



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA ELÉCTRICA

RESIDENCIA PROFESIONAL

**“ESTUDIO, REDISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL COLEGIO DE
INGENIEROS MECÁNICOS Y ELECTRICISTAS DEL ESTADO DE CHIAPAS A.C.”**

NEREYBI ANGELITA LOPEZ GONZALEZ

11270531

SAMANTHA GERALDINE MOLINA CORLAY

11270535

ASESOR

M.C. ALDO ESTEBAN AGUILAR CASTILLEJOS

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MEXICO A ENERO 2016

CONTENIDO

CAPÍTULO I	5
1.1 INTRODUCCIÓN	5
1.2 PROBLEMÁTICA	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	7
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	7
1.5.1 Alcances.....	7
1.5.2 Limitaciones.....	7
CAPÍTULO II	8
2.1 Caracterización del área en que se participó	8
2.1.1 Antecedentes de la empresa.....	8
2.1.2 Organigrama de la Empresa	10
2.1.3 Misión, Visión y Valores	11
2.1.4 Descripción del área donde se realizó el proyecto	11
CAPÍTULO III	12
3.1 Fundamento Teórico	12
3.1.1 Conceptos Básicos.....	12
3.1.2 Visión	13
3.1.3 Unidades de luminotecnia	18
3.1.4 Mediciones Fotométricas.....	29
3.1.5 Confort Visual.....	33
3.2 Lámparas	34
3.2.1 Lámparas LED	36
3.2.2 Lámparas Fluorescentes.....	43
3.2.3 Lámparas HID	44
3.3 Método de cavidades zonales.....	47
3.3.1 Cálculo con el método de Cavidades Zonales	47
CAPÍTULO IV	54
4.1 Procedimientos y descripción de las actividades realizadas.....	54
4.1.1 Estudio de las normas aplicables al área de trabajo del CIME.....	54

4.1.2	Obtención de los parámetros de las áreas de evaluación en la empresa.....	54
4.1.3	Estudio del nivel de iluminación de las áreas de evaluación de la empresa.....	56
4.1.4	Comparación con la NOM-025-STPS y el manual de iluminación de Westinghouse con el sistema actual de iluminación.	67
4.1.5	Rediseño en Dialux	69
4.1.6	Análisis de los resultados	69
4.1.7	Reporte técnico del rediseño	71
4.1.8	Renderizado de las áreas y la empresa con el sistema propuesto.....	84
CAPÍTULO V		89
5.1	Resultados	90
5.1.1	Cálculo con el método de Cavidades Zonales	90
5.2	Conclusiones y recomendaciones	109
5.2.1	Conclusiones.....	109
5.2.2	Recomendaciones	110
REFERENCIAS.....		112
ANEXOS		115
Tabla 3.1 Clasificación de las ondas electromagnéticas.		14
Tabla 3.2 Flujo y rendimiento luminoso de acuerdo al tipo de lámpara.		23
Tabla 3.3 Niveles de iluminación Según la NOM-025- STPS.....		25
Tabla 3.4 Luminancia o niveles de iluminación (Lux).		26
Tabla 3.5 Clasificación de las lámparas (IRC)		28
Tabla 3.6 Temperatura de color y color de luz.....		34
Tabla 3.7. Poder reflectante de algunos colores y materiales		35
Tabla 3.8 Comparativa del tiempo de vida		39
Tabla 3.9 Eficacia de la luz- Light efficiency		41
Tabla 3.10 Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición		48
Tabla 3.11 Tabla de Coeficientes de Utilización de la CIE		50
Tabla 3.12 Valores de factor de mantenimiento CIE 97-2005		51
Tabla 3.13. Valores límite de la eficiencia energética de la instalación.....		53
Tabla 4.1 Parámetros del edificio CIME, Número de puntos de Iluminación.		54
Tabla 4.2 Comparación del sistema actual de iluminación con el de la NOM-025-STPS y el manual de Westinghouse.....		68
Tabla 5.1 Parámetros del edificio CIME, Chiapas.....		90
Tabla 5.2 Nivel de Iluminación Promedio del CIME Chiapas.....		98
Tabla 5.3. Cálculos de Planta Baja del CIME Chiapas		100
Tabla 5.4. Cálculos de Planta Media del CIME Chiapas.....		100
Tabla 5.5. Cálculos de Planta Alta del CIME Chiapas.....		101
Tabla 5.6. Coeficiente de utilización del CIME CHIAPAS.		101

El factor de mantenimiento que tomamos en cuenta fue según las condiciones ambientales de las luminarias a prueba de polvo y la frecuencia de limpieza que es normal por año. Por lo tanto nuestro valor para todas las áreas del CIME, Chiapas tienen un factor de mantenimiento de 0.90, basándonos en la Tabla 5.7 del factor de mantenimiento..... 102

Tabla 5.8. Tabla de Flujo luminoso total requerido del CIME Chiapas 102

Tabla 5.9. Tabla de número de luminarias requeridas en el CIME Chiapas..... 103

Tabla 5.10. Flujo luminoso real e iluminancia promedio real del CIME Chiapas. 104

Tabla 5.11. Eficiencia energética de la instalación Rediseñada del CIME Chiapas 105

Tabla 5.12. Consumo actual de energía por cada lámpara en Planta baja..... 106

Tabla 5.13. Consumo actual de energía por cada lámpara en Planta media..... 106

Tabla 5.14. Consumo actual de energía por cada lámpara en Planta alta..... 107

Tabla 5.15 Planta baja, Consumo..... 108

Tabla 5.16 Planta media, Consumo..... 108

Tabla 5.17 Planta alta, Consumo..... 109

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION

Particularmente en México, la energía eléctrica proviene de la quema del petróleo en más del 70%, según la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Lang, 2010). Esta situación presenta problemas graves, es decir, acabamos con nuestros recursos naturales no renovables, dañamos a la atmosfera debido a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los humanos posemos sentidos para poder para adaptarnos a nuestro entorno, siendo que la mayor parte de la información que percibimos es a través de los ojos, y que normalmente nos enfocamos en tareas visuales que son efectuadas con ayuda de iluminación artificial.

La iluminación es factor importante dentro de todos los ámbitos, sin embargo es más notoria en las zonas laborales con mayor especialidad. Ya que tiene como principal finalidad el facilitar la visualización de los objetos dentro de un contexto espacial, de modo que el trabajo se pueda realizar en unas condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad, como lo es en laboratorios, hospitales y en industrias. Retomando lo anterior, las consecuencias repercuten favorablemente sobre las personas, es decir, reduciendo la fatiga, los índices de errores y accidentes. Además que influye directamente en el rendimiento laboral.

Por ello es importante la luz en nuestras vidas, ya que nos afecta mucho más de lo que se suele suponer, no sólo el aspecto visual sino también en el biológico. Durante más de 150 años los científicos han considerado que los conos y bastoncillos eran las únicas células foto receptoras del ojo. Pero en el 2002 David Berson de la universidad de Brown EE.UU. Detectó un nuevo tipo de foto receptor en la retina de los mamíferos. Este nuevo receptor muestra como la iluminación tiene efectos visuales y biológicos. Los efectos biológicos implican que al tener una buena iluminación se tenga una influencia positiva sobre la salud, bienestar, la vigilia e incluso sobre la calidad de sueño. (Berson, 2002)

Los requerimientos en cuanto a niveles de iluminación estarán determinados por las exigencias del cliente y el área de trabajo. Muchas veces la iluminación no es la adecuada y provoca en el trabajador cansancio visual y esfuerzo mental, así como estar propensos a accidentes. Existen normas nacionales que verifican los factores de los sistemas de iluminación funcionen adecuadamente como lo es la Nom-025-STPS.

1.2 PROBLEMÁTICA

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez es una región que cuenta con la existencia de grandes extensiones de terreno que en algunas ocasiones son destinadas a la construcción de edificaciones como: Empresas Industriales, Comercial, Universidades e incluso instituciones como es el CIME, Chiapas que se encargan de promover la superación profesional, científica, técnica, económica, social y cultural de los Ingenieros de la especialidad.

Es conveniente realizar el estudio del sistema de iluminación del CIME Chiapas A. C, para verificar que las áreas que las constituyen cumplan con la norma NOM-025-STPS. Por ende al analizar el resultado de cada área sabremos si existe un gasto elevado y desconsiderado de energía eléctrica,

además de incentivar a realizar el mantenimiento adecuado del sistema de alumbrado debido a que por la falta de esto la vida útil de las lámparas disminuye. Sin embargo, si de los resultados que se obtenga a partir del estudio, se concluye que los niveles de iluminación no son los adecuados para cada área, se hará un rediseño del sistema con nuevas tecnologías para promover el ahorro de energía y a largo plazo disminuir el gasto económico de la empresa con respecto al sistema de iluminación.

Por lo tanto, para que los cursos, conferencias y pláticas se lleven a cabo es necesario contar con buenas instalaciones dentro del edificio, tanto en lo que respecta al espacio físico e iluminación, para poder facilitar la visibilidad y por ende el mejor desenvolvimiento de colegiados que frecuentan dicha instalaciones durante el día y de vez en cuando en horas nocturnas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En un sistema de iluminación debe existir un equilibrio de la iluminación en la habitación, caso contrario puede ocasionar fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes. Además de que el trabajo con poca luz puede dañar la vista a largo plazo, al igual que los cambios bruscos de luz pueden ser dañinos, puesto a que estos ciegan temporalmente.

Otro factor a considerar son las fallas encontradas en los sistemas que alteran el consumo energético y la vida útil de las lámparas, recibiendo una iluminación de mala calidad y dañina, también debemos tener en cuenta el mantenimiento que estas reciben, y en consecuencia la condición en la que estas se encuentran. En el plano de trabajo, se debe tener en cuenta que la reflexión de la luz de los colores en algunos casos es baja, como lo es en los colores oscuros que requiere más iluminación.

En la realización de actividades laborales se debe evaluar la dificultad de las tareas en función de sus características y condiciones de trabajo. Como ya se ha mencionado la mala iluminación no solo causa daños en los ojos sino que también puede cambiar el estado de ánimo de una persona en sus labores diarias, la estabilidad de la persona, y tipo de trabajo que realice en el área iluminada.

En la actualidad se producen desperdicios sustanciales de energía eléctrica en los diferentes sectores comerciales e industriales, y esto se va reflejando en la factura total pagada por dicho servicio, además de que mientras más consumo de energía se demanda más recursos no renovables se van necesitando. Por lo cual se propone el estudio y análisis del sistema de iluminación del CIME Chiapas A. C. y rediseñar del sistema de iluminación a través del método de cavidades zonales en el software Dialux, esperando como meta el ahorro de energía eléctrica, así mismo nos lleva a una reducción de gastos de recursos económicos para la empresa.

Los beneficiados de este resultado son los colegiados y los trabajadores. Estos últimos son los que mayor tiempo permanecen en el edificio y normalmente tienen sus tareas rutinarias a ejecutar, las cuales necesitan de iluminación debido a que dentro del edificio no entra con tanta facilidad la luz de día.

Se buscará mejorar la calidad de la iluminación para que sea la adecuada. En la actualidad el diseñador de sistemas de iluminación debe ser consciente de la importancia de tener en cuenta la calidad del sistema de iluminación en su forma más global e incorporar todos los resultados disponibles en este sentido para lograr instalaciones de iluminación de mejor calidad. (Miller & Mc Gowan, 2000)

Se tiene como propósito en este proyecto simular el sistema de iluminación que proporcione una visibilidad eficiente y cómoda en el trabajo, así como también ayudar a mantener un ambiente seguro. De acuerdo con las operaciones a realizar en cada área se debe disponer de una iluminación adecuada. Evitando el deslumbramiento que puede provocar incomodidad, fatiga y dificultad de visión.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar un análisis del nivel de iluminación de todas las áreas del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Chiapas A. C. (CIME CHIAPAS A. C.) en base a la NOM- 025- STPS y proponer un rediseño del sistema de iluminación a través del método de cavidades zonales en el software Dialux.

1.4.2 Objetivos específicos

- Obtener el nivel de iluminación mínimo necesario para cumplir con la norma oficial.
- Rediseñar un sistema de iluminación en la empresa por cada área específica de trabajo.
- Realizar una estimación del consumo energético del CIME utilizando el software Dialux

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

Este proyecto es el primer paso para aportar el apoyo al ahorro de energía eléctrica. El proyecto se centra realizar un análisis del nivel de iluminación de todas las áreas del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Chiapas A. C. (CIME) en base a la NOM- 025- STPS. Los alcances y limitación son las siguientes:

1.5.1 Alcances

- Emplear el método de cavidades zonales para obtener el análisis más cercano a la realidad en cuanto al sistema de iluminación.
- Diseñar el sistema de iluminación en 3D con el Software Dialux
- Realizar el estudio del sistema de iluminación actual.
- Únicamente se generará el informe técnico del estado actual y la nueva propuesta del sistema de iluminación.

1.5.2 Limitaciones

- La implementación de este sistema no se podrá realizarse por la reciente remodelación del CIME Chiapas.
- Además de que el sistema de iluminación no cuenta con sensores para tener un control de iluminación y obtener el ahorro de energía en base a la presencia de calor y dependiendo de esto la iluminación se active o desactive.

CAPITULO II

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ

2.1.1 Antecedentes de la empresa

El 1 de septiembre de 1981, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, un grupo de reconocidos profesionales en el ramo de la ingeniería electromecánica deciden conjuntar esfuerzos para formar una agrupación de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Chiapas, con el fin de fungir como un órgano de consulta de la administración pública. Es así como esta agrupación se integra como una sección del CIME nacional y reconoce al Ing. Fausto Héctor Fernández Basulto, como su primer presidente, en consideración a su entusiasmo y energía para unir al sector electromecánico de la entidad y así dar cumplimiento a un derecho constitucional que nos permite la vinculación con los diferentes organismos del gobierno. También han sido presidentes los ingenieros Luis Domínguez Castillo, René Moguel Muñoz y Francisco Aguilera Gómez, complementando la lista con los otros fundadores: Guillermo Martínez Olvera, Rodolfo Valadez, Luis Cancino Velazco, Omar López Montesinos y Fernando José Martínez Gordillo.

El día 7 de marzo de 1990, al registrarse legalmente ante la Notaria número 25, del Lic. Wenceslao Camacho Camacho, esta sección se convierte en el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas, A.C. (CIME Chiapas, A.C.), contando hasta la fecha con nueve presidentes en el orden siguiente: Fausto Héctor Fernández Basulto, Francisco Aguilera Gómez, Luis Domínguez Castillo, Fernando José Martínez Gordillo, Fidel Dehesa Martínez, Jesús Salvador Vázquez Molina, José Javier Fernández Orantes, Fidel Alejandro Díaz Molinari y Julio Alighieri Cruz Liévano.

De 1981 a 1992, las reuniones del colegio de llevaron a cabo en el restaurante del Hotel Bonampak, restaurante La Selva y las instalaciones del Colegio de Ingenieros Civiles. Es en 1993 cuando el Ing. Francisco Aguilera Gómez proporciona el primer domicilio fijo que se ubicó en la 9ª. Sur Oriente, este espacio físico permitió un reconocimiento formal por parte de las autoridades municipales y estatales, colegios a fines y la sociedad en general, permitiendo también la oportunidad de hacer acto de presencia en diferentes foros con capacidad de operación.

En el año de 1994 se inicia la consolidación del colegio al contar con el apoyo económico de las unidades de verificación de instalaciones eléctricas, denominadas UVIES, dichos recursos permitieron adecuar y equipar las oficinas con apoyo secretarial, un ingeniero pasante permanente, un equipo de cómputo, dos mesas de trabajo, dos equipos de aire acondicionado, un vehículo tipo combi, escritorios, archiveros y equipo de laboratorio. Para nos años 2000 y 2001, el Ing. Jesús Salvador Vázquez Molina, proporciona sus oficinas, ubicadas en la 19ª. Oriente Norte número 776, por lo que el Colegio cambia de domicilio nuevamente.

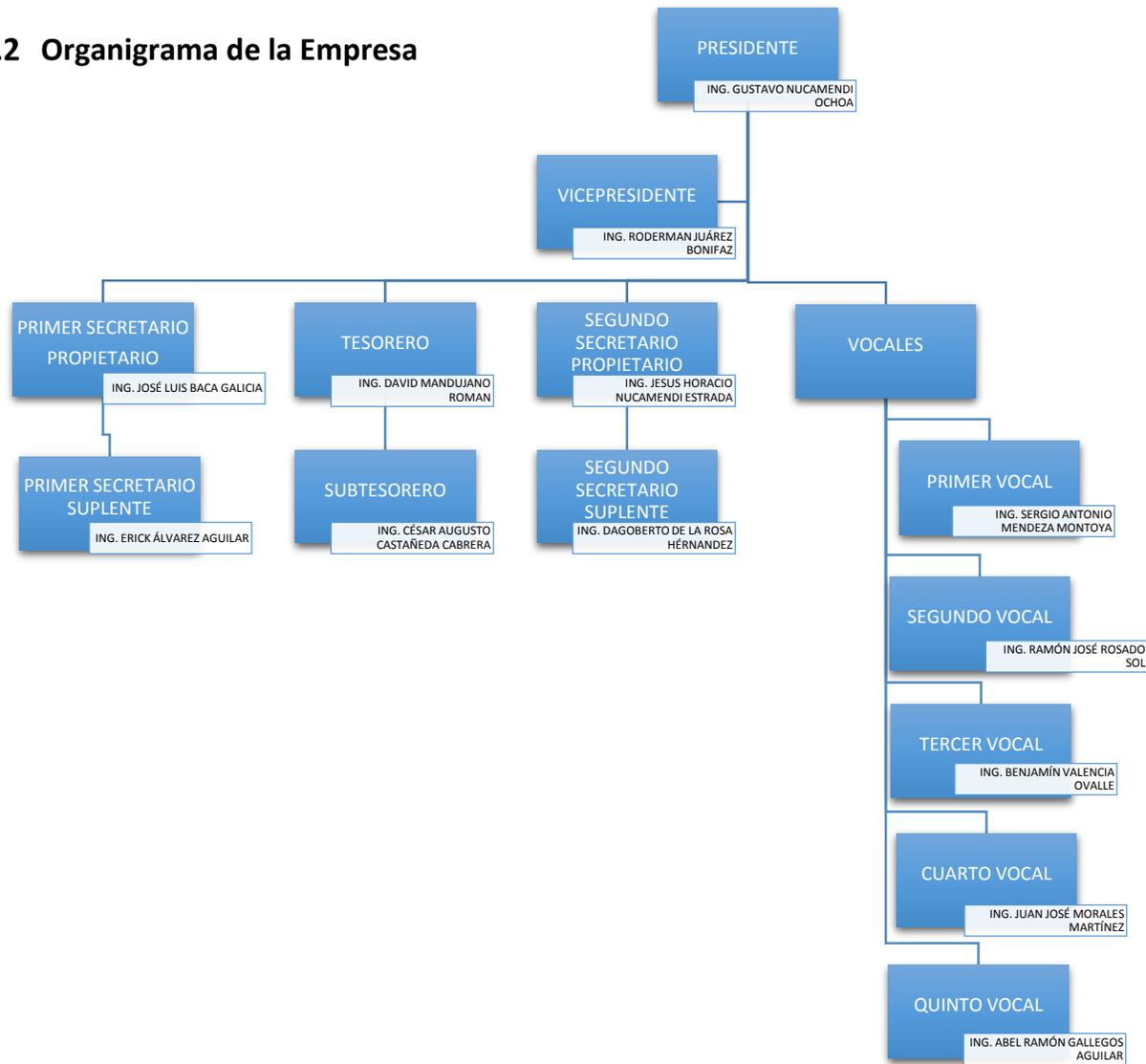
En el año de 1999, siendo presidente municipal de Tuxtla Gutiérrez el C.P. Federico Salazar Narváz y presidente del CIME el Ing. José Luis Domínguez Castillo, el municipio dono en comodato un terreno de 945 m², área que ocupa la construcción del edificio, la segunda donación que consta de 585 m², fue realizada en el año 2001 por el entonces presidente municipal Dr. Francisco Rojas Toledo y presidente del CIME el Ing. Jesús Salvador Vázquez Molina, por lo que nuestro colegio tiene un

área total de 1,530 m², y se encuentra ubicado en Av. Paseo de las Gárgolas número 160, Col. Infonavit Chapultepec.

En el año 2000, cuando el Ing. Jesús Salvador Vázquez Molina asume la presidencia del colegio, derivado de la renuncia del Ing. Fidel Dehesa Martínez, se inició la construcción del edificio, utilizando los recursos proporcionados por las UVIES, representadas por los ingenieros Alfonso Yáñez Pétriz, Fidel Alejandro Díaz Molinari, Héctor Hernández Murillo, Jorge Hernández Camacho, René Moguel Muñoz, Alfonso Ortiz Ortega, Fidel Dehesa Martínez y Arturo Velázquez Ayala, y las generosas aportaciones de los propios colegiados como un reconocimiento a la honestidad, transparencia y compromiso de todos los consejos directivos anteriores, lo cual permitió que el proyecto de edificación rebasara las expectativas originalmente planteadas.

Gracias al apoyo de los colegiados y sus aportaciones de dinero en efectivo y materiales, el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Chiapas fue el primero en construir un edificio propio. Como ejemplo a nivel nacional, no solo por la construcción del edificio, sino también por la unión, la fraternidad y el compañerismo que existe en el seno del colegio, particularidad que da como resultado la candidatura del Ing. Jesús Salvador Vázquez Molina para dirigir la Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana (FECIME), quien a través de las elecciones efectuadas el 7 de diciembre del año 2002, en la ciudad de Guadalajara, y contando con el apoyo de 18 colegios de la república mexicana, de un total de 22 colegios afiliados a la FECIME, fue electo presidente, cargo que ocupa actualmente y que debe ser orgullo de nuestro colegio.

2.1.2 Organigrama de la Empresa



2.1.3 Misión, Visión y Valores

2.1.3.1 Misión

Complementar la formación de profesionales de las ingenierías mecánica, eléctrica y sus ramas afines, con un sólido aprendizaje, teórico-práctico bajo estándares de conocimientos metodológicos de investigación, y líderes en acciones de prevención y de promoción de nuevas tecnologías, generando conocimientos y comprometidos con la sociedad, con valores y sobrada ética profesional.

2.1.3.2 Visión

Crear conciencia de servicio ante la sociedad y fomentar la colaboración entre sus miembros, impulsando el ejercicio profesional dentro del más alto nivel moral y legal, cumpliendo a cabalidad con todos los reglamentos y con los estatutos establecidos por nuestro colegio.

2.1.4 Descripción del área donde se realizó el proyecto

Se tomó en cuenta todo el edificio del CIME Chiapas A. C. ubicado en Avenida Paseo de las gárgolas núm. 160, Infonavit Chapultepec, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, para efectuar el análisis de su sistema de iluminación. El edificio cuenta con tres plantas: en la planta baja tiene una sala de usos múltiples con capacidad para 300 personas, y dos espacios que se emplean para cocina o usos diversos. En cuanto a la planta media se tiene un espacio para recepción y junto a este está la sala de espera, la sala de capacitación, sala de juntas, oficina de recepción, la presidencia, cocina y baños. En planta alta se tiene una sala de uso exclusivo para conferencias, cursos, etc., con capacidad para 50 personas con su respectiva bodega, afuera de esta sala, dos baños, una bodega de limpieza y un espacio para cocina. Además que en la parte externa cuenta de un pequeño estacionamiento.

CAPITULO III

3.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1.1 Conceptos Básicos

3.1.1.1 *Importancia de la luz*

Según Osram, “La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaces de afectar al órgano visual. Se denomina radiación a la transmisión de energía a través del espacio.” (OSRAM, 1979)

Los humanos poseemos una capacidad extraordinaria para adaptarnos a nuestro entorno. La luz es muy importante porque es un elemento esencial de nuestra capacidad de comprender el entorno, ya que la mayor parte de la información que recibimos a través de los sentidos la obtenemos a través de la vista. La luz es el fenómeno electromagnético por el que podemos percibir radiaciones que son sensibles al ojo humano. La radiación electromagnética de la luz es de longitud de onda entre 380 y 750 nm.

Existen muchos modos de crear luz, pero es de los métodos más utilizados actualmente son los siguientes:

- Termo-radiación es el alumbrado que se obtiene cuando los materiales sólidos o líquidos se calientan a temperaturas superiores a 1000 K emiten radiación visible (incandescencia). Las lámparas de filamentos se basan en este concepto para generar luz.
- Según Osram, Provocando una descarga eléctrica entre dos placas o electrodos situados en el seno de un gas o de un vapor metálico (fundamento de las lámparas de descarga). (OSRAM, 1979)
- La descarga eléctrica es otra técnica utilizada para obtener luz. Cuando una corriente eléctrica pasa a través de un gas emite radiación (luminiscencia).

Cuando hablamos de sistemas de iluminación, nos referimos a los sistemas que se utilizan para dar luz. En cualquier caso la producción de la luz es una transformación de la energía. La luz se produce cuando un átomo es expuesto a una radiación externa, la que hace que algunos electrones se existan y salten a niveles de mayor energía, en un proceso llamado absorción, entonces el átomo queda en un estado no estable, y pronto decae ese electrón a nivel de menor energía liberando la diferencia de energía que hay entre los orbitales que se produjo el salto en forma de radiación electromagnética. A continuación se describirá más acerca del fenómeno del espectro electromagnético.

3.1.2 Visión

3.1.2.1 Espectro electromagnético

La luz se origina en el movimiento acelerado de los electrones. Es un fenómeno electromagnético, y es solo una parte diminuta de un todo mucho mayor: una amplia gama de ondas electromagnéticas llamada **espectro electromagnético** (ver fig. 3.1).¹

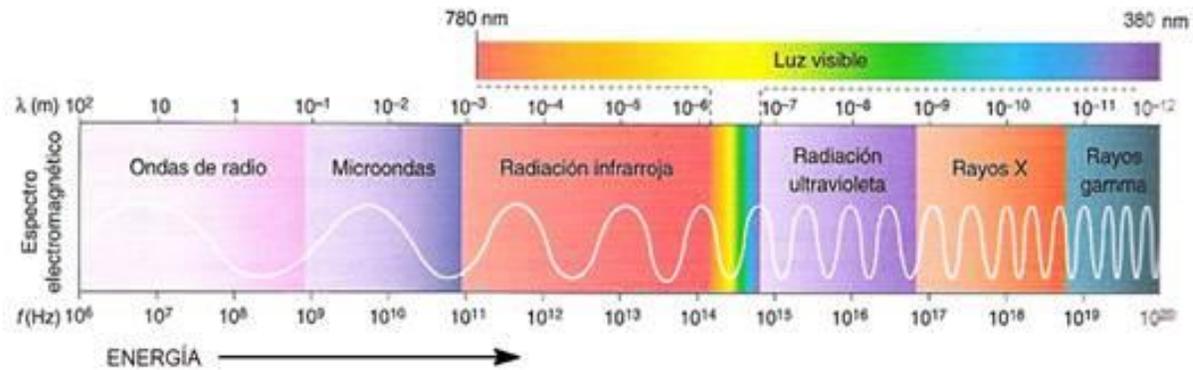


Fig. 0.1 Frecuencia en Hz y longitud de onda en nm (López, 2014)

El espectro electromagnético (o simplemente espectro) es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto.

Según Tippens, P. (2011), El espectro electromagnético es continuo; no hay entre una forma de radiación y otra. Los límites establecidos son arbitrarios y dependen de nuestra capacidad para percibir directamente una pequeña porción y para descubrir y medir las porciones que quedan fuera de la región visible.

El espectro electromagnético se extiende desde las bajas frecuencias usadas para la radio moderna (extremo de la onda larga) hasta los rayos gamma (extremo de la onda corta), que cubren longitudes de onda de entre miles de kilómetros y la fracción del tamaño de un átomo.

Se piensa que el límite de la longitud de onda corta está en las cercanías de la longitud Planck, mientras que el límite de la longitud de onda larga es el tamaño del universo mismo, aunque en principio el espectro sea infinito y continuo. El espectro de frecuencias o longitudes de onda se divide en regiones, o intervalos. Para la luz visible, las longitudes de onda se expresan generalmente en nanómetros. (1 nm = 10^{-9} m).

¹ Hewitt, P. (2007). Física Conceptual. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Tabla 0.1 Clasificación de las ondas electromagnéticas.

Tipo de onda	Intervalo aproximado de frecuencias (Hz)	Intervalo aproximado de longitudes de onda (m)	Algunas fuentes comunes
Ondas de potencia	60	5.0×10^6	Corrientes eléctricas
Ondas de radio AM	$(0.53 \times 10^6) - (1.7 \times 10^6)$	570 – 186	Circuitos eléctricos/ antenas
Ondas de radio FM	$(88 \times 10^6) - (108 \times 10^6)$	3.4 – 2.8	Circuitos eléctricos/ antenas
TV	$(54 \times 10^6) - (890 \times 10^6)$	5.6 – 0.34	Circuitos eléctricos/ antenas
Microondas	$10^9 - 10^{11}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	Tubos de vacío especiales
Radiación infrarroja	$10^{11} - 10^{14}$	$10^{-3} - 10^{-7}$	Cuerpos tibios y calientes, estrellas
Luz visible	$(4.0 \times 10^{14}) - (7.0 \times 10^{14})$	10^{-7}	El Sol y otras estrellas; lámparas
Radiación ultravioleta	$10^{14} - 10^{17}$	$10^{-7} - 10^{-10}$	Cuerpos muy calientes, estrellas y lámparas especiales
Rayos X	$10^{17} - 10^{19}$	$10^{-10} - 10^{-12}$	Choques de electrones a alta rapidez y procesos atómicos
Rayos gamma	Por arriba de 10^{19}	Por debajo de 10^{-12}	Reacciones nucleares y procesos de decaimiento nuclear

3.1.2.2 Radiación visible (luz)

La luz es energía electromagnética, cuando llega a la retina, la luz crea sensaciones visuales (producida por procesos fisiológicos), que a su vez, estimulan una respuesta neurológica en el cerebro. La luz es generalmente emitida por una fuente y puede que sea absorbida, reflejada o transmitida a través de diversos objetos antes que llegue el ojo de un observador. La luz revela la forma, tamaño, textura, color, profundidad y ubicación de un objeto (esto en realidad es un proceso subjetivo).

La frecuencia por encima del infrarrojo es la de la luz visible. Este es el rango en el que el Sol y las estrellas similares a él emiten la mayor parte de su radiación. No es probablemente una coincidencia que el ojo humano sea sensible a las longitudes de onda que el sol emite con más fuerza. La luz visible (y la luz cercana al infrarrojo) son absorbidas y emitidas por electrones en las moléculas y átomos que se mueven desde un nivel de energía a otro.

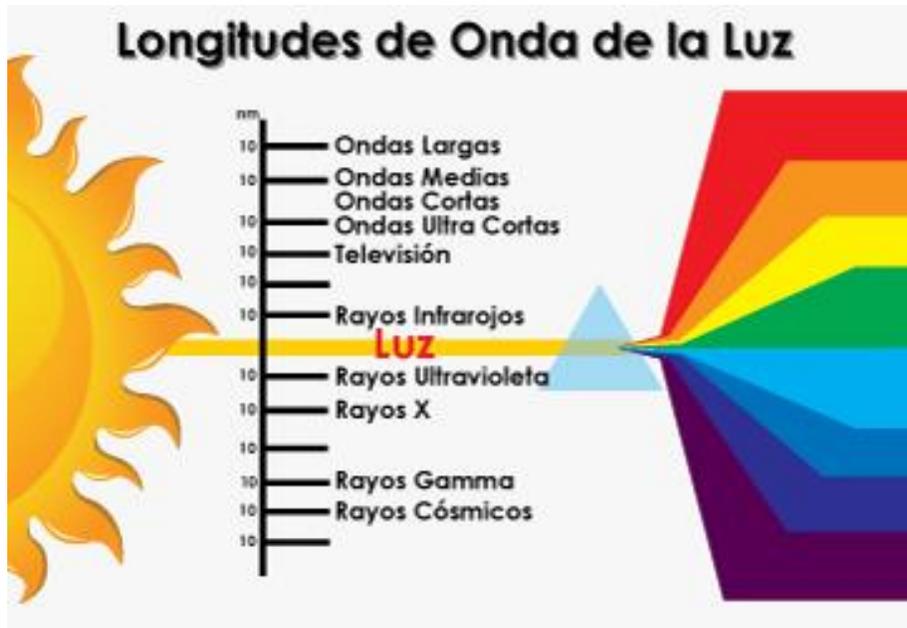


Fig. 0.2 Longitudes de Onda de la luz, (HIDROENVIRONMENT, 2015)

La luz que vemos con nuestros ojos es realmente una parte muy pequeña del espectro electromagnético. Un arco iris muestra la parte óptica (visible) del espectro electromagnético; el infrarrojo (si pudiera verse) estaría localizado justo a continuación del lado rojo del arco iris, mientras que el ultravioleta estaría tras el violeta.

El espectro visible de luz es el espectro de radiación electromagnética que es visible para el ojo humano. Va desde una longitud de onda de 400 nm hasta 700 nm. Además, también se conoce con otro nombre: **el espectro óptico de la luz**. Cuando la radiación emitida tiene la frecuencia de la luz visible, podemos observar luz visible, la que va desde los 380 nm hasta los 780 nm de longitud de onda.

A través de la visión obtenemos la mayor parte de la información con la que interpretamos y conocemos a nuestro entorno. Se puede identificar objetos (según sus propiedades), localizamos su posición y seguimos aspectos de su evolución. El ser humano cuenta con 3 tipos de visiones (la fotópica, mesópica y la escotópica), gracias a estas se puede adaptar al medio. Esta capacidad de adaptación se origina sólo por una parte muy pequeña mediante la pupila, que regula la incidencia; la mayor parte de la capacidad de adaptación la aporta la retina. Aquí se cubren por el sistema de bastoncillos y conos campos de distinta intensidad luminosa; el sistema de bastoncillos es efectivo en el campo de la visión nocturna (visión escotópica), los conos posibilitan la visión diurna (visión fotópica), mientras que en el período de transición de la visión crepuscular (visión mesópica) ambos sistemas receptores están activados.

La Visión fotópica es la percepción visual que se produce con niveles de iluminación diurnos (a plena luz del día). Este tipo de visión, hace posible la correcta interpretación del rango de colores por el ojo. Está basada en la respuesta de los conos del ojo, que son mucho menos sensibles y sólo se activan cuando los niveles de iluminación son muy elevados.

Visión mesópica es la visión intermedia (situada entre la fotopila y la escotópica) que se da en situación de iluminación, que sin llegar a ser de oscuridad total, no llegan a ser la luz que tenemos en un día a pleno sol. Es el tipo de visión empleada en condiciones de luz artificial, donde actúan los conos y bastones del ojo. La mayoría de espacios nocturnos exteriores y de iluminación de alumbrado público, se encuentran dentro del rango mesópico.

La Visión escotópica es el tipo de percepción visual que se produce con unos niveles de iluminación muy bajos. La agudeza visual es muy baja y la recepción de la luz se realiza principalmente con los bastones de la retina, que son muy sensibles al color azul del espectro (por lo que son completamente nulos para percibir el rojo). Este tipo de visión es monocromática.

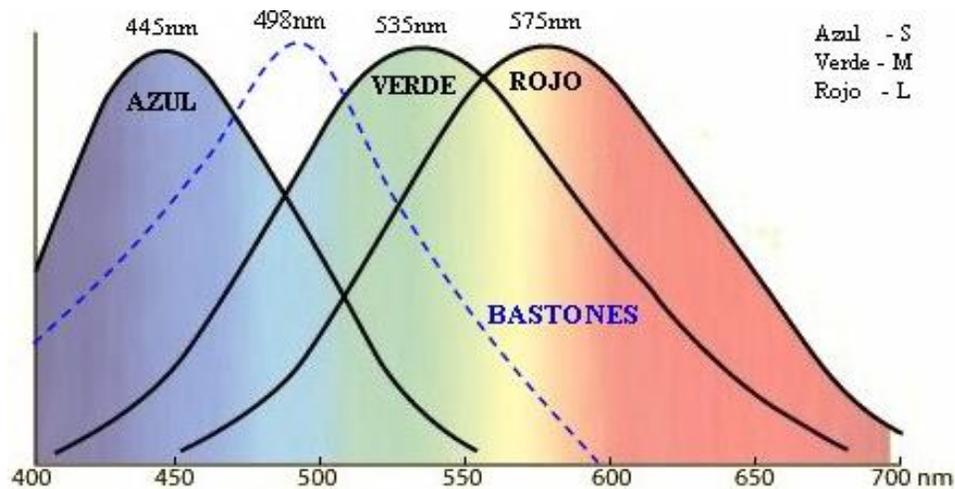


Fig. 0.3 Absorción óptica de conos y bastones por longitud de onda., (Rodríguez Peña, 2012)

La visión escotópica carece de color, ya que una función de sensibilidad con un espectro único es ajena al color, por lo que la visión escotópica es monocromática. Los conos son los que proporcionan la visión en color. Hay tres clases de conos. Cada una de ellos contiene un pigmento fotosensible distinto. Los tres pigmentos tienen su capacidad máxima de absorción hacia los 430, 530 y 560 nanómetros de longitud de onda, respectivamente. Por eso se los suele llamar "azules", "verdes" y "rojos". No es que los conos se llamen así por su pigmentación, sino por el supuesto 'color de la luz' al que tienen una sensibilidad óptima.

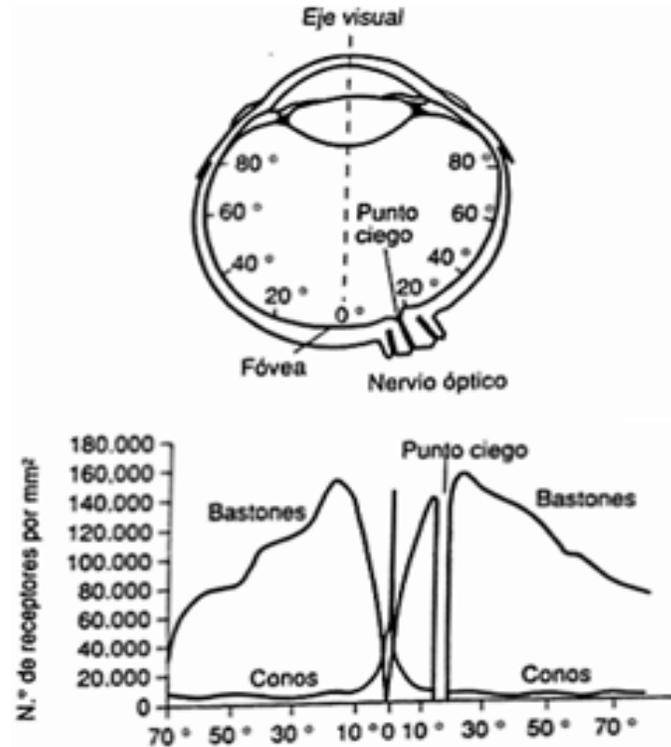


Fig. 0.4 Distribución de conos y bastones en la retina según ángulo visual, (Aznar Casanova, 2015)

Los conos son densos sobre todo hacia la fóvea; es pues, también, un modo de visión que moviliza principalmente la zona central de la retina. Por esta última razón, y porque la pupila puede, además, en este modo de visión, estar más cerrada (al ser suficiente la cantidad de luz), es una visión caracterizada por su agudeza.

La fóvea es el área de la retina en el cual se forma una imagen muy nítida de la reducida área inmediata a la dirección de visión: se llama visión “central” o visión “on-line”. Los conos presentan su máximo nivel de actividad con la adaptación a luminancias de entre 3 y 10 cd/m² y superiores. Cuando hablamos de visión fotópica se hace posible la percepción del color, ya que disponemos de conos sensibles a cada uno de los tres colores primarios: rojo, verde y azul.

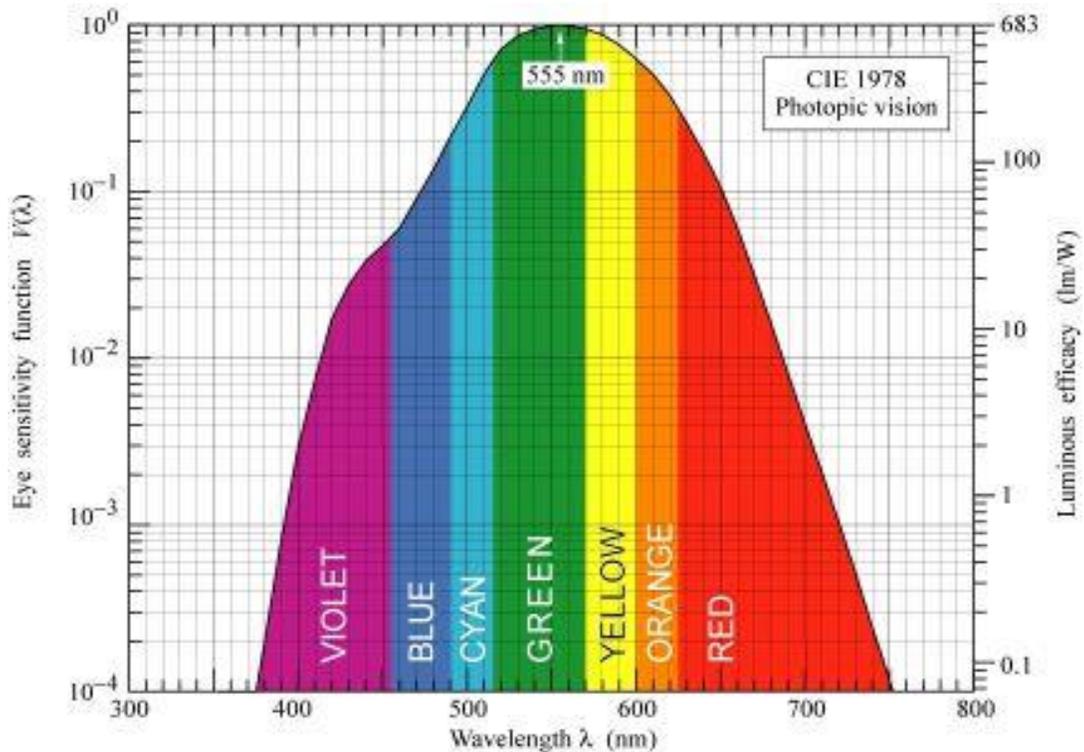


Fig. 0.5 Función sensitiva del ojo, y la eficacia luminosa, (ecse, 2015)

La sensibilidad espectral en condiciones de visión fotópica está representada por la curva $V(\lambda)$ y alcanza su máxima sensibilidad en la longitud de onda del entorno de los 555nm, correspondientes al color amarillo-verdoso. La curva de eficacia fotópica se extrapoló, mediante pruebas con "observadores estándares". Esto se hizo tomando una persona con visión normal, y haciéndole comparar el brillo de la luz monocromática a 555 nm. Donde el ojo tiene la mayor sensibilidad, con el brillo de otra fuente monocromática de diferente longitud de onda. Para alcanzar el equilibrio, el brillo de la fuente de 555 nm. Se redujo hasta que el observador, estimaba que las dos fuentes tenían el mismo brillo. La fracción por la cual se redujo la fuente de 555 nm., mide la sensibilidad del observador a la segunda longitud de onda. Este ejercicio se repitió con muchas longitudes de onda y muchos observadores. El promedio de los resultados nos proporciona la sensibilidad relativa del ojo a las varias longitudes de onda. En 1924, la Comisión Internacional sobre la Iluminación, la adoptó como la "curva de sensibilidad relativa del observador estándar C.I.E.".

3.1.3 Unidades de luminotecnia

Las magnitudes y unidades de medida fundamentales empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz son las siguientes:

- Flujo luminoso
- Rendimiento luminoso
- Cantidad de luz
- Intensidad luminosa
- Iluminancia
- Luminancia

3.1.3.1 Flujo luminoso (lumen = lm).

La mayoría de las fuentes de luz emiten energía electromagnética distribuida en múltiples longitudes de onda. Se suministra energía a una lámpara, la cual emite radiación. Esta energía radiante emitida por la lámpara por unidad de tiempo se llama potencia radiante o flujo radiante. A esta potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista se le conoce como **flujo luminoso, su unidad de medida está dada en lúmenes.**



Fig. 0.6 Concepto Flujo Luminoso (IKSA, s.f.)

La energía transformada por los manantiales luminosos no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Por ejemplo, una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que transforma en energía radiante, de la cual solo una pequeña parte es percibida por el ojo en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor. A la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa se le llama **flujo luminoso**.²

El flujo luminoso se denota por la letra griega (Φ) (se lee fi).

Por lo tanto se define que el flujo luminoso es la cantidad total de luz emitida a cada segundo por una fuente luminosa. La unidad de medida es el lumen (lm). Y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad \text{Ecuación 0.1}$$

Donde:

Φ = flujo de lúmenes

Q= Luz emitida en Lm x segundo

t= Tiempo en segundos

El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia f de valor 540×10^{12} Hertz y por un flujo de energía radiante de $1/683$ vatios. Un vatio de energía radiante de longitud de onda de 555 nm en el aire equivale a 683 lm aproximadamente.³

Si la unidad elegida para el flujo luminoso debe corresponder a la respuesta sensitiva del ojo humano, es preciso definir una nueva unidad. El watt (W) no es suficiente debido a que las sensaciones visuales no son las mismas para colores diferentes. Lo que se necesita una unidad que

²OSRAM. (1979). Aspectos físicos de la luz. En Manual de luminotecnia (53-56). Bilbao, Spain: Editorial Dossat.

³ OSRAM. (1979). Aspectos físicos de la luz. En Manual de luminotecnia (53-56). Bilbao, Spain: Editorial Dossat.

mida la brillantez. Dicha unidad es el lumen (lm), el cual se determina por comparación con una fuente patrón.

3.1.3.1.1 Clasificación por la emisión de flujo

De acuerdo con el porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima y por debajo del plano horizontal, se clasifican en:

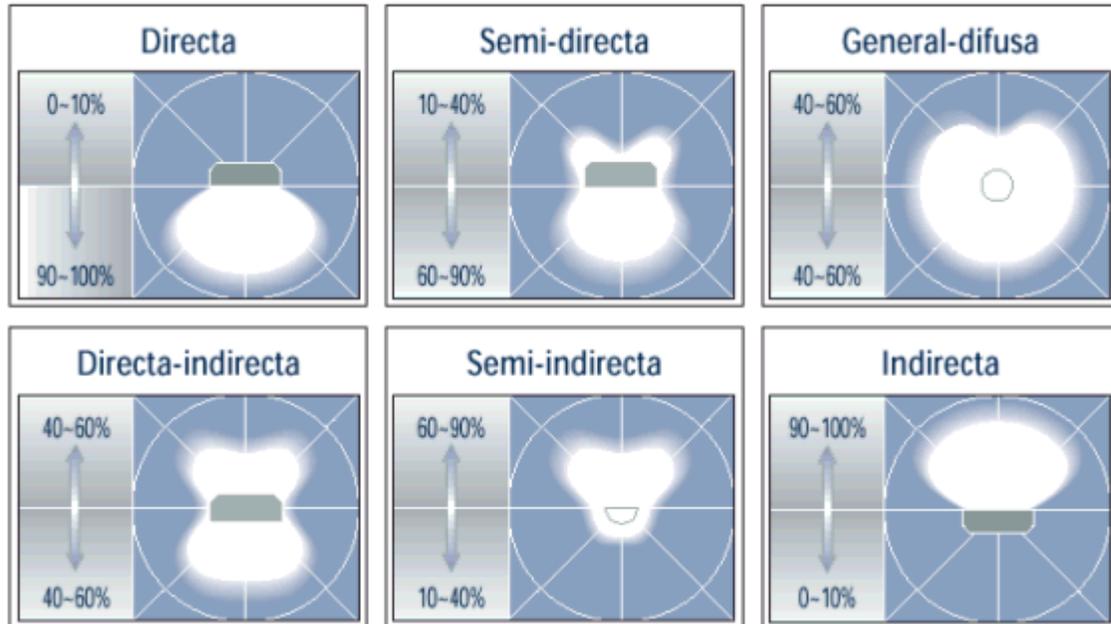


Fig. 0.7 Clasificaciones por emisión de flujo luminoso (Hernández, 2015)

Luminarias Directas

Las luminarias Directas, son luminarias que emiten del 90 al 100% del flujo luminoso hacia el plano de trabajo.

Las luminarias directas se utilizan para producir la máxima iluminación eficaz en las áreas de trabajo. La mejora de la eficacia en la iluminación que se consigue con este tipo de luminarias, produce:

- Sombras molestas.
- Deslumbramientos directos y reflejados inconvenientes.

Las sombras molestas en alumbrado directo se corrige ubicando las luminarias directas muy próximas entre si o desarrollando un iluminación de gran área, por ejemplo, iluminando el techo de pared a pared como forma de alumbrado directo.

Para evitar el deslumbramiento, muchas luminarias directas se ubican en cavidades en el techo y se dispone también para ellas de rejillas o de difusores traslúcidos.

Cuando las luminarias directas se ocultan dentro del campo de visión, las características de la iluminación, en lo referente al deslumbramiento directo, son muy similares al obtenido con

luminarias indirectas. En lo concerniente al deslumbramiento reflejado, conviene no separar excesivamente las luminarias directas del plano de trabajo, ya que cuando mayor sea esta separación, mayor será las posibilidades de que se produzca este tipo de deslumbramientos.

Luminarias semi -indirectas.

Son luminarias que proyectan del 60 al 90% del flujo luminoso hacia el techo, por encima del plano horizontal que pasa por las lámparas de las luminarias. El resto de la fracción de flujo luminoso emitido, se distribuye hacia el plano de trabajo. La iluminación producida por este tipo de luminarias, tiene las ventajas de la iluminación indirecta y mejora su eficacia. Las luminarias Semi Indirectas se utilizan, a veces, para mejorar la relación de brillo entre techo y luminaria, cuando el alumbrado tiene un alto nivel luminoso.

Para difundir la luz, con las luminarias Semi Indirectas, se utiliza vidrio o plástico de densidad inferior al plástico empleado en la construcción de las luminarias Indirectas.

Luminarias directas -indirectas.

En este tipo de luminarias, el 40 a 60% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo por lo que la mayor parte del flujo luminoso utilizado en la iluminación procede de las luminarias.

También estas luminarias emiten hacia el techo y paredes una fracción importante (del orden del 40 al 60%) del flujo luminoso producido. Cuando las paredes son de color claro, la iluminación proporciona un fondo claro sobre el que resalta este tipo de luminarias, suministrando una importante componente indirecta que propicia una iluminación difusa con emisión muy reducida de flujo luminoso en el plano horizontal que pasa por las lámparas de este tipo de luminarias.

Dentro de las luminarias Directas Indirectas, hay que mencionar a las luminarias difusas, que emiten una importante fracción de flujo luminoso en el plano horizontal que pasa por las lámparas de estas luminarias, como sucede con las luminarias de globo envolvente que distribuyen la luz de un modo uniforme en todas las direcciones del espacio. En las luminarias difusas, para proteger a las lámparas, se utilizan cierres de vidrio, plásticos o de rejillas.

Luminarias semi-directas.

Se da el nombre de luminarias Semi Directas, a las luminarias que emiten del 60% al 90% del flujo luminoso hacia el plano de trabajo, por lo que la fracción de iluminación eficaz que recibe dicho plano de trabajo es la emitida directamente por este tipo de luminarias. La fracción de luz dirigida hacia el techo por este tipo de luminarias hace que las zonas de techo que rodea a estas luminarias resulten más brillantes que el resto del techo, propiciando una disminución de los valores en la relación entre valores de iluminancia en el techo.

Luminarias indirectas

Son las luminarias que dirigen por encima del plano horizontal que pasa por las lámparas, del 90 al 100% del flujo luminoso hacia el techo. Cuando se ilumina con este tipo de luminarias, toda la luz efectiva que incide en el plano de trabajo es la reflejada hacia abajo por el techo y en menor proporción por las paredes. Utilizando este tipo de luminarias, el techo se convierte en una fuente de luz que emite flujo luminoso de un modo muy difuso. La iluminación con luminarias indirectas permite:

Una distribución uniforme de la luz.
Ausencia de sobras y de brillos reflejados.

Estas posibilidades de este tipo de luminarias hacen que su uso sea especialmente recomendado en oficinas, escuelas y otras aplicaciones de índole semejante y afín.

Cuando se utiliza este tipo de luminarias, los acabados de techos y paredes deben supervisarse para garantizar que tengan colores claros mate con textura rugosa para mejorar el tránsito del flujo luminoso y evitar brillos causados por los puntos de luz. Se debe cuidar sobre todo la luminancia de los techos para evitar superar los límites de los valores de luminancia recomendados para cada uso.

3.1.3.2 Intensidad luminosa

Según Osram, esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido ω (omega minúscula). Al igual que a una magnitud de superficie corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes. El radian se define como el ángulo plano que corresponde a una arco de circunferencia de longitud igual al radio. (OSRAM, 1979)

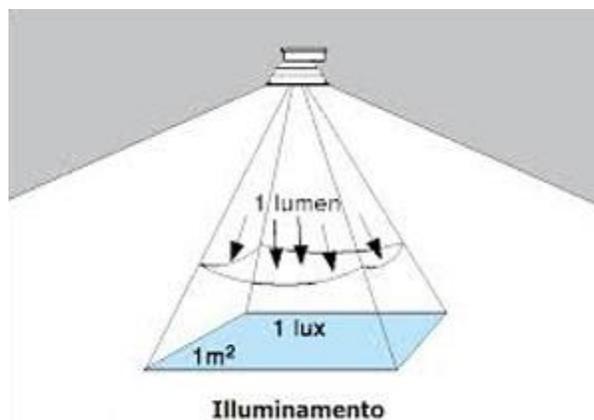


Fig. 0.8 Concepto de Intensidad Luminosa (El portal del sol, 2003)

La intensidad luminosa es el concepto de la concentración de luz en una dirección específica, radiada por segundo. Se designa con el símbolo I . La unidad es la candela (cd). La intensidad luminosa puede definirse como: El flujo luminoso en una determinada dirección, radiado por unidad de ángulo sólido.

Calculándose con la siguiente expresión:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad \text{Ecuación 0.2}$$

Donde:

I = Intensidad luminosa en Candelas (Cd)

Φ = Flujo que incide sobre la superficie en lúmenes (Lm)

ω = Ángulo sólido en estereorradianes (Sr)

La unidad de intensidad es el lumen por estereorradián (lm/Sr), llamada candela. La candela o bujía, como a veces se le llama, se originó cuando el patrón internacional quedó definido en términos de la cantidad de luz emitida por la llama de cierta bujía. Este patrón no resultó adecuado y se reemplazó finalmente por el patrón de platino. La intensidad luminosa no se distribuye por igual en el espacio debido a que la forma de las ampollas de las lámparas, los casquillos, etc., influyen en ello. Por este motivo, para hallar la distribución de luz emitida por una fuente luminosa podemos representar gráficamente dicha distribución mediante las curvas fotométricas. Estas curvas se obtienen en el laboratorio y sus características dependen del tipo de lámpara.

La iluminación es el principal dato de proyecto para una instalación de alumbrado y se puede medir por medio de un instrumento denominado luxómetro, como una idea para orientar respecto a los valores de iluminación, se dan a continuación algunos valores típicos:

- | | |
|---|-------------|
| • Una noche sin luz | 0.01 Lux |
| • Una noche con luna llena | 0.2 Lux |
| • Una noche con alumbrado público en las calles | 5-20 Lux |
| • Oficina con buena iluminación | 300-500 Lux |
| • Un aparador alumbrado | 3,000 Lux |
| • Un día claro con cielo nebulosos | 20,000 Lux |

3.1.3.3 Rendimiento luminoso o coeficiente de eficacia luminosa (lm/W)

El rendimiento luminoso o coeficiente de la eficacia luminosa de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. Este se presenta por la letra griega η (eta), siendo su unidad el lumen por vatio (lm/W). Entonces se entiende que el rendimiento luminoso es la relación entre el flujo emitido por una fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo.

$$\eta = \frac{\Phi}{W} \quad \text{Ecuación 0.3}$$

Donde:

η = Rendimiento luminoso

Φ = Flujo en lúmenes

W= potencia eléctrica consumida por la lámpara (W)

Tabla 0.2 Flujo y rendimiento luminoso de acuerdo al tipo de lámpara.

TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	RENDIMIENTO LUMINOSO ($\frac{Lm}{W}$)
Incandescente	100	1380	13.8
Fluorescente Luz de día	33	3250	98
Fluorescente Cálido	36	3350	93
Mercurio de Alta Presión	250	13000	52

3.1.3.4 Nivel de Iluminación o iluminancia (lumen/área: lm/m²): LUX.

Si la intensidad de la fuente aumenta, el flujo luminoso transmitido a cada unidad de área en la vecindad de la fuente también aumenta. La superficie aparece más brillante. En la medición de la eficiencia luminosa, el ingeniero se interesa en la densidad del flujo luminoso sobre una superficie. Esto nos lleva entonces a analizar la iluminación de una superficie.

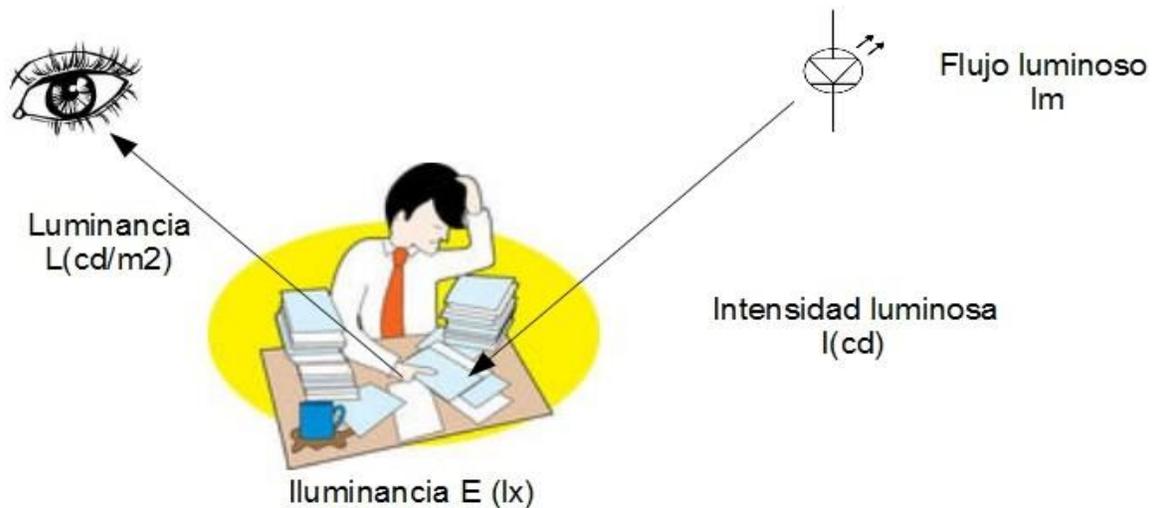


Fig. 0.9 Relación de las Unidades de luminotecnia, (Palacio, 2010)

El concepto de iluminación está orientado al proyecto luminotécnico. En efecto, se puede evaluar la cantidad de luz que emitida desde una fuente de luz, está presente sobre una superficie. Por tanto, la iluminancia o iluminación es la cantidad de flujo que incide sobre una superficie dividido por el tamaño de la misma. Así donde:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad \text{Ecuación 0.4}$$

Donde:

E: iluminancia en lux (lx)

Φ : Flujo que incide sobre la superficie (lm)

A: área de la superficie afectada por el flujo (m²)

El lux se puede definir como la iluminación de una superficie de 1 m² cuando sobre ella incide, uniformemente repartido un flujo luminoso de 1 lumen. La aplicación directa de la ecuación requiere un conocimiento del flujo de conocimiento del flujo luminoso que incide en una superficie

dada. Desafortunadamente, el flujo de las fuentes de luz comunes es difícil de determinar. Por esta razón, la ecuación se usa con más frecuencia para calcular el flujo cuando A se conoce, y E se calcula, a partir de la intensidad medida.

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 3.3. Según la NOM-025- STPS. En cuanto a las áreas que no se encuentran en la norma se utilizó el manual de Westinghouse Tabla 3.4.

Tabla 0.3 Niveles de iluminación Según la NOM-025- STPS

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de iluminación (Luxes)
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, laborales 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 de 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
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: 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 acabamos con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles	<p>Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • Exactas y muy prolongadas y, • Muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000

Manual de Westinghouse

Tabla 0.4 Luminancia o niveles de iluminacion (Lux).

LUX	AMBIENTE	ACTIVIDAD CÓMODA
100000	Medio día pleno sol	Umbral máximo, empieza el dolor por exceso de luz
30000	Día semicubierto	Circulación exterior diurna, paseo
10000	Día cubierto	Actividad excepcional (quirófanos)
3000	Zonas de transición	Actividad muy detallada, iluminación puntual
1000	Interior luminoso	Actividad detallada, iluminación zonal.
300	Interior medio	Estancia actividad media, iluminación general nocturna.
100	Interior bajo	Reposo, actividad baja, iluminación general nocturna.
30	Calle de iluminación alta	Circulación interior, calle de noche con mucho tráfico.
10	Calle media	Calle con tráfico medio, densidad urbana media.
3	Calle baja	Calle con tráfico bajo, densidad urbana baja.
1	Calle mínima	Aparcamientos o muelles, solo orientación.
0.1	Luz de luna	Necesita periodo de adaptación para orientarse.
0.01	Luz de estrellas	Umbral mínimo, oscuridad prácticamente absoluta.

3.1.3.5 Ley inversa de los cuadrados de la distancia

La iluminancia producida en un punto de una superficie por una fuente luminosa en la dirección determinada por la recta que une la fuente con el punto central de la superficie y para una distancia dada se deduce del estudio de la figura 3.10.

"La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre la fuente de luz y la superficie iluminada".

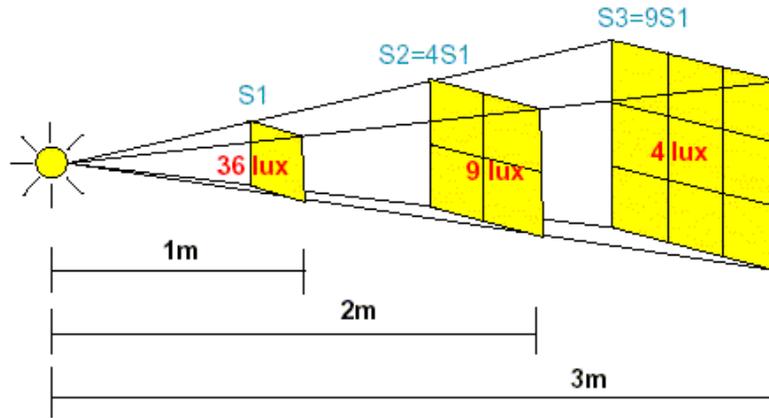


Fig. 0.10 Distribución del flujo luminoso sobre distintas superficies; (Lazzo, 2015)

$$E = \frac{I}{d^2} \quad \text{Ecuación 0.5}$$

Donde:

E= Iluminancia en Punto p (lux)

I= intensidad luminosa de la fuente (Cd)

d= distancia de la fuente a P (m)

La ley inversa de los cuadrados de la distancia se cumple cuando se trata de una fuente puntual de superficies perpendiculares a la dirección del flujo luminoso y cuando la distancia es grande en relación al tamaño del foco. Para fuentes de la luz secundarias (luminarias), se considera suficientemente exacta, si la distancia es por lo menos cinco veces la máxima dimensión de la luminaria. Es decir que el nivel de iluminación en una superficie es menor conforme se aleja del foco luminoso.

La distancia debe ser al menos cinco veces la dimensión máxima de la luminaria. La ley de la inversa de los cuadrados constituye una de las herramientas más importantes y de aplicación constante para el luminotécnico. Como se verá, la luz varía con el cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y el elemento a iluminar. Esta variación determina que a medida que la fuente de luz se acerca al objeto, la iluminancia aumenta y viceversa.

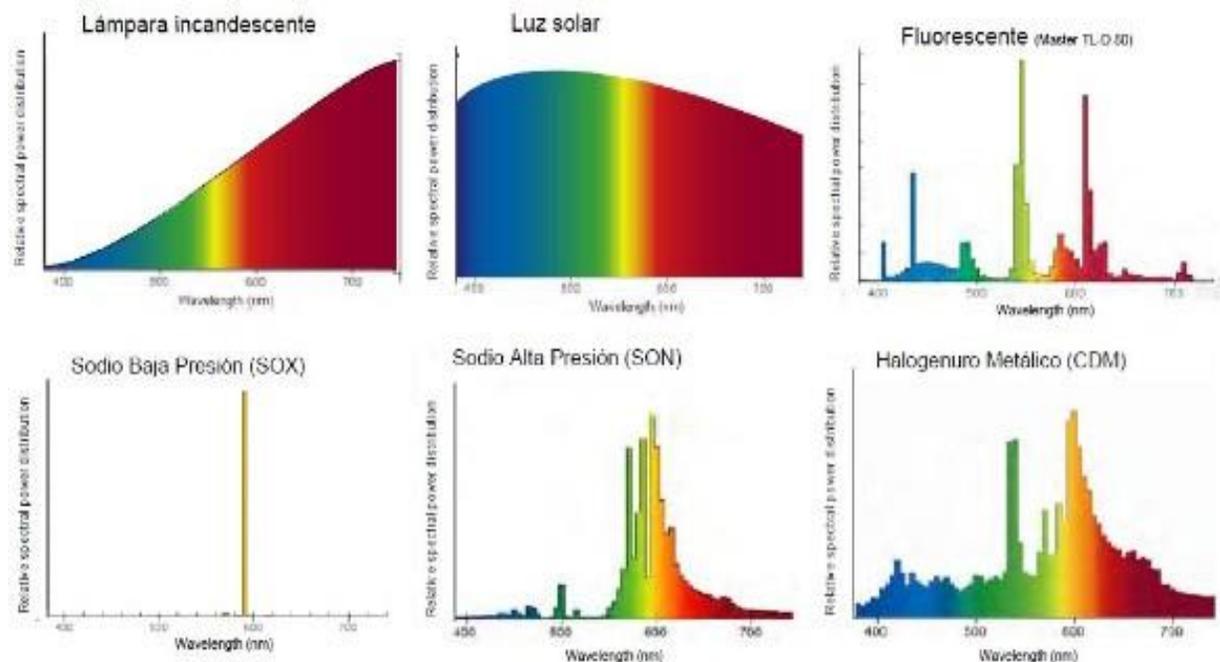
Esta ley se aplica en la actividad cotidiana de manera inconsciente; por ejemplo, cuando no se alcanza a leer con claridad un texto, automáticamente el individuo trata de aproximar el libro a la

luminaria o fuente de luz porque la experiencia le señala que así el texto se verá más intensamente iluminado.

3.1.3.6 Índice de Reproducción de Color

Las lámparas tienen un índice que cuantifica la fidelidad con que los colores son reproducidos bajo una determinada fuente de luz, es lo que llamamos Índice (CRI o Ra).

Para Hinojosa, L., & Olgúin, J. (2010), es la capacidad de una lámpara para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal.



La calidad del color se incrementa con el número de líneas y la anchura de las mismas

Fig. 0.11 Espectro de las fuentes de luz habituales; (vpingenieros, 2015)

El IRC (Color Rendering Index o CRI en inglés) de la luz del día es de 100. En 1931 cuando la CIE (Comisión internacional de la iluminación) formalizó el primer sistema de medición de la reproducción cromática. Esto significa que el color de un objeto iluminado por la luz de día es el sol, por así decirlo, el color real. Las luminarias LED tienen un índice de reproducción cromática, por lo general, superior a 80, y además, un consumo de energía mínimo.

Tabla 0.5 Clasificación de las lámparas (IRC)

Clase	IRC (CRI)
1 A	≥90
1B	80 ÷ 89

2 A	70 ÷ 79
2B	60 ÷ 69
3	40 ÷ 59
4	< 20

La lámpara incandescente es la que alcanza el IRC al 100% y se pueden ver los colores como son. Entre más temperatura más IRC tiene.

3.1.4 Mediciones Fotométricas

3.1.4.1 Luxómetro

El luxómetro sirve para la medición de luz en la industria, la agricultura y la investigación. También se utiliza el luxómetro para determinar la iluminación en puestos de trabajo, decoraciones de escaparates y por parte de diseñadores. Cumple todas las normativas españolas e internacionales para esta clase de luxómetros. El manejo es muy sencillo, lo que permite que el luxómetro se usado también por personal no instruido. Sin embargo, siempre es conveniente a la hora de medir la luz tener en cuenta las condiciones previas. Así, se debería fijar la distancia y el ángulo entre el luxómetro y el objeto a medir para obtener resultados con una reproducibilidad alta.



Fig. 0.12 Luxómetro de 20,000 LUX Mod.LT-YK10LX, (TWILIGHT S.A. DE C.V., 2000)

Según la NOM-025-STEPS-2008, Luxómetro es un Medidor de iluminancia que es un instrumento diseñado y utilizado para medir niveles de iluminación o iluminancia, en luxes. Obtiene de una manera rápida los luxes usando la siguiente formula:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad \text{Ecuación 0.6}$$

Donde:

E: iluminancia en lux (lx)

\emptyset : Flujo que incide sobre la superficie (lm)

A: área de la superficie afectada por el flujo (m²)

Un pie candela equivale a lúmenes por pie al cuadrado en ingles footcandle. El sistema métrico utiliza la unidad lux, 1 lux= 10.76 pies candela.

Está compuesto básicamente por una celda fotovoltaica conectada en paralelo con varias ramas de resistencias para obtener varios rangos de medición.

3.1.4.2 Características

- Luxómetro de fácil operación
- El sensor utiliza el exclusivo Foto Diodo y filtro para corrección de color, el espectro cumple con el CIE Fotópico.
- El exclusivo circuito LSI asegura una confiabilidad y durabilidad
- Sensor con función de corrección de factor cosenoidal
- La sonda separada permite al usuario medir la luz en una óptima posición
- Panel de control resistente al agua
- Botones de hule del panel frontal para selección de funciones
- Retención de datos
- Ajuste a cero externo
- Indicador de batería baja incorporado
- Botón de ajuste a cero
- Función de grabado de las lecturas mínima y máxima, para llamado posterior de las mismas
- Diseño de compacto de excelente operacionabilidad
- Interface serial

3.1.4.3 Especificaciones

Pantalla:	LCD Grande 21.5 dígitos de alto
Medición y Rango:	2 Rangos: 2,000/20,000 Lux.
Sensor:	Usa el exclusivo foto diodo y filtro corrector de color. El espectro cumple con el factor de corrección cosenoidal del estándar C.I.E.
Ajuste a cero:	Ajuste externo
Retención de Datos:	Retenga la lectura en pantalla
Memoria:	Automáticamente 0 a 50°C (32° a 122° F)
Indicador de Sobre Rango:	Indicación de Sobre Rango: "1"
Temperatura de Operación:	0 a 50°C (32° a 122° F)
Humedad de Operación:	Máximo 80% R.H.
Dimensiones:	Medidor; 200 mm. x 68 mm.x 30 mm., (7.9" pulg. x 2.7" pulg. x 1.2" pulg.) Sonda Sensor ; 82mm x 55 mm x 7mm (3.2" pulg. x 2.2" pulg. x 0.3" pulg.)
Peso:	280g./0.62 Lb.

Rango	Medición	Resolución	Efectividad
Rango1	0 - 1,999 Lux	1 Lux	± (5% + 4d)
Rango2	2,000 - 19,990 Lux	10 Lux	

3.1.4.4 Manual de uso

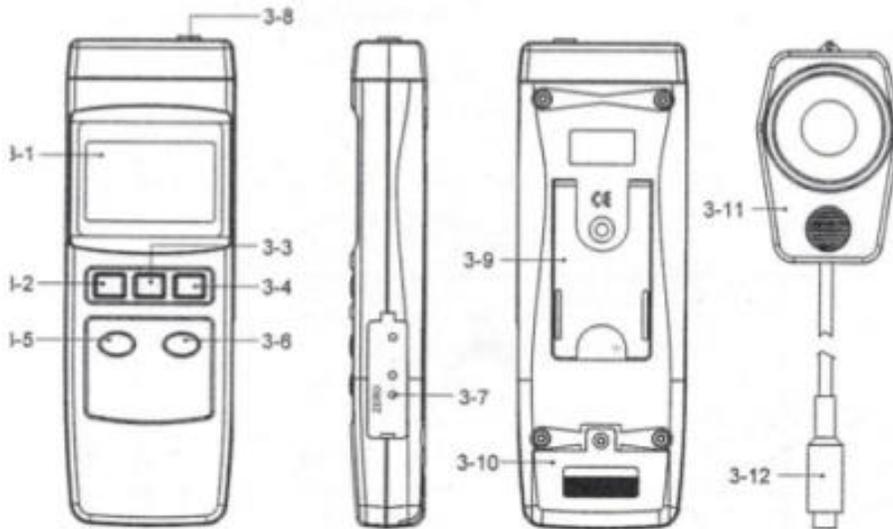


Fig. 0.13 Partes luxómetro Lutron modelo LT-YK10LX, (TWILIGHT S.A. DE C.V., 2000)

3.1.4.5 Descripción de panel frontal

3-1 Pantalla LCD	3-7 Ajuste a cero VR
3-2 Botón de Encendido	3-8 Conector de la sonda de Luz
3-3 Botón de Retención en Pantalla	3-9 Soporte
3-4 REC (Grabar max/min)	3-10 Espacio de la batería
3-5 Botón x 1	3-11 Sensor de Luz
3-6 Botón x 10	3-12 Tapa del sensor

3.1.4.6 Procedimiento de Medición

- I. Conecte el sensor (3-12, Fig1) en el enchufe receptor (3-12, Fig.3.9)
- II. Presione el botón de encendido (3-2, Fig.3.9) para poder operar.
- III. Seleccione el rango
 - Seleccione rango de 2,000 Lux presionado el botón “X1” (3-5, Fig.3.9).
 - Seleccione rango de 20,000 Lux presionado el botón “X10” (3-6, Fig.3.9). Este rango despliega el símbolo “6” en la esquina inferior derecha de la pantalla.
- IV. Sostenga el sensor de luz (3-11, Fig.3.9) con su mano y dirija el sensor hacia la fuente de luz, entonces la pantalla indicará el valor de la medición en la pantalla LCD. Nota: El rango de 10X está diseñado para medir valores de luces mayores o iguales a 2,000 Lux. Si la fuente de luz que se evalúa está por debajo o es igual a 1,999 Lux, deberá elegir el rango 1X para obtener una mayor precisión y una resolución más fina.
- V. Retención de Datos
 - Durante una medición, presione el botón de “Hold” (3-4, Fig.3.9) para mantener fijo el valor de medición en la pantalla.
 - El mensaje “HOLD” estará visible en el LCD por todo el tiempo que este activo el bloqueo de la pantalla.
 - Para liberar la pantalla y hacer otra medición presiones, presione el botón “HOLD” nuevamente. El indicador “hold” también desaparecerá de la pantalla.
- VI. Apagado
 - Presione el botón “power” (3-3, Fig.3.9) para apagar el equipo
- VII. Ajuste a cero
 - Se requiere ajustar a cero el instrumento Debido a que algunos las variaciones de temperatura, la carga en la batería, el uso prolongado y otros factores pueden causar algún desfase del punto de referencia o cero.
 - Seleccione el rango de “2,000 LUX” con botón 1X (3-5, Fig.3.9).
 - Abra la tapa lateral para descubrir el ajuste VR (3-7, Fig.3.9).
 - Oscurezca el sensor de luz (3-11, Fig.3.9)
 - Usando un desarmador del tamaño apropiado, gire el tornillo de ajuste a cero hasta que los dígitos en la pantalla alcancen un valor de “cero”.
- VIII. Cambiando la Batería

- Cuando la pantalla indique el ícono de carga insuficiente será necesario cambiar la batería. Sin embargo, este aviso se despliega con anticipación permitiéndole operar por algunas horas más cumpliendo correctamente con la especificación de precisión.
- Quite la cubierta de la batería (3-10, Fig.3.9) y retire la pila fuera del instrumento.
- Reemplace con una batería de 9VCD y reinstale la tapa.
- Asegure la tapa de batería después de cada cambio de batería.

3.1.5 Confort Visual

3.1.5.1 Factores que determinan el confort visual

Sin luz no hay visión, pues el ojo no puede transmitir a nuestro cerebro ninguna información de todo cuanto nos rodea, si ello no se encuentra iluminado por la luz natural del sol o cualquier otra fuente de luz artificial. Los requisitos que un sistema de iluminación debe cumplir para proporcionar las condiciones necesarias para el confort visual son:

- Contraste
- Sombras
- Deslumbramiento
- Ambiente cromático

Iluminación. Cada actividad requiere una determinada iluminación nominal que debe existir como valor medio en la zona en que se desarrolla aquella. El valor medio de iluminación para una determinada actividad está en función de una serie de factores entre los que se pueden citar:

Tamaño de los detalles a captar, distancia entre el ojo y el objeto observado, factor de reflexión del objeto observado, contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que se destaca, tiempo empleado en la observación, rapidez de movimiento de objeto.

Contraste. El ojo solo aprecia diferencias de luminancia. La diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato, es lo que se conoce por contraste. Los trabajos que requieran gran agudeza visual precisan de un mayor contraste. Las mejores condiciones visuales se consiguen cuando el contraste de luminancia el objeto visual y las superficies circundantes se mantienen dentro de unos límites determinados.

Sombras. Las sombras en si son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras: fuertes y suaves. Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz dirigida intensa desde de un punto determinado más o menos alejado, y que se caracterizan por su profunda oscuridad y dureza. En contra posición a las sombras fuertes, las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con una luz difusa y que se caracterizan por su suavidad y menor efecto de relieve.

Deslumbramiento. Es un fenómeno fisiológico que reduce la capacidad visual, debido a un exceso de luminancia a la que el ojo no puede adaptarse. Ello provoca una energética reacción fotoquímica en la retina, insensibilizándola durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse. Este fenómeno puede producirse directamente, cuando la propia fuente de luz es la que se encuentra dentro del campo visual, e indirectamente cuando aquella se halla fuera del campo visual, pero su luz la recibe el ojo reflejada por superficies que poseen un alto grado de reflexión.

Los factores determinantes del deslumbramiento son:

La luminancia de la fuente de luz o de las superficies iluminadas. A mayor luminancia corresponde mayor deslumbramiento. Las dimensiones de la fuente de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45° con respecto a la vertical. La situación de la fuente de luz. Cuanto más lejos se encuentre la fuente en la línea de visión menor deslumbramiento produce. Por otra parte también disminuye el deslumbramiento a medida que la fuente queda más por encima del ángulo visual normal. Contraste entre la luminancia de la fuente de luz y la de sus alrededores. A mayor contraste de luminancia, mayor deslumbramiento. El tiempo de exposición. Una luminancia de bajo valor puede producir deslumbramiento si el tiempo de exposición es largo.

Ambiente Cromático. Los colores facilitan extraordinariamente el reconocimiento de cuando nos rodea. Los efectos psicofisiológicos que producen constituyen el ambiente cromático, de gran influencia en el estado de ánimo de las personas. Un buen ambiente cromático es aquel en el cual los colores están perfectamente armonizados y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar. (OSRAM, 1979).

Es importante examinar la luz en el lugar de trabajo no sólo con criterios cuantitativos, sino cualitativos. El primer paso es estudiar el puesto de trabajo, la movilidad del trabajador etcétera. La luz debe incluir componentes de radiación difusa y directa. El resultado de la combinación de ambos producirá sombras de mayor o menor intensidad, que permitirán al trabajador percibir la forma y la posición de los objetos situados en el puesto de trabajo. Deben eliminarse los reflejos molestos, que dificultan la percepción de los detalles, así como los brillos excesivos o las sombras oscuras. El mantenimiento periódico de la instalación de alumbrado es muy importante. El objetivo es prevenir el envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo en las luminarias.

3.2 LÁMPARAS

El color de luz de una lámpara se determina por la composición espectral de su radiación. En la Tabla 3.6 se establecen grupos de luz para las lámparas empleadas en el alumbrado general:

Tabla 0.6 Temperatura de color y color de luz

Color de Luz	Temperatura de color
Incandescente-fluorescente	2.600-2.700 K
Blanco cálido	2.900-3.000 K
Blanco o blanco neutral	3.500-4.100 K
Blanco frío	4.000-4.500 K
Blanco luz día	6.000-6.500 K
Blanco luz día	2.600-2.700 K

La temperatura de color se mide en “Grados Kelvin” (K) y es la referencia para indicar el color de las fuentes luminosas (salvo aquellas que tengan de por sí un color señalado). A los efectos de la temperatura de color, se habla de un “radiante teórico perfecto” denominado “cuerpo negro”. El cero de la escala Kelvin equivale a -273 °C, lo que significa que exceden a la escala centígrada en 273 °C.

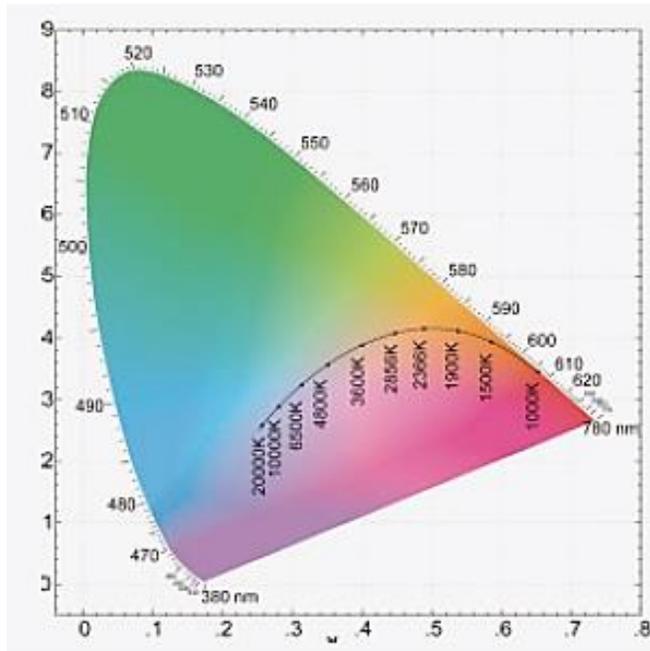


Fig. 0.14 Curva de Planck Reflectancia, (Lucescei, 2015)

El poder reflectante de las superficies que rodean a un local, juega un papel muy importante en el resultado final del proyecto de iluminación. Las luminarias emiten la luz de diversas formas según su tipo de distribución luminosa. Cuando esta emisión luminosa es del tipo abierta, habrá una gran parte de la luz que llegará en forma directa al plano de trabajo, es decir sin obstáculos; pero habrá también una porción importante de esa emisión que caerá sobre las paredes. Esa parte de la luz emitida por la luminaria, podrá ser reflejada y aprovechada en mayor o menor grado según el poder reflectante de esas superficies.

Tabla 0.7. Poder reflectante de algunos colores y materiales

Color	Reflectancia %	Material	Reflectancia %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Mármol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

3.2.1 Lámparas LED

Viene del inglés L.E.D (Light Emitting Diode) traducido diodo emisor de luz. Se trata de un cuerpo semiconductor sólido de gran resistencia que al recibir una corriente eléctrica de muy baja intensidad, emite luz de forma eficiente y con alto rendimiento.

Cuando Albert Einstein recibió el premio Nobel de física en 1921 no fue por su teoría de la relatividad, sino por un estudio aparentemente más modesto: el efecto fotoeléctrico. Einstein describió cómo algunos materiales, al ser sometidos a una corriente eléctrica, emiten luz. La luz producida mediante el efecto fotoeléctrico tiene una frecuencia determinada (es decir, es de un sólo color), que depende del tipo de material. También existe el efecto contrario, que hace que los paneles fotovoltaicos produzcan electricidad al exponerlos a la luz.

Los diodos LED se conocen desde los años 60. Son esos pilotos rojos y verdes que hay en todos los aparatos electrónicos. Dentro de la caperuza de plástico de un diodo LED hay un material semiconductor. Cuando se aplica una pequeña corriente eléctrica, al pasar por el semiconductor este emite luz, sin producir casi calor y con un color definido.

El color puede ser incluso invisible para el ojo humano, como los LED infrarrojos que hay en el mando a distancia del televisor. Es un dispositivo electrónico que emite luz cuando es atravesado por una corriente, los materiales con los que se fabrica este tipo de diodo son químicos llamados "semiconductores". Todo cambió en 1993 cuando el investigador Shuji Nakamura descubrió un proceso más barato de fabricación con dos compuestos: Nitruro de Galio y nitruro de Indio, que son los que se utilizan en la actualidad. Para conseguir luz blanca hay que mezclar en partes iguales luz roja, verde y azul. Se puede hacer el experimento de mirar de cerca una parte blanca de la pantalla del ordenador, y se comprobará que está compuesta de diminutos puntos de estos colores. Al alejarse, se ve el color blanco.

El descubrimiento de los LED azules abrió la puerta a la iluminación doméstica, pantallas de ordenador más ligeras y luces de discoteca más espectaculares, que pueden adoptar cualquier color y controlarse con un PC, y también a una avalancha de pilotos azules en electrodomésticos y coches "tuneados".

3.2.1.1 *Diseño de la lámpara de LEDs*

En un LED, la luz se produce cuando la corriente eléctrica atraviesa los materiales semiconductores que componen el chip. Estos semiconductores son de tipo P (carga positiva) y de tipo N (carga negativa), y la luz se genera cuando la corriente atraviesa el punto de unión entre ambos tipos de semiconductores (este espacio se conoce como unión PN). En este punto los electrones de la parte negativa ocupan los huecos de la parte positiva.

Para combinarse con un hueco, que está en un nivel energético inferior, el electrón pierde energía en forma de fotón, o lo que es lo mismo: emite luz. El diseño de la lámpara de leds se basa en las características técnicas de los mismos, de tal manera que un led requiere 3 volts aproximadamente para su óptimo funcionamiento. Por lo tanto se propone crear una fuente de alimentación de 12 V para así, comentar cuatro bloques de cuatro leds en serie como lo muestra la figura siguiente.

En base a esto, se utiliza el siguiente material.

- ✓ Transformador a 12V de salida 100 mA.
- ✓ Puentes de diodos a 1 Ampere
- ✓ Capacitor 2200 μ F
- ✓ Resistencia 220 ohms.
- ✓ Leds

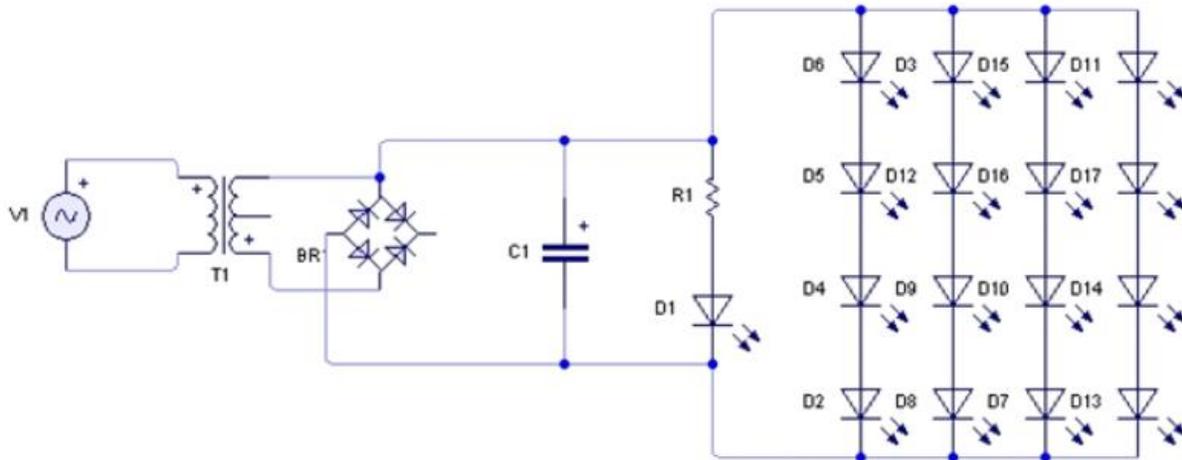


Fig. 0.15 Circuito eléctrico de una lámpara led; (Energías Alternativas, 2015)

3.2.1.2 Partes de una lámpara led



Fig. 0.16 Partes de una lámpara LED, (energible, 2014)

Los **diodos LED**, normalmente, emite su luz con un ángulo de 120°. La misión de la lente o cúpula (difusor) es concentrar ese flujo de luz emitido por los diodos LED, de tal forma que la lámpara emita su luz con otro ángulo como pueda ser 20°, 30°, 38°, 45°, 60°, etc.

La misión del disipador es ayudar a evacuar el calor generado en la unión del diodo LED. Cuanto más eficaz sea el disipador, más baja será temperatura en la unión, lo cual redundará en una menor disminución del flujo emitido por el diodo LED y una mayor vida del mismo. Los disipadores pueden ser de varios tipos. Los más habituales son de aluminio. También los hay de plásticos termo-conductores o de otros tipos de aleaciones metálicas con alta conductividad térmica o cerámicos.

Las tensiones más habituales en la entrada suelen ser 12VDC, 12VAC y 230VAC. El casquillo es la zona de la bombilla que encaja dentro del portalámparas donde va alojada. Habitualmente es de metal, entre otros materiales, para permitir el paso de electricidad a la bombilla y poder encenderla una vez está colocado.

3.2.1.3 *Ventajas de los diodos LED*

De acuerdo a los análisis conforme a la actualización de tecnologías los leds cuentan con nueve ventajas importantes como larga vida útil, menor mantenimiento comparado con las fuentes de luz convencionales, alta eficiencia energética, extensa gama de colores por naturaleza, encendido instantáneo, robustez extrema, luz directa, ecológicos y ausencia de infrarrojos y ultravioletas, según descritas por Brand Oriol en una conferencia de Lighting America. (Oriol Sala , 2011).

- **Larga vida útil**

Los LEDs son diodos que emiten luz cuando la corriente pasa a través de los semiconductores. Se necesita un driver o fuente de alimentación para aportar con precisión la corriente que pasa a través del LED. Por otra parte para asegurar su larga vida es muy importante el correcto estudio y diseño de la disipación del calor producido por el diodo dentro de la luminaria. Contar con un buen disipador garantiza 50 mil horas de vida. La clave está en que exista una mayor superficie en contacto directo con el aire. Los LEDs, correctamente instalados, pueden llegar a más de 50 mil horas de vida conservando más del 70% del flujo lumínico original.



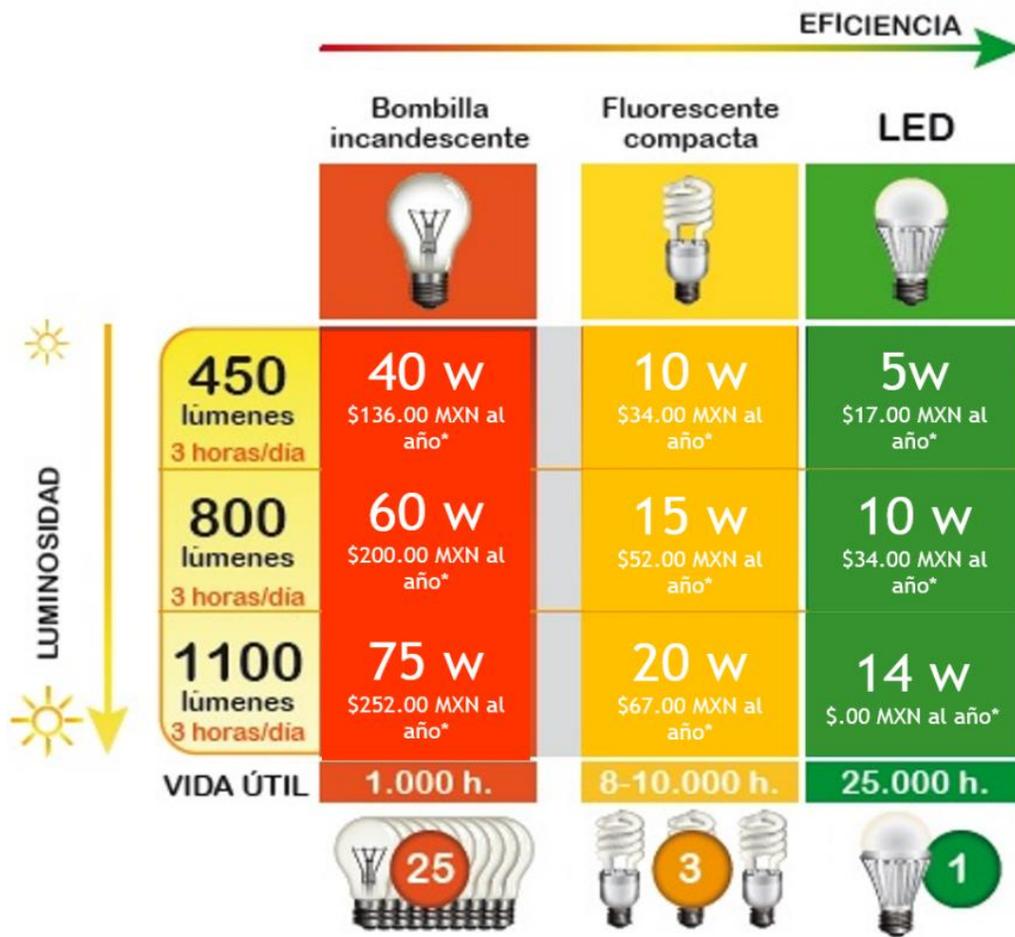
Fig. 0.17 Con las nuevas soluciones LED, Havells Sylvania ha sido capaz de resolver diversas necesidades de los clientes; (construnario, 2015)

Tabla 0.8 Comparativa del tiempo de vida

	ABREVIATURA	PORTALAMPARAS	HORA DE VIDA	VS. LED*
	LED		50,000	1
	QR-LP 111	G53	3,000	17
	QR-CBC51	GU 5.3	4,000	13
	QT-12 ax	GU 6.35	4,000	13
	QT- DE 12	R7s	2,000	25
	TC-DEL	G24q-1	10,000	5
	INCANDESCENTE	E27	1,000	50
*N°. De recambios necesarios para igualar a la vida del led.				

- **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.



* Costes aproximados de electricidad al año por bombilla, con un tiempo de uso de 3 h/día. Más horas de uso producirá mayores ahorros económicos.

Fig. 0.18 Comparación entre la lámpara LED y otras; (Noguera, 2014)

- **Alta eficiencia energética**

Debido a la extraordinaria y continuada evolución de los LEDs hacia la eficiencia energética, no se puede comparar el rendimiento lumínico del LED con su consumo. Por este motivo no se mide su eficiencia con watts, sino con los cálculos de lúmenes por watt o lúmenes por LED.

Tabla 0.9 Eficacia de la luz- Light efficiency

Tipo de Lámpara	Eficacia media lm/watt Average efficiency Lm/watt
Incandescente/ incandescence	10-18
Halógena- halogen	15-20
Fluorescente compacto CFL (con balastro)- Compact fluorescent	35-60
Fluorescente lineal (con balastro)- Linear fluorescent	50-100
Halogenuros metálicos- Metal halogen	50-90
LED frío- Cold Led- Cree	74-139
LED Cálido- Warm Led- Cree	88-110

Los LEDs convierten la energía eléctrica directamente a una luz de un solo color. Así hay LEDs rojos, verdes, azules, amarillos, etc. Porque emplean una tecnología de generación de luz fría, los LEDs no gastan energía en forma de calor que no produce luz. En comparación, una bombita incandescente emite en la banda del infrarrojo (no visible) una gran porción de la energía que produce. Como resultado, tanto las incandescentes como las fluorescentes producen una gran cantidad de calor que es un desperdicio de energía. Además de producir luz fría, los LEDs:

- Pueden ser alimentados a partir de baterías portátiles, pilas o aún un panel solar.
- Se pueden integrar a un sistema de control.
- Son de tamaño pequeño y resistente a los golpes.
- Tienen un muy rápido tiempo de encendido (60nano segundos versus 10 milisegundos para las incandescentes, y 1 segundo o más para las fluorescentes)
- Tienen una excelente rendición de color y presentan bajo a nulo peligro de shock eléctrico porque trabajan en el rango de 5 a 12 voltios, corriente continua.

- **Extensa gama de colores por naturaleza**

La uniformidad del bin “tonalidades de color” blanco es uno de los retos más difíciles que tienen los fabricantes de LEDs, estos están disponibles en tonalidades de blanco con temperaturas de color que van desde 2,700K hasta 8,000K.

No se requiere el uso de filtros, por lo que se evita reducir la eficiencia de la luminaria, puesto que el LED ya brinda el color deseado. El color de la luz del LED depende de los materiales internos de éste; los LEDs azules están compuestos por diferentes materiales en comparación a los LEDs verdes. Podemos obtener la luz blanca a partir de una mezcla equitativa de los tres colores primarios azul, rojo y verde, o también utilizando un LED blanco. La mejor manera de obtener luz blanca es cubrir un LED de color azul con una capa de fósforo. Dependiendo de los controles de calidad que tiene cada marca en su proceso de fabricación se conseguirá mayor o menor igualdad en los diferentes grupos del bin blanco; por esto es muy importante utilizar LEDs de primeras marcas.

- **Encendido instantáneo**

El LED tiene el encendido más rápido comparado con fuentes de luz convencionales. Siendo otra de las características de los LEDs que su vida no se reduce por las repetidas acciones de encendido y apagado. Un ejemplo son las luces de frenos de los automóviles, donde se utiliza porque es muy rápido y no es necesario esperar a que pase la corriente por el balastro y se encienda. Dependerá también de los equipos: si los equipos son de calidad el LED no tardará en encender.

- **Robustez extrema**

Otro punto a favor es la robustez: no es que los LEDs sean robustos (presionado con un dedo obviamente la óptica se daña), sino que esta tecnología es resistente a las continuas vibraciones.

- **Luz directa**

La luz del LED es totalmente direccional, por lo que no existen pérdidas lumínicas por reflexión. Esto contribuye notablemente a aumentar la eficiencia y rentabilidad de las luminarias.

Un claro ejemplo son las aplicaciones técnicas, como un downlight: si utilizamos la tecnología LED al tener una apertura de 120º y fácilmente controlable con una óptica evitamos tener pérdidas por reflexión como tenemos en downlights de fluorescencia.

- **Ecológico**

Prácticamente la totalidad del LED es reciclable. Su diseño compacto reduce el volumen de la luminaria y del residuo. No contiene mercurio ni otros elementos perjudiciales para el medio ambiente. Además su facilidad para ser “dimeable” permite reducir el consumo energético.

- **Ausencia de infrarrojos y ultravioletas**

Los LEDs utilizados para la iluminación solamente emiten flujo en el espectro visible de la luz que el ojo humano es capaz de percibir. Hay un elevado número de aplicaciones; por ejemplo, en los museos el LED será claramente una buena opción gracias a esta característica. Los LEDs no emiten luz ultravioleta, con lo que se evita el calor de los infrarrojos y el desgaste de los materiales en aparadores.

3.2.1.4 Aplicaciones

Según palabras del expositor, los LEDs se han utilizado en aplicaciones donde no debería; “si hacemos las cosas bien, las compañías que están vendiendo sustituciones que no dan el rendimiento van a terminar por morir por si solas. Es necesario prever el uso que se dará a las luminarias, porque se puede obtener un gran ahorro, pero si no se tiene suficiente intensidad de luz no valdría la pena hacer la inversión”.

Las aplicaciones con tecnología LED son variadas y presentan desde los downlights hasta novedosos sistemas de proyección para iluminar fachadas.

Los diodos LED de luz blanca, en realidad son diodos azules con un recubrimiento de fósforo que produce luz amarilla. La suma del amarillo y el azul produce una luz blanquecina llamada a veces "luz de luna" que es la que se emplea en las linternas LED.

3.2.2 Lámparas Fluorescentes

La lámpara fluorescente es una lámpara de descarga en vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga. La lámpara, generalmente con ampolla de forma tubular larga con un electrodo sellado en cada terminal, contiene vapor de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas inerte para el arranque y la regulación del arco. La superficie interna de la ampolla está cubierta por una sustancia luminiscente (polvo fluorescente o fósforo) cuya composición determina la cantidad de luz emitida y la temperatura de color de la lámpara.

Cuando se conecta a la corriente el encendedor está cerrado y los filamentos se calientan por lo que el mercurio que los recubre comienza a emitir electrones que son atraídos por el filamento del otro extremo estableciéndose un arco eléctrico de electrodo a electrodo.

La emisión de luz de este arco es mayoritariamente en la zona de la luz ultravioleta, el recubrimiento fluorescente interior del tubo de vidrio convierte estas emisiones a luz visible de diferentes tonos de acuerdo a la construcción de la lámpara. Ya en funcionamiento, el arco eléctrico mantiene caliente los filamentos por lo que el encendedor se abre y la lámpara se mantiene encendida. El limitador de corriente es necesario para que la lámpara (o los filamentos) no se sobre carguen y deterioren. Con el tiempo de uso se va perdiendo el recubrimiento de material emisor hasta que la lámpara deja de encender, una capa oscura interior cerca de los extremos se produce como consecuencia de esta pérdida y da una idea muy general del estado de la lámpara. En la actualidad las modernas lámparas fluorescentes han abandonado el antiguo encendedor electro-mecánico sustituyéndolo por encendedores electrónicos incorporados que dan un encendido rápido y seguro.

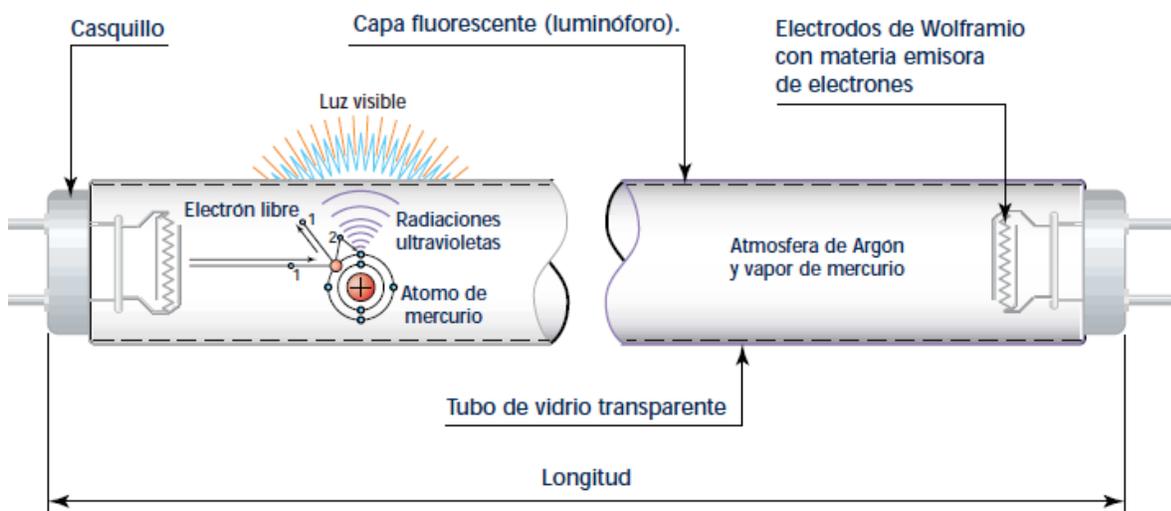


Fig. 0.19 Partes de una Lámpara Fluorescente y Funcionamiento. (Indalux Iluminación Técnica, S.L, 2002)

3.2.2.1 Partes de la lámpara fluorescente

Las partes principales de la lámpara fluorescente son la ampolla, la capa fluorescente, los electrodos, el gas de relleno y los casquillos. Ampolla: La ampolla de una lámpara fluorescente normal está hecha de vidrio cal-soda suavizado con óxido de hierro para controlar la transmisión ultravioleta de onda corta. Revestimientos fluorescentes: El factor más importante para determinar las características de la luz de una lámpara fluorescente es el tipo y composición del polvo fluorescente (o fósforo) utilizado. Éste fija la temperatura de color (y como consecuencia la apariencia de color), el índice de reproducción del color (IRC) y, en gran parte, la eficiencia lumínica de la lámpara. Tres grupos de fósforos se utilizan para producir las diferentes series de lámparas con diferentes calidades de color (fósforos standard, tri-fósforos y multi-fósforos).

Electrodos: Los electrodos de la lámpara, que poseen una capa de material emisor adecuado, sirven para conducir la energía eléctrica a la lámpara y proporciona los electrones necesarios para mantener la descarga. La mayoría de los tubos fluorescentes poseen electrodos que se precalientan mediante una corriente eléctrica justo antes del encendido (se llaman lámparas de electrodos precalentamiento siendo iniciado este precalentado por un arrancador independiente).

Gas de relleno: El gas de relleno de una lámpara fluorescente consiste en una mezcla de vapor de mercurio saturado y un gas inerte amortiguador (Argón y Kriptón). Bajo condiciones operativas normales, el mercurio se encuentra en el tubo de descarga tanto en forma líquida como de vapor. El mayor rendimiento se logra con una presión de vapor de mercurio de alrededor de 0'8 Pa., combinado con una presión del amortiguador de alrededor de 2.500 Pa. (0'025 atmósferas). Bajo estas condiciones, alrededor de un 90% de la energía irradiada es emitida en la onda ultra-violeta de 253'7 nm. En las lámparas fluorescentes, la temperatura de color está comprendida entre 2.700 K y 6.500 K., con una curva de distribución espectral discontinua que reproduce colores según la composición de la sustancia fluorescente que recubre la pared interior del tubo.

Cada radiación luminosa total resultante es la suma de la radiación del espectro discontinuo más la de una distribución espectral continua, cada vez más eficaz con el empleo de fósforos especiales. De esta forma se fabrican tubos fluorescentes con varias tonalidades de luz e índices de reproducción cromáticos clasificados, según las normas C.I.E. en tres grandes grupos: - Luz blanca día: $TC > 5.000 K$. -Blanco neutro: $5.000 K \geq TC \geq 3.000 K$. -Blanco cálido: $TC < 3.000 K$. En cada grupo existen varios tonos con una amplia variedad de temperaturas de color e índices de reproducción cromático, según cada fabricante, que cubren las necesidades de una amplia gama de aplicaciones.

Estas lámparas precisan un equipo auxiliar formado por un balasto e ignitor (cebador), además de un condensador de compensación para mejorar el factor de potencia. Los valores nominales de funcionamiento se alcanzan al cabo de cinco minutos. Cuando se apaga la lámpara, debido a la gran presión en el quemador, necesita enfriarse entre cuatro y quince minutos para encenderse nuevamente.

3.2.3 Lámparas HID

Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) crean la luz canalizando la electricidad a través de un tubo lleno de gas y sales de metal, mediante un proceso que carga las sales en un "plasma" que brilla

intensamente, y de allí el término “intensidad”. Pero a pesar de su brillantez, las lámparas HID consumen menos energía que las lámparas incandescentes o fluorescentes, ofreciendo más lúmenes por watt. El revestimiento interno de fósforo de las lámparas HID proporciona un espectro de luz potente y amplio, haciéndolos altamente atractivos para múltiples usos en el hogar, el comercio y la industria. Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para usos muy diversos.

- Alta presión:
 - Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
 - Lámparas de luz de mezcla
 - Lámparas con halogenuros metálicos
- Lámparas de vapor de sodio:
 - Lámparas de vapor de sodio a baja presión
 - Lámparas de vapor de sodio a alta presión

3.2.3.1 Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

La lámpara de vapor de mercurio a alta presión ha sido desarrollada a tal punto que la tecnología de iluminación es apenas imaginable sin ella. En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga de cuarzo que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte, generalmente argón, para ayudar al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte se emite también en la ultravioleta. Cubriendo la superficie interna de la ampolla exterior, en la cual se encuentra el tubo de descarga, con un polvo fluorescente que convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible, la lámpara ofrecerá mayor iluminación que una versión similar sin dicha capa. Principios de funcionamiento Cuando se examina el funcionamiento de la lámpara de mercurio de alta presión, se deben considerar tres fases bien diferenciadas: ignición, encendido y estabilización.

Ignición

La ignición se logra por medio de un electrodo auxiliar o de arranque, ubicado muy cerca del electrodo principal y conectado al otro a través de una resistencia de alto valor (25 k Ω). Cuando se enciende la lámpara, un gradiente de alto voltaje ocurre entre los electrodos principales y de arranque, e ioniza el gas de relleno de esta zona en forma de descarga luminiscente, siendo la corriente limitada por una resistencia. La descarga luminiscente luego se expande por todo el tubo de descarga bajo la influencia del campo eléctrico entre los dos electrodos principales. Cuando la descarga luminiscente alcanza el electrodo más distante, la corriente aumenta en forma considerable. Como resultado, los electrodos principales son caldeados hasta que la emisión aumenta lo suficiente como para permitir que la descarga luminiscente cambie completamente a una descarga de arco, sin que el electrodo auxiliar desempeñe otra función en el proceso a causa de la alta resistencia conectada en serie con él. En esta etapa, la lámpara funciona como una descarga de baja presión (semejante a la de una lámpara fluorescente).

La descarga llena el tubo y posee una apariencia azulada habiendo sido ejecutada la ionización del gas inerte, la lámpara aún no quema en la forma deseada y no ofrece su máxima producción de luz, hasta que el mercurio presente en el tubo de descarga esté completamente vaporizado. Esto no ocurre hasta que

haya transcurrido un tiempo determinado, denominado tiempo de encendido. Como resultado de la descarga de arco en el gas inerte se genera el caldeo resultando un rápido aumento de temperatura dentro del tubo de descarga. Esto causa la vaporización gradual del mercurio, aumentando la presión del vapor y concentrando la descarga hacia una banda angosta a lo largo del eje del tubo. Con un mayor aumento en la presión, la energía radiada se concentra en forma progresiva en las líneas espectrales de longitudes de onda mayores y se introduce una pequeña porción de radiación continua, de manera tal que la luz se torna más blanca.

Con el tiempo, el arco logra un punto de estabilización y se dice que la lámpara alcanza el punto de equilibrio termodinámico total. Todo el mercurio entonces se evapora, y la descarga ocurre en vapor de mercurio no saturado. El tiempo de encendido, que se define como el tiempo necesario de la lámpara desde el momento de ignición para alcanzar un 80% de su producción máxima de luz, es de aproximadamente cuatro minutos. Estabilización La lámpara de mercurio de alta presión, como la gran mayoría de las lámparas de descarga, posee una característica de resistencia negativa y, por lo tanto, no puede operar por su cuenta en un circuito sin un balasto adecuado para estabilizar el flujo de la corriente a través de ella. Partes principales En la Fig. 3.20. Se pueden observar las partes principales de una lámpara de vapor de mercurio a alta presión.

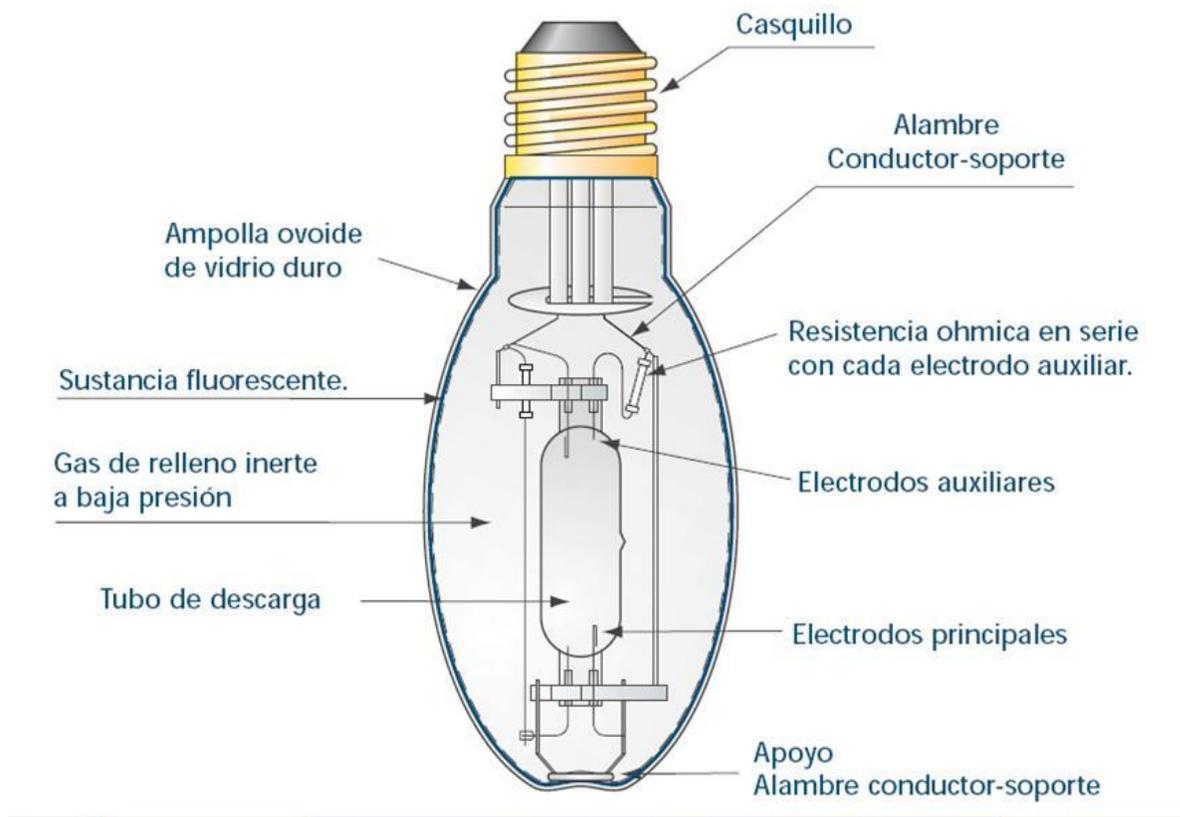


Fig. 0.20 Lámpara de Vapor de Mercurio a alta presión. (Diseño con luz, 2009)

Tubo de descarga y soporte: El tubo de descarga está hecho de cuarzo. Presenta una baja absorción a la radiación ultravioleta y a la visible, y posee la capacidad de soportar las altas temperaturas de trabajo involucradas. Electrodo: Cada electrodo principal se compone de una varilla de wolframio, cuyo extremo

se encuentra revestido por una serpentina de wolframio impregnado con un material que favorece la emisión de electrones.

El electrodo auxiliar es simplemente un trozo de alambre de molibdeno o wolframio colocado cerca de uno de los electrodos principales y conectado al otro mediante una resistencia de 25 kΩ.

Ampolla exterior: Para lámparas de hasta 125 W de potencia, la ampolla exterior puede ser de vidrio de cal-soda. Sin embargo, las lámparas de potencias mayores se fabrican, generalmente, con vidrio duro de borosilicato, ya que puede soportar temperaturas de trabajo mayores y golpes térmicos. La ampolla exterior, que normalmente contiene un gas inerte (argón o una mezcla de argón y nitrógeno), protege al tubo de descarga de cambios en la temperatura ambiente y protege de corrosión a los componentes de la lámpara.

Revestimiento de la ampolla: En la mayoría de las lámparas de mercurio de alta presión, la superficie interna de la ampolla exterior está cubierta por fósforo blanco para mejorar la reproducción de color de la lámpara y para aumentar su flujo luminoso. El fósforo convierte una gran parte de la energía ultravioleta radiada por la descarga en radiación visible, predominantemente en el extremo rojo del espectro.

Gas de relleno: El tubo de descarga está relleno de un gas inerte (argón) y de una dosis precisa de mercurio destilado. El primero es necesario para ayudar a originar la descarga y para asegurar una vida razonable para los electrodos de emisión recubiertos. La ampolla exterior está rellena de argón o una mezcla de argón y nitrógeno a presión atmosférica. El agregado de nitrógeno sirve para prevenir un arco eléctrico entre los soportes de alambre de la ampolla.

Estas lámparas precisan un equipo auxiliar que normalmente es un balasto con resistencia inductiva o transformador de campo de dispersión, además de un condensador de compensación. Cuando la lámpara se apaga, no volverá a arrancar hasta que se haya enfriado lo suficiente para bajar la presión del vapor al punto donde el arco volverá a encenderse. Este periodo es de unos cinco minutos.

3.3 MÉTODO DE CAVIDADES ZONALES

3.3.1 Cálculo con el método de Cavidades Zonales

Se analizarán los parámetros del local, color de las paredes, techo y piso; se calcula el índice de cavidad de cada área, con la finalidad de aplicar el método de las cavidades zonales y obtener un re-diseño del sistema de iluminación actual.

3.3.1.1 Análisis del proyecto

Se hará un análisis del sistema de iluminación con el método en la norma, calculando primero el índice de área para establecer la división del área del edificio CIME Chiapas, A.C. Con esto se dividen las áreas de trabajo en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la columna de la tabla 3.10, y usando la fórmula:

$$IC = \frac{x \cdot y}{h(x+y)} \quad \text{Ecuación 0.7}$$

Donde:

IC= índice del área

x,y = Dimensiones del área (largo y ancho), en metros

h= altura de la luminaria al plano de trabajo, en metros

Tabla 0.10 Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición

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

3.3.1.2 Definir parámetros de local

Los parámetros a tomar en cuenta son las dimensiones, colores del edificio de la pared, suelo o techo, el material, etc.

3.3.1.3 Seleccionar iluminancia media

Cuando se realizan mediciones con el propósito de verificar los valores correspondientes a una instalación nueva, se deben tomar las precauciones necesarias para que las evaluaciones se lleven a cabo en condiciones apropiadas (tensión nominal de alimentación, temperatura ambiente, elección de lámparas, etc.) o para que las lecturas del medidor de iluminancia se corrijan teniendo en cuenta estas condiciones.

El cálculo del nivel promedio de iluminación para el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$Ep = \frac{1}{N (\sum Ei)} \text{ Ecuación 0.8}$$

Donde:

Ep = Nivel promedio en lux.

Ei = Nivel de iluminación Medido en lux en cada punto.

N = Número de medidas realizadas.

Método de evaluación en plano de trabajo: aplicable a tareas específicas, en especial aquellas que requieren niveles mayores de iluminación por la dificultad del tamaño, contraste y tiempo de la tarea.

3.3.1.4 Selección conjunto lámpara – luminaria

Para la selección de la lámpara- luminaria, se toma en cuenta varias factores, el primordial por el cual el proyecto se está realizando en el CIME Chiapas, es que se necesita un ahorro de energía, así pues se tomó cuenta la tecnología LED, debido a que pueden proporcionar el mismo nivel de iluminación que un foco incandescente de 100 watts a lo que una lámpara LED puede consumir 20 watts proporcionando el mismo nivel, ciertamente el costo se eleva, sin embargo la vida útil de esta lámpara es mucho mayor. Observando la figura Fig. 3.21 se detallan comparaciones con otras lámparas.

Los datos a tomar en cuenta son:

- ✓ Modelo
- ✓ Flujo luminoso
- ✓ Potencia de la lámpara
- ✓ Tabla de Coeficiente de Uniformidad (CU)

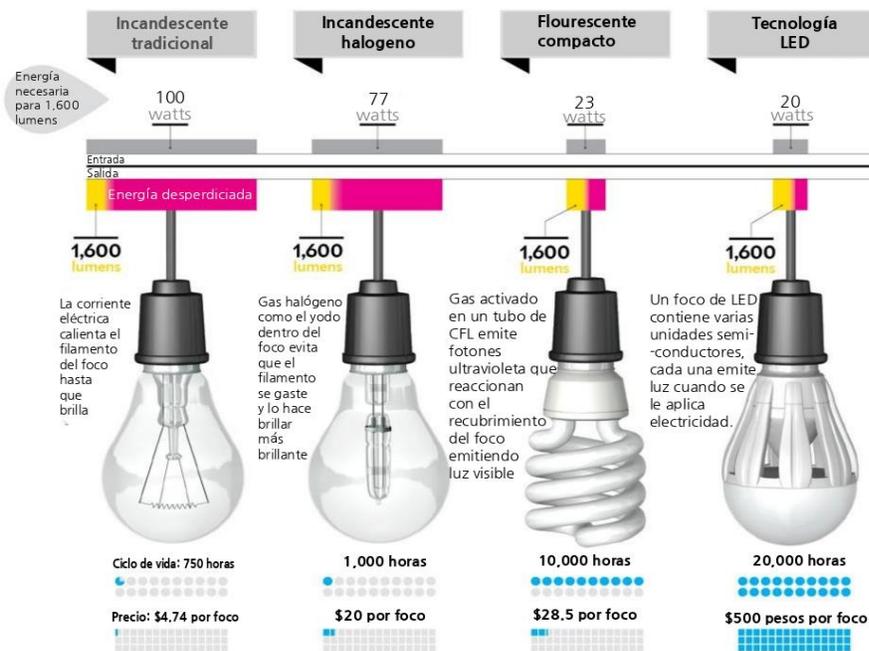


Fig. 0.21 Comparativa de focos; (regeneractiv, 2013)

3.3.1.5 Calcular cavidad del local (K)

Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior de la luminaria; el plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel del piso, el espacio desde la luminaria al piso se considera como cavidad de local. En el lenguaje de iluminación la distancia desde el plano de trabajo a la parte inferior de la luminaria es llamada altura de montaje de la luminaria. Y se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$Hc = h - (PM + PT) \quad \text{Ecuación 0.9}$$

$$k = \frac{5 \cdot hc (L+a)}{L \cdot a} \quad \text{Ecuación 0.10}$$

Donde:

PM: plano de montaje

PT: Plano de trabajo

L: Largo

a: Ancho

k= Cavidad del Local

3.3.1.6 Calcular de coeficiente de utilización (CU)

Es la relación entre el flujo luminoso que cae en el plano de trabajo y el flujo luminoso suministrado por la lámpara.

Tabla 0.11 Tabla de Coeficientes de Utilización de la CIE

ROOM Index k	REFLECTANCES POR CEILING, WALLS AND WORKING PLANE (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.67	0.65	0.67	0.66	0.65	0.62	0.62	0.59	0.61	0.59	0.58
0.80	0.74	0.71	0.74	0.72	0.71	0.67	0.67	0.65	0.67	0.65	0.64
1.00	0.80	0.76	0.79	0.77	0.76	0.72	0.72	0.70	0.72	0.70	0.69
1.25	0.85	0.80	0.84	0.82	0.79	0.77	0.76	0.74	0.76	0.74	0.73
1.50	0.89	0.83	0.88	0.85	0.82	0.80	0.79	0.77	0.79	0.77	0.76
2.00	0.95	0.87	0.94	0.90	0.87	0.84	0.84	0.82	0.83	0.82	0.81
2.50	0.99	0.90	0.97	0.93	0.89	0.87	0.87	0.85	0.86	0.85	0.84
3.00	1.02	0.92	1.00	0.95	0.91	0.89	0.89	0.88	0.88	0.87	0.85
4.00	1.06	0.93	1.03	0.98	0.93	0.92	0.90	0.90	0.89	0.89	0.87
5.00	1.08	0.94	1.05	0.99	0.94	0.93	0.91	0.91	0.90	0.90	0.88

3.3.1.7 Calcular Factor de mantenimiento (FM)

El factor de mantenimiento es un valor numérico no dimensional entre 0 y 1. Su objetivo es tomar en consideración de cálculo todas esas influencias que conducen a una reducción de los valores fotométricos en instalaciones de alumbrado.

Esto siempre se refiere al valor de nuevo, por ejemplo, a los valores de iluminancia medidos inmediatamente después de la instalación inicial de un sistema de iluminación.

Las influencias que se cuantifican por el factor de mantenimiento son los siguientes:

1. Disminución de flujo luminoso > "Factor de mantenimiento flujo de luminancia de la lámpara (LLMF)"
2. Tasa de fracaso > "Factor de vida de la lámpara (LLF)"
3. Contaminación de luminarias > "Factor de mantenimiento luminaria (LMF)"
4. Contaminación de las superficies de las habitaciones > "Factor de mantenimiento de la habitación (RMF) "

Tabla 0.12 Valores de factor de mantenimiento (CIE 97-2005)

Frecuencia de Limpieza (Años)	1				2			
	P	C	N	D	P	C	N	D
Condiciones ambientales	P	C	N	D	P	C	N	D
Luminarias abiertas	0,96	0,93	0,89	0,83	0,93	0,89	0,84	0,78
Reflector parte superior abierta	0,96	0,90	0,86	0,83	0,89	0,84	0,80	0,75
Reflector parte superior cerrada.	0,94	0,89	0,80	0,72	0,88	0,80	0,69	0,59
Reflectores cerrados	0,94	0,88	0,82	0,77	0,89	0,83	0,77	0,71
Luminarias a prueba de polvo	0,98	0,94	0,90	0,86	0,95	0,91	0,86	0,81
Luminarias con emisión indirecta.	0,91	0,86	0,81	0,74	0,86	0,77	0,66	0,57

Donde:

P: Muy limpio

C: Limpio

N: Normal

D: Sucio

$$F.M. = FE \cdot DLB \cdot Fb \quad \text{Ecuación 0.11}$$

Donde:

FM: factor de mantenimiento

FE: Depreciación de la luminaria por suciedad

DLB: Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb: Factor de balastro

El factor de mantenimiento se calcula a partir de la multiplicación de cuatro factores individuales. Dado que cada valor individual puede alcanzar un valor máximo de 1, el total de mantenimiento no puede exceder 1. En la práctica, sin embargo, los valores deben ser siempre por debajo de 1. Una excepción es a lo sumo sólo es posible para la tasa de fracaso, es decir, cuando las lámparas defectuosas / Las luminarias son reemplazados inmediatamente. En este caso el factor de vida de la lámpara es igual a 1.

3.3.1.8 Flujo luminoso total requerido (ϕ_{tot})

Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula:

$$\phi_{tot} = \frac{E_{prom} \cdot A}{Cu \cdot FM} \quad \text{Ecuación 0.12}$$

Donde:

Φ_{tot} = Flujo total requerido en Lúmenes

A= Área del Local

FM= Factor de mantenimiento

Cu= Coeficiente de uniformidad

3.3.1.9 Calcular número de luminarias requeridas (N)

Para saber el número de luminarias requeridas se empleará la siguiente formula:

$$N = \frac{\varphi_{tot}}{\varphi_l * n} \quad \text{Ecuación 0.13}$$

Donde:

φ_l = Flujo luminoso por lámpara

n = Numero de lámparas que tiene esa luminaria

3.3.1.10 Calcular flujo luminoso real (φ real) e iluminancia promedio real (E_{prom})

$$\varphi_{real} = N * n * \varphi_l \quad \text{Ecuación 0.14}$$

$$E_{Promreal} = \frac{\varphi_{Real} * Cu * FM}{A} \quad \text{Ecuación 0.15}$$

3.3.1.11 Eficiencia energética

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI (W/m²) por cada 100 lux, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Donde:

P: la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W];

S la superficie iluminada [m²];

Em la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

- Grupo 1: Zonas de no representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

- Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Los VEEI límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la tabla 3.13. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Tabla 0.13. Valores límite de la eficiencia energética de la instalación

GRUPO	ZONAS DE ACTIVIDAD DIFERENCIADA	VEEI LIMITE
1 Zonas de no representación	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Aparcamientos	5
	Administrativo en general	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Espacios deportivos (5)	5
	Andenes, estaciones de transporte	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	2 Zonas de representación	Zonas comunes (1)
Estaciones de transporte (6)		6
Zonas comunes en edificios residenciales		7,5
Administrativo en general		6
Religioso en general		10
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convencionales, salas de ocio y espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)		10
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.		12
Hostelería y restauración (8)		10
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes		6
Centros comerciales (excluidas tiendas)(9)		8
Tiendas y pequeño comercio		10
Bibliotecas, museos y galerías de arte		6
Recintos interiores asimilables a Grupo 2 no descritos en la lista anterior		10

CAPITULO IV

4.1 PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

4.1.1 Estudio de las normas aplicables al área de trabajo del CIME

Se analizará la **NOM- 025-STPS** y para las zonas que no son de trabajo se tomará en cuenta el manual de iluminación de Westinghouse, los cuáles nos dará conocer los niveles mínimos de iluminación que deberán incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo. Por lo cual se deben seleccionar puntos de medición, es decir dividir el área para poder hacer el análisis del sistema de iluminación. Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la clasificación de las áreas y puestos de trabajo, el nivel de iluminación requerido como lo pide la **NOM- 025-STPS**, la ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo, el cálculo del índice de áreas correspondiente a cada una de las áreas, la posición de la maquinaria y equipo, así como los riesgos informados a los trabajadores. Sin embargo se tomará en cuenta el manual de Westinghouse en algunas zonas que en la norma NOM-025-STPS sólo indica no son consideradas, ya que la norma habla sobre áreas de trabajo y así poderlas evaluar con los niveles que indica el manual.

4.1.2 Obtención de los parámetros de las áreas de evaluación en la empresa.

Se dividió en secciones del mismo tamaño las áreas de evaluación, de acuerdo a lo establecido en la **NOM-025-STPS**, para conocer el nivel de iluminación de cada área de trabajo. Usando la ecuación 4.1.

Tabla 0.1 Parámetros del edificio CIME, Número de puntos de Iluminación.

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	DIMENSIONES				ÍNDICE DE ÁREA	NÚMERO DE PUNTOS DE MEDICIÓN
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)		
PLANTA BAJA						
Auditorio	25.83	22.11	7.9	971.82	2.108466335	16
Sala de entretenimiento	7.60	7.46	2.60	56.696	2.034959262	16
Bodega	2.26	1.48	2.60	3.3448	0.48342246	4
Baño	1.40	1.40	2.60	1.96	0.378378378	4
Sala de servicios generales	3.80	6.42	2.61	24.396	1.283378575	9
Escaleras /entrada de Auditorio	5.30	1.96	3	10.38	0.735523634	4
PLANTA MEDIA						
Sala de capacitación	6.62	2.82	2.30	18.6684	1.275861126	9
Presidencia	6.62	3.90	2.30	25.818	1.583343555	9
Pasillo S. Juntas-Cocina-Recepción	2.73	1.39	2.50	3.7947	0.520363666	4

Sala de espera	3.68	4.26	2.31	15.6768	1.090833183	9
Cocina	3.90	1.34	2.50	3.567	0.717502334	4
Sala de juntas	6.69	4.06	2.50	27.1614	1.435591966	9
Oficina de recepción I	2.73	2.19	2.50	5.9787	0.690444845	4
Oficina de recepción II	5.12	3.78	2.5	19.35	0.041237113	4
Baño de damas	4.26	2.82	2.51	12.0132	1.053900411	9
Baño de caballeros	2.82	2.84	2.51	8.0088	0.889925995	4
Pasillo de sala de espera-baños	6.62	1.19	2.20	7.8778	0.695642192	4
Pasillo de baños con escaleras	8.06	1.48	2.48	11.9288	0.722773597	4
Escaleras a planta alta	4.49	1.10	2.42	4.939	0.529067089	4
PLANTA ALTA						
Estancia	7.36	4.22	2.93	31.0592	1.230340194	9
Sala magna	12.32	7.22	3.16	88.9504	1.888888417	9
Baño de damas	2.3	1.37	2.93	3.151	0.393845462	4
Baño de caballeros	2.3	1.79	2.93	4.12	0.461743792	4
Bodega de sala magna	8.46	2.92	3.15	24.64	0.904481547	4
Pasillo a estacionamiento	1.86	0.58	2.94	1.0788	0.201886369	4
Bodega de Limpieza	1.6	1.34	2.94	2.144	0.332991644	4

4.1.3 Estudio del nivel de iluminación de las áreas de evaluación de la empresa.

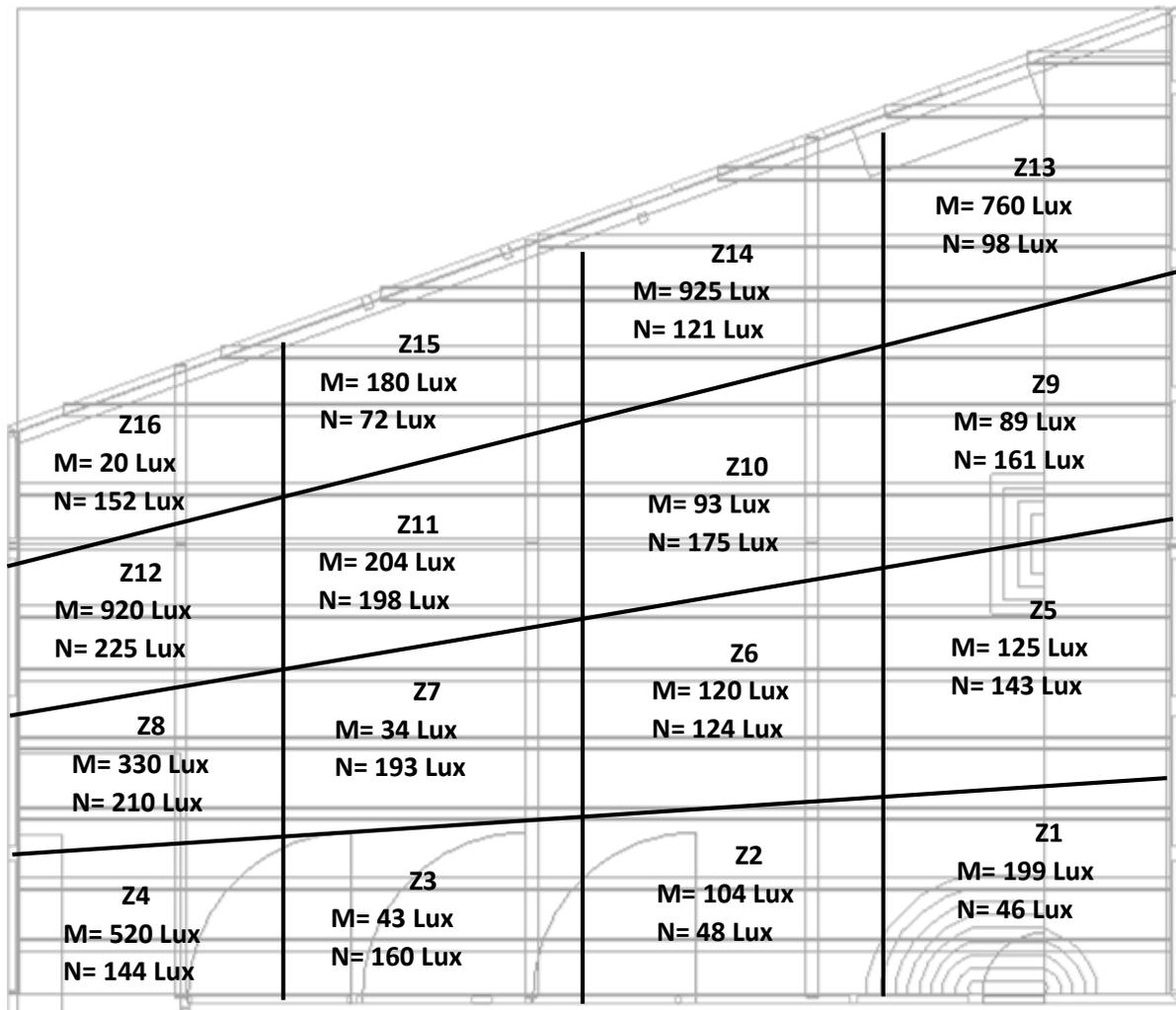
Se realizarán medidas con el instrumento de medición luxómetro, para obtener la luxes por sección que a su vez conforman cada área y conocer su iluminación promedio actual.

Planta Baja

✓ Auditorio

Mañana $E_{prom} = 234.125 \text{ lux}$

Noche $E_{prom} = 141.87 \text{ lux}$



✓ **Entrada a auditorio**

Mañana $E_{prom} = 73.5$ lux

Noche $E_{prom} = 63.5$ lux

<p>Z4 M= 90 Lux N= 66 Lux</p>	<p>Z3 M=86 Lux N=71 Lux</p>
<p>Z2 M= 68 Lux N= 53 Lux</p>	<p>Z1 M= 50 Lux N= 64 Lux</p>

✓ **Sala de entretenimiento**

Mañana $E_{prom} = 225.125$ lux

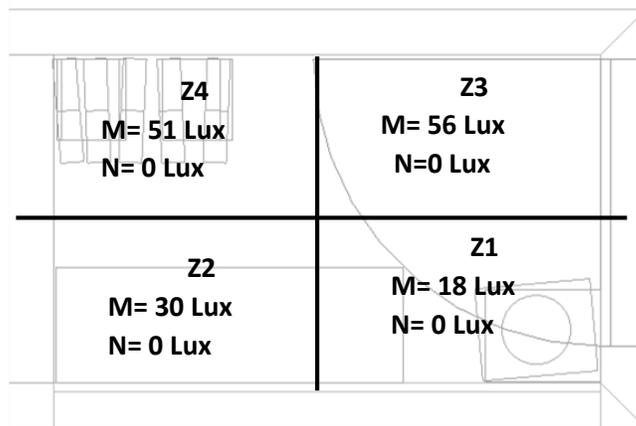
Noche $E_{prom} = 187.5$ lux

<p>Z16 M= 152 Lux N= 186 Lux</p>	<p>Z15 M= 207 Lux N= 151 Lux</p>	<p>Z14 M= 216 Lux N= 180 Lux</p>	<p>Z13 M= 235 Lux N= 175 Lux</p>
<p>Z12 M= 199 Lux N= 162 Lux</p>	<p>Z11 M= 217 Lux N= 185 Lux</p>	<p>Z10 M= 229 Lux N= 195 Lux</p>	<p>Z9 M= 245 Lux N= 196Lux</p>
<p>Z8 M= 200 Lux N= 160 Lux</p>	<p>Z7 M= 219 Lux N= 205 Lux</p>	<p>Z6 M= 211 Lux N= 183 Lux</p>	<p>Z5 M= 242 Lux N= 213 Lux</p>
<p>Z4 M= 222 Lux N= 159 Lux</p>	<p>Z3 M= 257 Lux N= 235 Lux</p>	<p>Z2 M= 262 Lux N= 204 Lux</p>	<p>Z1 M= 289 Lux N= 211 Lux</p>

✓ **Bodega**

Mañana $E_{prom} = 38.75$ lux

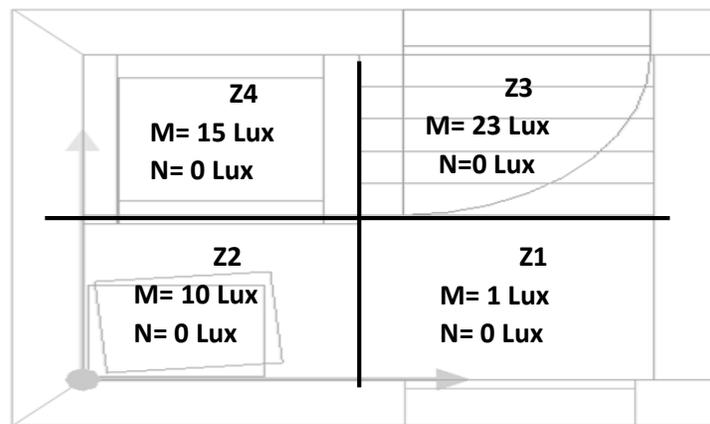
Noche $E_{prom} = N/S * lux$



✓ **Baño**

Mañana $E_{prom} = 12.25$ lux

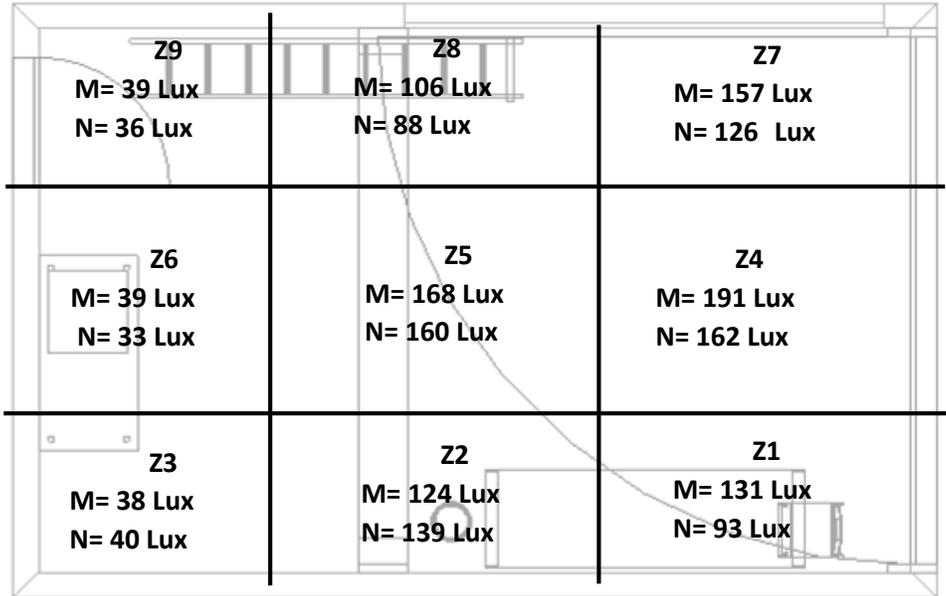
Noche $E_{prom} = N/S * lux$



✓ **Sala de servicios generales**

Mañana $E_{prom} = 110.33$ lux

Noche $E_{prom} = 97.44$ lux

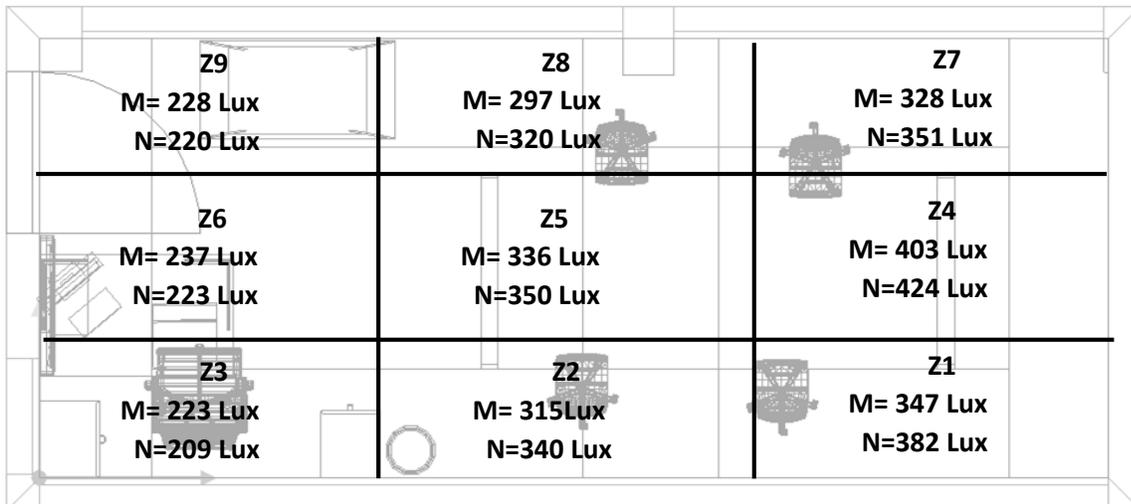


Planta Media

✓ **Sala de capacitación**

Mañana $E_{prom} = 301.55$ lux

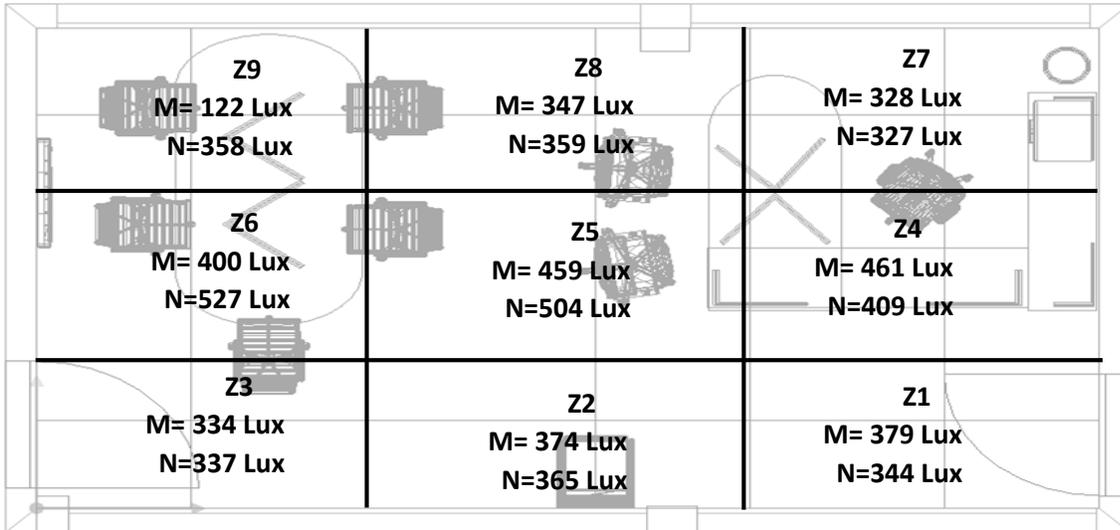
Noche $E_{prom} = 313.22$ lu



✓ **Presidencia**

Mañana $E_{prom} = 364.44 \text{ lux}$

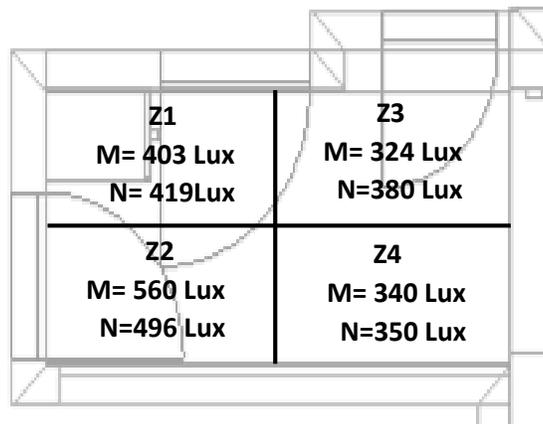
Noche $E_{prom} = 392 \text{ lux}$



✓ **Pasillo de oficina-sala de juntas-cocina**

Mañana $E_{prom} = 406.75 \text{ lux}$

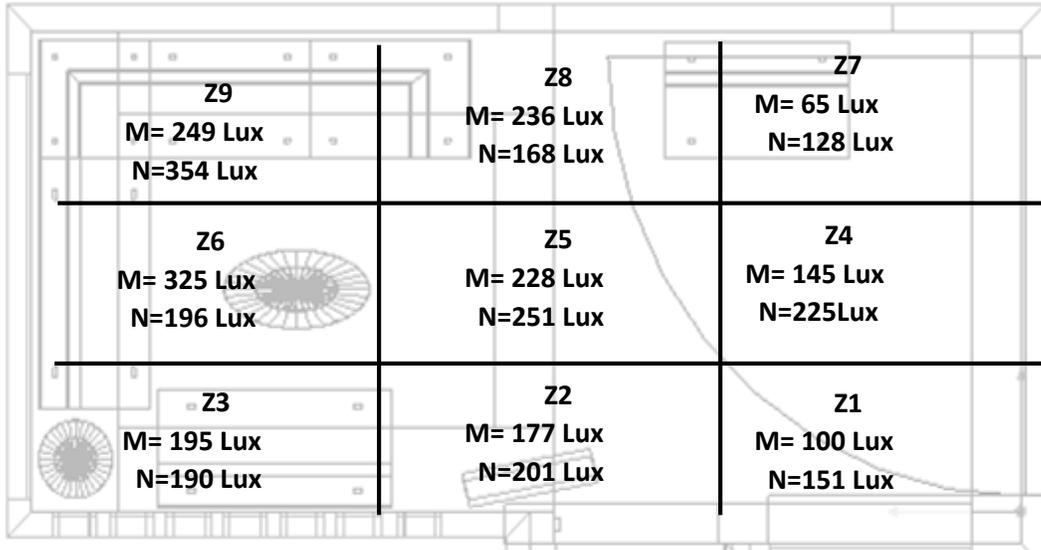
Noche $E_{prom} = 411.25 \text{ lux}$



✓ **Sala de Espera**

Mañana $E_{prom} = 191.11 \text{ lux}$

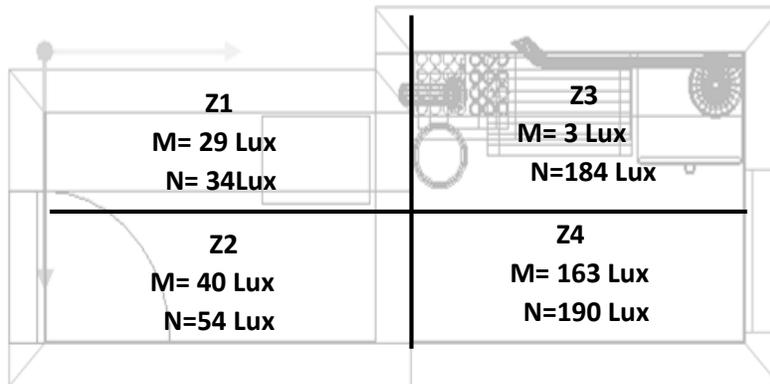
Noche $E_{prom} = 207.11 \text{ lux}$



✓ **Cocina**

Mañana $E_{prom} = 58.75 \text{ lux}$

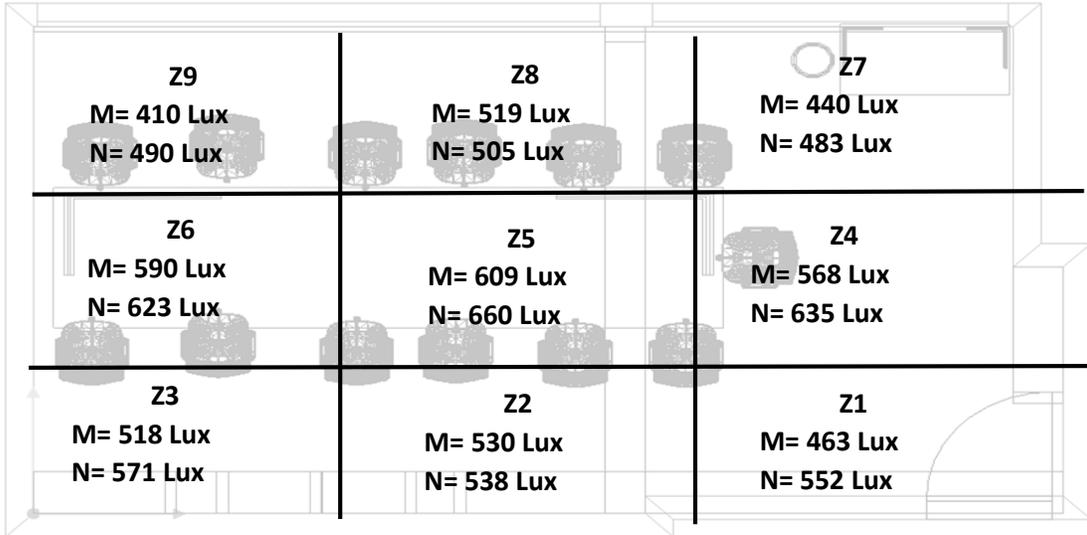
Noche $E_{prom} = 115.5 \text{ lux}$



✓ **Sala de juntas**

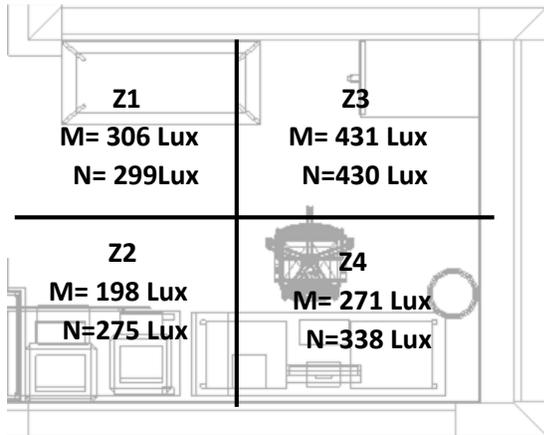
Mañana $E_{prom} = 516.33$ lux

Noche $E_{prom} = 561.88$ lux



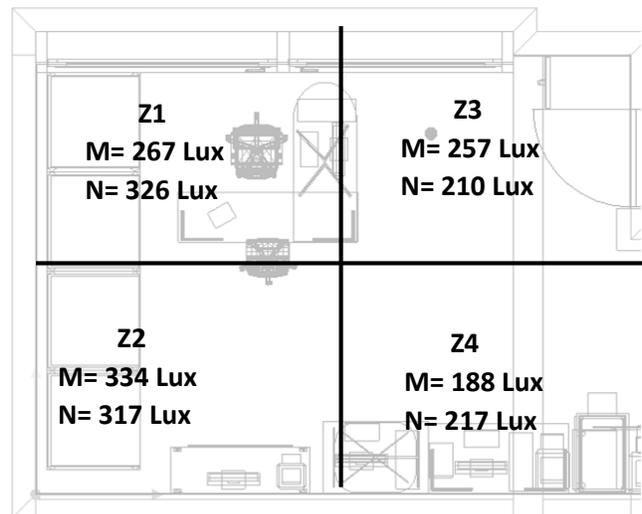
✓ **Oficina de recepción I**

Mañana $E_{prom} = 301.5$ lux Noche $E_{prom} = 335.5$ lux



Oficina de recepción II

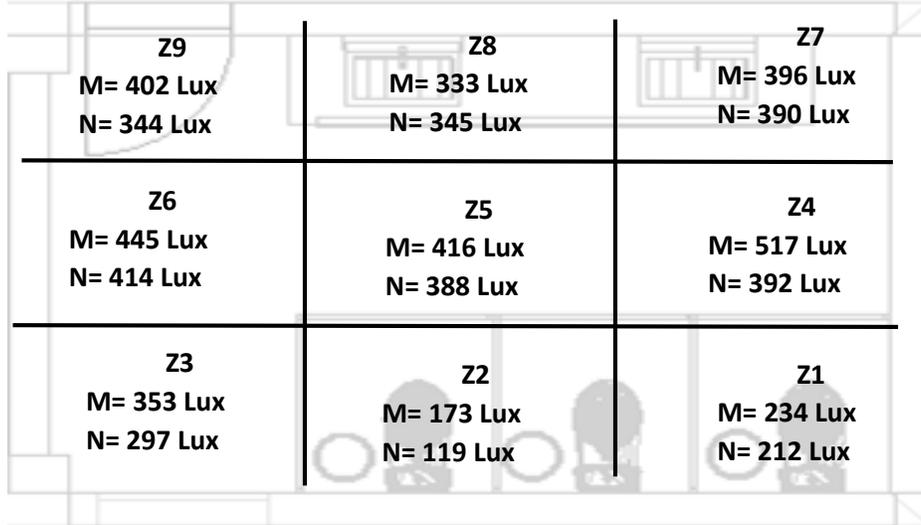
Mañana $E_{prom} = 269$ lux Noche $E_{prom} = 267.5$ lux



Baño de damas

Mañana $E_{prom} = 363.22 \text{ lux}$

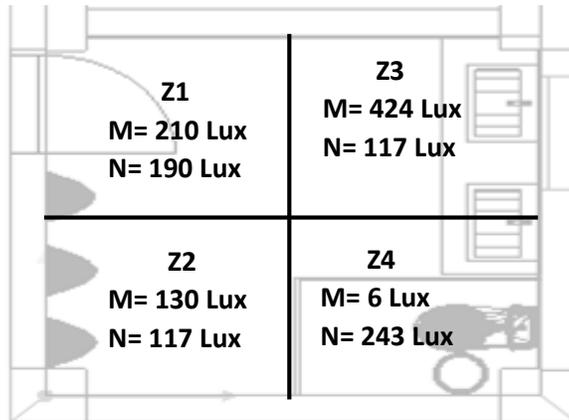
Noche $E_{prom} = 322.33 \text{ lux}$



✓ Baño de caballeros

Mañana $E_{prom} = 192.5 \text{ lux}$

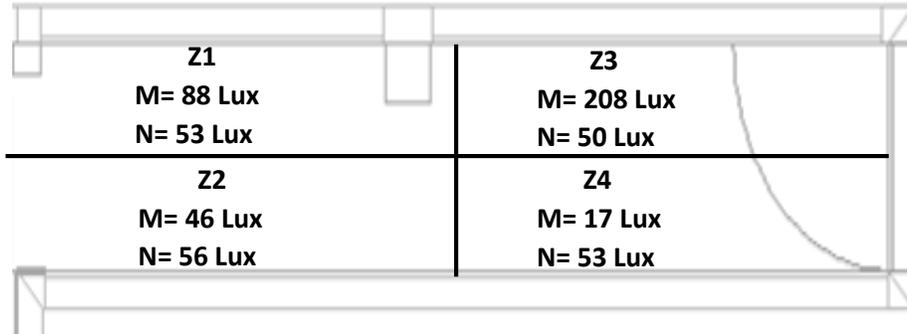
Noche $E_{prom} = 145.25 \text{ lux}$



✓ **Pasillo de sala de espera- baños**

Mañana $E_{prom} = 89.75 \text{ lux}$

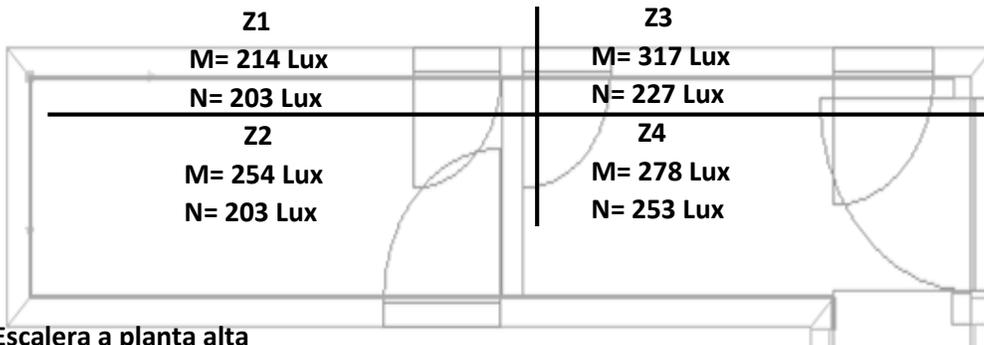
Noche $E_{prom} = 53 \text{ lux}$



✓ **Pasillo de baños y escaleras a planta baja**

Mañana $E_{prom} = 291.75 \text{ lux}$

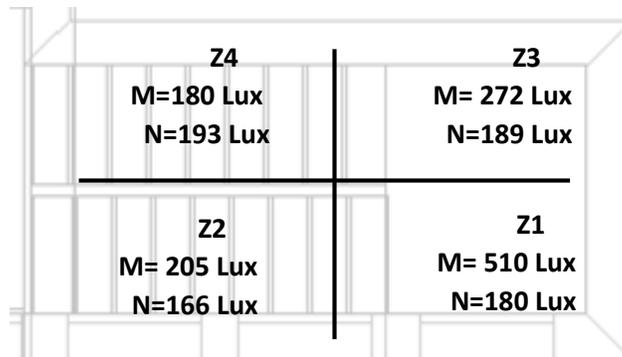
Noche $E_{prom} = 221.5 \text{ lux}$



✓ **Escalera a planta alta**

Mañana $E_{prom} = 265.75 \text{ lux}$

Noche $E_{prom} = 216.5 \text{ lux}$

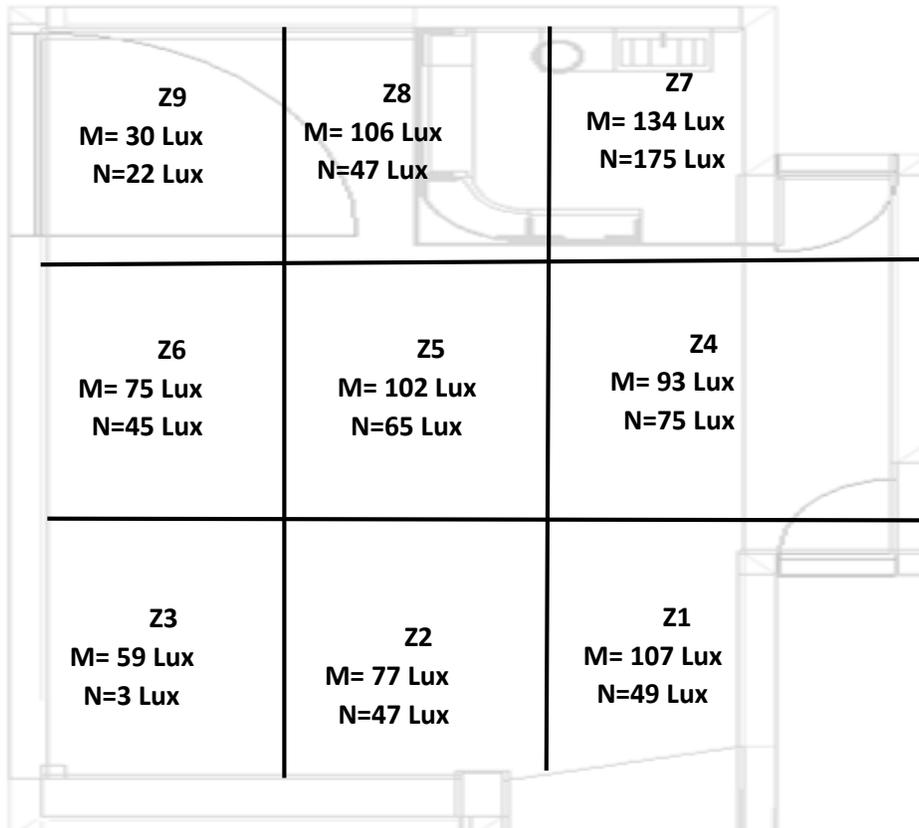


Planta Alta

✓ Pasillo de entrada (estancia)

Mañana $E_{prom} = 87 \text{ lux}$

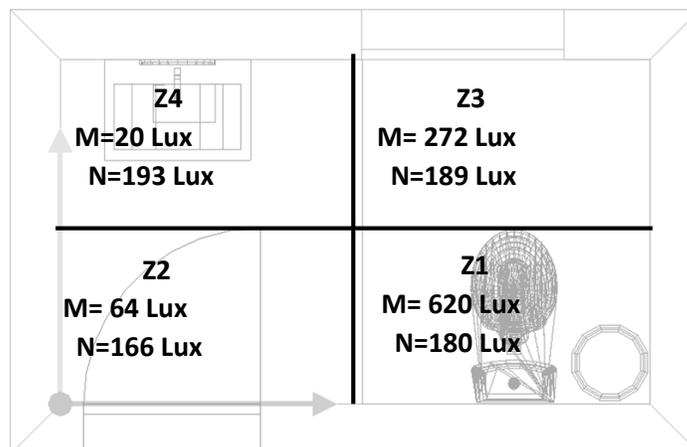
Noche $E_{prom} = 58.66 \text{ lux}$



✓ Baño damas

Mañana $E_{prom} = 244 \text{ lux}$

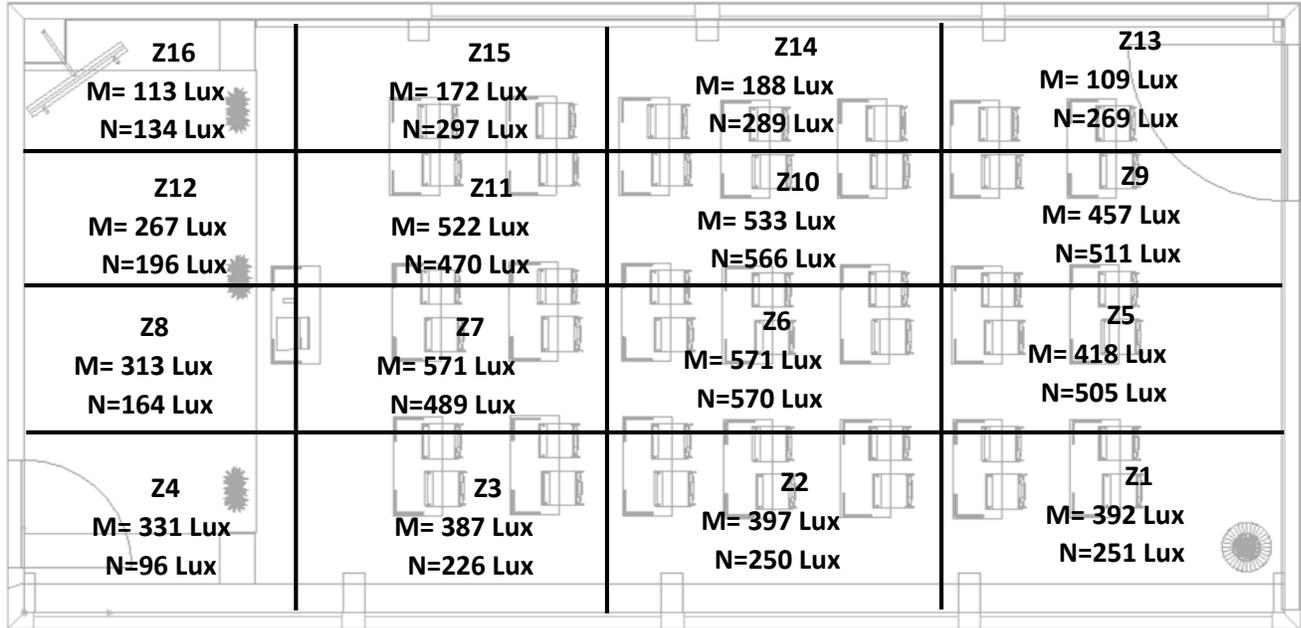
Noche $E_{prom} = 182 \text{ lux}$



✓ **Sala magna**

Mañana $E_{prom} = 243.375 \text{ lux}$

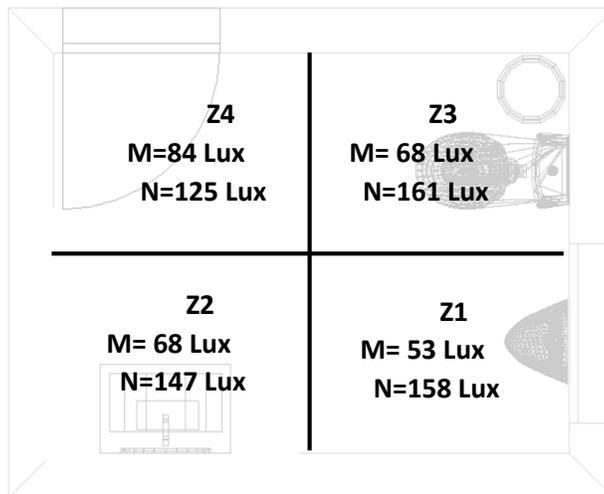
Noche $E_{prom} = 330.1875 \text{ lux}$



✓ **Baño caballero**

Mañana $E_{prom} = 68.25 \text{ lux}$

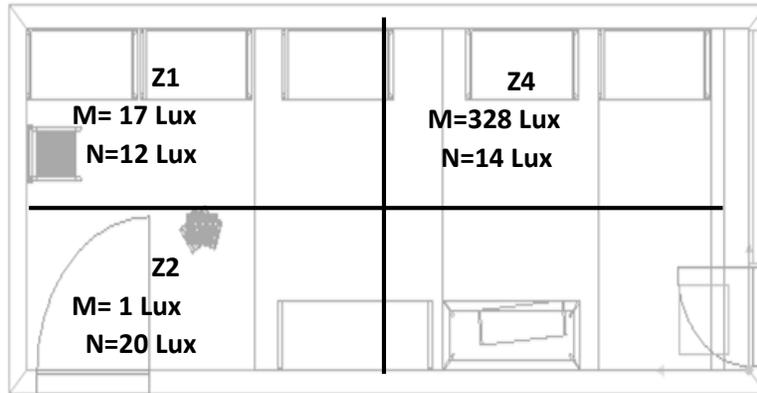
Noche $E_{prom} = 147.75 \text{ lux}$



✓ **Bodega sala magna**

Mañana $E_{prom} = 92.75 \text{ lux}$

Noche $E_{prom} = 14 \text{ lux}$

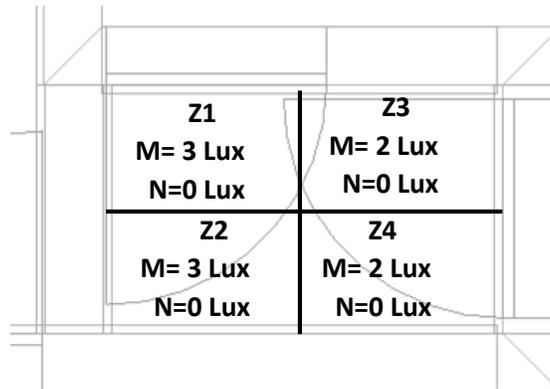


✓ **Pasillo estacionamiento***

Mañana $E_{prom} = 2.5 \text{ lux}$

Noche $E_{prom} = 0 \text{ lux}$

Z3
M= 25 Lux
N=10 Lux



4.1.4 Comparación con la NOM-025-STPS y el manual de iluminación de Westinghouse con el sistema actual de iluminación.

Se compararán los resultados obtenidos con las especificaciones de la norma **NOM- 025-STPS** y datos del manual de Westinghouse, para saber si el CIME cumple.

Con la siguiente tabla se mostrará el nivel de iluminación medido en cada área dentro del CIME Chiapas durante la mañana y noche contra los que establece la norma y el manual de Westinghouse, haciendo un comparativo del sistema actual y el que debería de ser por norma.

Tabla 0.2 Comparación del sistema actual de iluminación con el de la NOM-025-STPS y el manual de Westinghouse.

ÁREA DEL CIME CHIAPAS	SISTEMA ACTUAL (LUX)		NORMA (LUX)	MANUAL DE WESTINGHOUSE	CUMPLE
PLANTA BAJA					
	MAÑANA	NOCHE			
Auditorio	234.125	141.8	500	N.A.	X
Sala de entretenimiento	225.1	187.5	200	N.A.	X
Bodega de sala de entretenimiento	38.75	N/S	50	N.A.	X
Baño	12.25	N/S	N.A.	50	X
Sala de servicios generales	110.2	97.44	200	N.A.	X
Entrada a auditorio	73.5	63.5	50	N.A.	✓
PLANTA MEDIA					
Sala de capacitación	301.55	313.22	300	N.A.	✓
Presidencia	364.44	392.22	300	N.A.	✓
Pasillo de oficina-sala de juntas-cocina	406.75	411.25	50	N.A.	✓
Sala de espera	191.11	207.11	100	N.A.	X
Cocina	58.75	115.5	N.A.	100	X
Sala de juntas	516.33	561.88	300	N.A.	✓
Oficina de recepción I	301.5	335.5	300	N.A.	✓
Oficina de recepción II	261.5	267.5	300	N.A.	X
Baño de damas	363.22	322.33	N.A.	100	✓
Baño de caballeros	192.5	145.25	N.A.	100	✓
Pasillo de sala de espera-baños	89.75	53	50	N.A.	✓
Pasillo de baños y escaleras a planta baja	265.75	221.5	50	N.A.	✓
Escaleras a planta alta	291.75	216.5	50	N.A.	✓
PLANTA ALTA					
Pasillo de entrada (Estancia)	87	58.66	100	N.A.	X
Sala magna	243.3	330.1	500	N.A.	X
Baño de damas	244	182	N.A.	100	✓
Baño de caballeros	68.25	147.75	N.A.	100	X
Bodega de sala magna	92.75	14	50	N.A.	X
Pasillo a estacionamiento	2.5	N/S	50	N.A.	X
Bodega de limpieza	300.5	342.5	50	N.A.	✓
N/S= NO HAY SISTEMA DE ILUMINACIÓN					
N.A. = NO APLICA					

4.1.5 Rediseño en Dialux

El siguiente rediseño es tomando en cuenta que 13 de las 25 áreas del edificio CIME de Chiapas no cumple con la NOM-025-STPS y el manual de iluminación de Westinghouse.

Basados en el método de cavidades zonales se detectaron las zonas que no cumplen con la norma Nom-025-STPS y el manual de iluminación de Westinghouse. En base a los datos obtenidos, se rediseña el sistema de iluminación buscando no afectar los objetos y acomodo dentro de las áreas propuestas para el desarrollo del proyecto.

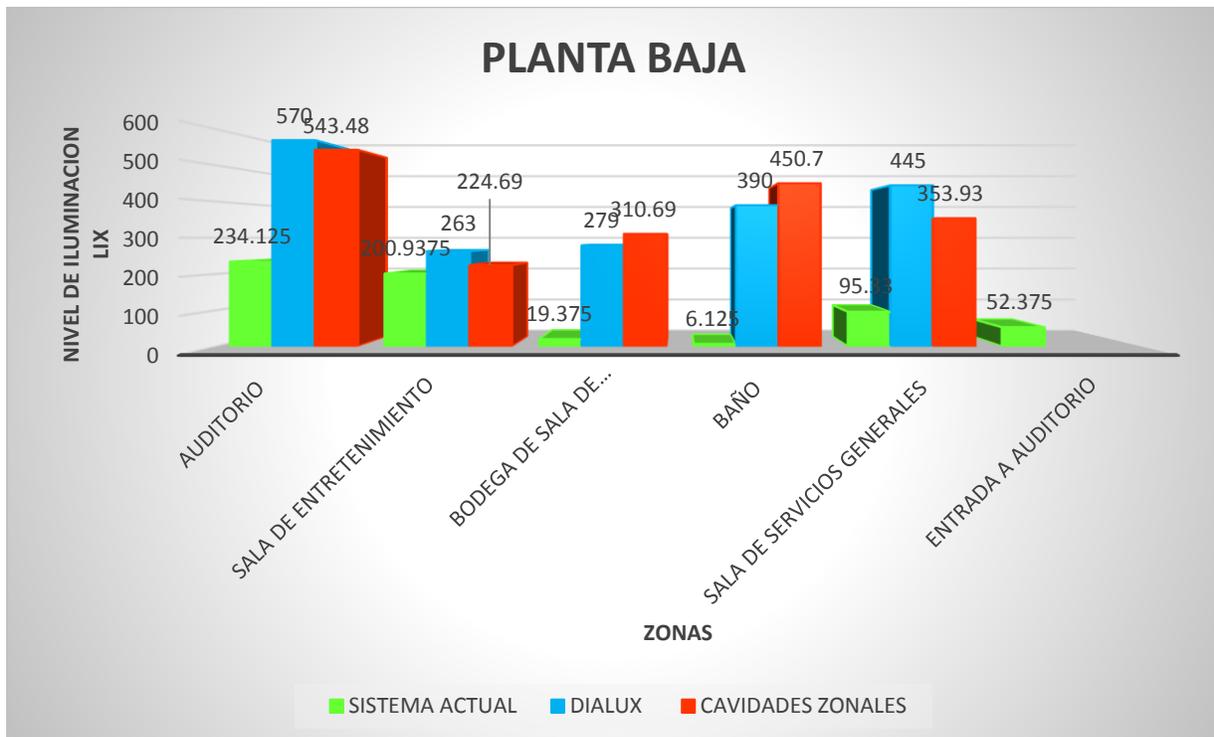
En los siguientes puntos se presenta el análisis de los resultados obtenidos, tablas de comparaciones del sistema actual y el que se rediseñó, se muestran los diseños en 3D para dar a conocer el sistema que se propone y que es el adecuado para no afectar en la salud de la persona que desarrolle sus actividades en esa área.

4.1.6 Análisis de los resultados

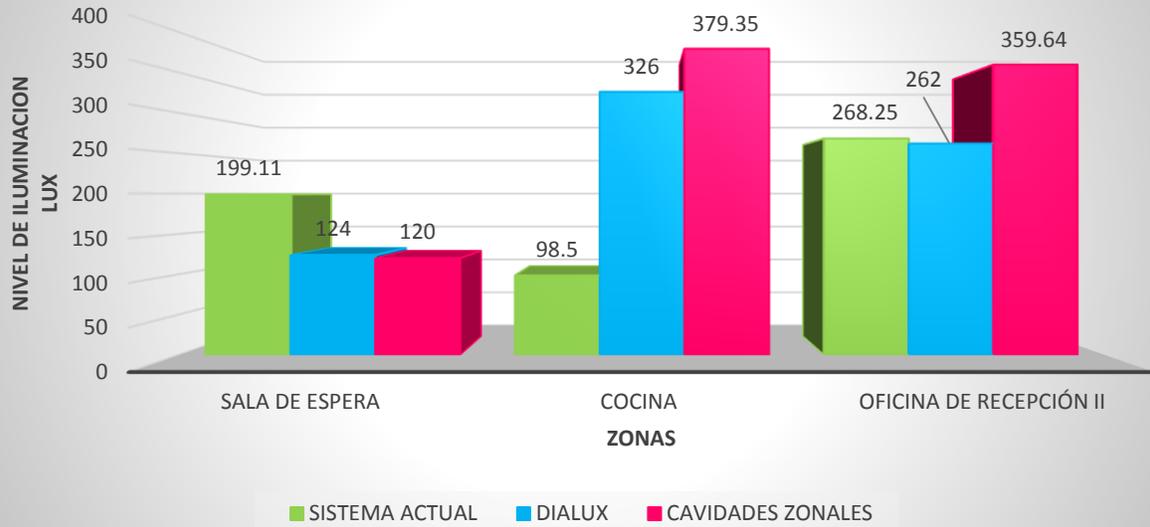
Los resultados obtenidos se representan en tablas específicas, fotografías, así como la memoria de cálculo, que indicará el proceso del mismo y los datos finales de diseño.

4.1.6.1 Comparación con el método de cálculo

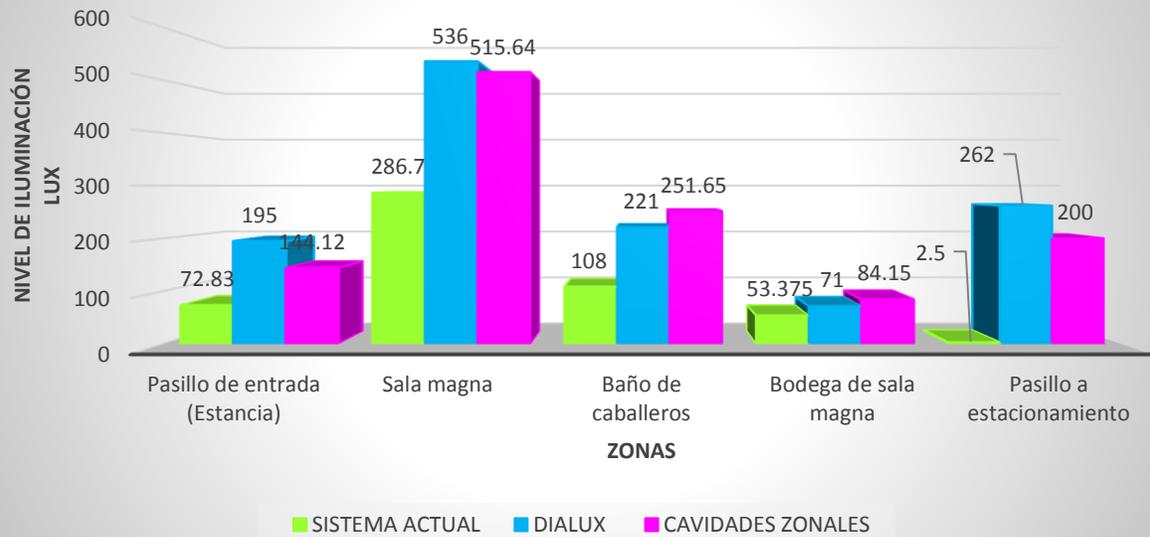
En base a los resultados obtenidos, en la siguiente tabla se comparan los datos, con la finalidad de verificar si en realidad el nuevo sistema es mejor que el anterior.



PLANTA MEDIA



PLANTA ALTA

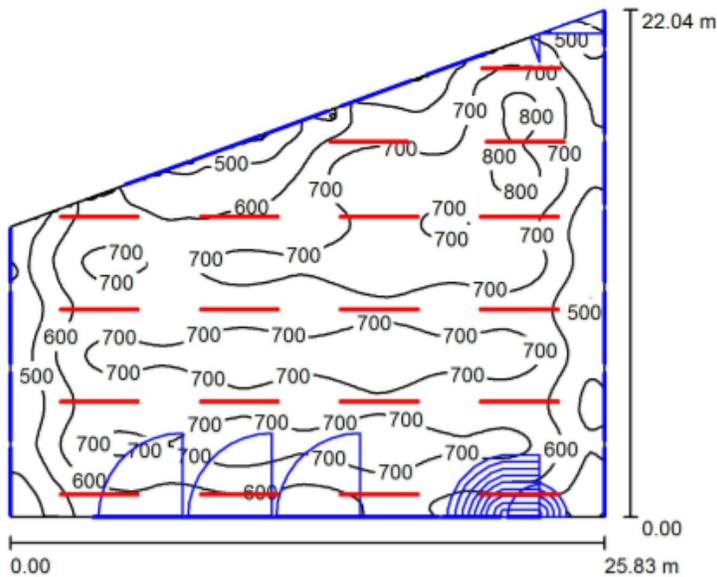


4.1.7 Reporte técnico del rediseño

En esta sección se presentan los reportes técnicos generados por el software Dialux para cada área del CIME CHIAPAS A. C. En ellos se muestran las zonas de distribución luminosa, ubicación de las lámparas, iluminancia promedio, y consumo estimado de energía con las lámparas seleccionadas.

Planta baja

Auditorio



Altura del local: 7.900 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:283

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	651	350	827	0.538
Pisos (26)	75	611	3.62	893	/
Techos (209)	70	245	0.00	494	/
Paredes (28)	83	367	52	1133	/

Plano útil:

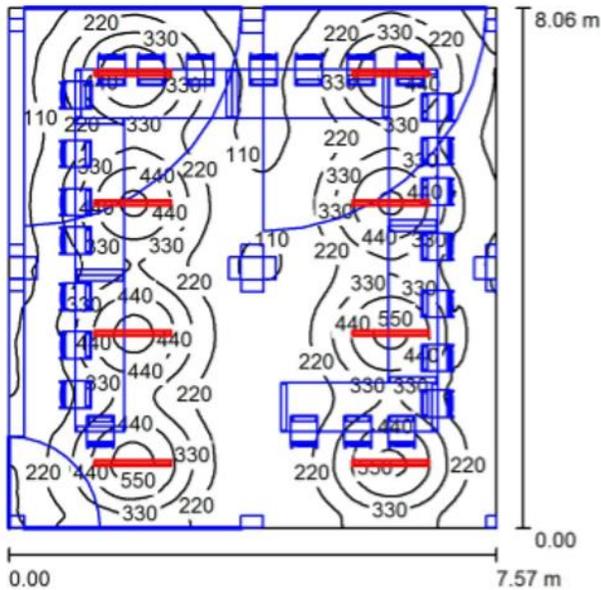
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	19	PHILIPS LL120X 1xLED160S/840 MB (1.000)	16000	16000	124.0
Total:			304000	304000	2356.0

Valor de eficiencia energética: $5.26 \text{ W/m}^2 = 0.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 447.48 m^2)

Sala de entretenimiento



Altura del local: 2.270 m, Altura de montaje: 2.170 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:104

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	263	57	603	0.217
Suelo	75	160	19	387	0.117
Techos (27)	73	80	1.20	266	/
Paredes (7)	85	118	32	488	/

Plano útil:

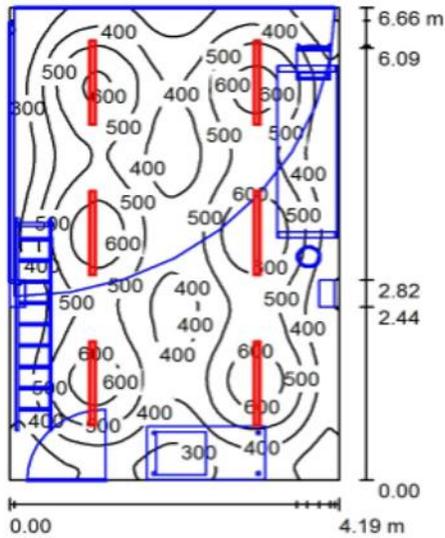
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2100	2100	21.0
			Total: 16800	Total: 16800	168.0

Valor de eficiencia energética: $2.75 \text{ W/m}^2 = 1.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 61.01 m^2)

Sala de Servicios generales



Altura del local: 2.270 m, Altura de montaje: 2.195 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:86

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	445	187	682	0.421
Suelo	67	352	62	466	0.177
Techos (6)	85	185	116	1133	/
Paredes (5)	85	212	75	353	/

Plano útil:

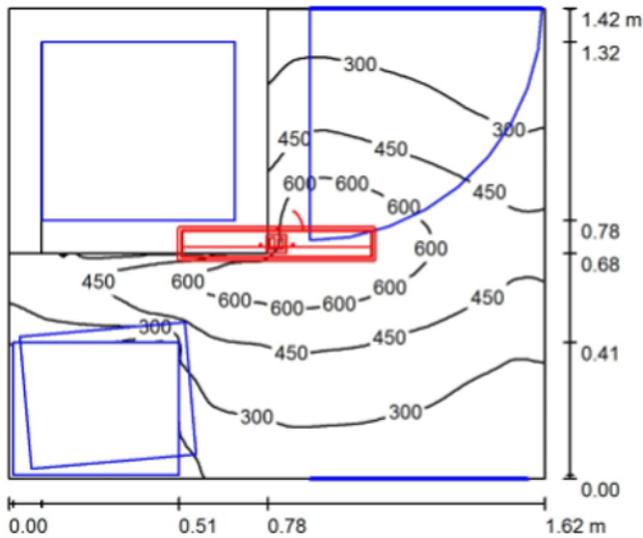
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2100	2100	21.0
			Total: 12600	Total: 12600	126.0

Valor de eficiencia energética: $4.52 \text{ W/m}^2 = 1.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 27.91 m^2)

Baño planta baja



Altura del local: 2.270 m, Altura de montaje: 2.195 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:19

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	390	9.33	734	0.024
Pisos (22)	75	202	2.84	494	/
Techo	73	112	84	133	0.747
Paredes (5)	85	121	0.36	367	/

Plano útil:

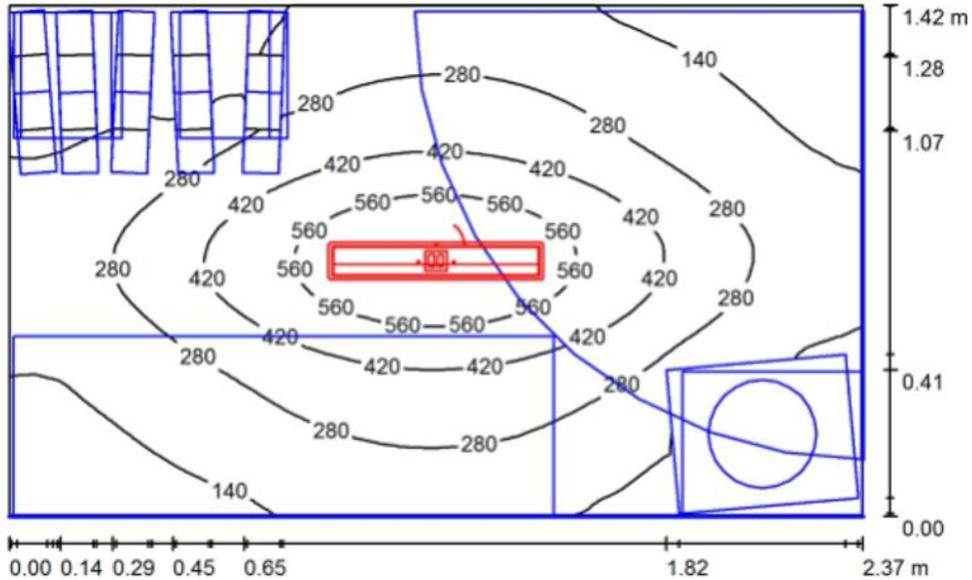
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS RC300B L600 1xLED10S/830 P0 (1.000)	1200	1200	11.5
Total:			1200	Total: 1200	11.5

Valor de eficiencia energética: $5.00 \text{ W/m}^2 = 1.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.30 m^2)

Bodega de sala de entretenimiento



Altura del local: 2.270 m, Altura de montaje: 2.195 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:19

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	279	12	676	0.044
Suelo	75	124	1.29	271	0.010
Techo	73	48	37	55	0.767
Paredes (4)	85	52	0.86	173	/

Plano útil:

Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

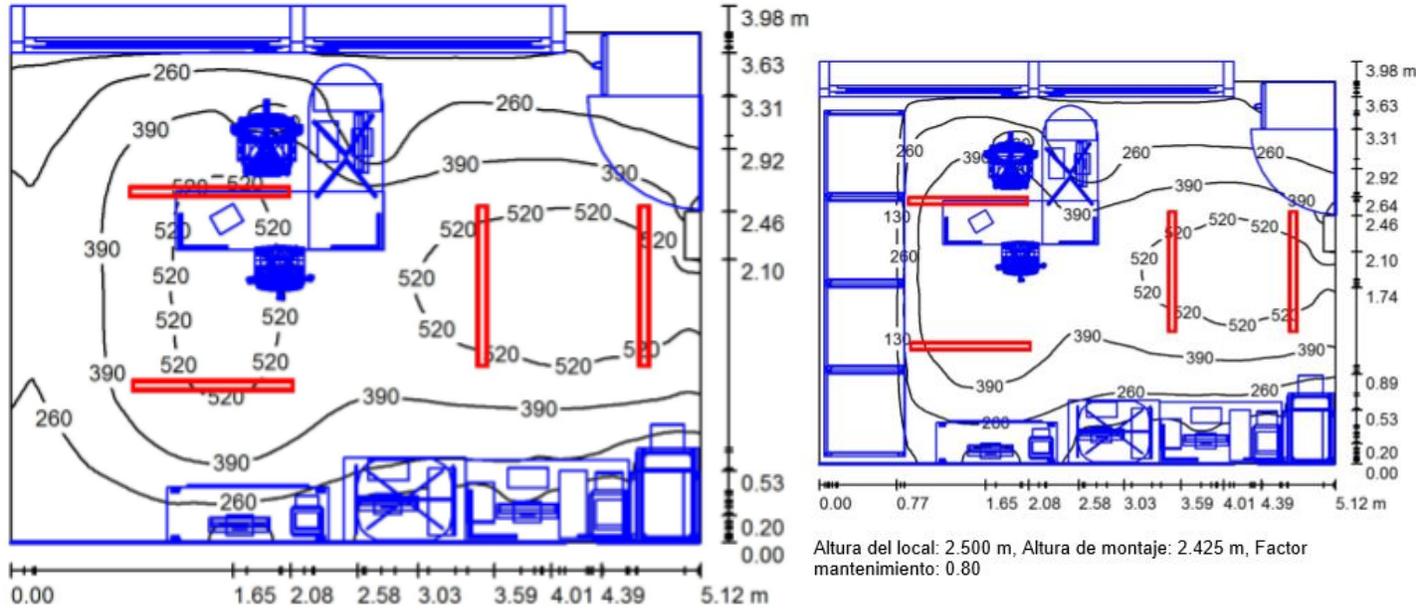
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS RC300B L600 1xLED10S/830 P0 (1.000)	1200	1200	11.5
Total:			1200	Total: 1200	11.5

Valor de eficiencia energética: $3.42 \text{ W/m}^2 = 1.23 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.37 m^2)

PLANTA MEDIA

Oficina de recepción II



Valores en Lux, Escala 1:52

Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.425 m, Factor mantenimiento: 0.80

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	350	20	638	0.058
Suelo	75	223	3.65	400	0.016
Techos (17)	85	114	48	395	/
Paredes (8)	85	105	0.95	568	/

Plano útil:

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

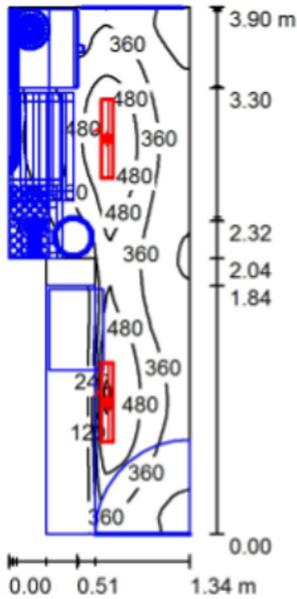
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2100	2100	21.0
Total:			8400	8400	84.0

Valor de eficiencia energética: $4.16 \text{ W/m}^2 = 1.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 20.18 m^2)

En esta zona se puede observar la forma en la que un estante impide que la luz se disperse por un lado del área y aun así se logra cumplir con la norma

Cocina



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.381 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:51

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	326	13	609	0.039
Suelo	75	218	2.51	419	0.012
Techos (12)	81	79	20	151	/
Paredes (7)	80	110	5.96	270	/

Plano útil:

Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

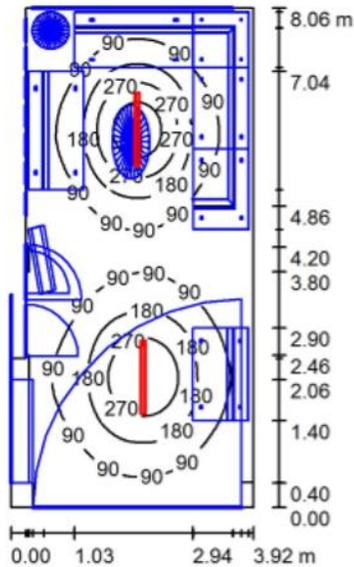
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS RC300B L600 1xLED10S/830 P0 (1.000)	1200	1200	11.5
			Total: 2400	Total: 2400	23.0

Valor de eficiencia energética: $4.94 \text{ W/m}^2 = 1.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.65 m^2)

En esta zona se le colocaron dos lámparas por la forma en como está distribuido el espacio de la cocina.

Sala de espera



Altura del local: 2.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:104

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	124	6.99	418	0.056
Pisos (3)	75	69	0.09	172	/
Techos (24)	68	30	5.09	48	/
Paredes (11)	43	25	1.77	72	/

Plano útil:

Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

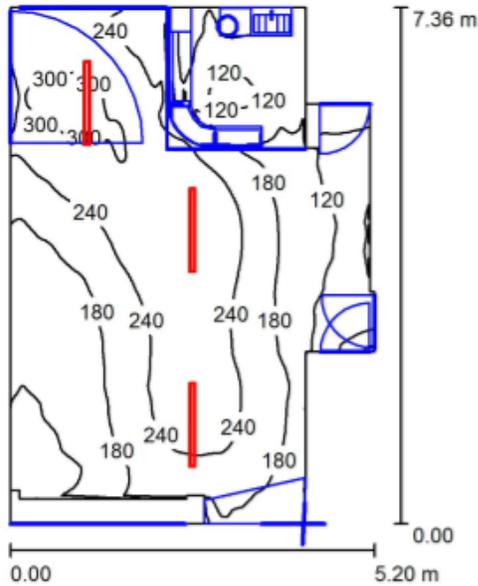
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2100	2100	21.0
			Total: 4200	Total: 4200	42.0

Valor de eficiencia energética: $1.39 \text{ W/m}^2 = 1.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 30.24 m^2)

En esta zona se le colocaron dos lámparas por la diferencia de altura de montaje y la forma en como está distribuido el espacio.

PLANTA ALTA

Estancia



Altura del local: 3.160 m, Altura de montaje: 3.060 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:95

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	195	24	321	0.123
Pisos (11)	75	174	24	309	/
Techos (40)	85	100	1.64	211	/
Paredes (13)	81	115	17	269	/

Plano útil:

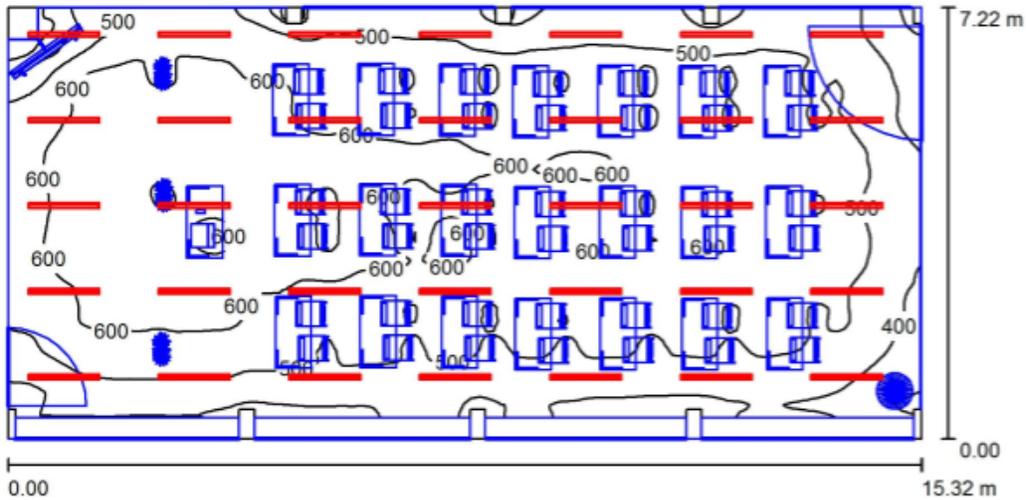
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2100	2100	21.0
			Total: 6300	Total: 6300	63.0

Valor de eficiencia energética: $1.83 \text{ W/m}^2 = 0.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 34.35 m^2)

Sala magna



Altura del local: 3.160 m, Altura de montaje: 3.060 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:110

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	536	217	679	0.405
Suelo	67	304	3.46	545	0.011
Techo	85	154	66	279	0.426
Paredes (10)	85	188	9.64	563	/

Plano útil:

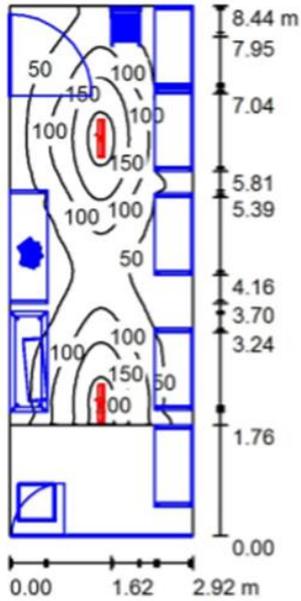
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	35	PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2100	2100	21.0
Total:			73500	Total: 73500	735.0

Valor de eficiencia energética: $6.64 \text{ W/m}^2 = 1.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 110.61 m^2)

Bodega de sala magna



Altura del local: 3.150 m, Altura de montaje: 3.150 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:109

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	71	0.33	217	0.005
Pisos (4)	49	59	0.80	220	/
Techo	49	16	1.80	22	0.112
Paredes (4)	85	13	0.02	54	/

Plano útil:

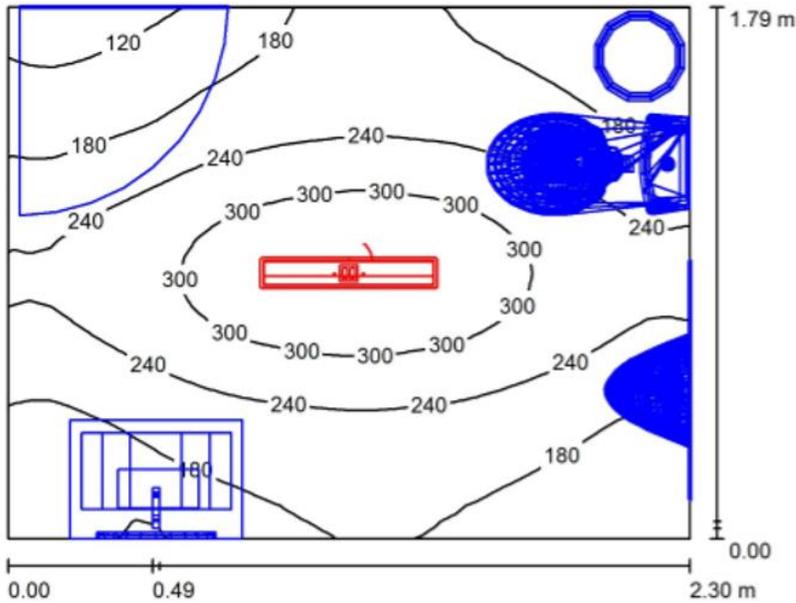
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS RC300B L600 1xLED10S/830 P0 (1.000)	1200	1200	11.5
			Total: 2400	Total: 2400	23.0

Valor de eficiencia energética: $0.93 \text{ W/m}^2 = 1.32 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 24.64 m^2)

Baño de caballeros



Altura del local: 2.930 m, Altura de montaje: 2.855 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:23

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	221	83	348	0.377
Suelo	63	159	13	216	0.085
Techo	70	76	59	92	0.776
Paredes (4)	85	100	11	191	/

Plano útil:

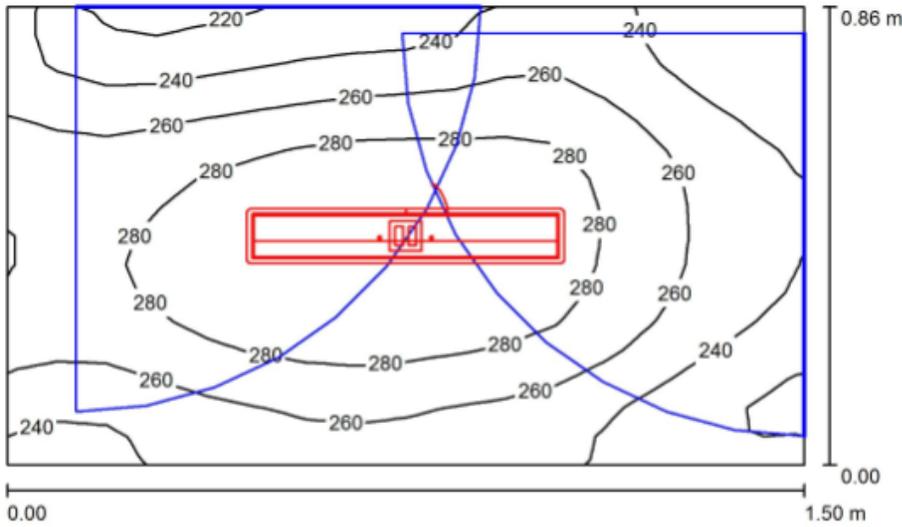
Altura: 0.750 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS RC300B L600 1xLED10S/830 P0 (1.000)	1200	1200	11.5
			Total: 1200	Total: 1200	11.5

Valor de eficiencia energética: $2.79 \text{ W/m}^2 = 1.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.12 m^2)

Pasillo a estacionamiento



Altura del local: 3.160 m, Altura de montaje: 3.060 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:12

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	262	207	302	0.793
Suelo	75	198	164	226	0.828
Techos (11)	85	134	60	488	/
Paredes (4)	85	167	90	395	/

Plano útil:

Altura: 0.750 m
 Trama: 16 x 16 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS RC300B L600 1xLED10S/830 P0 (1.000)	1200	1200	11.5
			Total: 1200	Total: 1200	11.5

Valor de eficiencia energética: $8.92 \text{ W/m}^2 = 3.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 1.29 m^2)

En esta sección se demuestra que el nivel de iluminación que se obtuvo con el método de cavidades zonales va de la mano con el reporte técnico obtenido de Dialux, como lo es el número de lámparas, la cantidad de luxes que se tiene en cada zona, el flujo luminoso requerido, la geometría de cada área etc.

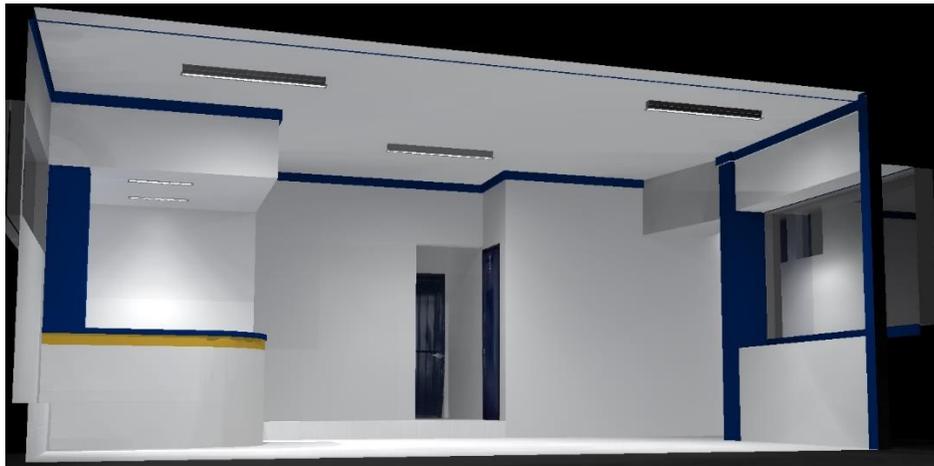
4.1.8 Renderizado de las áreas y la empresa con el sistema propuesto

Después de obtener el nuevo sistema de iluminación, se realizó un renderizado con el sistema propuesto, que será entregado al CIME Chiapas de las áreas que no cumplen con la norma NOM-025-STPS y el manual de Westinghouse.

PLANTA ALTA
Bodega de sala Magna



Estancia de planta alta



Sala magna



Baño de caballero



PLANTA MEDIA

Sala de espera

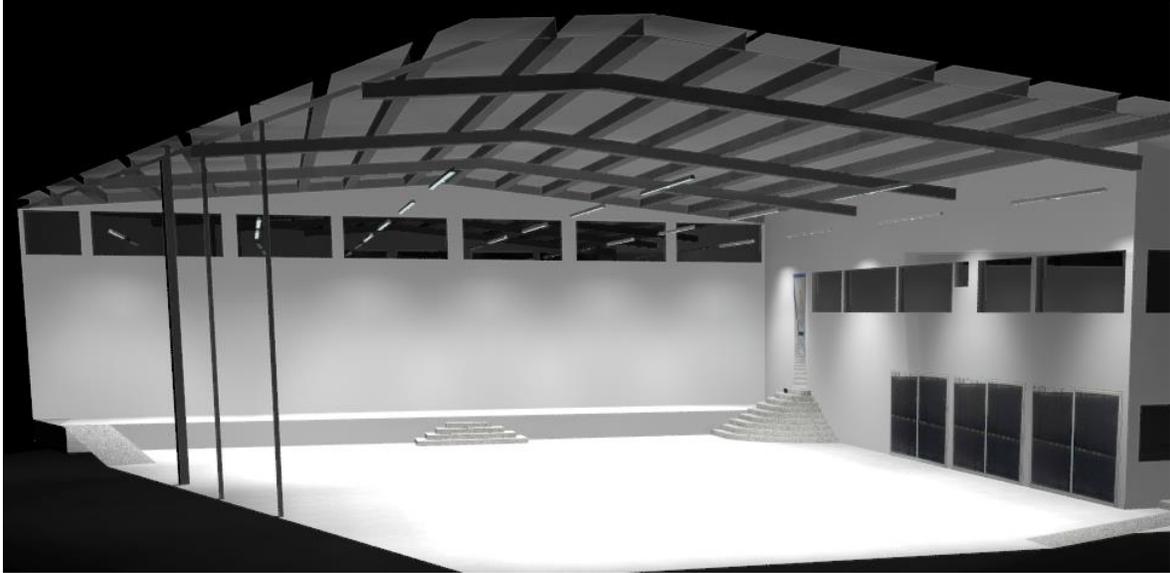


Oficina II

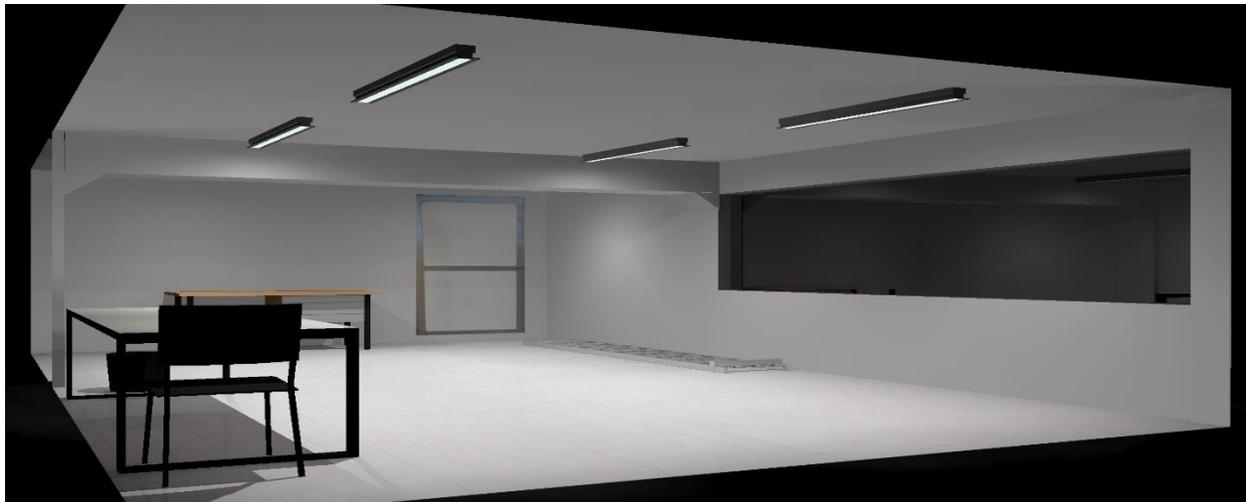


PLANTA BAJA

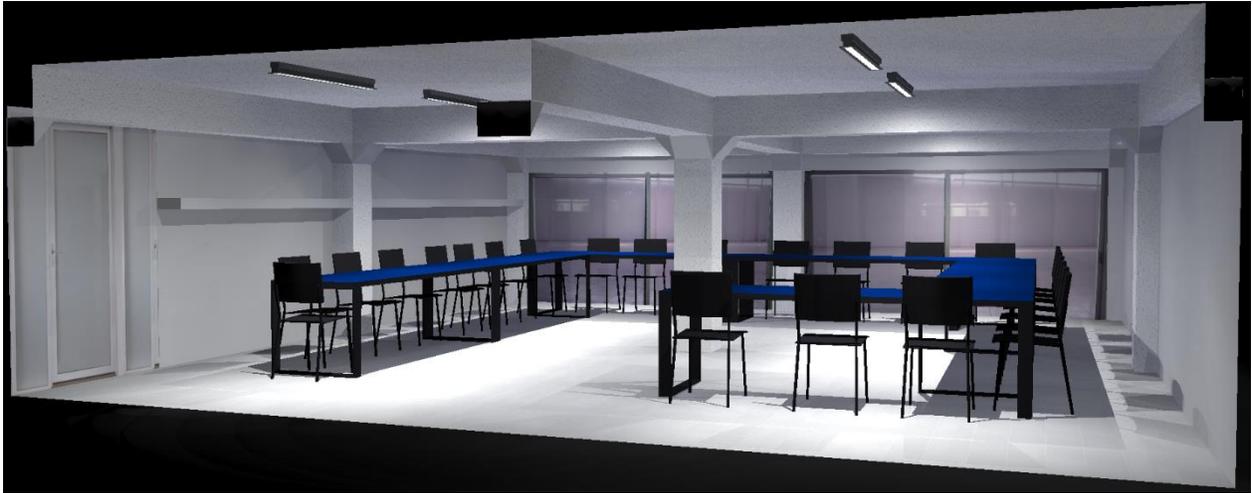
Auditorio



Sala de servicios generales



Sala de entretenimiento



Baño



Bodega de sala de entretenimiento



CAPITULO V

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Cálculo con el método de Cavidades Zonales

Se analizaron los parámetros del local, color de las paredes, techo y piso como se ha mencionado; se calculó el índice de cavidad de cada área, con la finalidad de aplicar el método de las cavidades zonales y obtener un re-diseño del sistema de iluminación actual.

5.1.1.1 Análisis del proyecto

Se hizo un análisis del sistema de iluminación con el método en la norma, calculando primero el índice de área para establecer la división del área del edificio CIME Chiapas, A.C. Con esto se dividieron las áreas de trabajo en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la tabla 3.10 y la fórmula 3.10. Como resultado tenemos la tabla 5.1.

5.1.1.2 Definir parámetros de local

Para los cálculos del programa y los realizados con el método el color, material y textura de cada área debe ser igual al que se coloque en el software para obtener los datos más precisos y poder hacer bien la comparación.

Tabla 0.1 Parámetros del edificio CIME, Chiapas.

Sitio medido	PLANTA BAJA			
	AUDITORIO			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	25.83	22.04	7.9	16
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Gris oscuro	Blanco	Blanco con azul	-
Material	Metal	Loseta	Cemento	-

Sitio medido		SALA DE ENTRETENIMIENTO			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	7.57	8.06	2.6	16	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco	Blanco	Blanco con azul	-	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	-	
Sitio medido		BODEGA			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	2.37	1.42	2.6	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco	Blanco	Blanco con azul	-	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	-	
Sitio medido		BAÑO			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	1.62	1.42	2.6	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco	Blanco	Blanco con azul	-	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	-	
Sitio medido		SALA DE SERVICIONES GENERALES			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	4.19	6.66	2.61	9	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco	Blanco	Blanco con azul	-	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	-	

Sitio medido		ESCALERAS DE ENTRADA A AUDITORIO			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	1.96	5.3	3	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco	Blanco	Blanco con azul	-	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	-	

Sitio medido		PLANTA MEDIA SALA DE CAPACITACIÓN			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	2.82	6.62	2.3	9	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea dorada	Blanco	Blanco y color madera	Blanco	
Material	Teflón	Loseta	Cemento y triplay	Madera comprimida	

Sitio medido		PRESIDENCIA			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	3.9	6.62	2.3	9	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea dorada	Blanco	Blanco y color madera	Color madera clara	
Material	Teflón	Loseta	Cemento y triplay	Madera comprimida	

Sitio medido PASILLO SALA DE JUNTAS-COCINA-RECEPCIÓN				
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	1.39	2.73	2.5	4
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Blanco	Blanco	Blanco y color madera	Verde caqui
Material	Cemento	Loseta	Cemento y triplay	Metálico
Sitio medido SALA DE ESPERA				
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	3.92	8.06	2.50	9
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Blanco con línea dorada	Blanco	Blanco y color madera oscuro	Color madera clara
Material	Teflón	Loseta	Cemento y madera	Madera
Sitio medido COCINA				
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	1.34	3.9	2.5	4
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Color metal
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Cemento y metálico

Sitio medido		SALA DE JUNTAS			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	4.06	6.69	2.5	9	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Madera comprimida	
Sitio medido		OFICINA DE RECEPCIÓN I			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	2.19	2.73	2.5	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea dorada	Blanco	Blanco y color madera	Madera clara	
Material	Cemento	Loseta	Cemento y triplay	Madera comprimida	
Sitio medido		OFICINA DE RECEPCIÓN II			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	3.78	5.12	2.5	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco y color madera	Madera clara	
Material	Cemento	Loseta	Cemento y triplay	Madera comprimida	

Sitio medido		BAÑO DE DAMAS			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	2.82	4.26	2.51	9	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco crema	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta	
Sitio medido		BAÑO DE CABALLEROS			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	2.84	2.82	2.51	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta	
Sitio medido		PASILLO DE SALA DE ESPERA- BAÑOS			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	1.19	6.62	2.2	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco	Blanco	Blanco y madera	Blanco	
Material	Teflón	Loseta	Triplay	Loseta	
Sitio medido		PASILLO DE BAÑOS			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	1.48	8.06	2.48	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta	

Sitio medido		ESCALERA A PLANTA ALTA			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	1.1	4.49	2.42	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta	

Sitio medido		PLANTA ALTA ESTANCIA			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	4.22	7.36	2.93	9	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Azul rey	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta	

Sitio medido		SALA MAGNA			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	15.32	7.22	3.16	9	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Negro	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Madera	

Sitio medido		BAÑO DE DAMAS			
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir	
	1.37	2.3	2.93	4	
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo	
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco	
Material	Cemento	Loseta	Cemento	-	

Sitio medido				
BAÑO DE CABALLEROS				
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	2.30	1.79	2.93	4
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta
Sitio medido				
BODEGA DE SALA MAGNA				
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	2.92	8.44	3.15	4
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Blanco con línea azul	Gris	Blanco	Verde
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Metal
Sitio medido				
PASILLO A ESTACIONAMIENTO				
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	1.50	0.86	2.94	4
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta
Sitio medido				
BODEGA DE LIMPIEZA				
Dimensiones	Ancho	Largo	Alto	Zonas a medir
	1.34	1.6	2.94	4
Colores	Techo	Piso	Pared	Plano de trabajo
	Blanco con línea azul	Blanco	Blanco	Blanco
Material	Cemento	Loseta	Cemento	Loseta

5.1.1.3 Seleccionar iluminancia media

Tabla 0.2 Nivel de Iluminación Promedio del CIME Chiapas.

Zona	Iluminancia media (E_m)* ⁴ según la norma y el manual de Westinghouse* (Lx)
Auditorio	500
Sala de entretenimiento	200
Bodega	50
Baño	100
Sala de servicios generales	200
Escaleras	50
Sala de capacitación	300
Presidencia	300
Recepción	100
Pasillo	50
Sala de espera	100
Cocina	100
Sala de juntas	300
Oficina	300
Sala de Conferencias	500

5.1.1.4 Selección conjunto lámpara – luminaria

Para la selección de la lámpara- luminaria, se toma en cuenta varias factores, el primordial por el cual el proyecto se está realizando en el CIME Chiapas, es que se necesita un ahorro de energía, así pues se tomó cuenta la tecnología LED, debido a que pueden proporcionar el mismo nivel de iluminación que un foco incandescente de 100 watts a lo que una lámpara LED puede consumir 20 watts proporcionando el mismo nivel, ciertamente el costo se eleva, sin embargo la vida útil de esta lámpara es mucho mayor.

Por ello en nuestro proyecto se emplearán las siguientes lámparas con la tecnología seleccionada:

- **PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24_840 LIN-PC**

SmartForm adosada está ahora disponible con tecnología LED en su interior. Diseñado para adaptarse en una amplia gama de tipos de techo, esta familia de modular altamente versátil y luminarias semi - modulares pueden cumplir la mayoría de los proyectos requisitos en la mayoría de aplicaciones. SmartForm LED ofrece una mayor eficiencia luminaria de MLO convencional (micro-lente óptica)

⁴ Estos niveles están determinados por la NOM-025-stps

soluciones, lo que permite un importante ahorro energético. Al mismo tiempo, su elección de la óptica garantiza una gama de inspirar efectos de luz para llevar la oficina ambientes a la vida.

Las características con las que cuenta esta lámpara son:

Flujo luminoso (Lámparas): 2100 lm
Potencia de las luminarias: 21.0 W
Lámpara: 1 x LED24/840/-(Factor de corrección 1.000).

- **PHILIPS RC300B L6600 1xLED10S/830 P0**

Maxos LED empotrado es una luminaria LED empotrable semi – modular. Gracias a su óptica ajustable, la luz puede ser dirigida precisamente a un lugar en específico. Los LEDs individuales están protegidos por antirreflejo la óptica, garantizando así el confort visual y la creación de un innovador la eficiencia del sistema ' línea de luz " de apariencia. La luminaria asombrosa, combinado con su funcionamiento sin necesidad de mantenimiento y ausencia de materiales peligrosos, lo convierten en un producto Maxos verdaderamente verdes, el LED Empotrada se adapta a cualquier diseño de piso de la tienda. Sin perfil adicional techo se requiere: la placa del techo se puede colocar directamente sobre la llanta luminaria plana, reduciendo el tiempo de instalación y uso de material.

Las características con las que cuenta esta lámpara son:

Philips RC300B L6600 1xLED10S/830 P0
Flujo luminoso (Lámparas): 1200 lm
Potencia de las luminarias: 11.5
Lámpara: 1xLED10S/830/-(Factor de corrección de 1.000)

- **PHILIPS LL120X LED160S/840 PSU MB 5 WH**

LL120X - LED Module, system flux 16,000 lm - Unidad de la fuente de alimentación - Haz medio - 5 conductores - Blanco Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. El nuevo carril de la gama de productos CoreLine LED se puede utilizar para sustituir la iluminación general, con mínimo mantenimiento y fácil instalación.

Las características con las que cuenta esta lámpara son:

Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 124.0 W
Lámpara: 1 x LED160S/840/-(Factor de corrección 1.000).

5.1.1.5 Calcular cavidad del local (K)

Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior de la luminaria; el plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel del piso, el espacio desde la luminaria al piso se considera como cavidad de local. En el lenguaje de iluminación la distancia desde el plano de trabajo a la parte inferior de la luminaria es llamada altura de montaje de la luminaria. La cual se obtiene con la fórmula 3.9 y 3.10.

Tabla 0.3. Cálculos de Planta Baja del CIME Chiapas

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	PLANO DE MONTAJE (PM) (m)	PLANO DE TRABAJO (PT) (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (H) (m)	HC (m)	CAVIDAD DEL LOCAL (K)
Auditorio	2	0.75	25.83	22.11	7.9	5.15	2.758681952
Sala de entretenimiento	0.1	0.75	7.6	7.46	2.6	1.75	2.241486408
Bodega	0.1	0.75	2.26	1.48	2.6	1.75	9.885376086
Baño	0.1	0.75	1.4	1.4	2.6	1.75	11.5632064
Sala de servicios generales	0.1	0.75	3.8	6.42	2.61	1.75	3.402119303
Escaleras a planta media	0.1	0.75	5.3	1.96	3	2.15	4.106908198

Tabla 0.4. Cálculos de Planta Media del CIME Chiapas

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	PLANO DE MONTAJE (PM) (m)	PLANO DE TRABAJO (PT) (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (H) (m)	HC (m)	CAVIDAD DEL LOCAL (K)
Sala de capacitación	0.1	0.75	6.62	2.82	2.3	1.45	3.666088149
Presidencia	0.1	0.75	6.62	3.9	2.3	1.45	2.954140522
Pasillo S. Juntas-Cocina-Recepción	0.1	0.73	2.73	1.39	2.5	1.67	9.065802303
Sala de espera	0.1	0.5	3.68	4.26	2.31	1.71	4.330411819
Cocina	0.1	1.11	3.9	1.34	2.5	1.29	6.46727899
Sala de juntas	0.1	0.74	6.69	4.06	2.5	1.66	3.284992673
Oficina de recepción I	0.1	0.74	2.73	2.19	2.5	1.66	6.830247378
Oficina de recepción II	0.1	0.74	5.12	3.78	2.5	1.66	3.816860946
Baño de damas	0.1	0.9	4.26	2.82	2.51	1.51	4.449605434
Baño de caballeros	0.1	0.92	2.82	2.84	2.51	1.49	5.265083408

Pasillo de sala de espera- baños	0.1	0.75	6.62	1.19	2.2	1.35	6.69190637
Pasillo de baños	0.1	0.75	8.06	1.48	2.48	1.63	6.51792301
Escaleras a planta alta	0.1	0.75	4.49	1.1	2.42	1.57	8.884693258

Tabla 0.5. Cálculos de Planta Alta del CIME Chiapas

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	PLANO DE MONTAJE (PM) (m)	PLANO DE TRABAJO (PT) (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (H) (m)	HC (m)	CAVIDAD DEL LOCAL (K)
Pasillo de entrada	0	0.75	7.36	4.22	2.93	2.08	3.877498455
Sala magna	0	0.75	12.32	7.22	3.16	2.31	2.537222992
Baño de damas	0	0.75	2.3	1.37	2.93	2.08	12.11298001
Baño de caballeros	0	0.75	2.3	1.79	2.93	2.08	10.331795
Bodega de sala magna	0	0.75	8.46	2.92	3.15	2.3	5.297694226
Pasillo a estacionamiento	0	0.75	1.86	0.58	2.94	2.09	23.63552095
Cocina	0	0.75	2	1.26	2.5	1.65	10.67261905
Bodega de limpieza	0	0.75	1.6	1.24	2.94	2.09	14.32975746

5.1.1.6 Calcular Coeficiente de Utilización (CU)

Para el coeficiente de utilización relacionamos el flujo luminoso que está cayendo en el plano de trabajo que en estos casos son mesas o escritorios de oficina y el flujo luminoso que está siendo suministrado por la lámpara.

Tabla 0.6. Coeficiente de utilización del CIME CHIAPAS.

ZONAS	TECHO *	PAREDES * (máx. 60)	PLANO DE TRABAJO * (máx. 50)	K	CU
PLANTA BAJA					
Auditorio	0.6	0.6	0.1	2.758681952	1.00
Sala de entretenimiento	0.75	0.6	0.2	2.241486408	1.02
Bodega	0.75	0.6	0.1	9.885376086	1.08
Baño	0.75	0.6	0.5	11.5632064	1.08
Sala de servicios generales	0.75	0.6	0.2	3.402119303	0.98
Entrada a auditorio	0.75	0.6	0.1	4.106908198	0.93
PLANTA MEDIA					

Sala de capacitación	0.75	0.6	0.5	3.666088149	1.03
Presidencia	0.75	0.5	0.5	2.954140522	1.00
Pasillo de oficina-sala de juntas-cocina	0.75	0.5	0.45	4.412900458	1.05
Sala de espera	0.75		0.45	9.065802303	1.08
Cocina	0.75	0.6	0.5	4.330411819	1.05
Sala de juntas	0.75	0.6	0.5	6.46727899	1.08
Oficina de recepción I	0.75	0.6	0.5	3.284992673	1.00
Oficina de recepción II	0.75	0.6	0.5	6.830247378	1.08
Baño de damas	0.75	0.6	0.4	3.816860946	1.03
Baño de caballeros	0.75	0.6	0.5	4.449605434	1.05
Pasillo de sala de espera- baños	0.75	0.6	0.5	5.265083408	1.08
Pasillo de baños	0.75	0.6	0.5	6.69190637	1.08
Escaleras a planta alta	0.75	0.6	0.5	6.51792301	1.08
PLANTA ALTA					
Estancia	0.75	0.6	0.2	3.877498455	1.03
Sala magna	0.75	0.6	0.1	2.537222992	0.97
Baño de damas	0.75	0.6	0.1	12.11298001	1.08
Baño de caballeros	0.75	0.6	0.1	10.331795	1.08
Bodega de sala magna	0.75	0.6	0.2	5.297694226	1.08
Pasillo a estacionamiento	0.75	0.6	0.5	23.63552095	1.08
Bodega de limpieza	0.75	0.6	0.5	14.32975746	1.08
* Obteniendo reflectancia de la tabla 3.7					
NOTA: Cabe mencionar que para los datos de k que sobrepasan el 5 se toma el número más alto que está dado en la tabla 3.7 para el CU, según las Reflectancias.					

5.1.1.7 Calcular Factor de mantenimiento (FM)

El factor de mantenimiento que tomamos en cuenta fue según las condiciones ambientales del reflector parte superior cerrada y la frecuencia de limpieza que es normal por año. Por lo tanto nuestro valor para todas las áreas del CIME, Chiapas tienen un factor de mantenimiento de 0.80, basándonos en la Tabla 0.12 Valores de factor de mantenimiento (CIE 97-2005).

5.1.1.8 Flujo luminoso total requerido (ϕ_{tot})

Tabla 0.7. Tabla de Flujo luminoso total requerido del CIME Chiapas

ÁREA DEL CIME CHIAPAS	MAÑANA (Lx)	ÁREA (m ²)	CU*FM	ϕ_{tot} (Lm)
-----------------------	----------------	---------------------------	-------	----------------------

PLANTA BAJA				
Auditorio	500	447.48	0.8	300712.5
Sala de entretenimiento	200	61.01	0.816	14953.43137
Bodega	50	3.337	0.864	193.1134259
Baño	50	2.3004	0.864	133.125
Sala de servicios generales	300	27.91	0.784	10679.84694
Entrada a auditorio	50	33.6354	0.864	2260.443548
PLANTA MEDIA				
Sala de capacitación	300	18.6684	0.824	6796.747573
Presidencia	300	25.818	0.8	9681.75
Pasillo de oficina-sala de juntas-cocina	50	3.7947	0.824	225.875
Sala de espera	100	30.24	0.864	3500
Cocina	100	4.65	0.824	553.5714286
Sala de juntas	300	5.9787	0.8	2242.0125
Oficina de recepción I	300	20.18	0.864	7006.944444
Oficina de recepción II	300	12.0132	0.824	1457.912621
Baño de damas	100	8.0088	0.824	953.4285714
Baño de caballeros	100	7.8778	0.864	455.8912037
Pasillo de sala de espera-baños	50	11.9288	0.864	690.3240741
Pasillo de baños y escaleras a planta baja	50	4.939	0.864	285.8217593
Escaleras a planta alta	50	18.6684	0.824	6796.747573
PLANTA ALTA				
Pasillo de entrada (Estancia)	100	40.52	0.784	4917.475728
Sala magna	500	110.61	0.712	71269.3299
Baño de damas	100	3.151	0.864	364.6990741
Baño de caballeros	100	4.12	0.864	476.8518519
Bodega de sala magna	50	24.64	0.864	1425.925926
Pasillo a estacionamiento	50	1.29	0.864	74.65277778
Bodega de limpieza	50	2.144	0.864	124.0740741

5.1.1.9 Calcular número de luminarias requeridas (N)

Tabla 0.8. Número de luminarias requeridas en el CIME Chiapas

ÁREA DEL CIME CHIAPAS	ϕ_l (Lm)	ϕ_{tot} (Lm)	N

PLANTA BAJA			
Auditorio	16000	300712.5	18.7945313
Sala de entretenimiento	2100	14953.43137	7.12068161
Bodega sala de entretenimiento	1200	171.656379	0.14304698
Baño	1200	118.333333	0.09861111
Sala de servicios generales	2100	10679.84694	5.0856414
Entrada a auditorio	1200	1730.21605	1.44184671
PLANTA MEDIA			
Sala de espera	2100	1612.83951	0.76801881
Cocina	2100	366.975309	0.17475015
Oficina de recepción I	2100	1953.82353	0.93039216
Oficina de recepción II	2100	5972.22222	2.84391534
Escaleras a planta alta	1200	254.063786	0.21171982
PLANTA ALTA			
Pasillo de entrada (Estancia)	2100	3255.68134	1.55032445
Sala magna	2100	71269.3299	33.9377761
Baño de caballeros	1200	423.868313	0.35322359
Bodega de sala magna	1200	1267.48971	1.05624143
Pasillo a estacionamiento	1200	62.43055556	62.43055556

En la Tabla 0.8. Número de luminarias requeridas en el CIME Chiapas representa el número de lámparas que se requieren en cada zona que no cumple con la norma o el manual de Westinghouse para tener una iluminación adecuada y cumpla. Estos datos son en base al método de cálculo de cavidades zonales, donde se hará una comparación con el software Dialux para cotejar los resultados obtenidos, en algunas zonas varían el número de lámparas conforme a Dialux debido a que es una simulación y a veces afecta a que el color de las paredes, techo, plano de trabajo no sea el mismo al del programa o algunos objetos interfieran en la altura del plano de trabajo y haga que varíe. Sin embargo la mayoría cumple correctamente.

5.1.1.10 Calcular flujo luminoso real (ϕ real) e iluminancia promedio real (E_{prom})

Tabla 0.9. Flujo luminoso real e iluminancia promedio real del CIME Chiapas.

ÁREA DEL CIME CHIAPAS	ϕ l (Lm)	N	ϕ Real (Lm)	E_{prom} Real (Lx)
PLANTA BAJA				
Auditorio	16000	19	304000	543.4879771

Sala de entretenimiento	2100	8	16800	224.6975906
Bodega sala de entretenimiento	1200	1	1200	310.6982319
Baño	1200	1	1200	450.7042254
Sala de servicios generales	2100	6	12600	353.9376568
PLANTA MEDIA				
Sala de espera	2100	2	4200	120
Cocina	2100	2	2100	379.3548387
Oficina de recepción II	2100	4	8400	359.6432111
PLANTA ALTA				
Pasillo de entrada (Estancia)	2100	3	6300	144.1288253
Sala magna	2100	35	73500	515.6495796
Baño de caballeros	1200	1	1200	251.6504854
Bodega de sala magna	1200	2	2400	84.15584416
Pasillo a estacionamiento	1200	1	1200	200

5.1.1.11 Calcular valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

Tabla 0.10. Eficiencia energética de la instalación Rediseñada del CIME Chiapas

ÁREA DEL CIME CHIAPAS	Norma (Lx)	ÁREA(m)	VEEI
PLANTA BAJA			
Auditorio	500	481.14	0.00872927
Sala de entretenimiento	200	61.01	0.17210293
Bodega	50	3.337	50.3446209
Baño	50	2.3004	36.5153886
Sala de servicios generales	200	27.91	1.50483698
PLANTA MEDIA			
Cocina	100	15.6768	1.33955909
Oficina de recepción II	300	19.35	1.08527132
Escaleras a planta alta	50	4.939	8.5037457
PLANTA ALTA			
Estancia	50	31.0592	2.70451267
Sala magna	500	110.61	1.13913751
Baño de caballeros	100	4.12	5.09708738
Bodega de sala magna	50	24.64	1.70454545
Pasillo a estacionamiento	50	1.0788	0.01853912

5.1.1.12 Comparación de Consumo

Tabla 0.11. Consumo actual de energía por cada lámpara en Planta baja.

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	TL8 32W	Ad. metálico 400w	LED 5w	LED 15W	TOTAL DE WATTS	kWh/día	Consumo bimensual kWh	Consumo anual kWh
PLANTA BAJA								
Auditorio		8	9	4	3287	26.296	1577.76	9466.56
Sala de entretenimiento	8				3287	26.296	1577.76	9466.56
Bodega	-	-	-	-	-	-	-	-
Baño	-	-	-	-	-	-	-	-
Sala de servicios generales	2				64	0.512	30.72	184.32
Entrada a auditorio	2				64	0.512	30.72	184.32

Tabla 0.12. Consumo actual de energía por cada lámpara en Planta media.

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	TL8 32 W	LED 5W	LED 9W	F. C.A. 26W	TL5 14 W	F. C.A. 14W	TO TAL W	kWh /día	Consumo bimensual kWh	Consumo anual kWh
PLANTA MEDIA										
Sala de capacitación		14			12		238	1.90 4	114.24	685.44
Presidencia		16			18		332	2.65 6	159.36	956.16
Pasillo de oficina-sala de juntas-cocina	2						64	0.51 2	30.72	184.32
Sala de espera			9		9		207	1.65 6	99.36	596.16
Cocina				1			26	0.20 8	12.48	74.88
Sala de juntas					18		252	2.01 6	120.96	725.76
Oficina de recepción I	2						64	0.51 2	30.72	184.32

Oficina de recepción II	4						128	1.02 4	61.44	368.64
Baño de damas	4						128	1.02 4	61.44	368.64
Baño de caballeros	2						64	0.51 2	30.72	184.32
Pasillo de sala de espera- baños			6				54	0.43 2	25.92	155.52
Pasillo de baños y escaleras a planta baja	4						128	1.02 4	61.44	368.64
Escaleras a planta alta						3	42	0.33 6	20.16	120.96

Tabla 0.13. Consumo actual de energía por cada lámpara en Planta alta.

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	F. 45 w	F. C.A. 15W	T836 68 35W	F. C.A. 14W	F. C.A. 23W	TOTAL DE WATTS	$\frac{kWh}{dia}$	Consumo bimensual kWh	Consumo anual kWh
PLANTA ALTA									
Pasillo de entrada (Estancia)					6	138	1.104	66.24	397.44
Sala magna			4			140	1.12	67.2	403.2
Baño de damas				1	1	37	0.296	17.76	106.56
Baño de caballeros				1	1	37	0.296	17.76	106.56
Bodega de sala magna		1				15	0.12	7.2	43.2
Pasillo a estacionamiento		-	-	-	-	-	-	-	-
Bodega de limpieza	1					45	0.36	21.6	129.6

Consumo con rediseño propuesto.

Tabla 0.14 Planta baja, Consumo

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	LL120X	Philips BBS411 W9L 21W	Philips RC300B 11.5W	TOTAL DE WATTS	kWh/día	Consumo bimensual kWh	Consumo anual kWh
Auditorio	19			2356	3.534	212.04	1272.24
Sala de entretenimiento		12		252	2.016	120.96	725.76
Bodega			1	11.5	0.092	5.52	33.12
Baño			1	11.5	0.092	5.52	33.12
Sala de servicios generales		6		126	1.008	60.48	362.88
Entrada a auditorio			1	11.5	0.092	5.52	33.12
Total				2768.5	3.3	410.04	2460.24

Tabla 0.15 Planta media, Consumo

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	LL120 X	Philips BBS411 W9L 21W	Philips RC300 B 11.5W	TOTAL DE WATTS	kWh/día	Consumo bimensual kWh	Consumo anual kWh
Sala de espera		2		42	0.336	20.16	120.96
Cocina			2	23	0.096	5.76	34.56
Oficina de recepción I			2	23	0.096	5.76	34.56
Oficina de recepción II		4		84	0.672	40.32	241.92
Escaleras a planta alta			2	23	0.096	5.76	34.56
Total		6	8	195	1.296	77.76	466.56

Tabla 0.16 Planta alta, Consumo

ZONAS DEL CIME CHIAPAS	LL120X	Philips BBS411 W9L 21W	Philips RC300B 11.5W	TOTAL DE WATTS	kWh/día	Consumo bimensual kWh	Consumo anual kWh
Sala magna		20		420	3.36	201.6	1209.6
Baño de caballeros			1	11.5	0.092	5.52	33.12
Bodega de sala magna			2	23	0.096	5.76	34.56
Pasillo a estacionamiento			1	11.5	0.092	5.52	33.12
Estancia		3	2	86	0.688	41.28	247.68
Total		23	6	552	4.328	259.68	1558.08

5.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2.1 Conclusiones

El presente proyecto se enfocó en la iluminación artificial del edificio de Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Chiapas A.C., esto debido a que el ser humano emplea mayormente el sentido de la vista para sus tareas cotidianas, además de darnos seguridad al momento de realizar las diferentes actividades designadas en cada área.

La higiene en el trabajo implica el estudio y control de las condiciones de trabajo, variables situacionales que influyen de manera poderosa en el comportamiento humano, de la misma forma el trabajo de las personas está profundamente influido por tres grupos de condiciones: Condiciones ambientales de trabajo, condiciones de tiempo y condiciones sociales. La higiene en el trabajo se ocupa del primer grupo: condiciones ambientales de trabajo, aunque no descuida en su totalidad los otros dos grupos. Las condiciones ambientales de trabajo son las circunstancias físicas en las que el empleado se encuentra cuando ocupa un cargo en la organización. Siendo el ambiente físico que rodea al empleado mientras desempeña un cargo. Los tres elementos más importantes de las condiciones ambientales de trabajo son: iluminación, ruido y condiciones atmosféricas. En particular en este proyecto se abordó el parámetro de la iluminación.

La iluminación es la cantidad de luminosidad que se presenta en el sitio de trabajo del empleado. No se trata de la iluminación general, sino de la cantidad de luz en el punto focal del trabajo. De este modo, los estándares de iluminación se establecen de acuerdo con el tipo de tarea visual que el empleado debe ejecutar: cuanto mayor sea la concentración visual del empleado en detalles y minucias, más necesaria será la luminosidad en el punto focal de trabajo. La iluminación deficiente ocasiona fatiga a los ojos,

perjudica el sistema nervioso, ayuda a la deficiente calidad del trabajo y es responsable de una buena parte de los accidentes de trabajo, por lo que deben cumplir determinados requisitos para su operatividad.

Debido a lo anterior se consideró importante trabajar en la iluminación del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Chiapas A.C., ya que siendo una institución con autoridad suficiente para verificar los estándares legales establecidos, es importante que sea el primero en cumplir con dichos estándares en sus instalaciones.

Para lograrlo se tomaron en cuenta la posición, altura y la cantidad de las lámparas para cada área de trabajo; se analizó cada zona con un luxómetro en dos horarios del día con la finalidad de obtener los niveles de iluminación actuales. Además se realizó una simulación en el Software Dialux versión 4.12 que permitió observar de manera más acertada el resultado del rediseño del sistema de iluminación.

En el análisis experimental mostró que 14 zonas de las áreas del Colegio de ingenieros no cumplen con la norma oficial debido a que el tipo de lámparas empleadas no son las adecuadas y no toman en cuenta el trabajo que se realizará en cada área, también la mala ubicación de las luminarias es un factor que repercute en el nivel de iluminación y hace que el sistema no sea apto para realizar la tarea lo que conlleva a un consumo elevado y a una deficiente operatividad. Con el análisis realizado se procedió a rediseñar con el método de las cavidades zonales y después comprobar con el Software DIALux. Así se cumplió con el nivel requerido de iluminación en cada zona que no cumplía con la norma. El capítulo resultados presenta el rediseño de todas las áreas así como un renderizado final de cómo se verá el área en caso de que se implemente el sistema.

Por ejemplo el área de usos múltiples (Auditorio) cuenta con una iluminación demasiado baja, tanto en el día que cuenta con un nivel de iluminación de 234.125 luxes como en la noche que cuenta con un valor de 141.8 luxes, su sistema cuenta con 8 lámparas de 400 watts cada una, haciendo un consumo total de 3200 watts, como resultado se tiene que el sistema no cumple. Se realizó la comparación con la norma NOM 025-STPS, en la cual se requiere de 500 lx para el área de usos múltiples, las lámparas que se plantearon y el cálculo de Dialux nos arrojó que se requieren 19 lámparas de 124 watts cada una. A pesar de incrementar el número de lámparas el consumo disminuyó a 2356 watts, además de cumplir con la norma con un valor de 651 luxes, sobrepasando el nivel estándar.

Se concluye que se lograron los objetivos propuestos, el rediseño realizado con tecnología led demuestra una gran mejora en el sistema de iluminación del CIME Chiapas, la importancia de realizar estos estudios de iluminación impacta en el confort visual, el cual causa daño a la salud de la persona expuesta a una mala iluminación. Por lo tanto es de vital importancia para evitar perjuicios y beneficiar con el ahorro de energía.

5.2.2 Recomendaciones

Se sugiere la implementación de las luminarias establecidas en el presente proyecto para la mejora de la operatividad del CIME Chiapas A.C. Ya que dicha implementación mejorará el desempeño del personal así mismo se traducirá en un ahorro considerable de energía eléctrica debido a la utilización de la tecnología

LED. Además se cumplirá con los estándares establecidos en las normas de seguridad e higiene en el trabajo.

En diversas zonas del CIME Chiapas A.C. Se encuentra sin instalación de iluminación por lo que se sugiere que a pesar de su poco uso, se le instale las luminarias necesarias para cumplir con la norma y cuando se requiera su utilización estén operables estas áreas.

Para un futuro no muy lejano el CIME Chiapas A. C. sería un buen proyecto la instalación de un sistema de control de iluminación y de control de aire acondicionado.

REFERENCIAS

(s.f.).

Aznar Casanova, J. A. (2015). *PSICOLOGÍA DE LA PERCEPCIÓN VISUAL*. Obtenido de <http://www.ub.edu/pa1/node/98>

Berson, D. M. (2002). *Melanopsin and phototransduction by retinal ganglion cells*. Orlando: Fifth International LRO lighting reserarch symposium.

Carlos Laszlo Lighting Design & Asoc. (2015). *Manual de Luminotecnia para interiores*. Obtenido de http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF

Colombo, E., O' Donell, B., & Kirschbaum, C. (2015). *Eduotecne*. Obtenido de Iluminación: <http://www.eduotecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap03.pdf>

Comunidad Europea. (2006). *Manual de ILUMINACIÓN*. Europa: Icaro.

construnario. (2015). *construnario construyendo en la nube*. Obtenido de http://www.construnario.com/notiweb/25210/la-nueva-gama-de-lamparas-led-de-havells-sylvania-ahorran-hasta-un-90-de-energia#.Vie_u34rLIU

CONUEE. (2010). *Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía*. Obtenido de <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7364/1/hogar.pdf>

Diseño con luz. (03 de 2009). *Diseño con luz introducción al diseño con luz*. Obtenido de <https://diseñoconluz.wordpress.com/category/lamparas/>

ecse. (2015). *Light Emitting Diodes dot org*. Obtenido de <http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/chap16/F16-07%20V%28lambda%29%20photopic.jpg>

El portal del sol. (2003). *SUN IS YOU*. Obtenido de <https://sunisyou.wordpress.com/chi-siamo/>

Enel S. A. (2014). *ENDESA EDUCA*. Obtenido de ENDESA EDUCA: 1. http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion

Energías Alternativas. (2015). *Energías Alternativas*. Obtenido de http://energiasrh.blogspot.mx/2015_01_01_archive.html

energible. (12 de 2014). *Bombillas Led Aplicaciones Energible*. Obtenido de http://energible.com/blog/wp-content/uploads/2014/12/Bombillas_Led_-_Aplicaciones_Energible.jpg

gusgsm. (2001). *Imagen Digital*. Obtenido de http://www.gusgsm.com/aberracion_cromatica

- Hernández, J. (2015). "TU VERAS" WEB DE TECNOLOGIA ELECTRICA . Obtenido de <http://www.tuveras.com/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>
- Hewitt, P. (2007). *Física Conceptual*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- HIDROENVIRONMENT. (2015). *HIDROENVIRONMENT*. Obtenido de http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=221
- HIGH LUMEN S.A. (2004). *HIGH LUMEN*. Obtenido de HIGH LUMEN: <http://www.highlumen.com/la-iluminacion-como-causa-de-accidentes-de-trabajo/>
- Hinojosa, L., & Olgúin, J. (2010). *Conceptos Básicos*. En *ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS: Sistemas de Iluminación*. Chile: FUNDACION CHILE.
- IKSA . (s.f.). *IKSA SERVICIOS DE INGENIERIA ELECTRICA* . Obtenido de <http://iksae.weebly.com/contacto.html>
- Indalux Iluminación Técnica, S.L. (2002). *Fuentes de luz y equipos auxiliares*. Obtenido de <http://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga.php>
- Lana, I. S. (30 de 3 de 2015). *Mundo Visión Artificial*. Obtenido de <http://mundovisionartificial.blogspot.mx/>
- Lang, C. E. (2010). *CONUEE*. Obtenido de COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA: <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7364/1/hogar.pdf>
- Lazzo, C. (2015). *manual de luminotecnica*. Obtenido de <http://www.laszlo.com.ar/manual515355.htm>
- Llano, E. (27 de Agosto de 2011). *Ahorraluz LEDS*. Obtenido de <http://www.bombillos.org/index.php/led/conceptos-de-iluminacion>
- López, J. E. (10 de enero de 2014). *Foro de Minerales*. Obtenido de <http://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?t=9955>
- lucescei. (2015). *lucescei*. Obtenido de <http://www.lucescei.com/uploads/pics/figura1.png>
- Luminotecnia, A. A. (2001). *ILUMINACIÓN*. Argentina: Asociación Argentina de Luminotecnia.
- Mancera Fernández, M. J. (2015). *MANCERA*. Obtenido de MANCERA : <http://manceras.com.co/artiluminacion.pdf>
- Miller , N., & Mc Gowan, T. (2000). *Lighting quality and how it is being applied to lighting design- a progress report*. CIBSE National Conference .
- Noguera, M. M. (04 de 12 de 2014). *energible energia y sostenibilidad*. Obtenido de <http://energible.com/que-bombillas-led-emplerar/>
- Oriol Sala , B. (2011). *Ilumitet, revista de iluminacion ONLINE*. Obtenido de Ilumitet, revista de iluminacion ONLINE: <http://iluminet.com/9-ventajas-de-tec-led/>
- OSRAM. (1979). *Aspectos físicos de la luz. en Manual de Luminotecnia*. Bilbao, España: Dossat.

- Palacio, M. (2010). *DISEÑOS DE LAMPARAS ARTISTICAS CON LEDs*. Obtenido de <https://www.blogger.com/profile/01287056262173025526>
- Programa Inteligente de energía de la Unión Europea. (2015). *PREMIUM LIGHT*. Obtenido de <http://www.premiumlight.eu/index.php?page=lighting-basics-12>
- regeneractiv. (02 de julio de 2013). *regeneractiv*. Obtenido de <https://regeneractiv.files.wordpress.com/2013/07/comparativa-focos.png>.
- Rodríguez Peña, D. (13 de octubre de 2012). *Física para 5º Artístico Liceo 63*. Obtenido de <http://fisicaartistico.blogspot.mx/>
- Schröder Group. (1996). *Schröder*. Obtenido de Schröder : 1. <http://www.schreder.com/cls-es/Centro-Formacion/Esenal-Alumbrado/Pages/Luminous-intensity.aspx>
- Tippen, P. (2011). *Física, Conceptos y Aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.
- TWILIGHT S.A. DE C.V. (2000). *TWILIGHT*. Obtenido de <http://www.twilight.mx/Medidores-de-Luz-Luxometros/Luxometro-de-20000-Lux-LT-YK10LX.html>
- Valenzuela, D. (2015). *FISIC*. Obtenido de <http://www.fisic.ch/cursos/primero-medio/origen-de-la-luz/>
- Van Bommel, W., & Van Den Beld, G. (2004). *PHILIPS*. Obtenido de 5. http://www.lighting.philips.es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Iluminaci%C3%B3n%20en%20el%20trabajo%20Efectos%20visuales%20y%20biol%C3%B3gicos.pdf
- vpingenieros. (2015). *CONSULTORIA, INGENIERIA, PROYECTOS, INSTALACIONES*. Obtenido de <http://www.vpingenieros.es/irc.html>
- Wilson, J., Anthony, B., & Bo, L. (2007). *Física*. México: Mc Graw Hill.

ANEXOS

Planta alta



Sala magna





Lista de luminarias

PHILIPS LL120X 1xLED160S/840 MB

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 16000 lm

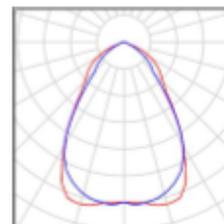
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm

Potencia de las luminarias: 124.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 75 96 100 100 100

Lámpara: 1 x LED160S/840/- (Factor de corrección 1.000).



PHILIPS BBS411 W9L120 1xLED24/840 LIN-PC

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 2100 lm

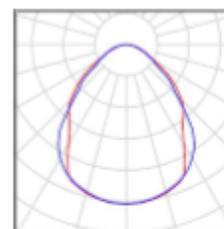
Flujo luminoso (Lámparas): 2100 lm

Potencia de las luminarias: 21.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 63 90 98 100 100

Lámpara: 1 x LED24/840/- (Factor de corrección 1.000).



PHILIPS RC300B L600 1xLED10S/830 P0

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 1200 lm

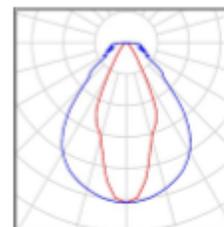
Flujo luminoso (Lámparas): 1200 lm

Potencia de las luminarias: 11.5 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 79 93 98 100 100

Lámpara: 1 x LED10S/830/- (Factor de corrección 1.000).



METROLOGIA MESSTECHNIK

REPARACION-FABRICACION

S.A. DE C.V.

VENTA Y CALIBRACION

INFORME DE CALIBRACION



INFORME No.- MM-46448-2015	PAG.- 1	DE.- 3
FECHA DE CAL.- 2015-ABRIL-20	EMISION.- 2015-ABR.-20	

CLIENTE.- GRUPO LARUSU DE CHIAPAS, S.A. DE C.V.
 DIRECCION.- Calz. Samuel León Brindis No. 1095 Col. Caminera, C.P. 29090, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

DATOS DEL EQUIPO SUJETO A CALIBRACION

INSTRUMENTO.- MEDIDOR DE INTENSIDAD LUMINOSA DIGITAL	
MARCA.- LUTRON	MODELO.- YK-10LX
SERIE.- Q815964	CODIGO.- S/No.
EXACTITUD.- $\pm 5\%$	RESOLUCION.- 1 lux
ALCANCE DE MEDICION.- 200 000 luxes	DIV. MIN.- 1 lux
PROCEDIMIENTO.- PIL-298-L / PE-16-5 / PE-16-8	MAGNITUD.- Intensidad luminosa

DATOS DEL EQUIPO PATRON DE REFERENCIA

INSTRUMENTO.- MULTIMETRO DE ALTA EXACTITUD DIGITAL DE 8 1/2 DIGITOS.	
MARCA.- AGILENT	
MODELO.- 3458A	
SERIE.- MY45047399	
CODIGO.- MM-2000-E01	
EXACTITUD.- ± 2 ppm	RESOLUCION.- 10 nV / 1 μ V
ALC. MAX.- 1 020 V AC/DC	
TRAZABLE A.- CENAM Lab. Primario (Vigencia de 3 años Informe No. MM-3491-2014)	
VIGENCIA DEL PATRON.- 2017-NOVIEMBRE	

Carlos Velázquez Moreno
 Ingeniero Industrial en Electricidad
 C. V. VEAK-741028-PP?
 Fracc. Monte Azul C.P. 29122
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACION

TEMPERATURA.- 22,7 °C \pm 0,5 °C HUMEDAD REL.- 46 % \pm 2 % H.R. PRESION ATM.- 780 hPa \pm 1 hPa

CALIBRACION REALIZADA EN.- Calz. Méx. Tacuba No. 1186 Col. Argentina, México, D.F.
 NORMATIVA (S) APLICADA (S).- NOM-008-SCFI-2002 Y ANSI/NCSL-Z540-1
 FECHA DE RECEPCIÓN DEL EQUIPO.- 2015-ABRIL-10

Orden de Servicio.- 10 192 Folio No. 7748

CALIBRÓ.- Tec. Ricardo Kumul Arzate.

AUTORIZÓ.- Ing. Luis Raúl Galindo Nolasco.

RESULTADO DE LA CALIBRACION.- Ver Hojas 2 a la 3

OBSERVACIONES.-



Laboratorio de Metrología Certificado ISO 9001:2008 No. ECMX-0817/13 RPS-01-09 (Rev. 5)

SE PROHIBE CUALQUIER MODIFICACION, REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE METROLOGIA MESSTECHNIK, S.A. DE C.V.

Calz. México Tacuba No. 1186, Col. Argentina Deleg. Miguel Hidalgo C.P. 11270 México, D.F.
 Tels. 53-99-55-76, 50-49-32-38, 50-49-32-39 Fax: 55-27-51-97

**INFORME DE LECTURAS
MAGNITUD INTENSIDAD LUMINOSA**

SERIE: Q815964

No.- MM-46448-2015

PAG: 2

DE: 3

FECHA.- 2015-ABRIL-20

CLIENTE.- GRUPO LARUSU DE CHIAPAS, S.A. DE C.V.

INSTRUMENTO.- MEDIDOR DE INTENSIDAD LUMINOSA DIGITAL Mca. LUTRON
MOD. YK-10-LX ALCANCE DE MEDICION DE: 20 000 luxes

**MEDICIONES DE INTENSIDAD LUMINOSA APLICADAS A LA MISMA DISTANCIA
DEL SENSOR PATRON AL SENSOR DEL MENSURANDO**

EL VALOR MEDIDO ES LA MEDIA DE CINCO MEDICIONES POR CADA COTA QUE SE EXPRESA

Patron Fc (SI)	NOMINAL Luxes	PATRON Luxes	INTERVALO 2 000 luxes		% ERROR RELATIVO	INCERTIDUMBRE ± Luxes	Valor medido Fc (SI)
			Valor Medido Luxes	CORRECCION Luxes			
18,581	200	200,0	198	2	-0,800	1,126E+00	18,432
37,161	400	400,0	401	-1	0,150	2,066E+00	37,217
55,742	600	600,0	601	-1	0,233	3,044E+00	55,872
74,322	800	800,0	804	-4	0,550	4,033E+00	74,731
92,903	1 000	1 000,0	1 002	-2	0,240	5,027E+00	93,126
111,484	1 200	1 200,0	1 201	-1	0,117	6,022E+00	111,614
130,064	1 400	1 400,0	1 401	-1	0,057	7,013E+00	130,139
148,645	1 600	1 600,0	1 600	0	0,013	8,012E+00	148,663
167,225	1 800	1 800,0	1 799	1	-0,044	9,010E+00	167,151
176,516	1 900	1 900,0	1 899	1	-0,074	9,514E+00	176,386

EL VALOR MEDIDO ES LA MEDIA DE CINCO MEDICIONES POR CADA COTA QUE SE EXPRESA

Patron Fc (SI)	NOMINAL Luxes	PATRON Luxes	INTERVALO 20 000 luxes		% ERROR RELATIVO	INCERTIDUMBRE ± Luxes	Valor medido Fc (SI)
			Valor Medido Luxes	CORRECCION Luxes			
185,806	2 000	2 000,0	2 002	-2	0,090	1,001E+01	185,973
371,612	4 000	4 000,0	4 000	0	0,000	2,000E+01	371,612
557,418	6 000	6 000,0	5 990	10	-0,167	3,000E+01	556,489
743,224	8 000	8 000,0	7 990	10	-0,125	4,000E+01	742,295
929,030	10 000	10 000,0	9 980	20	-0,200	5,000E+01	927,172
1 114,836	12 000	12 000,0	11 970	30	-0,250	6,000E+01	1 112,049
1 300,643	14 000	14 000,0	13 970	30	-0,214	7,000E+01	1 297,855
1 486,449	16 000	16 000,0	15 960	40	-0,250	8,000E+01	1 482,733
1 672,255	18 000	18 000,0	17 950	50	-0,278	9,000E+01	1 667,610
1 765,158	20 000	19 000,0	18 950	50	-0,263	9,500E+01	1 760,513

LOS RESULTADOS EXPRESADOS EN ESTE INFORME DE CALIBRACIÓN SON VALIDOS EN LAS CONDICIONES BAJO LAS CUALES FUERON EFECTUADAS LAS MEDICIONES. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN DE ESTE INFORME, SIN EL PERMISO EXPRESO DEL LABORATORIO DE METROLOGIA MESSTECHNIK, S.A. DE C.V.



7798

METROLOGIA MESSTECHNIK S.A. DE C.V. CALIBRACION Y REPARACION DE INSTRUMENTOS DE MEDICION DE INTENSIDAD LUMINOSA

**INFORME DE LECTURAS
MAGNITUD INTENSIDAD LUMINOSA**

No.- MM-46448-2015

PAG: 3 DE: 3

FECHA.- 2015-ABRIL-20

CLIENTE.- GRUPO LARUSU DE CHIAPAS, S.A. DE C.V.

INSTRUMENTO.- MEDIDOR DE INTENSIDAD LUMINOSA DIGITAL

MARCA.- LUTRON

MODELO.- YK-10-LX

SERIE.- Q815964

CODIGO.- S/No.

Carlos Velazquez Moreno
Ingeniero Industrial en Electricidad
R.F.C. VEMX-701020-PP9
Av. Girasol No. 555,
Fracc. Monte Azul C.P. 29025
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

**CONSIDERANDO UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95,45 %
FACTOR DE COBERTURA K=2**

1.- LA INCERTIDUMBRE SE OBTUVO MULTIPLICANDO LA INCERTIDUMBRE ESTANDAR COMBINADA POR UN FACTOR DE COBERTURA DE DOS (K=2), CORRESPONDIENTE A UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95,45 % APROXIMADAMENTE Y FUE CALCULADA DEACUERDO A LA NORMATIVA NMX-CH-140-IMNC-2002 "GUIA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES".

2.- EL PRESENTE INFORME DE CALIBRACION SOLO AMPARA LAS MEDICIONES REPORTADAS EN EL MOMENTO Y CONDICIONES AMBIENTALES Y DE USO EN QUE SE REALIZO ESTA CALIBRACION DEL EQUIPO EXPRESADO EN LA HOJA No. 1.

3.- METROLOGIA MESSTECHNIK NO AVALA NINGUNA CARACTERISTICA DEL INSTRUMENTO DIFERENTE DE LAS DESCRITAS EN ESTE DOCUMENTO.

4.- ESTE INFORME DE CALIBRACION ES VALIDO UNICAMENTE EN SU FORMA INTEGRA Y ORIGINAL CON SU SELLO Y FIRMAS.

5.- ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE EL REGALIBRAR EL INSTRUMENTO A INTERVALOS APROPIADOS.

6.- LAS MEDICIONES EXPRESADAS RESPETAN LA NORMATIVA DE REFERENCIA NOM-008-SCFI-2002.

7.- LA INCERTIDUMBRE EXPRESADA EN ESTE INFORME DE CALIBRACION NO INCLUYE POSIBLES CAMBIOS CAUSADOS POR DERIVA A LARGO PLAZO EN LA RESPUESTA DEL EQUIPO. DEBEN SER DETERMINADOS INDIVIDUALMENTE POR EL USUARIO, CON BASE EN LOS DATOS HISTORICOS DEL EQUIPO.

NORMATIVA APLICADA AL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION POR REFERENCIA:

ANSI/NCSL-2540-1

LOS RESULTADOS EXPRESADOS EN ESTE INFORME DE CALIBRACION SON VALIDOS EN LAS CONDICIONES BAJO LAS CUALES FUERON EFECTUADAS LAS MEDICIONES. SE PROHIBE LA REPRODUCCION DE ESTE INFORME, SIN EL PERMISO EXPRESO DEL LABORATORIO DE METROLOGIA MESSTECHNIK, S.A. DE C.V.

FIN DEL INFORME.



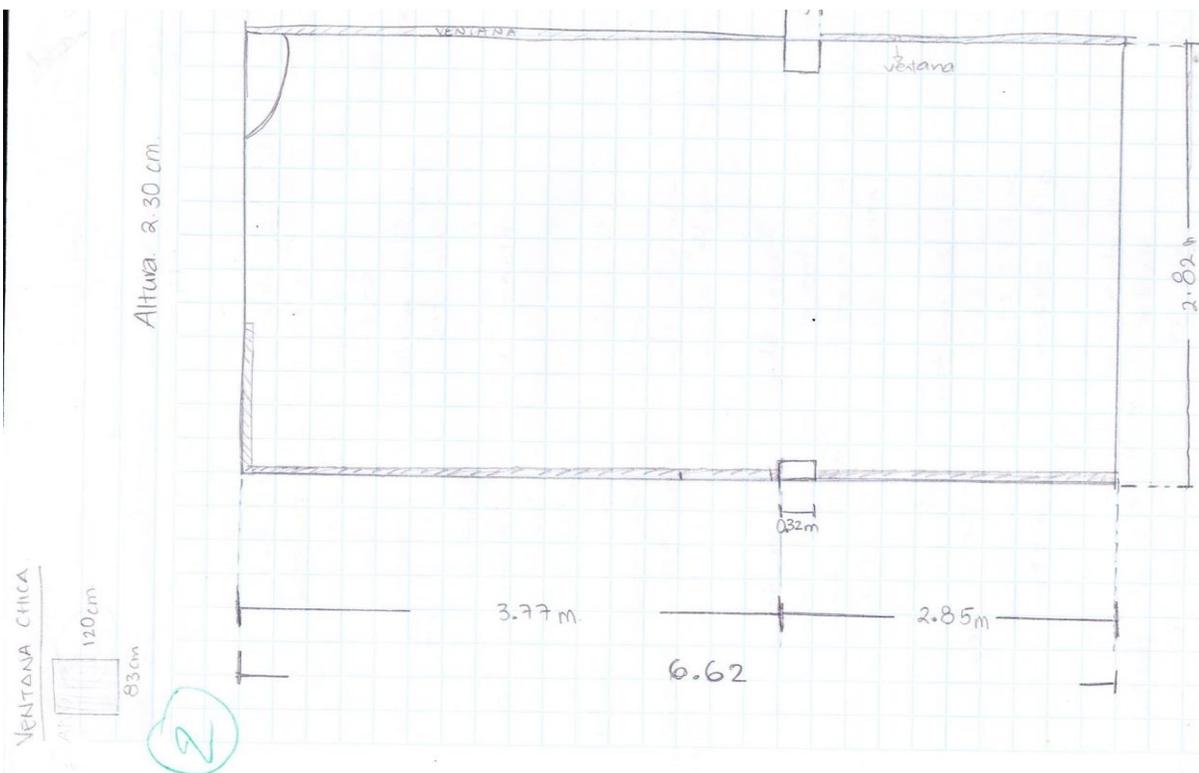
7798

Planta alta.

- Estancia 9 zonas = 58.66 lux.
- Baño de damas = 4 zonas = 182 lux.
- Baño Caballeros: 4 zonas = 147.75 lux.
- Sala magna. 16 zonas = 330.1875 lux.
- Bodega de limpieza: 4 zonas = 342.5 lux.
- Bodega sala magna = 14 lux. (4 zonas).
- Escaleros Planta alta. 4 zonas = 46 lux.

Planta media.

- Sala de espera y recepción. = 9 zonas = 207.11.
- Presidencia. 9 zonas. 392 lux.
- sala de capacitación. 3132 lux.
- Pasillo de recepción abuelos. 4 zonas = 53.
- Cocina - 4 zonas = 103.
- Sala de juntas. 9 zonas = 561.38.
- Pasillo ofna-juntas. 4 zonas = 411.25
- Wc hombres 4 zonas = 145.25.
- Wc Mujeres 9 zonas = 322.33
- Oficina 1 4 zonas. 335.5.
- Oficina 2 4 zonas = 267.5.



Planta baja.

- Escalera y Pasillo de Baños = 22
- Auditorio 16 zonas = 141.875
- Sala entretenimiento 16 zonas = 187.5
- Bodega o instalación
- Sala servicios generales 9 zonas = 97.44 lux
- Entrada Auditorio y Pampa = 63.5 lux
- Auditorio =

0.6 5-1
05/8/2015
1

Sala de Capacitación

Ancho = 2.82 m 14 lamparas led
Largo = 6.62 m 4 luminarias de 14W luminarias TS-6500
Alto = 2.20 m

Objetos

mesa blanca Grande	chica	Mediana
Largo = 2.93 m	1.21 m	1.20 m
alto = 74 cm	75 cm	70 cm
ancho = 1.23 m	60.5 m	75 cm
- Planos	Patas metalicas	base
- Cillas	color gris	color negro
	- Carpetas	- telefono
	- Planos	- Computadora /cpc
		- libreta
		- bolsa
Cajon negro	3 Sillas negras	Cortinas de lates
Largo = 45.7 cm	- ancho = 44 cm	alto = —
alto = 69 cm	- Largo = 47 cm	Largo = 2.41 m - 32 de columna
ancho = 36.2 cm	- alto = 72 cm	ancho = 130 cm. color blanco
Pared de triply	Pizarron blanco	Puerta de madera
alto = —	- alto = —	Largo = —
Largo = 2.71 m - 32 de columna	- Largo = 240 cm	ancho = 84 cm
ancho = 102 m color blanco	- ancho = 120 cm	alto = 2.17 m
Cajon de madera clara	cilla de escritorio	Clima
Largo = 41 cm	Largo = 66 cm	- LG Largo = 10 cm
ancho = 47.7 cm	ancho = 62 cm	ancho = 87 cm
alto = 59 alto	alto = 97 cm	alto = 26 cm
Columnas de la pared blancas		
al fondo	medio	Junto a la puerta
ancho = 26.5 cm	ancho = 32 cm	ancho = 26.6 cm
Largo = 3 cm	Largo = 23 cm	Largo = 20.5 cm

Sala de espera recepción ✓ *cond-guará altitud*

151 lux	201 lux	190 lux
225 lux	251 lux	196 lux
128 lux	168 lux	354 lux

EProm = 207.11 ✓

Sala de espera
Auditorio

sillones

Cap. Presidencia

Presidencia ✓

327	409	344 lux
359 lux	504 lux	365 lux
358 lux	527 lux	337 lux

EProm 392.22 ✓

Puerta recepción

Sala de cap. ✓ *pasillo*

① 382 lux	② 340 lux	③ 209 lux
④ 424 lux	⑤ 350 lux	⑥ 283 lux
⑦ 351 lux	⑧ 320 lux	⑨ 280 lux

EProm 313.22 ✓

Presidencia

puerta

- en que consiste
- técnica
- Para que se utilice la red neuronal

Sala de espera recepción ✓ *cond-garant-n/licit*

151 lux	201 lux	190 lux
225 lux	251 lux	196 lux
128 lux	168 lux	354 lux

silones ✓
E prom = 207.11

Salida

Cap. Presidencia

Presidencia ✓

327	409	344 lux
359 lux	504 lux	365 lux
358 lux	527 lux	337 lux

✓
E prom 392.22

Auditorio

Punto recepción

Sala de cap. ✓ *pasillo*

① 382 lux	② 340 lux	③ 209 lux
④ 424 lux	⑤ 350 lux	⑥ 283 lux
⑦ 351 lux	⑧ 320 lux	⑨ 220 lux

✓
E prom 313.22

Presidencia

puerta

- en que consiste
- tecnica
- Para que se utiliza la red neuronal

Sala entretenimiento ✓

Ventana

Bodega

① 211	② 204	③ 235	④ 159
⑤ 213	⑥ 183	⑦ 205	⑧ 160
⑨ 196	⑩ 195	⑪ 185	⑫ 162
⑬ 175	⑭ 180	⑮ 151	⑯ 186

	ventana

Sala serv. grat.

$E_{prom} = 187.5$ ✓
puerta

puerta

Auditorio

Serv. general

$E_{prom} = 97.4$ ✓

40 ①	33 ②	36 ③
39 ④	160 ⑤	88 ⑥
93 ⑦	162 ⑧	126 ⑨

ventana

Rampa ✓

Porton de entrada

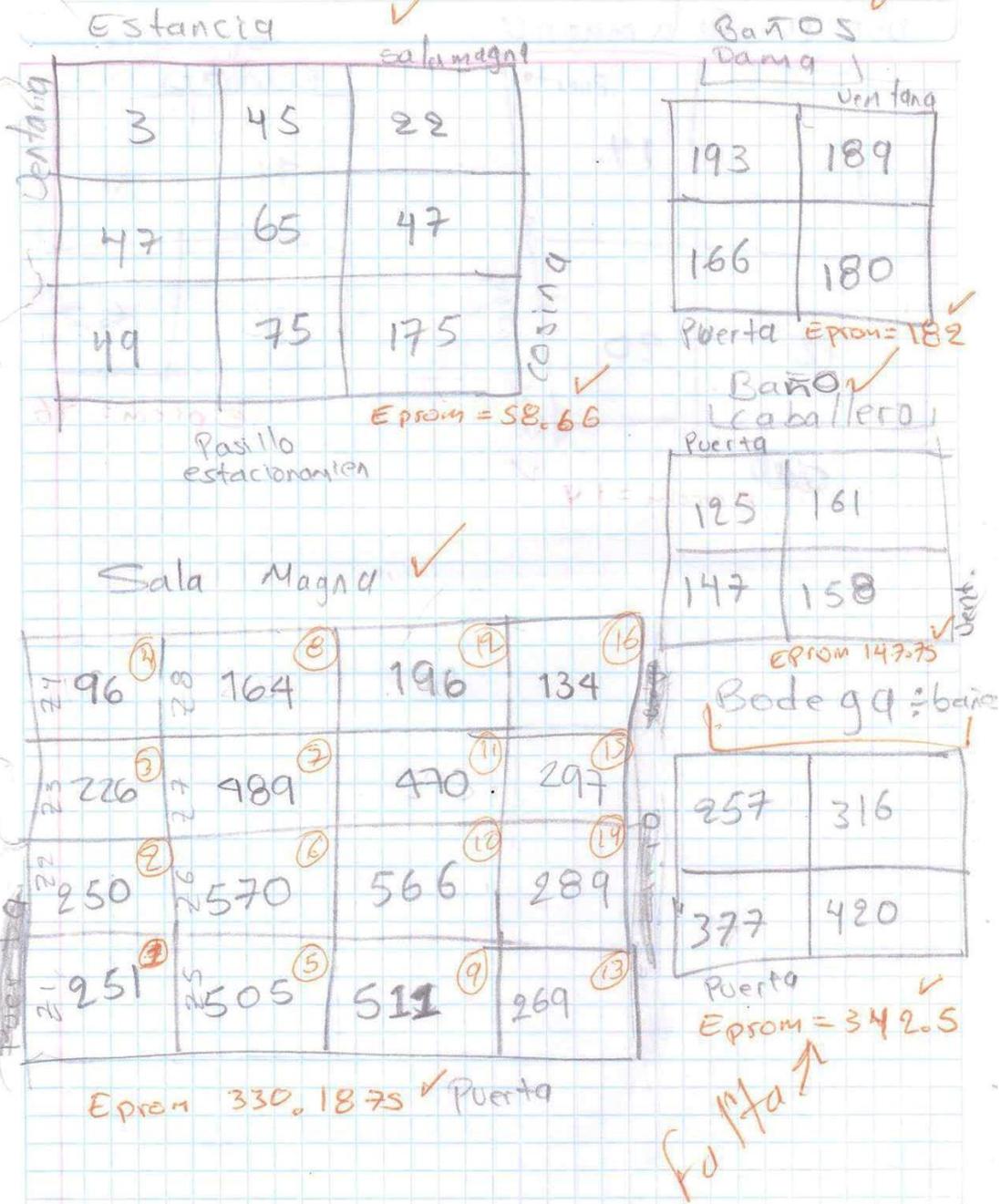
$E_{prom} = 63.5$ ✓

ventana	53	66
	64	71

Puerta

Auditorio

Planta alta



①

Planta Baja

008

Auditorio. 650 alto. total.

Grada Pl jurado
 Alto 73
 Ancho lo del ancho del espacio.

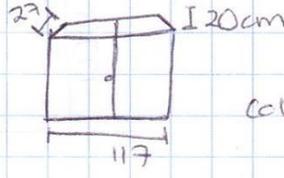


2.60 alto.

Sala de entretenimiento

Viga alto 35.

Pta. Alto: 227.
 Ancho 117.

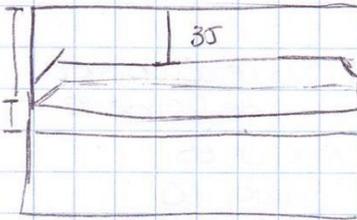
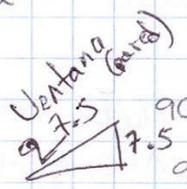
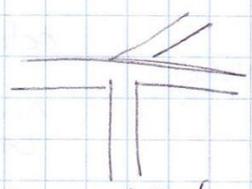


largo 34
 columna de ptar. 35cm.

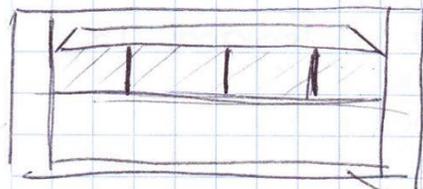
4 lamparas

Al centro 1 columna de
 Ancho: 34.9
 largo: 335 en forma de x

Parca de boda de sala S. General
 25 de largo. (Grosor)



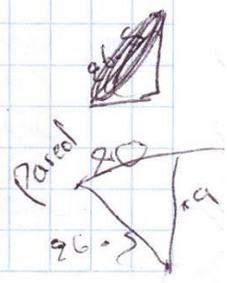
Ventana. puerta 96 7.5



Distancia del techo: 35
 suelo a ventana 165

largo: 365
 Alto 60. (18cm de bade superior)

Borde inferior 11cm de azulejo.



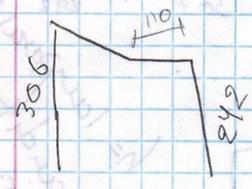
9

326
ancho 1.37

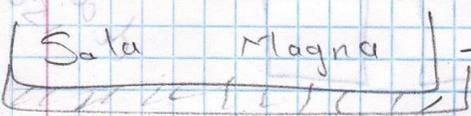
Escalera a planta alta

ancho = 110
alto = 429 + 20
Largo = 242

altura del techo



- 0 reflectores (carbutantes)
- 2 basinas pegadas al techo
- 2 lamparas TLS electronico
- 6 luminarias tubulares
- 6 salidas de clima



alto = 316
ancho = 722
Largo = 1232 + escenario

Puerta de bodega
ancho =
Alto =

Piza rron
ancho = 240
alto = 121

Mesas (20)
ancho = 120
Largo = 60
alto = 75

Ventana parte izquierda (4)
ancho alto

1	360
2	
3	379
4	374

Ventana Part. Derecha (3)

	ancho	largo
1	320	80.5cm
2		
3		

Junto a la puerta de entrada

alto desde el suelo 1m
columna al suelo altura 35

Columna
ancho = 26 largo = 49 alto = 316

alto desde el suelo 170

Columna
ancho = 26 largo = 27 alto = 316

Sillas negras (40)
ancho
Largo
alto 84

Escenario
Largo = 298
ancho =
alto del techo = 268
alto de escenario = 43
suelo al ↑

