Pasillo entrada / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E , perpendicular)

ANEXOS



Trama: 9 Puntos

E_m [lx]
220

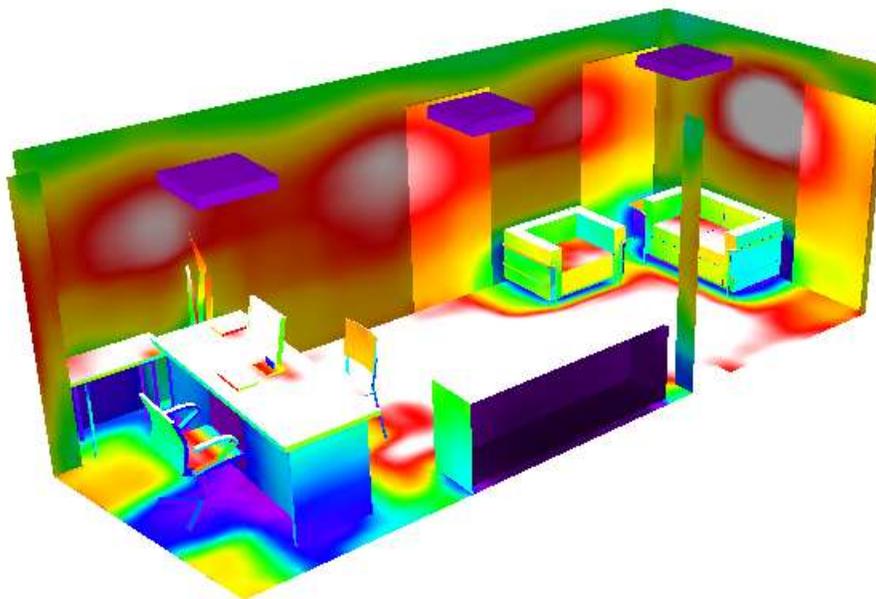
E_{min} [lx]
131

E_{max} [lx]
289

E_{min} / E_m
0.60

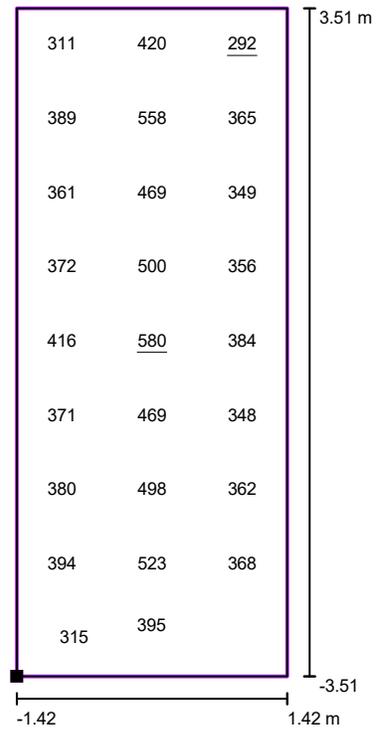
E_{min} / E_{max}
0.45

Gerencia / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



	300.00	lx
	262.50	lx
	225.00	lx
	187.50	lx
	150.00	lx
	112.50	lx
	75.00	lx
	37.50	lx
	0.00	lx

ANEXOS



Trama: 26 Puntos

E_m [lx]
406

E_{min} [lx]
292

E_{max} [lx]
580

E_{min} / E_m
0.72

E_{min} / E_{max}
0.50

V. Fichas técnicas de tecnologías propuestas

GAMMA LED 1200 S TRANSPARENT



1. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

GAMMA LED 1200 S TRANSPARENT ES UNA LUMINARIA DE SOBREPONER O SUSPENDER. REEMPLAZA LUMINARIAS FLUORESCENTES 2X32W T8, 2X28W Y 1X54W T5.

EQUIPADA CON LED DE ÚLTIMA GENERACIÓN CON IRC MAYOR A 80, QUE BRINDA BUENA DEFINICIÓN DE LOS COLORES.

EL DIFUSOR ES TRANSPARENTE PARA MAXIMIZAR LA EFICIENCIA. LA EMISIÓN DE LUZ ES TOTALMENTE ABIERTA PARA ILUMINACIÓN GENERAL.

EL ALTO FLUJO LUMINOSO Y LA BAJA POTENCIA LO HACEN ALTAMENTE EFICIENTE CON UN RENDIMIENTO MAYOR A 120 lm/W, LO QUE SE TRADUCE EN VENTAJAS EN EL CONSUMO ENERGÉTICO.

SU CONSTRUCCIÓN ES TOTALMENTE SELLADA Y RESISTENTE AL POLVO Y HUMEDAD, CON IP65.

CUENTA CON DRIVER ELECTRÓNICO MULTIVOLTAJE INTEGRADO, CON RANGO DE TENSIÓN DE 100-305 V~, QUE LO HACE MÁS RESISTENTE A LAS VARIACIONES DE VOLTAJE.

IDEAL PARA:

- BODEGAS
- NAVES INDUSTRIALES
- ESTACIONAMIENTOS
- PUENTES PEATONALES
- ANDENES
- ÁREAS DE SERVICIO



2. DESCRIPCIÓN

2.1 CUERPO	• POLÍMERO DE INGENIERÍA DE ALTA RESISTENCIA MECÁNICA
2.2 PANTALLA	• POLÍMERO DE INGENIERÍA TRANSPARENTE DE ALTA RESISTENCIA MECÁNICA Y BUENA TRANSMITANCIA
2.3 BASE REFLECTORA	• LÁMINA DE ACERO ACABADO PINTURA POLIÉSTER EN POLVO DE APLICACIÓN ELECTROSTÁTICA
2.4 MONTAJE O INSTALACIÓN	• SOBREPONER / SUSPENDER
2.5 GRADO DE PROTECCIÓN	• IP65
2.6 PESO	• 2,200 gr

3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

3.1 FUENTE	• (1) DRIVER ELECTRÓNICO APF INTERNO
3.2 RANGO DE TENSIÓN	• VIDA ÚTIL: 25,000 hrs
3.3 CORRIENTE DE OPERACIÓN	• 100-305 V~
3.4 FRECUENCIA DE OPERACIÓN	• 0.23 A / 0.13 A / 0.11 A
3.5 FACTOR DE POTENCIA	• 50 / 60 Hz
3.6 POTENCIA	• + 0.9
3.7 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD)	• 29 W
	• < 20%

CUBIC LED 60x60



1. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

CUBIC LED 60X60 ES UNA LUMINARIA TIPO GABINETE PARA EMPOTRAR EN PLAFÓN MODULAR.

ES REEMPLAZO DE LUMINARIAS 2x32W T8 OBTENIENDO AHORROS DE ENERGÍA DE MÁS DE 40%. EQUIPADO CON LED DE ÚLTIMA GENERACIÓN CON UN ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA (IRC) MAYOR O IGUAL A 82 LO CUAL REPRODUCE MUY BIEN LOS COLORES.

CUENTA CON DIFUSOR MICROPRISMÁTICO QUE REDUCE EL DESLUMBRAMIENTO DE LA FUENTE DE LUZ MEJORANDO EL CONFORT VISUAL SIN SACRIFICAR EFICIENCIA, HACIENDO LOS ESPACIOS MÁS BRILLANTES Y UNIFORMEMENTE ILUMINADOS.

LA CONSTRUCCIÓN DEL GABINETE ES SELLADA, CUENTA CON UN ÍNDICE DE PROTECCIÓN IP 50 QUE LO PROTEGE DEL INGRESO DE POLVO FINO.



3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

3.1 FUENTE	• DRIVER TOTALMENTE INTEGRADO • VIDA ÚTIL: 25.000 hrs.
3.2 RANGO DE TENSIÓN	• 100-305 V~
3.3 CORRIENTE DE OPERACIÓN	• 0.25 A / 0.15 A / 0.12 A
3.4 FRECUENCIA DE OPERACIÓN	• 50/60 Hz
3.5 FACTOR DE POTENCIA	• > 0.9
3.6 POTENCIA	• 31 W
3.7 ATENUABLE	• NO
3.8 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD)	• < 20%

4. FUENTE LUMINOSA

4.1 TIPO	• LED
4.2 FLUJO LUMINOSO	• 3300 lm @ 4000 K • 3400 lm @ 6000 K
4.3 IRC	• ≥ 82
4.4 VIDA ÚTIL	• ≥ 50,000 hrs.

2 / 2

VI. Cotización

Cotización de la luminaria Gamma LED 1200 S

CONCEPTOS										
Partida	Clave	Descripción	Unidad	Cant.	Precio Uni.	Importe	Tempo de Entrega			
1	I5405-530	GAMMA LED 1200S 30W 100-305V 60K GR TR	PZA	180	USD 32.46	USD 5,843.25	Disponibles			
						Subtotal	USD	5,843.25		
						I.V.A.	USD	934.92		
						TOTAL	USD	6,778.17		
NOTAS Seis Mil Setecientos Setenta y Ocho 17/100 USD										
Precios expresados en: Dólares Americanos Condiciones de pago: 60% anticipo 40% antes de la entrega. Cargo de 20% por cancelación de orden de compra. Libre a Bordo: Ciudad de México y Area Metropolitana Tiempo de entrega válido a partir de recibido su anticipo Garantía de un año en condiciones normales de operación Vigencia de esta cotización 15 días Tipo de cambio: Acordar con el ejecutivo de venta al día de operación. Verificar existencias al día de la orden de compra										

Gabinete CUBIC LED 60x60 6000 K - L5511-130



SKU: L5511-130
 Marca: MAGG

Instructivo de instalación
 (2MB, PDF)

Ficha técnica
 (2MB, PDF)

¿DUDAS SOBRE ESTE PRODUCTO?



Precio

\$ 1,290.37

MXN

IVA incluido

COMPRAR

<https://www.masluz.mx/gabinete-cubic-led-60x60-6000-k/p>

VII. Memoria de cálculo de las inversiones

Sistema actual Normalizado		Sistema propuesto LED	
ÁREA DE TRABAJO	Consumo sistema actual [kWh/año]	ÁREA DE TRABAJO	Consumo sistema propuesto [kWh/año]
Almacén	1810.5	Almacén	918
Área de Abombado	4488	Área de Abombado	2907
Área de Paileria	5214.75	Área de Paileria	3213
Área de Pulido	6701.91	Área de Pulido	1561
Área de acabados	1985.43	Área de acabados	1366
Bahía de descarga	115.26	Bahía de descarga	122
Pasillo entrada	286	Pasillo entrada	153
Recepción	897.6	Recepción	253
Gerencia	734.4	Gerencia	190
Administrativa	734.4	Administrativa	190
Dirección	856.8	Dirección	253
Área de Ingeniería	910	Área de Ingeniería	253
Área de ventas, calidad y compras	314.16	Área de ventas, calidad y compras	190
Sala de juntas	476.85	Sala de juntas	134
Baños oficinas	15	Baños oficinas	16
Pasillo central oficinas	889	Pasillo central oficinas	202
Total [kWh/año]	25,695	Total [kWh/año]	11,730
Total [kWh/mes]	2,141	Total [kWh/mes]	977
Emissiones de [Kg CO2/Año]	14,955	Emissiones de [Kg CO2/Año]	6,827

Ahorro porcentual del S.P vs S.A	
ÁREA DE TRABAJO	Porcentaje energético ahorrado por área
Almacén	49.30%
Área de Abombado	35.23%
Área de Paileria	38.39%
Área de Pulido	76.71%
Área de acabados	31.22%
Bahía de descarga	-6.19%

ANEXOS

Pasillo entrada	46.43%
Recepción	71.82%
Gerencia Administrativa	74.17%
Dirección	70.48%
Área de Ingeniería	72.20%
Área de ventas, calidad y compras	39.61%
Sala de juntas	71.82%
Baños oficinas	-3.33%
Pasillo central oficinas	77.32%
Diferencia [kWh/año]	13,965
Ahorro porcentual en consumo energético	54.35%
Diferencia Emisiones de [Kg CO2/Año]	8,127.99

Tabla 1. Factores de emisión e incertidumbre para gasolina.

Muestra	Densidad	Contenido de carbono	PCN	Contenido de carbono	Factores de emisión		
	kg/litro	% Peso	MJ/kg	kg C/GJ	kgCO ₂ /TJ	kgCO ₂ /kg comb.	kgCO ₂ /l comb.
MAGNA RP VERACRUZ	0.740	86.21	42.72	20.18	73.943.26	3.159	2.338
MAGNA RP VILLAHERMOSA	0.740	86.13	42.83	20.11	73.684.91	3.156	2.334
MAGNA ZMVM	0.723	85.52	39.53	21.63	79.270.77	3.134	2.265
MAGNA RP LEÓN	0.742	86.22	42.45	20.31	74.422.20	3.159	2.344
MAGNA ZMG	0.742	86.07	42.47	20.27	74.257.74	3.154	2.341

Teniendo en cuenta que el factor de conversión para la gasolina Magna en la Zona Metropolitana del Valle de México es de 2.265 kgCO₂/L

Litros de gasolina magna ahorrada	3588
Nissan Versa (Km recorridos en ciudad)	53,827
Chevrolet Aveo (Km recorridos en ciudad)	52,715
Volkswagen Vento (Km recorridos en ciudad)	49,880

Acorde con la aseguradora AIG en México un automóvil recorre 18,000 Km anuales es decir, un promedio de 50 Km/día

Días equivalentes de ahorro en emisiones de CO2 por vehículo

Nissan Versa (Días)	1077
Chevrolet Aveo (Días)	1054
Volkswagen Vento (Días)	998

13/46

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
42,053.06	44,084.22	46,213.49	48,445.60	50,785.53	53,238.47	55,809.89	58,505.50	61,331.32

FEN

0	1	2	3	4	5	6	7	8
2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
-\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
225,612	42,053	44,084	46,213	48,446	50,786	53,238	55,810	58,506

Tasa de descuento **8.00%**

FEND

2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
-\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
225,612	38,938	37,795	36,686	35,609	34,564	33,549	32,565	31,609

FENDA

2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	\$	\$
225,612	186,674	148,879	112,193	76,584	42,020	8,471	24,093	55,702

La TIR se calculará para:	21	13.58%
	Años	

RBC	21	2.64
	Años	