



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa Único de Especializaciones en Ingeniería

ESPECIALIZACION: Ahorro y Uso Eficiente de la Energía

**“EVALUACIÓN DE NORMATIVIDAD APLICABLE EN
ILUMINACION INTERIOR PARA EDIFICIOS DE OFICINA:
CASO CORPORATIVO SCHNEIDER ELECTRIC MEXICO”**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN AHORRO Y USO EFICIENTE
DE LA ENERGÍA

PRESENTA:

GERARDO MEDINA LADRÓN DE GUEVARA

DIRECTOR (A) DE TESINA:

AZUCENA ESCOBEDO IZQUIERDO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2017



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme los conocimientos necesarios para mi vida profesional y darme la mejor etapa de mi vida.

A mis padres, Patricia y Hector, a quienes adoro desde el fondo de mi corazón, por educarme y hacerme una persona de bien. Hoy ven cristalizada otra parte de mi vida profesional.

A mi hermano Hector, de quien yo sé que siempre voy a tener su apoyo incondicional en las buenas y en las malas.

A mi esposa Adriana, por tu paciencia y comprensión durante estos años. Por tu amor y apoyo, puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar a mi lado.

A mis hijas Sofía y Paola, por sus risas y alegrías mientras escribía este trabajo. Todos nuestros esfuerzos son por y para ustedes.

A la Dra. Azucena Escobedo por tu amistad y tiempo todos estos años. En especial gracias por tu paciencia, enseñanzas y apoyo para terminar este trabajo.

Al Ingeniero Augusto Sánchez Cifuentes y a la Oficina de Proyectos de Ahorro de Energía, por su apoyo durante esta Especialidad.

A mis amigos, compañeros y maestros que influyeron con sus lecciones y experiencias en mi vida profesional.

INTRODUCCION.....	- 3 -
OBJETIVO	- 4 -
1. ANTECEDENTES DE EFICIENCIA EN ILUMINACION EN MEXICO	- 5 -
2. NORMAS OFICIALES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	- 6 -
2.1 NORMAS DE EFICIENCIA EN ILUMINACIÓN	- 7 -
2.2 NOM-007-ENER-2014 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES	- 7 -
2.2.1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION	- 7 -
2.2.1 METODOLOGÍA.....	- 9 -
2.3 NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en centros de trabajo .	- 10 -
2.3.1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION	- 10 -
2.3.2 METODOLOGÍA.....	- 11 -
3. EVALUACION DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ALUMBRADO EN UN EDIFICIO NO RESIDENCIAL, CORPORATIVO SCHNEIDER ELECTRIC MEXICO	- 12 -
3.1 SISTEMAS DE ILUMINACION	- 15 -
3.2 ÍNDICES DE EFICIENCIA ELÉCTRICA EN ILUMINACIÓN.....	- 17 -
3.2.1 DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO	- 18 -
3.2.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	- 19 -
4. ANALISIS DE RESULTADOS.....	- 21 -
5. CONCLUSIONES	- 24 -
BIBLIOGRAFIA.....	- 26 -
ANEXO.....	- 27 -

INTRODUCCION

El consumo de energía se refiere a la cantidad de ésta que se pone a disposición para cubrir las diversas actividades y necesidades de consumo en el país.

A nivel mundial, al año 2014, México ocupó el decimoquinto lugar en materia de consumo de energía, con el 1.3%, mientras que países como China o Estados Unidos consumieron el 21.2% y 16.3% respectivamente. ¹

En México, el consumo nacional de energía se separa, para su análisis, en tres tipos de consumo. El primero es *Consumo del Sector Energético*, formado a su vez por: consumo para transformación, consumo propio y pérdidas por distribución. El segundo tipo es *Consumo Final Total* formado por el consumo no energético y el consumo energético. Y finalmente por lo referente a *Recirculaciones y Diferencia Estadística*.

En el año 2014, el consumo nacional de energía, formado por los consumos de los tres tipos ya mencionados, fue de 8,624 PJ² (petajoules), lo que significó una reducción de 3.6% respecto al año anterior.

De los tres consumos que conforman el consumo nacional de energía, el de mayor valor es el consumo final total con 5,128 PJ que representan casi el 60%, y que se define como la suma del consumo no energético total y el consumo energético total. (Ver definición en Glosario).

A su vez, del consumo energético total, la electricidad representa 17.6%, por delante del diésel con 17.1% y detrás las gasolinas con 29%.³

La separación que se da al consumo final total es mediante cuatro *sectores de consumo*, que son:

- Transporte
- Industria
- Residencial, comercial y público.
- Agropecuario.

De acuerdo a esta clasificación, el sector residencial, comercial y público, que incluye a los edificios de oficinas, centros comerciales, escuelas, hospitales, alumbrado público, hogares, entre otros; ha tenido un gran crecimiento en el consumo eléctrico del país en los últimos años, siendo el tercer sector de importancia, con 952 PJ (18.7%) después del sector transporte y del sector industrial con 2,361 PJ (46.4%) y 1,601 PJ (31.4%) respectivamente.⁴

Los inmuebles que conforman el subsector comercial, ya sean edificios de oficinas, establecimiento o locales comerciales y/o de servicios, tuvieron en la electricidad a su principal fuente de energía, con 79.05 PJ, sobrepasando al gas licuado del que se utilizaron 63.17 PJ.

La electricidad en este subsector es utilizada para iluminación interior o exterior, calefacción de ambientes o refrigeración, equipos misceláneos (computo, equipos de oficina, etc.) y de fuerza (motores o bombas).

¹ Balance Nacional de Energía 2015, SENER, 2016.

² Un joule (J) es la cantidad de energía necesaria para mover un kilogramo a lo largo de una distancia de un metro, aplicando una aceleración de un metro por segundo al cuadrado. Petajoule es 1 joule x 10¹⁵.

^{3,4} Balance Nacional de Energía 2015, SENER, 2016.

Así como los equipos de ventilación o de aire acondicionado, una adecuada iluminación en áreas de trabajo, no sólo está relacionada con la comodidad que esta brinda, sino también con la productividad pues se brinda un ambiente adecuado que facilita y ayuda en las tareas diarias; así como con la seguridad.

En México se han obtenido grandes resultados y avances en materia de eficiencia energética logrando promover un uso adecuado y racional de los recursos y de la energía. Esto mediante la elaboración, aplicación y seguimiento de las normas de eficiencia energética (Norma Oficial Mexicana, NOM) en equipos y sistemas que se utilizan en edificios o viviendas, como son los refrigeradores o lámparas de cualquier tipo. También, se han llevado a cabo programas de gran alcance operados por organismos como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE). Por su parte la Comisión para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) promueve el uso adecuado de diversos equipos que van desde automóviles hasta los electrodomésticos.⁵

En este contexto las normas NOM-007-ENER-2014 y NOM-025-STPS-2008, promueven una eficiente y adecuada utilización de la energía eléctrica en los sistemas de iluminación en edificios no residenciales y centros de trabajo mediante el cálculo de índices de eficiencia, así como en la optimización en el diseño de sistemas de iluminación y la utilización en estos de equipos a base de tecnologías más eficientes.

OBJETIVO

Evaluar y analizar el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de iluminación interior de un edificio no residencial, con el fin de detectar áreas de oportunidad que promuevan el uso eficiente de la energía eléctrica para iluminación, brindando la iluminación adecuada para las diversas actividades que se realicen.

⁵ Programa Nacional de Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018, SENER, 2014

1. ANTECEDENTES DE EFICIENCIA EN ILUMINACION EN MEXICO

La Secretaría de Energía (SENER) creó en 1989 la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE). Su carácter fue el de un órgano técnico de consulta en temas de ahorro y uso eficiente de energía y sus actividades se dirigían a dependencias y entidades de la administración pública federal (APF) de los gobiernos estatales y municipales; así como entidades particulares.⁶

Posteriormente, en 1995, la CFE creó uno de los primeros programas de eficiencia en iluminación a nivel residencial, es decir, del lado de la demanda, el *Proyecto de Uso Racional de Iluminación en México (ILUMEX)* con el fin de reducir la demanda eléctrica, a nivel doméstico, en horas pico mediante la sustitución de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFC) en los estados de Jalisco y Nuevo León, incluyendo posteriormente a Nayarit, Coahuila y Colima debido a los excelentes resultados.

Con este proyecto se logró un ahorro de 302 Gigawatts-hora, evitando emitir 233 mil toneladas de CO₂.⁷ Por lo anterior obtuvo, por parte del Banco Mundial y el gobierno de Noruega, el primer certificado de reducción de emisiones a nivel internacional.

En 1996, la CONAE desarrolló el *Programa Cien Edificios Públicos (CEP)* para integrar información sobre los patrones de consumo en inmuebles. Este programa se expandió y en 1999 se estableció la adopción de medidas para fomentar el ahorro de energía eléctrica y combustibles dentro del “Acuerdo del Programa de Austeridad Presupuestaria en la Administración Pública Federal”, en donde, entre otras cosas, se estableció que la CONAE expediría los lineamientos generales del Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal (PAEIAPF).

También, entre 2009 y 2012 se realizó el programa *Luz Sustentable*, operado por la SENER y el FIDE y cuyo objetivo fue la sustitución gratuita de lámparas incandescentes por focos ahorradores, entregando 47.2 millones de lámparas ahorradoras que representaron un ahorro de consumo de 2,048 Gigawatts-hora al año y dejando de emitir 1.8 millones de toneladas de bióxido de carbono a la atmosfera.

Existen programas que aún se llevan a cabo dados sus resultados obtenidos en materia de ahorro de energía, como son: el *Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal*, que apoya técnica y financieramente a municipios del país para la sustitución de sistemas de iluminación ineficientes por nuevos equipos más eficientes, en base a las normas aplicables. O el *Programa de Ahorro y Eficiencia Energética Empresarial (PAEEEM)*, que consiste en brindar financiamiento a usuarios de tarifas 2 y 3 para la sustitución de equipos eléctricos ineficientes por equipos nuevas que cumplan con las NOM correspondientes y que cuenten con el sello FIDE.⁸

⁶ Informe de resultados de ahorro de energía en la APF, CONUEE, 2014.

⁷ Cien edificios públicos, un programa para el ahorro de le energía, UNAM, 2005.

⁸ Programa Nacional de Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018, SENER, 2014

2. NORMAS OFICIALES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El valor de las normas de eficiencia energética radica en su importancia dentro de cualquier programa o estrategia de energía, pues aseguran un nivel de calidad y un buen desempeño en cuestión de energía, en equipos y sistemas que conforman las instalaciones, ya sea en hogares, comercios o industrias.⁹

En materia de eficiencia energética, la SENER es el organismo facultado para expedir las NOM-ENER, a través del *Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE)*, perteneciente a la CONUEE. Este comité es presidido por el director de la CONUEE, se encarga de los procesos de normalización de eficiencia energética.

La SENER, en su balance de NOMs de eficiencia energética al año 2013, indicó que en el país existían 27 normas de eficiencia energética emitidas por la SENER y clasificadas en dos tipos:

- Normas de eficiencia de producto
- Normas de eficiencia de sistemas.

Las NOM de *productos* se refieren a equipos utilizados en el sector doméstico, agrícola, comercial, industrial y de servicios. Equipos como motores, bombas, calentadores de agua, lavadoras, equipos de acondicionamiento de aire, entre otros.

Por su parte, las NOM de *sistemas* se refieren a sistemas de alumbrado en edificios y vialidades, para envoltentes de edificios residenciales y no residenciales y de aislamientos térmicos.

Respecto a iluminación, actualmente la lista vigente de NOM de producto contiene cuatro normas referidas a lámparas fluorescentes compactas autobalastadas, a lámparas de uso general, lámparas de diodos emisores de luz (LEDs) para iluminación general y para iluminación de vialidades y exteriores.

Dentro de las NOM de sistemas, existen dos que se aplican de manera directa a edificios. La NOM-007-ENER-2014 establece niveles de eficiencia energética en los sistemas de iluminación en edificios no residenciales.

También, se cuenta con la NOM-008-ENER-2001 que busca limitar la ganancia de calor en edificaciones a través de la envolvente, para así poder racionalizar el uso de equipos de enfriamiento o acondicionamiento de aire.

Una norma que, a pesar de no referirse a eficiencia energética, está relacionada con sistemas de iluminación es la NOM-025-STPS-2008. Esta norma, emitida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), tiene el objetivo de: *establecer requerimientos de iluminación en los centros de trabajo, para contar con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable.*¹⁰

⁹ Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética - Balance al 2013, SENER, 2013.

¹⁰ NOM-025-STPS-2008, STPS, 2008.

2.1 NORMAS DE EFICIENCIA EN ILUMINACIÓN

En este trabajo, se analizará la energía eléctrica para iluminación dentro de un edificio de oficinas desde dos aspectos.

El primero es la eficiencia energética respecto al tipo y tecnología de los sistemas de iluminación utilizados, así como la cantidad luminarias¹¹ instaladas.

El segundo aspecto es el referente a niveles de iluminación requeridos de acuerdo las actividades y puestos de trabajo.

2.2 NOM-007-ENER-2014 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

La norma de eficiencia energética en iluminación es la NOM-007-ENER-2014, cuya primera edición entró en vigor en 1996.¹² Esta norma, elaborada en conjunto entre fabricantes, instituciones de investigación y educativas, así como dependencias de gobierno; se aplica a edificios nuevos y ampliaciones o modificaciones a instalaciones ya existentes, con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica.

A lo largo de los años, desde su entrada en vigor, la norma se ha actualizado en dos ocasiones, 2005 y 2014¹³, rediciendo sus valores de referencia, debido a la introducción de equipos eficientes de iluminación.¹⁴

2.2.1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Los objetivos de esta norma oficial mexicana son:

- 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. *(NOM-007-ENER-2014, SENER, 2014).*
- 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.¹⁵

¹¹ Se refiere al conjunto de lámpara y balastro para encendido.

¹² Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética - Balance al 2013, SENER, 2013.

¹³ Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018, SENER, 2014.

¹⁴ Indicadores Energéticos en Iluminación para inmuebles destinados al uso de oficinas públicas caso: centro del país, UNAM, 2005.

¹⁵ NOM-007-ENER-2014, SENER, 2014.

El campo de aplicación comprende sistemas de alumbrado interior y exterior de edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones en los sistemas de alumbrado interior y exterior de edificios existentes con carga conectada de alumbrado mayor o igual a 3 kW.¹⁶

Entre las instalaciones en las que se aplica esta norma, dependiendo del uso principal de las estas en base a las actividades y tareas que se llevan a cabo en ellos, están:

- Oficinas
- Escuelas y centros docentes
- Hospitales
- Hoteles
- Establecimientos comerciales

Dentro del contexto de la NOM-007 se mencionan definiciones y conceptos que facilitan y ayudan a su entendimiento y aplicación. Algunos de esos conceptos son:

- **Edificio no residencial:** *la estructura que limita un espacio por medio de techos, paredes, pisos y superficies inferiores que requiere una licencia para su construcción y su uso es no habitacional.*
- **Alumbrado interior:** *la iluminación que se localiza en los espacios interiores de un edificio y que se destina a iluminar uniformemente las diferentes áreas dentro del edificio.*
- **Carga total de alumbrado:** *es la suma de la potencia en watts de todos los equipos fijos que conforman en sistema de iluminación interior de un edificio, ya sea iluminación localizada para pasillos o áreas de trabajo o iluminación decorativa o para acentuar objetos como en salas de exhibición.*
- **Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA):** *es el índice que relaciona la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción. Este índice se expresa en watts por metro cuadrado [w/m²].*
- **Eficiencia energética:** *para los fines de esta norma, es la obtención del máximo rendimiento de la energía consumida, a través de valores límite de DPEA sin afectar el confort de los ocupantes.*
- **Luminario:** *equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.*
- **Sistema de alumbrado:** *conjunto de equipos, aparatos y accesorios que ordenadamente relacionados entre sí, contribuyen a suministrar iluminación a una superficie o un espacio.*

¹⁶ NOM-007-ENER-2014, SENER, 2014.

2.2.1 METODOLOGÍA

Como parte del procedimiento de evaluación de esta norma, se debe comprobar que la carga total conectada para alumbrado sea mayor o igual a 3 kW, de manera que la instalación se encuentre dentro del campo de aplicación de la norma.

Para analizar la parte de alumbrado interior del edificio, se debe: (NOM-007-ENER-2014, SENER, 2014).

- a) Identificar el tipo de instalación a analizar, en base a la clasificación realizada por la norma. Véase la tabla 1 Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado, punto 3 de anexos.
- b) Identifican los pisos o niveles que integran el edificio, y con ello, los diferentes usos que tiene el mismo.
- c) Obtener las áreas de los diferentes espacios o particiones a iluminarse en cada piso o nivel, expresada en metros cuadrados
- d) Determinar la carga total conectada para alumbrado en los mismos espacios, expresándola en watts.
- e) Se integran los valores parciales obtenidos de cada piso o nivel, excluyendo algunas áreas o sistemas específicos. Véase Lista de Excepciones a la NOM-007-ENER-2014, punto 2 de anexos.
- f) Una vez obtenida el área y carga total conectada de cada piso o nivel, se determina la DPEA y se compara con el valor mostrado por la norma para el tipo de instalación de que se trate. Véase la tabla 1 Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado, punto 3 de anexos.

La NOM-007, en su punto 8, muestra la expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) en sistemas de alumbrado para edificios no residenciales nuevos, ampliaciones o modificaciones, de la manera siguiente:

$$DPEA = \frac{CARGA\ TOTAL\ CONECTADA\ PARA\ ALUMBRADO}{AREA\ TOTAL\ ILUMINADA}$$

En esta expresión, el valor de DPEA se expresa en w/m², la carga total de alumbrado se expresa en watts y el área total iluminada se expresa en metros cuadrados.

2.3 NOM-025-STPS-2008 CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN CENTROS DE TRABAJO

La NOM-025-STPS-2008 (NOM-025) mas que una norma de eficiencia, es una norma de seguridad. Su finalidad es evaluar los niveles de iluminación en las áreas y puestos de trabajo, para crear las condiciones adecuadas para el desarrollo de las actividades.

2.3.1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

El objetivo de esta norma es:

- a) Establecer requerimientos de iluminación en las diferentes áreas de los centros de trabajo. Estos niveles de iluminación, dependiendo de la actividad o tarea visual que se realice, deben proveer un ambiente seguro y saludable para los trabajadores.

El campo de aplicación de esta norma, por su carácter de norma laboral, aplica sus lineamientos en todo el territorio nacional y se deben aplicar en todos los centros de trabajo.

Para los efectos y usos de esta norma, se definen conceptos como lo siguientes:

- Centro de trabajo: todos aquellos lugares como edificios, locales, instalaciones y áreas en los cuales se realizan actividades de producción, comercialización, transporte, almacenamiento o prestación de servicios en los cuales laboran personas.
- Área de trabajo: aquel lugar dentro de un centro de trabajo donde un trabajador desarrolla sus actividades de manera normal.
- Iluminación o nivel de iluminación: es la cantidad de flujo luminoso por unidad de área en un plano de trabajo en el que se desarrollan actividades. Las unidades en las que se expresa la iluminación son lúmenes por metro cuadrado o luxes [lx].
- Tarea visual: actividad que se desarrolla con determinadas condiciones de iluminación.
- Reflexión: es la luz que incide en un cuerpo y es proyectada o reflejada por la superficie de este con el mismo ángulo con el que incide.

Los niveles de iluminación requeridos en los planos de trabajo se determinan en base al tipo de tarea visual que se realice en dicho espacio o en base al área de trabajo que se analice.

2.3.2 METODOLOGÍA

En base a la distribución de las lámparas en cada piso o nivel, los puntos donde se realizaron las mediciones se eligieron acorde a las características y necesidades de cada puesto de trabajo, de manera que fuese una fuente confiable del estado actual del sistema de iluminación.¹⁷

Esta norma indica que *“las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño ... y realizar la medición en el lugar donde haya mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas”*.

Sin embargo, por el diseño de los espacios y centros de trabajo que se analizaron en este trabajo, lo anterior resulta complicado. Por ello, las mediciones de niveles de iluminación se realizaron en el centro de cada puesto de trabajo, teniendo en consideración la ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo, así como de los equipos de trabajo en ellos.

La medición de los niveles de iluminación se realizó en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación. Las mediciones podían tomarse por áreas de trabajo, puestos de trabajo o una combinación de los mismos.¹⁸

Si como resultado de la evaluación de los niveles de iluminación se detectan áreas o puestos de trabajo que provoquen un deslumbramiento al trabajador, se deberán realizar acciones para evitar que el deslumbramiento afecte al trabajador y la actividad que realiza.

En caso de que los niveles de iluminación se encuentren por debajo de lo indicado por la NOM-025-STPS-2008, es necesario efectuar medidas o acciones de control para la corrección de estos niveles.

Para el caso del factor de reflexión, la Norma indica realizar una medición (E_1) con la fotocelda del luxómetro hacia la superficie, y otra medición (E_2) con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie para medir la luz incidente.

El factor de reflexión (K_f) se determina con la siguiente expresión:

$$K_f = E_1/E_2$$

Este factor se expresa en “%”, y su valor no debe sobrepasar el nivel máximo permitido por la NOM-025-STPS-2008 que es de 50% para el caso de planos de trabajo y de 60% cuando se trata de paredes.

¹⁷ NOM-025-STPS-2008, STPS, 2008.

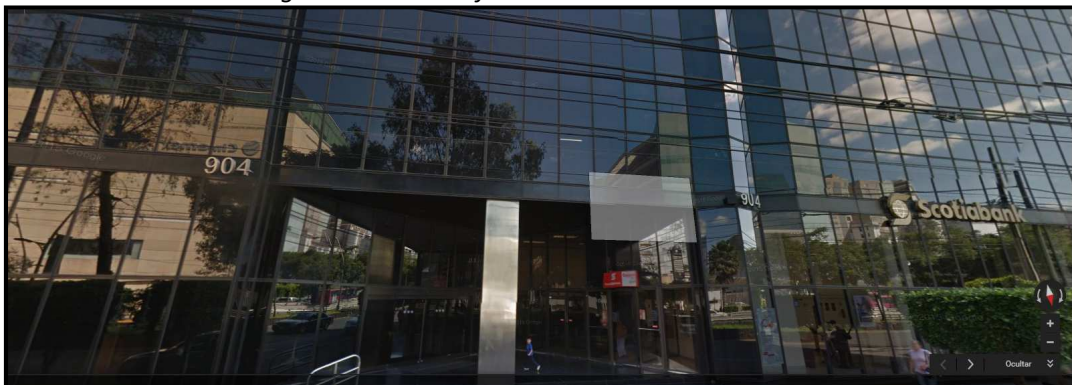
¹⁸ NOM-025-STPS-2008, STPS, 2008.

3. EVALUACION DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ALUMBRADO EN UN EDIFICIO NO RESIDENCIAL, CORPORATIVO SCHNEIDER ELECTRIC MEXICO

Schneider Electric México (*SEM*) es una empresa dedicada a la fabricación, comercialización, distribución e instalación de equipos eléctricos enfocados al manejo y distribución de la energía eléctrica de una manera confiable, eficiente y segura.

En México cuenta con fábricas y oficinas de ventas en varias ciudades, así como un centro de diseño y un centro logístico para la distribución de material y equipos.

Imagen 1. Fachada oficinas Schneider Electric México



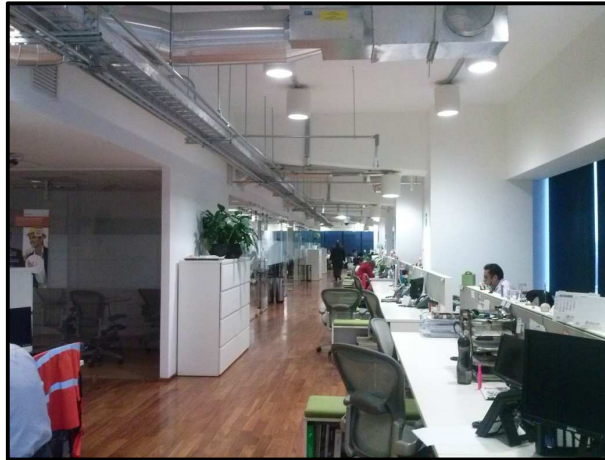
Sus oficinas generales (imagen 1), ubicadas en avenida Ejercito Nacional 904 en la Ciudad de México; constan de un área de 3,063 m² de construcción, distribuidos en cinco niveles dedicados principalmente a oficinas, cubículos y salas de trabajo y áreas para atención a clientes, además de un área dedicada a exhibición y demostración de los equipos y servicios que la empresa ofrece. Véase la Tabla 1.

Tabla 1. distribución de superficie por piso

	Área (m ²)
Piso 7	635
Piso 10	304
Piso 14	691
Piso 15	698
Piso 17	736

El edificio en el que se ubican las oficinas de SEM tiene una orientación oriente-poniente con ventanas en sus lados norte y poniente, que suman una superficie de 679 metros cuadrados. En cada uno de sus pisos, las tonalidades de las paredes y techos de cada piso, como se muestra en la imagen 2, son de tonos claros, mientras que el piso es de tono oscuro.

Imagen 2. Tonalidades de paredes y techos



Estas instalaciones tuvieron modificaciones durante 2011 y 2012, redistribuyendo oficinas y espacios de trabajo con el fin de optimizar los espacios, lo que llevó a modificar los sistemas y equipos de iluminación interior cambiando a una iluminación basada en tecnología fluorescente y LED, controladas mediante apagadores en las oficinas y salas privadas o mediante equipos automáticos programables en las áreas comunes como pasillos y cubículos de trabajo.

El uso y actividades que se desarrollan dentro de las instalaciones corresponden a un uso de oficina, de acuerdo a la clasificación de la NOM-007-ENER-2014. El personal que labora en estas instalaciones es de 530 personas entre empleados, personal de limpieza y de seguridad y mantenimiento, laborando en un horario de 8:00 horas a 18:00 horas.¹⁹

Las cargas principales con las que se cuenta son: equipos de iluminación, equipos de aire acondicionado y equipos misceláneos, como cafeteras, equipos de cómputo e impresión en oficinas y áreas de trabajo, así como por hornos de microondas, refrigeradores y parrillas eléctricas, entre otros en el área de cafetería.²⁰

El control de la iluminación en áreas comunes de trabajo o pasillos es mediante un apagador principal ubicado en el cuarto de tableros, además de contar con sensores de presencia. En oficinas privadas y salas de juntas el control es mediante uno o más apagadores que operan una o varias luminarias.

A lo largo de las ventanas de cada piso, se tienen instaladas persianas automáticas, mostradas en la imagen 3, que regulan la cantidad de luz natural que se aprovecha además de regular la ganancia de calor por radiación solar.

¹⁹ El horario de labores varía de acuerdo al área de trabajo, habiendo oficinas que laboran hasta las 20:00 horas.

²⁰ Este estudio solo considera iluminación.

Imagen 3. Persianas automáticas.



La tabla 2 muestra la distribución de superficie, en metros cuadrados, que se tiene en las diferentes áreas que conforman las instalaciones de SEM.

De ella se puede observar que el área de oficinas comunes representa el mayor porcentaje de área respecto del total construido con el 42%, seguida de las oficinas privadas con el 36%.

Tabla 2. Distribución de superficie por tipo de área (m²)

Área	PISO 7	PISO 10	PISO 14	PISO 15	PISO 17
OFICINAS	211	24	261	260	356
OFICINAS COMUNES	359	24	316	314	301
SALAS DE JUNTAS	37	112	27	18	33
PASILLOS	28	43	24	68	37
SANITARIOS	-	3	12	4	5
CAFETERIA	-	17	-	30	-
EXHIBICION	-	91	-	-	-
BODEGA	-	-	36	4	-

De la comparación de empleados y superficie construida, obtenemos una relación de 6 metros cuadrados por cada empleado, cuyo valor está por debajo del parámetro indicado por la norma técnica complementaria del reglamento de construcciones del Distrito Federal, en el cual se hace mención de las dimensiones y características de los edificios. Esta norma indica que, para un edificio del tipo administrativo (que incluye oficinas privadas y públicas) de hasta 5,000 m², la relación de superficie y empleados es de 7 m²/empleado.

3.1 SISTEMAS DE ILUMINACION

Como se mencionó en las características del edificio del punto anterior, la iluminación interior es uno de los principales sistemas eléctricos dentro de cualquier tipo de instalación.

De acuerdo a un estudio elaborado por la CONUEE en inmuebles del Programa de Ahorro de Energía de la Administración Pública, el peso de dicho uso final de energía eléctrica en edificios de la zona centro del país es del 45%.²¹

Por ello, es necesario contar con niveles adecuados de iluminación para las diferentes actividades, tareas visuales y labores de los ocupantes.

En las instalaciones de SEM, se utilizan sistemas a base de tecnología LED y LFC, lo que implica una optimización en potencia instalada respecto al uso de otras tecnologías, como la incandescente. Las luminarias instaladas tienen un total de 956 unidades, distribuidas de la siguiente manera mostrada en la tabla 3.

Tabla 3. Distribución de luminarias por tipo de área.

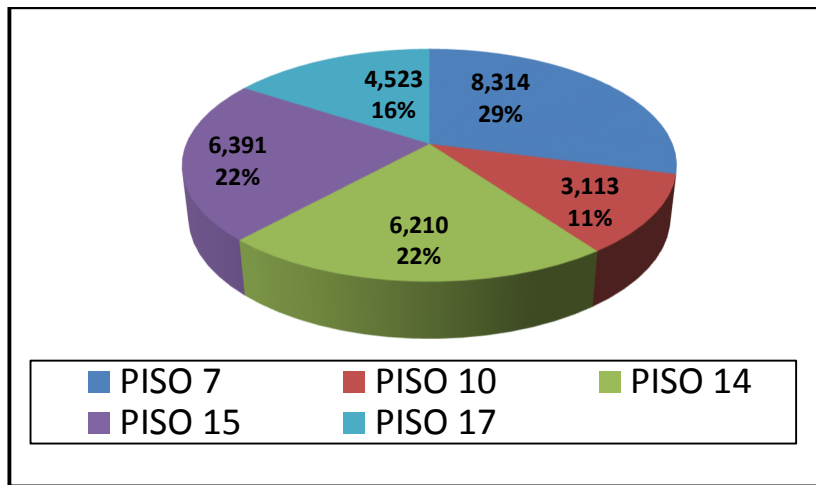
Área	# LUMINARIAS LFC	# LUMINARIAS LED	# LUMINARIAS T5	%
OFICINA	1	229	92	33%
OFICINAS COMUNES	279	75	-	37%
SALA DE JUNTAS	-	72	-	7%
PASILLO	2	129	-	14%
SANITARIO	-	18	-	2%
CAFETERIA	5	6	-	1%
EXHIBICION	-	47	-	5%
BODEGA	6	1	-	1%

Las áreas que conforman las instalaciones de SEM, al ser de características arquitectónicas y fines diferentes entre sí; tienen sistemas de iluminación diferentes en cada una. En las oficinas privadas la iluminación tipo LED es el sistema predominante con el 71% en ese tipo de áreas. Esto contrasta con el 79% que representa la iluminación a base de sistemas LFC que se tiene en las áreas de oficinas comunes.

La gráfica 1 siguiente muestra el porcentaje de watts instalados para iluminación en cada piso respecto al total.

²¹ *Contratos de Desempeño Energético en entidades y dependencias de la APF: evolución y perspectiva, CONUEE, 2016.*

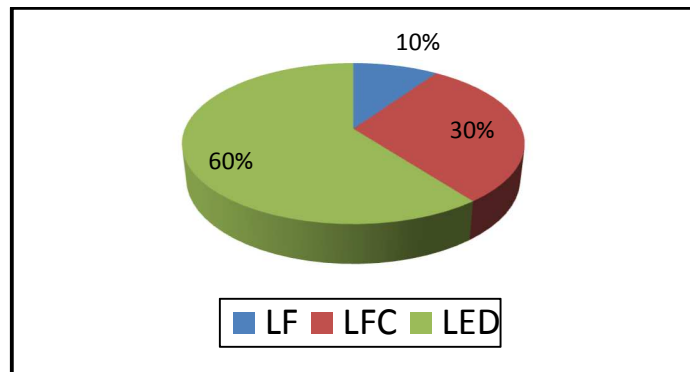
Gráfica 1. Distribución de Potencia Eléctrica para iluminación por piso.



Como se observa, el piso 7 concentra el mayor porcentaje de potencia instalada para iluminación con 29%, a base de sistemas de LED principalmente. Junto con los pisos 14 y 15, representan el 73% de potencia instalada para iluminación del edificio, lo cual se explica por ser los pisos con mayor área de oficinas comunes en el edificio.

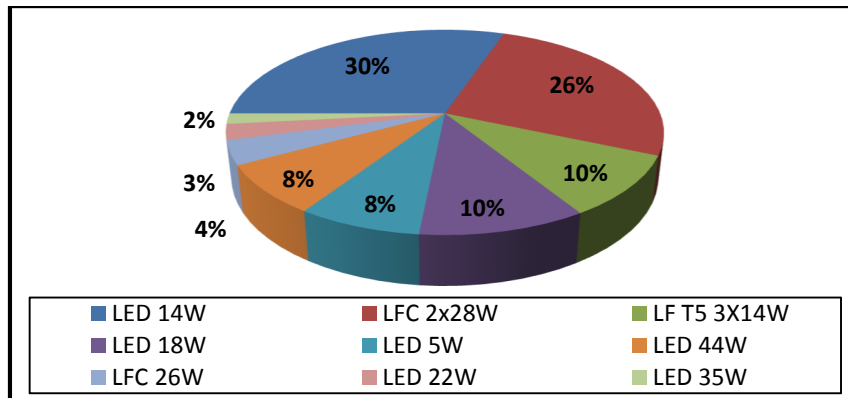
En la gráfica 2, se observa el porcentaje de luminarias instaladas por tipo de tecnología, siendo las luminarias a base de sistemas LED las que representan la mayor cantidad con el 60%

Gráfica 2. Porcentaje de sistemas de iluminación por tipo de tecnología.



La distribución porcentual de los diferentes equipos de iluminación por tecnología se muestra en la gráfica 3, donde nuevamente se observa el predominio de los equipos LED y LFC.

Gráfica 3. Distribución de equipos de iluminación por tipo de sistema.



3.2 ÍNDICES DE EFICIENCIA ELÉCTRICA EN ILUMINACIÓN

Los índices de eficiencia eléctrica en iluminación son valores de referencia que permiten hacer comparaciones entre instalaciones del mismo tipo o actividades, o que utilizan la energía para fines en común.²²

El primer indicador que se analizó es el que relaciona la potencia eléctrica en iluminación y la superficie total del área a iluminar, llamado Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado, expresada en W/m^2 , e indicado en la NOM-007-ENER-2014, estableciendo niveles mínimos de eficiencia para edificios no residenciales. Esta norma indica que, para edificios no residenciales, el valor de DPEA no debe ser mayor de $12 W/m^2$.

Un segundo aspecto, que es importante considerar su cumplimiento, es el que se refiere a los niveles de iluminación que deben proveer un ambiente laboral adecuado y agradable en base a las actividades de cada espacio de trabajo. Este valor indicado en la NOM-025-STPS-2008, se expresa en lx e indica los niveles mínimos de iluminación para diferentes áreas de trabajo.

Los índices de eficiencia eléctrica que se revisan en este trabajo se analizan separando el edificio en las diferentes zonas que lo conforman, es decir; por áreas, con la finalidad de tener una caracterización más precisa de las instalaciones.

Por el tipo de actividades que se desarrollan dentro de las instalaciones de SEM, éstas se dividieron en cuatro áreas:

²² *Indicadores Energéticos en Iluminación para inmuebles destinados al uso de oficinas públicas caso: centro del país, UNAM, 2005.*

- Oficinas privadas: cuentan con control de iluminación mediante apagadores, su área es variable, pero está delimitada por paredes y puertas de cristal, cuentan con persianas automáticas para control de iluminación natural. Representan el 36% del total de superficie construida.
- Oficinas comunes: la iluminación en estas áreas se controla mediante sensores de presencia, sin acceso a los usuarios, su área también es variable y no está claramente delimitada. El uso de iluminación natural también se realiza mediante persianas automáticas. Su superficie construida representa el 42% del total.
- Salas de juntas: el control de la iluminación se realiza mediante apagadores, su área está delimitada por paredes transparentes y puertas de cristal. Estas áreas juntas solo representan el 7% del total de la superficie.
- Servicios: este tipo de área incluye baños internos, pasillos, cafetería, entre otros; representando el 14% de la superficie.

3.2.1 DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO

En base a la metodología indicada en la NOM-007-ENER-2014, junto con la información obtenida en planos arquitectónicos del edificio y del levantamiento de datos realizado en cada piso, se determinó la carga total conectada para iluminación por cada área, así como la superficie total de éstas, mostrados en la tabla 5:

Tabla 4. Potencia eléctrica instalada para iluminación por tipo área.²³

Área	Potencia Instalada [w]	Área [m2]	DPEA [w/m2]	DPEA NOM-007 [w/m2]	¿Cumple la NOM?
OFICINAS PRIVADAS	7,897	1,131	6.98	11.95	SI CUMPLE
OFICINAS COMUNES	16,114	1,305	12.35	10.55	NO CUMPLE
SALAS DE JUNTAS	1,572	227	6.93	13.24	SI CUMPLE
PASILLO	1,237	200	6.19	7.1	SI CUMPLE
SANITARIO	284	23	12.35	10.55	NO CUMPLE
CAFETERIA	219	46	4.76	10.66	SI CUMPLE
EXHIBICION	1,214	91	13.34	15.61	SI CUMPLE
BODEGA	176	40	4.40	6.78	SI CUMPLE
TOTAL	28,713	3,063	9	12	SI CUMPLE

De la tabla 4, se observa que el 57% del total de la superficie construida del edificio cumple con los valores máximos establecidos por la NOM. Resaltando, por su uso final dentro de las instalaciones, el área de *OFICINAS PRIVADAS* y *SALAS DE JUNTAS* que representan los valores más bajos respecto al valor indicado por la NOM.

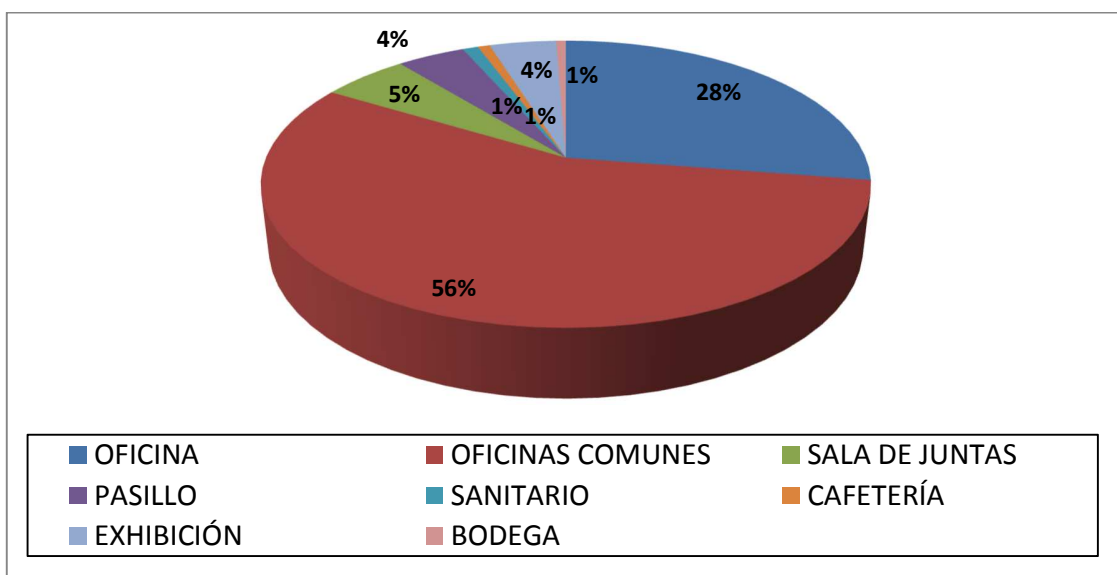
Caso contrario al de las *OFICINAS COMUNES*, la que sobrepasa en un 17% el valor indicado por la NOM.

²³ NOM-007-ENER-2014, SENER, 2014. Apéndice Informativo.

Sin embargo, de manera general, el edificio cumple con el valor establecido por la NOM-007-ENER-2014 dado su valor de DPEA menor al establecido por esta en un 22%. Lo anterior considerando que la NOM permite, en su punto 8.2.1, que algunas áreas de edificios construidos para un uso único, excedan el valor establecido siempre y cuando el resultado total sea igual o inferior a lo establecido.

Se observa que el área de oficinas comunes, al ser un área de las que cuenta con mayor superficie tiene la mayor potencia instalada para iluminación, con el 56% del total. Véase la gráfica 4 que muestra la distribución de potencia para iluminación por área:

Gráfica 4. Distribución de potencia eléctrica en iluminación por área.



3.2.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Con la finalidad de conocer si el sistema de iluminación actual ofrece niveles adecuados, que brinden una comodidad visual y agradable a los usuarios, se llevó a cabo la medición de los niveles de iluminación.

En base a las áreas identificadas en el capítulo anterior, las mediciones de niveles de iluminación se realizaron en: oficinas privadas, oficinas comunes, salas de juntas y servicios^{24,25}. La metodología para la medición de los niveles de iluminación fue mediante “el método del índice de área”, indicada en la NOM-025-STPS-2008; que relaciona las dimensiones del lugar de trabajo para determinar el número de mediciones a realizar en ese espacio de trabajo.

²⁴ La NOM-025-STPS-2008 no clasifica sanitarios, se considerarán como área de servicio junto con los pasillos.

²⁵ Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.

Las mediciones se realizaron directamente en los puestos de trabajo a la altura del plano de trabajo, como indica la NOM-025-STPS-2008, en condiciones normales de labores²⁶, considerando iluminación natural, artificial o ambas (dependiendo de las características de cada área), mediante un medidor digital de luminosidad o luxómetro.

Las mediciones realizadas se promediaron y arrojaron los siguientes valores de iluminación y reflexión mostrados en la tabla 6.

Tabla 5. Niveles de Iluminación promedio y Reflexión.

Área	Niveles Iluminación	NOM-025-STPS 2008	¿Cumple la NOM?	Factor de Reflexión	NOM-025-STPS 2008	¿Cumple la NOM?
OFICINAS PRIVADAS	371	300	CUMPLE	37%	50%	CUMPLE
OFICINAS COMUNES	276	300	NO CUMPLE	30%	50%	CUMPLE
SALAS DE JUNTAS	213	300	NO CUMPLE	47%	50%	CUMPLE
PASILLO	158	100	CUMPLE	14%	50%	CUMPLE
SANITARIO	48	50	NO CUMPLE	45%	50%	CUMPLE
CAFETERIA	213	200	CUMPLE	49%	50%	CUMPLE
EXHIBICION	90	300	NO CUMPLE	27%	50%	CUMPLE
BODEGA	75	50	CUMPLE	38%	50%	CUMPLE

De manera similar a la DPEA, solo el 46% de la superficie total del edificio cumple con los niveles mínimos de iluminación. Nuevamente, en el área de *OFICINAS COMUNES*, además de la *SALA DE EXHIBICIÓN* cuyo uso requiere una iluminación adecuada a sus funciones, se tienen niveles inferiores a los establecidos por la NOM-025-STPS-2008.

En cuanto al factor de reflexión, en todas las áreas se tienen valores adecuados al estar por debajo del 50% de reflexión de luz indicados por la NOM.

²⁶ Condiciones normales de labores: Lunes a viernes, entre 12 y 15 horas.

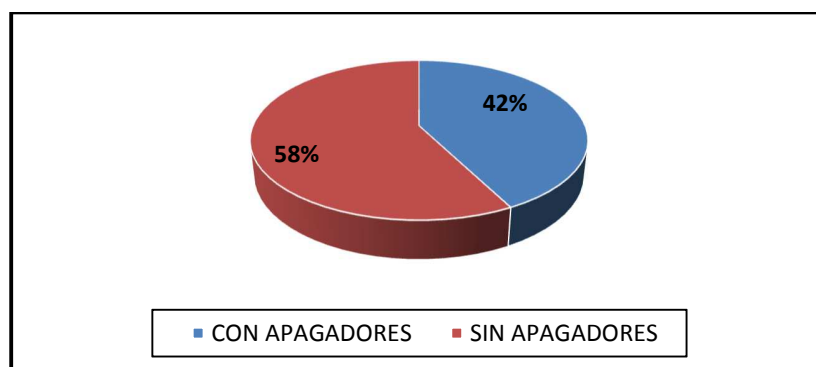
4. ANALISIS DE RESULTADOS

Durante el recorrido para el levantamiento de datos e información se observaron ciertos detalles en la operación del sistema de iluminación, que representarían áreas de oportunidad en cuanto a la operación de este. Estas observaciones se mencionan a continuación.

Se observó que una gran cantidad de luminarias se controla de manera remota, principalmente mediante tableros de alumbrado ubicados en los cuartos de tableros. Como se observa en la gráfica 5, más de la mitad de las luminarias instaladas se controlan mediante dispositivos remotos, lo que se explica debido al número mayor de luminarias en oficinas comunes y pasillos, y por ende dirigidas a una mayor cantidad de usuarios, que sumadas forman el 59% del total de luminarias instaladas.

Véase la gráfica 5. Por poner un ejemplo, la relación de superficie por luminaria en áreas comunes es de 3.7 m²/luminaria, mientras que en oficinas privadas o salas de juntas (que cuenta con control de iluminación local) esta relación es de 3.5 y 3.1 m²/luminaria respectivamente.

Gráfica 5. Distribución de Control de Luminarias.



La ausencia de un método de control de iluminación local, o de un control a distancia debidamente programado, provoca que en horas fuera del horario laboral, una gran cantidad de luminarias permanezcan encendidas cuando no son necesarias.

Para evitar esto, sería conveniente optimizar la programación de los sensores de presencia y temporizadores instalados actualmente, considerando los horarios reales de labores.

A pesar de contar con control de iluminación local en oficinas privadas, se observó que es un hábito común el dejar las luminarias encendidas al terminar el horario laboral, pues el sistema de iluminación está programado para cortar la alimentación eléctrica de cada piso a determinadas horas. Esto, a pesar de usar un sistema automático, provoca que desde el momento en que se retiran los usuarios de las oficinas privadas y hasta que se corta la alimentación eléctrica a los equipos de iluminación se consume energía eléctrica que no es necesaria, impactando esto en la facturación por suministro eléctrico.

De la tabla 4 se muestran los valores de DPEA obtenidos por tipo de área, indicando el valor establecido por la NOM-007-ENER-2014 para cada área.

El valor de DPEA obtenido para las oficinas privadas cumple con el valor establecido por la norma, no así el caso de las oficinas comunes en las que, por un mínimo valor, se sobre pasa lo establecido por la ésta para la relación watts por metro cuadrado.

Para el caso de las salas de juntas la NOM-007-ENER-2014 en su anexo C, tabla C.1 indica un valor de 13.24 [w/m²], por lo que el valor de DPEA obtenido en el edificio analizado cumpliría con la norma.

Respecto a pasillos y sanitarios, el anexo C, tabla C.1 de la NOM indica valores de 7.10 [w/m²] y de 10.55 [w/m²] respectivamente; cumpliendo ambas áreas con la NOM-007-ENER-2014.

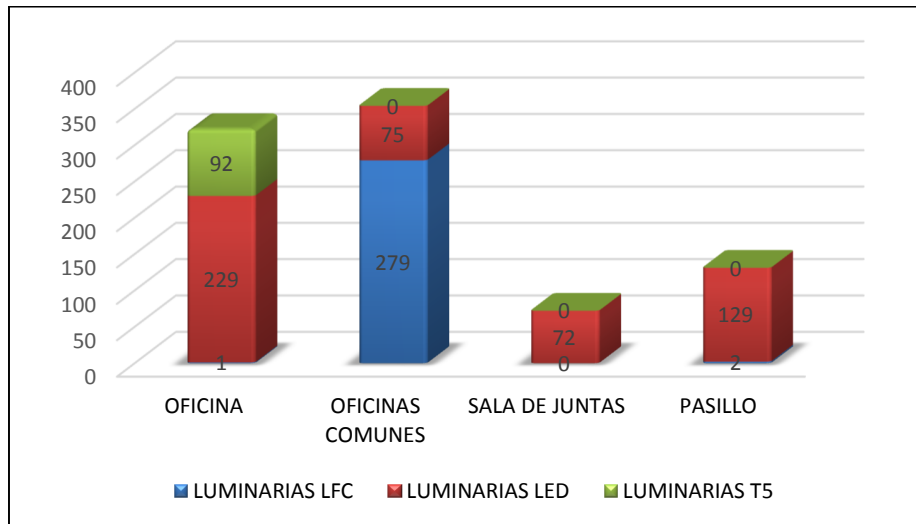
Para el área de cafetería, considerando la tabla 1 de la NOM-007-ENER-2014, indica una densidad de 15 [w/m²], por lo que la densidad obtenida en el análisis cumple con la norma. Es de considerar que el área destinada a cafetería es un área adaptada pues no fue su uso original después de la remodelación.

La sala de exhibición que conforma el “show room”, tiene un DPEA debajo del valor establecido por la NOM de 15.61 [w/m²].

Se clasificó como bodega a los cuartos de tableros eléctricos, en los que también se almacenan equipos de mantenimiento. Estos cuartos tienen una DPEA de 3.5 [w/m²] por lo que también cumple con lo establecido en la NOM.

Las áreas con menor DPEA deben este valor a las lámparas tipo LED instaladas en ellas, buscando brindar niveles adecuados de iluminación, pero reduciendo la cantidad de watts instalados. En contraste, el área de oficinas comunes presenta el DPEA mayor con un valor que sobrepasa ligeramente el valor establecido en la NOM. Esto se explica por la predominación de LFC para iluminación en esa área, véase la gráfica 6; lo que eleva la potencia instalada.

Gráfica 6. Distribución de Luminarias por área.



En la tabla 5, aparecen los valores de iluminación promedio en cada área analizada. De las áreas que cumplen con la NOM, resalta el área de *OFICINAS PRIVADAS* en las que se cuenta con iluminación artificial, a base de sistemas LED, como muestra la gráfica 6. En las oficinas que cuentan con iluminación natural, *OFICINAS COMUNES* principalmente, la iluminación se basa en sistemas de LFC. Cabe mencionar que las persianas en esta última área estaban tendidas lo que redujo el flujo de este tipo de iluminación durante las mediciones.

No se encontraron luminarias fuera de servicio, hecho que suele afectar en bajos niveles de iluminación. A pesar de que las LFC no brindan la misma iluminación a lo largo de su vida útil, estas luminarias se reemplazan al dejar de encender o funcionar de manera incorrecta.

Respecto al factor de reflexión, indicado por la NOM-025-STPS-2008, se cumple en las áreas analizadas al estar debajo del 50%, tomando en cuenta que algunas de ellas no cuentan con paredes, como en el caso de algunas oficinas comunes y de que en otras sus límites están formados por paredes o ventanas de cristal.

5. CONCLUSIONES

Acorde con la filosofía de Schneider Electric de promover un uso eficiente de la energía, el sistema de iluminación que se tiene instalado en sus oficinas promueve un uso adecuado de este recurso al utilizar tecnologías que requieren poca energía eléctrica, predominando las luminarias LED, a comparación de otros sistemas. Brindando con ellos la comodidad visual hacia los usuarios para el desarrollo de sus actividades.

La configuración y programación actual de los sistemas de control de iluminación, como los sensores de presencia y temporizadores, en áreas comunes principalmente; permiten que se facilite el encendido y apagado de las luminarias en estas áreas al no ser realizado por los usuarios. Sin embargo, no permiten un control adecuado de las luminarias en horarios donde ya no se requiere su función, generando consumos innecesarios de energía eléctrica.

Dado que un sistema de iluminación eficiente no garantiza un uso adecuado de la energía eléctrica, pues esto depende de los usuarios. Para este fin, el llevar a cabo programas y actividades de concientización, así como la difusión de los resultados y metas logradas, no solo en el sistema de iluminación sino en equipos que consumen energía aun en modo “stand-by” o “de espera”, ayudaría a reducir el consumo eléctrico y con ello la facturación por este servicio.

De los análisis realizados se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 8, en la que se observa el cumplimiento de la NOM-007-ENER-2014, mostrando un valor 25% por debajo del valor marcado en esta, a pesar de no cumplirse en ciertas áreas, lo que se considera en el punto 8.2.1 de la norma.

Tabla 6. DPEA total del edificio de Schneider Electric México

Área Total	Watts Instalados	DPEA (w/m2)	NOM-007-ENER-2014	¿Cumple la NOM?
3,063	28,713	9	12	CUMPLE

De los análisis realizados se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 8. Se tiene un déficit de iluminación respecto al nivel establecido en la NOM-025-STPS-2008, lo que motivaría analizar la posibilidad de la redistribución de aquellas luminarias en zonas o áreas, en las que por su acomodo o por elementos físicos como columnas, se provocan zonas de sombras o de menor nivel de iluminación, afectando la comodidad y actividades de los usuarios, así como la funcionalidad de los espacios de trabajo.

Tabla 7. Niveles de iluminación promedio del edificio de Schneider Electric México

Área	Niveles Iluminación	NOM-025-STPS 2008	¿Cumple la NOM?
Oficinas	180	300	NO CUMPLE

Facilitar y promover el aprovechamiento de luz natural en zonas cercanas a ventanas, modificando la programación de las persianas automáticas para permitir el ingreso de luz natural, y ajustar el apagado y encendido de las luminarias en estas zonas, reduciendo con esto el consumo eléctrico.

Respecto a la reflexión, todas las áreas consideradas, y por ende el edificio, cumple con el valor permisible de reflexión en planos de trabajo, siendo menor al 50%. Resalta el área de *OFICINAS COMUNES* en la cual a pesar de tener un valor de DPEA, mayor al establecido por la NOM-007-ENER-2014 y de tener un nivel de iluminación menor al marcado por la NOM-025-STPS-2008, la reflexión de luz hacia los usuarios se encuentra en un nivel adecuado.

De manera general, atendiendo la definición de *sistema de alumbrado* establecido por la NOM-007-ENER-2014; el sistema de iluminación o alumbrado interior mostrado en este trabajo es un sistema eficiente pues su eficiencia está dentro de los valores o límites establecidos por dicha norma. Sin embargo, si consideramos los niveles de iluminación, no se trata de un sistema adecuado, dado que más de la mitad del área de las instalaciones no cuentan con niveles de iluminación adecuados, de acuerdo a la NOM-025-STPS-2008.

BIBLIOGRAFIA.

PUBLICACIONES

- Secretaria de Energía (2016). *“Balance Nacional de Energía 2015”*. México.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2014). *“Informe de Resultados de ahorro de energía en la Administración Pública Federal”*. México.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2016). *“Contratos de Desempeño energético en entidades y dependencias de la APF”*. México.
- Secretaria de Energía (2014). *“Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018”*. México
- Dra. M. Azucena Escobedo Izquierdo, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado. *“Indicadores Energéticos en Iluminación para inmuebles destinados al uso de oficinas públicas caso: centro del país”*, 2005.
- Dr. Carlos Chávez Baeza, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Energética, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado. *“Cien edificios públicos, un programa piloto para el ahorro de la energía”*, 2003.

NORMAS Y REGLAMENTOS

- Secretaria de Energía (2014). *“NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales”*. México.
- Secretaria del Trabajo y Previsión Social (2014). *“NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”*. México.
- Secretaria de Obras y Servicios del Distrito Federal (2011). *“Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal”*. México.

ANEXO

INDICE DE TABLAS

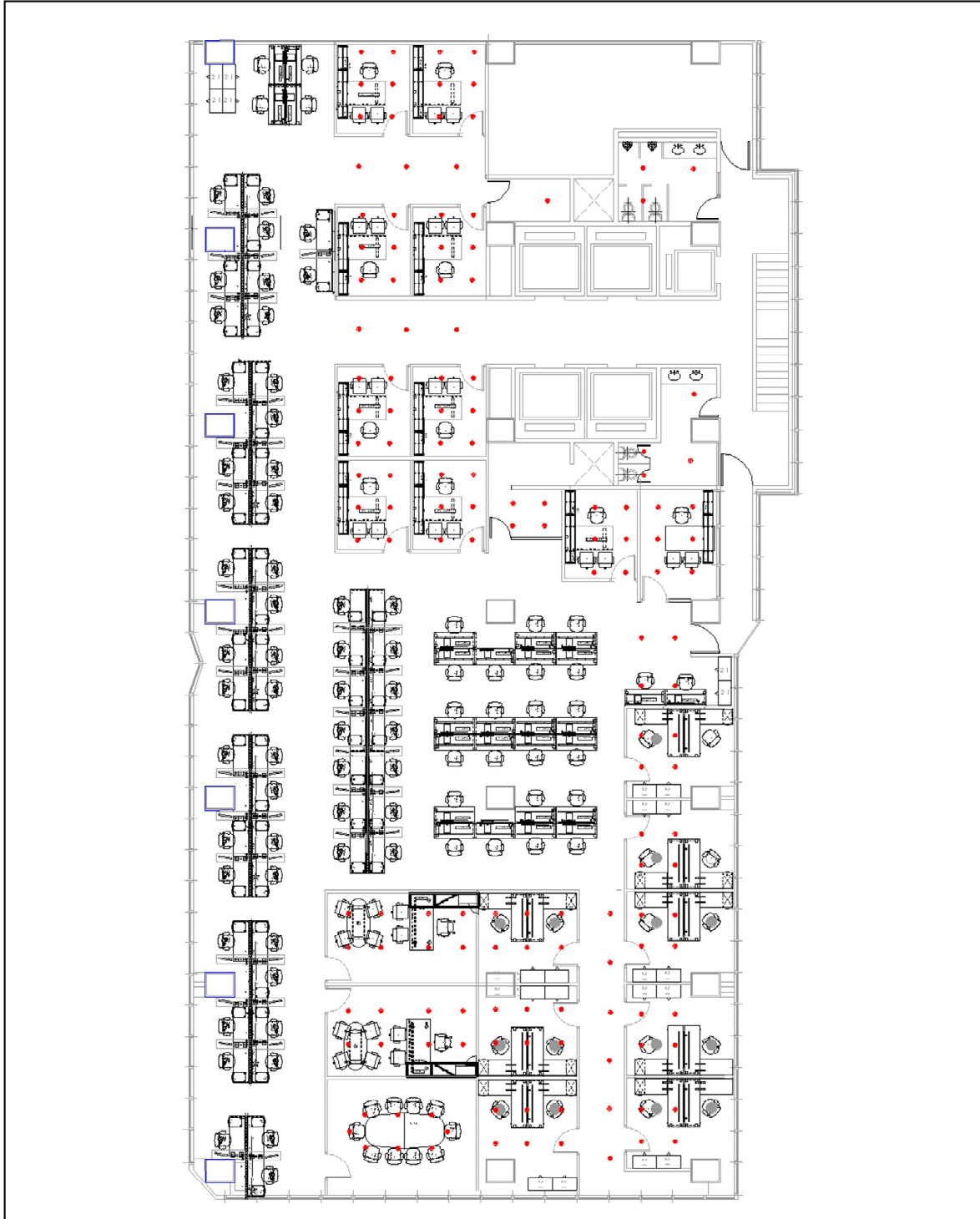
Tabla 1. distribución de superficie por piso	- 12 -
Tabla 2. Distribución de superficie por tipo de área (m ²)	- 14 -
Tabla 3. Distribución de luminarias por tipo de área.	- 15 -
Tabla 5. Potencia eléctrica instalada para iluminación por tipo área.	- 18 -
Tabla 6. Niveles de Iluminación promedio y Reflexión.	- 20 -
Tabla 7. DPEA total del edificio de Schneider Electric México	- 24 -
Tabla 8. Niveles de iluminación promedio del edificio de Schneider Electric México	- 24 -

INDICE DE GRÁFICAS

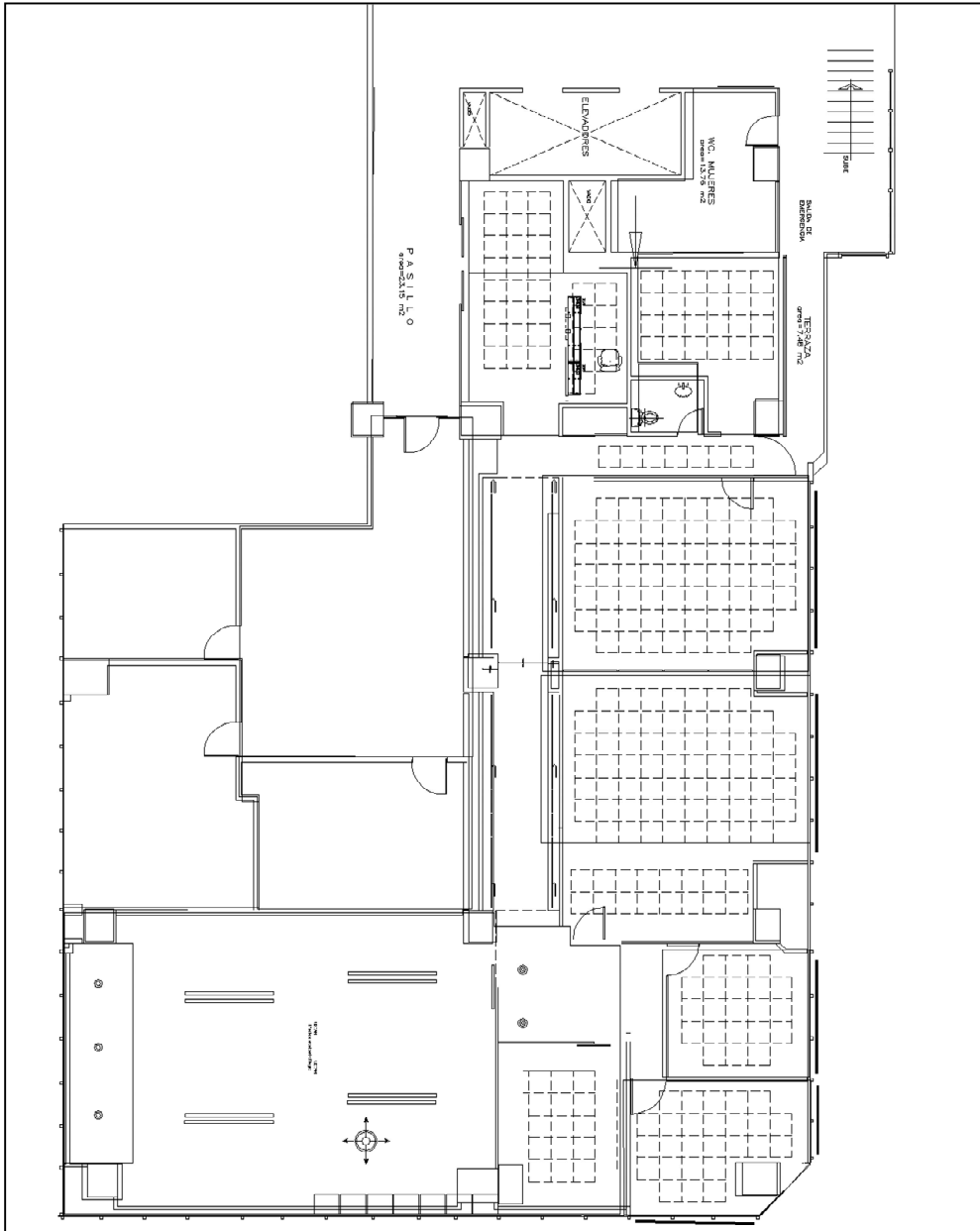
Gráfica 1. Distribución de Potencia Eléctrica para iluminación por piso.	- 16 -
Gráfica 2. Porcentaje de sistemas de iluminación por tipo de tecnología.	- 16 -
Gráfica 3. Distribución de equipos de iluminación por tipo de sistema.	- 17 -
Gráfica 4. Distribución de potencia eléctrica en iluminación por área.	- 19 -
Gráfica 5. Distribución de Control de Luminarias.	- 21 -
Gráfica 6. Distribución de Luminarias por área.	- 23 -

PLANOS ARQUITECTONICOS.

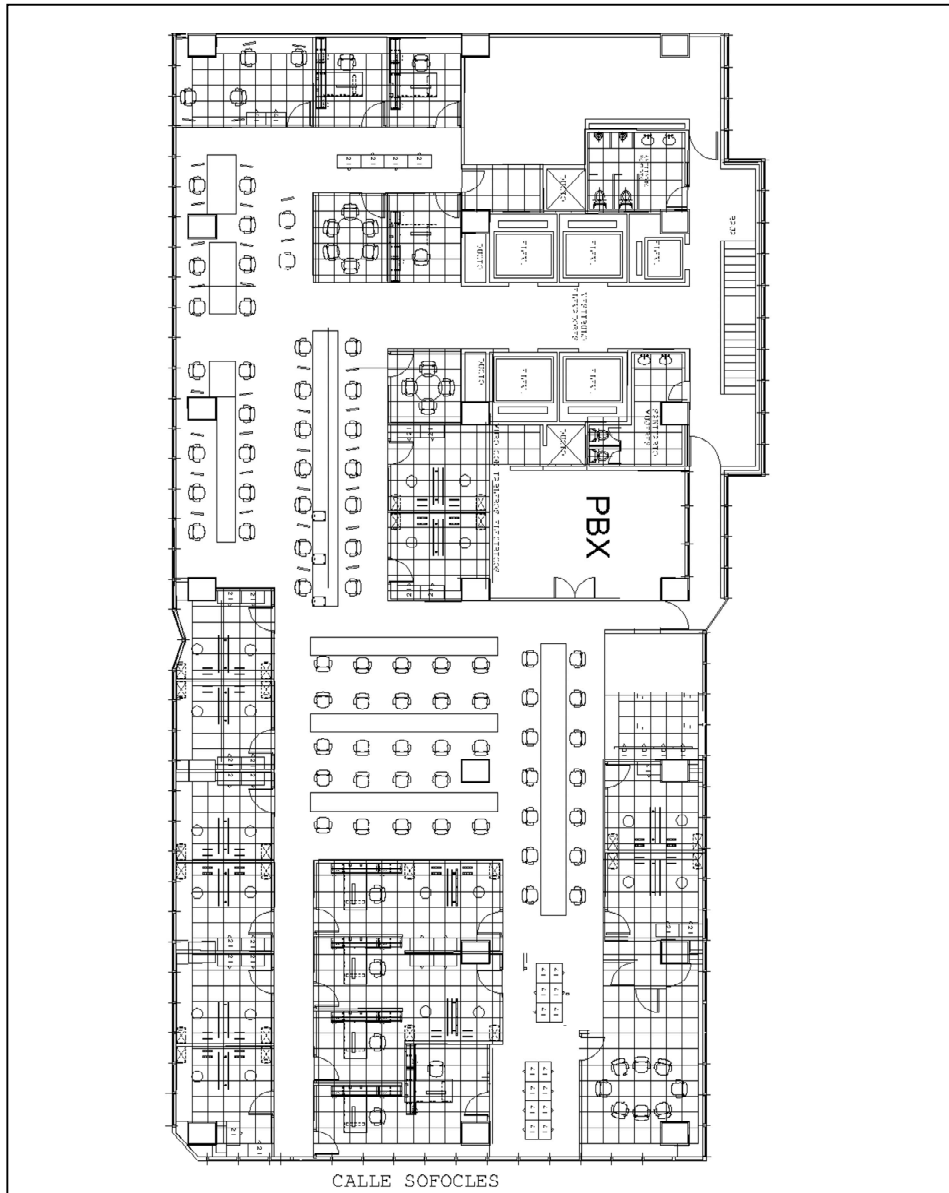
Piso 7



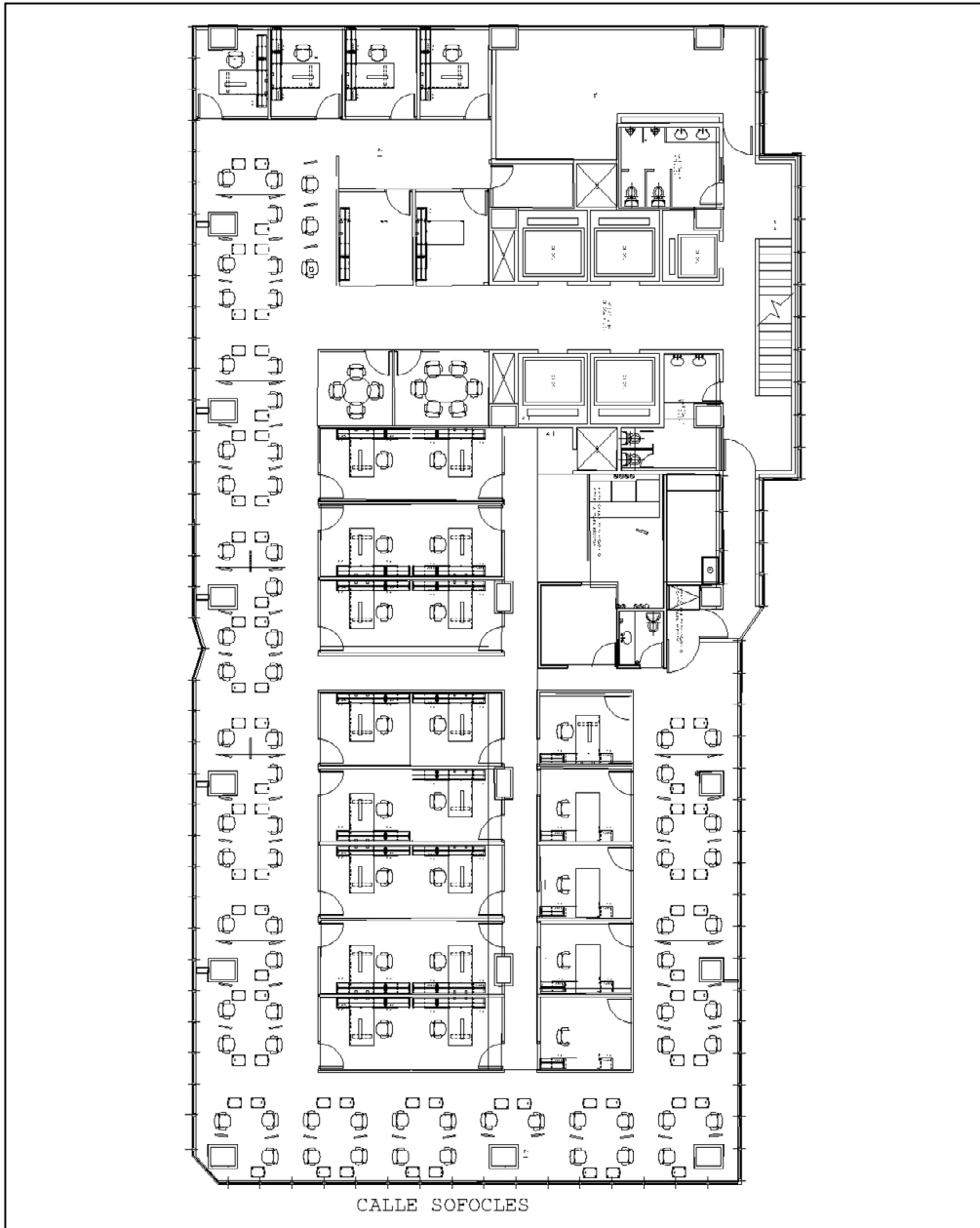
Piso 10



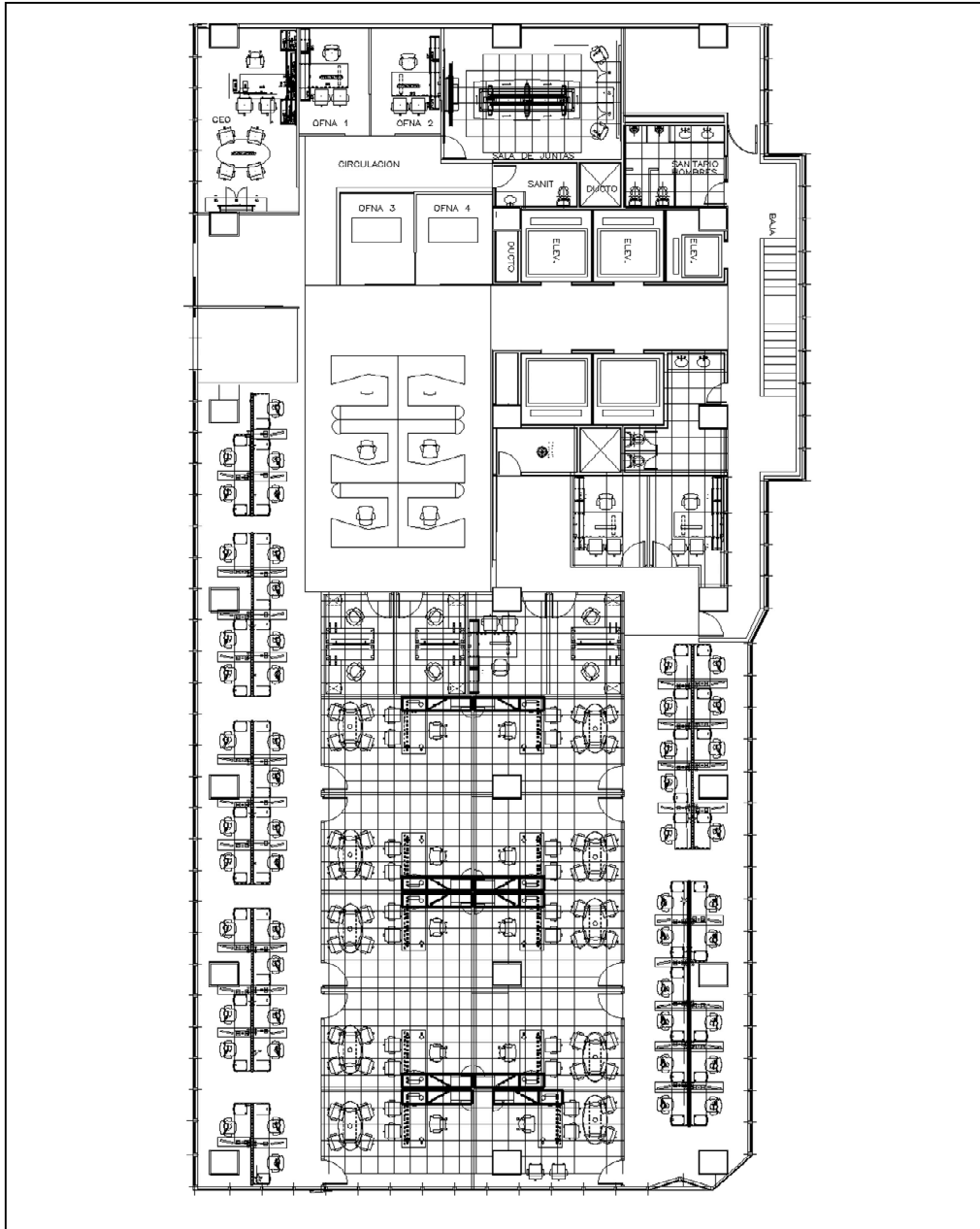
Piso 14



Piso 15



Piso 17



EXCEPCIONES A LA NOM-007-ENER-2014

No se consideran dentro del campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana los sistemas de alumbrado que se instalen en los siguientes lugares:

- Centros de baile, discotecas y centros de recreación con efectos especiales de alumbrado.
- Interiores de cámaras frigoríficas.
- Estudios de grabación cinematográficos y similares.
- Áreas que se acondicionan temporalmente donde se adicionan equipos de alumbrado para exhibiciones, exposiciones, convenciones o se montan espectáculos.
- Tiendas y áreas de tiendas destinadas a la venta de equipos de alumbrado.
- Instalaciones destinadas a la demostración de principios luminotécnicos.
- Áreas de atención críticas del paciente en hospitales y clínicas, como se menciona en el Artículo 517- 2 Definiciones de la NOM-001-SEDE-2012.
- Edificaciones nuevas, ampliaciones y modificaciones que se localicen en zonas de patrimonio artístico y cultural, de acuerdo a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas o edificios catalogados y clasificados como patrimonio histórico según el INAH y el INBA.
- Sistemas de alumbrado de emergencia independientes.
- Equipos de alumbrado para señales de emergencia y evacuación.
- Equipos de alumbrado que formen parte integral de otros equipos, los cuales estén conectados a circuitos de fuerza o contactos.
- Equipos de alumbrado empleados para el calentamiento o preparación de alimentos.
- Anuncios luminosos y logos.
- Alumbrado de obstrucción para fines de navegación aérea.
- 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 esta Norma Oficial Mexicana, tales como: salas de espera de centrales de pasajeros, edificios destinados a seguridad pública y nacional, naves industriales (área de proceso).
- Iluminación teatral (área de escenario).
- Iluminación destinada al crecimiento de plantas o animales para alimentación o investigación.
- Iluminación específicamente dedicada al servicio de personas con debilidad visual.

NOM-007-ENER-2014 Tabla 1. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) (muestra)

TIPO DE EDIFICIO	DPEA [w/m²]
OFICINAS	12
ESCUELAS Y CENTROS DOCENTES	14
TIENDAS DE AUTOSERVICIO Y DEPARTAMENTALES	15
HOSPITALES	14
HOTELES	12
BARES	14
RESTAURANTES	14
SALAS DE CINE	12
TEATROS	15
MUSEOS	14
CENTRALES DE PASAJEROS	13

NOM-007-ENER-2014 Anexo C Tabla C.1 Valores de DPEA para diferentes espacios pertenecientes a diferentes tipos de edificios (muestra)

TIPO DE ESPACIO ESPECIFICO	DPEA [w/m²]
ALMACEN MEDICO (HOSPITAL)	13.67
AREA DE LECTURA (BIBLIOTECA)	10.01
AREA DE EXHIBICION (CENTRO CONVENCIONES)	15.61
AULAS	13.35
BANCOS	14.85
BODEGAS	6.78
CAFETERIA (HOSPITAL)	211.52
OFICINA ABIERTA	10.55
OFICINA CERRADA	11.95
PASILLOS	7.1
PREPRACION DE COMIDA	10.66
SALAS DE JUNTAS	13.24
SANITARIOS	10.55
VESTIBULOS	9.69