



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

---

---

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL ADOLFO LÓPEZ MATEOS

## “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES PARA LOS LABORATORIOS DE FÍSICA CON TECNOLOGÍA LED”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**MORENO ESPINOZA EDUARDO**

ASESORES:

**M. EN C. DAVID HERNÁNDEZ LEDESMA**

**ING. ALEJANDRO CRUZ CAMARGO PÉREZ**



**MÉXICO D. F. MARZO 2015**

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

**TEMA DE TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA**  
**POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL**  
**DEBERA (N) DESARROLLAR C. MORENO ESPINOZA EDUARDO**

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES PARA LOS LABORATORIOS DE FÍSICA CON TECNOLOGÍA LED.”**

REALIZAR UNA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES PARA LOS LABORATORIOS DE FÍSICA CON TECNOLOGÍA.

- ❖ **CONOCER EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL.**
- ❖ **REALIZAR LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED.**
- ❖ **REALIZAR UNA COMPARACIÓN DE LOS DOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.**


**MÉXICO D. F., A 28 DE ENERO DE 2016.**

**ASESOR**

  
**ING. ALEJANDRO CRUZ CAMARGO PÉREZ**

  
**M. EN C. DAVID HERNÁNDEZ LEDESMA**

  
**ING. CÉSAR DAVID RAMÍREZ ORTIZ**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA, JEFEATURA DE**  
**INGENIERIA ELECTRICA**



## **Agradecimientos**

Agradezco a mi padre, madre y hermanos por bríndame el apoyo de desarrollarme profesionalmente con su confianza en mi crecimiento profesional que siempre creyeron en mi para salir adelante en los momentos difíciles, con sus buenos consejos y paciencia.

También quiero agradecer a mis amigos, compañeros, profesores y personas que me brindaron su apoyo incondicional durante todo el transcurso de estos años en mi vida escolar.

Al Instituto Politécnico Nacional dedico este trabajo por haberme abierto las puertas de desde el nivel medio superior en el CECyT 8 y hasta el nivel superior en la ESIME Zacatenco por haberme formado en mi un profesionista.

## **Dedicatorias**

Al Ing. Ledesma por haberme ayudado a sacar adelante este trabajo en la parte técnica y su apoyo como profesor y amigo.

Al Ing. Camargo por ayudarme en la revisión metodológica de este trabajo e igual manera como profesor y amigo.

A Hugo y José Luis por haberme ayudado en el desarrollo de este trabajo.

## Índice

I. Resumen .....	I
II. Planteamiento del problema .....	II
III. Justificación.....	III
I I 1 .I Viabilidad .....	III
IV. Objetivos .....	IV
IV. I Objetivo general.....	IV
IV.I I Objetivos específicos.....	IV
Capitulo 1. Sistemas de iluminación .....	1
1.1 Sistema .....	1
1.2 Iluminación.....	1
1.2.1 Naturaleza de la luz .....	1
1.2.2 Flujo luminoso.....	3
1.2.3 Iluminancia.....	3
1.2.4 Intensidad luminosa.....	5
1.2.5 Luminancia.....	6
1.2.6 Rendimiento luminoso .....	7
1.2.7 Color.....	8
1.2.7.1 Temperatura de color.....	9
1.2.7.2 Índice de reproducción cromática .....	10
1.2.8 Transmisión.....	11
1.2.9 Refracción .....	13
1.2.10 Reflexión .....	14
1.2.11 Absorción .....	15
1.3 Sistema de iluminación .....	15
1.3.1 Alumbrado general .....	15
1.3.2 Iluminación general localizada.....	16
1.3.3 Tipos de iluminación .....	17
1.4 Iluminación en interiores natural.....	18
1.4.1 Sistemas de iluminación natural.....	18
1.4.2 Iluminación artificial .....	20

1.5 Iluminación en exteriores .....	21
1.6 Fuentes de luz.....	21
1.6.1 Lámparas incandescentes .....	22
1.6.2 Lámparas de mercurio a baja presión o fluorescentes.....	23
1.6.2.1 Lámparas fluorescentes compactas .....	25
1.6.3 Lámpara de de sodio en baja presión .....	26
1.6.4 Lámpara de alta descarga de intensidad .....	27
1.6.5 Luminarias.....	27
1.7 Fotometría .....	27
1.8 Normatividad.....	28
1.8.1 NOM-025-STPS-2008: .....	28
1.8.1.1 Medición de la iluminancia .....	29
1.8.2 NOM-030-ENER-2012 .....	33
1.9 Media aritmética ponderada .....	33
1.10 Método de lumen.....	34
1.10.1 Factor de Mantenimiento: .....	35
1.11 Mantenimiento y sus tipos.....	37
Capítulo 2. Tecnología Led.....	39
2.1 Led.....	39
2.2 Evolución de los led .....	39
2.3 Funcionamiento.....	40
2.4 Partes genéricas de un led tipo indicador .....	41
2.5 Vida útil de los leds .....	42
2.6 Drives .....	43
2.7 Ventajas de los led.....	44
2.8 Aplicaciones de los leds .....	46
Capítulo 3. Estudio Técnico .....	48
3.1 Situación actual .....	48
3.2 Descripción del área a analizar.....	48
3.2.1 Laboratorio 1 .....	49
3.2.1.1 Tamaño y dimensiones del laboratorio 1.....	49
3.2.1.2 Características del lugar .....	50

3.2.1.3 Medición de la luminancia del laboratorio 1 .....	51
3.2.2 Laboratorio 2.....	54
3.2.2.1 Tamaño y dimensiones del laboratorio 2.....	54
3.2.2.2 Características del lugar .....	54
3.2.2.3 Medición de la luminancia del laboratorio 2.....	54
3.2.3 Laboratorio 3.....	57
3.2.3.1 Tamaño y dimensiones del laboratorio 2.....	57
3.2.3.2 Características del lugar .....	57
3.2.3.3 Medición de la luminancia del laboratorio 3.....	58
3.2.4 Pasillo.....	61
3.2.4.1 Tamaño y dimensiones del pasillo .....	61
3.2.4.2 Características del lugar .....	61
3.2.4.3 Medición de la luminancia del pasillo.....	62
3.2.5 Bodega.....	64
3.2.5.1 Tamaño y dimensiones de la bodega.....	64
3.2.5.2 Características del lugar .....	64
3.2.5.3 Medición de la luminancia de la bodega .....	64
3.2.6 Almacén de física 1 .....	66
3.2.6.1 Tamaño y dimensiones del almacén de física 1 .....	66
3.2.6.2 Características del lugar .....	67
3.2.6.3 Medición de la luminancia de la sección 1 del almacén de física 1 .....	67
3.2.6.4 Medición de la luminancia de la sección 2 del almacén de física 1 .....	69
3.2.7 Cubículo 1 .....	72
3.2.7.1 Tamaño y dimensiones del cubículo 1 .....	72
3.2.7.2 Características del lugar .....	72
3.2.7.3 Medición de la luminancia del cubículo 1.....	72
3.2.8 Cubículo 2.....	74
3.2.8.1 Tamaño y dimensiones del cubículo 2 .....	74
3.2.8.2 Características del lugar .....	75
3.2.8.3 Medición de la luminancia del cubículo 2.....	75
3.2.9 Almacén general.....	77
3.2.9.1 Tamaño y dimensiones del almacén general .....	77

3.2.9.2 Características del lugar .....	78
3.2.9.3 Medición de la luminancia de la sección 1 del almacén general.....	79
3.2.9.4 Medición de la luminancia de la sección 2 del almacén general.....	81
3.3 Selección de la luminaria para la nueva propuesta.....	83
3.3.1 Características técnicas.....	84
3.3.2 Datos y curva polar de la luminaria.....	85
3.4 Cálculos de la propuesta nueva.....	86
3.4.1 Laboratorio 1 .....	86
3.4.1.1 Características del laboratorio 1 .....	86
3.4.1.2 Determinación de la curva de distribución para el laboratorio 1 .....	88
3.4.1.3 Método de lumen para el laboratorio 1.....	88
3.4.1.4 Acomodo de luminarias.....	92
3.4.2 Laboratorio 2 .....	93
3.4.2.1 Características del laboratorio 2 .....	93
3.4.2.2 Determinación de la curva de distribución para el laboratorio 2 .....	94
3.4.2.3 Método de lumen para el laboratorio 2.....	95
3.4.2.4 Acomodo de luminarias.....	98
3.4.3 Laboratorio 3 .....	98
3.4.3.1 Características del laboratorio 3 .....	98
3.4.3.2 Determinación de la curva de distribución para el laboratorio 3 .....	100
3.4.3.3 Método de lumen para el laboratorio 3.....	100
3.4.3.4 Acomodo de luminarias.....	103
3.4.4 Cubículo 1 .....	103
3.4.4.1 Características del cubículo 1 .....	103
3.4.4.2 Determinación de la curva de distribución para el cubículo 1 .....	105
3.4.2.3 Método de lumen para el cubículo 1 .....	105
3.4.4.4 Acomodo de luminarias.....	107
3.4.5 Cubículo 2 .....	108
3.4.5.1 Características del cubículo 2 .....	108
3.4.5.2 Determinación de la curva de distribución para el cubículo 2.....	109
3.4.5.3 Método de lumen para el cubículo 2 .....	110
3.4.5.4 Acomodo de luminarias.....	112

3.4.6 Almacén de Física 1 .....	113
3.4.6.1 Características del Almacén de Física 1 .....	113
3.4.6.2 Determinación de la curva de distribución para el almacén de física 1 .....	114
3.4.6.3 Método de lumen para el almacén de física 1 .....	115
3.4.6.4 Acomodo de luminarias.....	118
3.4.7 Almacén General .....	118
3.4.7.1 Características del Almacén general sección 1.....	118
3.4.7.2 Determinación de la curva de distribución para el almacén general sección 1 .....	119
3.4.7.3 Método de lumen para el almacén general sección 1 .....	120
3.4.7.4 Acomodo de luminarias de la sección 1 .....	123
3.4.7.5 Características del Almacén general sección 2.....	123
3.4.7.6 Determinación de la curva de distribución para el almacén general sección 2.....	125
3.4.7.7 Método de lumen para el almacén general sección 2 .....	125
3.4.7.8 Acomodo de luminaria de la sección 2.....	127
3.4.8 Bodega.....	128
3.4.8.1 Características de la bodega.....	128
3.4.8.2 Determinación de la curva de distribución para la bodega .....	129
3.4.8.3 Método de lumen para la bodega.....	130
3.4.8.4 Acomodo de luminarias.....	133
3.4.9 Pasillo .....	133
3.4.9.1 Características del pasillo .....	133
3.4.9.2 Determinación de la curva de distribución para el pasillo .....	134
3.4.9.3 Método de lumen para el pasillo .....	135
3.4.9.4 Acomodo de luminarias.....	138
3.5 Comparación técnica entre las dos luminarias .....	139
4 Estudió Económico: .....	140
4.1 Análisis del Consumo Energético. ....	140
4.2 Tarifas eléctricas en México.....	140
4.2.1 Tarifas Generales:.....	141
4.3 Cálculo de las horas consumidas en un año del sistema actual y de la propuesta.....	142
4.3.1 Costos de los tres periodos de la energía en un año .....	144
4.3.2 Costo total de la energía en un año.....	146



4.4 Costos de Mantenimiento.....	147
4.5 Costo de la instalación requerida eléctrica requerida .....	151
4.6 Análisis Costo – Beneficio entre la Instalación Actual y la Propuesta .....	153
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones.....	156
5.1 Conclusiones .....	156
Glosarios de Términos.....	157
Referencia.....	160
Índice de figuras .....	161
Índices de Tablas .....	164
Anexos.....	167

## **I. Resumen**

El presente trabajo muestra un análisis de las condiciones en que se encuentra actualmente el sistema de iluminación de los laboratorios de Física 1, el cual se localiza en la planta baja del edificio Z-1 de la ESIME Zacatenco Unidad Adolfo López Mateo.

El análisis de los niveles de iluminación se apega a la Norma NOM-025-STPS-2008, para verificar si el sistema de cumple con los niveles de iluminación adecuados.

También se propone un sistema de iluminación en interiores por medio de tecnología Led, haciendo una comparación entre el sistema actual y el sistema propuesto, por medio de un análisis de costo beneficio, respecto al costo del consumo eléctrico y el costo de mantenimiento al sistema. Concluyendo el análisis de costo beneficio se determina la viabilidad de nuestra propuesta.

## II. Planteamiento del problema

Los Sistemas de Iluminación actualmente son alimentados por medio de la energía eléctrica, por lo que son sistemas que consumen alrededor del 75% de la energía eléctrica. En un laboratorio que tenga una mala implementación o uso del sistema se puede presentar un considerable desperdicio de energía, así como una disminución del tiempo de vida de las lámparas, donde se verá reflejado al darle un continuo mantenimiento a las lámparas o al sistema y consecuentemente será un mayor gasto económico para resolver los problemas que los ocasionan. Otro problema que se presenta es a los usuarios que se encuentran laborando dentro de ciertas áreas del laboratorio, las cuales pueden sufrir accidentes o algún percance causadas por no tener una buena visión por la poca iluminación que presentan las luminarias por no contar con el mantenimiento adecuado.

Los laboratorios de Física actualmente cuenta con un sistema de iluminación que no cumple las condiciones ideales para su funcionamiento, ni las especificaciones de los niveles de iluminación de acuerdo a las normas, ya sea por el poco mantenimiento que se les da, así como otros factores que llevan al deterioro de las lámparas.

¿Con la realización de una propuesta de un sistema de iluminación en interiores por medio de tecnología led se tendrá un óptimo sistema, un bajo mantenimiento y un ahorro de la energía eléctrica en los laboratorios de física?

### **III. Justificación**

La energía eléctrica hasta nuestros días ha sido muy importante en el desarrollo de la humanidad, su uso ha sido de gran importancia en la realización de las actividades cotidianas de las personas, pero siempre ha existido problemas con el desperdicio de esta energía durante su consumo y uso, que son reflejados en los costos de esta y en su mantenimiento. En la actualidad es importante contar con un sistema de iluminación en buenas condiciones y que cumplan las especificaciones necesarias para evitar estos problemas, ya que cualquier área de trabajo es importante que cumpla con los niveles óptimos de iluminación. Cualquier área que se desea iluminar, contando con un sistema de iluminación adecuado se disminuyen los riesgos de accidentes y se cuenta con una zona de seguridad hacia los usuarios.

#### **III.1 Viabilidad**

Con la realización de la propuesta nueva de un sistema de iluminación en interiores con tecnología led, se tendrá un ahorro de la energía eléctrica y un menor mantenimiento a las lámparas que al sistema actual instalado el cual se verá reflejado económicamente

## **IV. Objetivos**

### **IV. I Objetivo general**

Realizar una propuesta de un sistema de iluminación en interiores para los laboratorios de Física 1 con tecnología led.

### **IV.I I Objetivos específicos**

- Conocer el sistema de iluminación actual instalado en los laboratorios de Física 1 de la ESIME Zacatenco
- Realizar una propuesta para un nuevo sistema de iluminación en interiores para los laboratorios de Física 1 de la ESIME Zacatenco
- Realizar una comparación de los dos sistemas de iluminación y escoger cual presenta mejor utilización en un costo-beneficio.

## **Capítulo 1. Sistemas de iluminación**

### **1.1 Sistema**

Un sistema son un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados para interactúa entre ellas para lograr un objetivo. Los sistemas reciben una entrada donde pasan a un ambiente para que se realice un proceso que proveer una salida. Un sistema puede ser físico o puede ser abstracto. Todos los sistemas tienen un límites o fronteras, que los diferencian del ambiente, ése límite puede ser físico o conceptual. Si hay algún intercambio entre el sistema y el ambiente a través de ese límite los sistemas son abiertos pero si no presenta ningún intercambio el sistema es cerrado.

### **1.2 Iluminación**

La iluminación se define como la luz cayendo sobre una superficie medida por pie/candela, o en términos simples también se nombra como la ausencia de la oscuridad.

#### **1.2.1 Naturaleza de la luz**

Tomando las palabras de Donald G. Fink y H. Wayne Beaty. (2012)

La luz la define como la energía radiante visualmente evaluada, en donde la energía se propaga a través del espacio por medio de las radiaciones electromagnéticas en distintas longitudes de onda. Su capacidad de propagación por cualquier medio es de una velocidad

aproximada de 300000 km/h. El conjunto de estas radiaciones forman el espectro electromagnético (véase Figura 1.1).

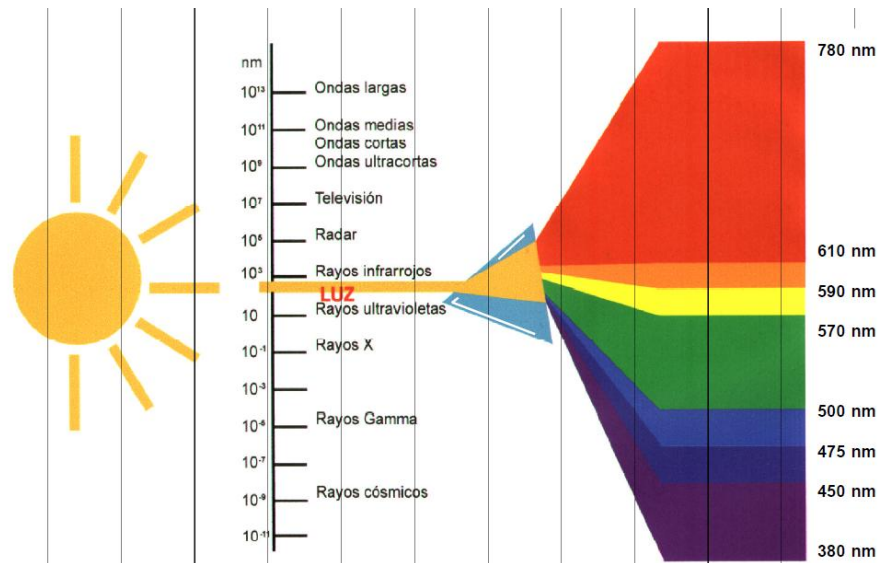


Figura 1. 1 Espectro electromagnético (Laszlo Carlo,s Manual de Luminotecnia en Interiores ,2012)

Las zonas del espectro se comprenden por radiaciones de longitudes de ondas de 380 a 780 nm (nanómetros), que son la franja ultravioleta e infrarroja (véase tabla 1.1). La máxima sensibilidad del ojo humano para una radiación cuya onda de longitud es de 555 nm. En dicha zona se encuentra todo la gama de colores que percibe el ojo humano.

*Tabla 1. 1 Longitudes de onda que percibe el ojo humano*

Color	Longitud de onda
Violeta	380-436
Azul	436-494
Verde	495-566
Amarrillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-780

*(Recuperada de <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171721.pdf>, 2014)*

### **1.2.2 Flujo luminoso**

Se define flujo luminoso a la cantidad total de luz emitida o radiada por una fuente luminosa en diferentes direcciones durante un segundo. Su unidad es el lumen (lm) y se representa por la letra griega  $\Phi$ , también se puede definirse flujo luminosos como potencia luminosa.

### **1.2.3 Iluminancia**

También llamado nivel de iluminación que es la cantidad de luz que incide sobre una superficie, los valores dependerán de las normas para conocer el valor mínimo que debe tener cada lugar que se desarrolle una actividad. Se representa con la letra E, su unidad es el lux el cual equivale a la iluminación de un  $1 \text{ m}^2$  cuando incide sobre ella un flujo luminoso uniforme repartido en 1 lm. Se expresa con la fórmula:



$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1.1)$$

$$1lx = \frac{1lm}{1m^2} \quad (1.2)$$

Donde:

E= Nivel medio de iluminación en lux

$\Phi$ = Flujo luminoso en lumen

S= Superficie a iluminar  $m^2$

Cuando se tiene una superficie perpendicular del haz luminoso producido por una fuente luminosa se cumple la siguiente ley inversa del cuadro de la distancia: el nivel de iluminación es menor cuando se aleja del foco luminoso, de forma que el nivel de iluminación de dicha superficie es directamente proporcional a la intensidad luminosa del foco e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que la separe de esta (véase figura 1.2). Se expresa con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{I_p}{d^2} \quad (1.3)$$

Donde:

$E_p$ =Nivel de iluminación en el punto P en lux

$I_p$ =Intensidad luminosa en la dirección de la fuente en el punto P en candela

d=Distancia entre la fuente y el punto P en metros

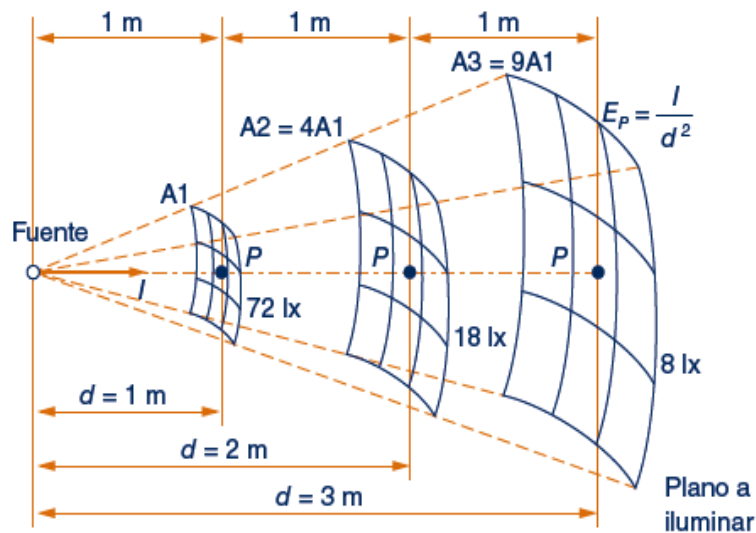


Figura 1. 2 Ley inversa del cuadro de la distancia, con una fuente de una intensidad luminosa de 72 cd (recuperada, del manual de luminotecnia unidad 8, 2012)

### 1.2.4 Intensidad luminosa

Se define como la cantidad de luz emitida o radiada por una fuente luminosa durante un segundo en una dirección dada y para un ángulo solido estereorradián (Sr). Se representa por la letra I y su unidad es la candela (Cd). El ángulo solido se define por el volumen formado por una superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera (ver figura 1.3) si el radio mide 1 metro y la superficie S de la base de cono mide 1 metro cuadrado, el ángulo estereorradián mide 1 Sr. La intensidad luminosa no se distribuye por igual en un espacio debido a la forma de las lámparas, casquillo, etc. pero influye en ello. Para encontrar la distribución de la luz emitida por una fuente luminosa se puede representar gráficamente por medio de curvas fotométricas.

La intensidad luminosa se calcula con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1.4)$$

$$1Cd = \frac{1lm}{1Sr} \quad (1.5)$$

Siendo:

I= Intensidad luminosa en la dirección en cd

$\Phi$ = Flujo luminoso dentro del ángulo sólido en lm

$\omega$ = valor del ángulo sólido en Sr

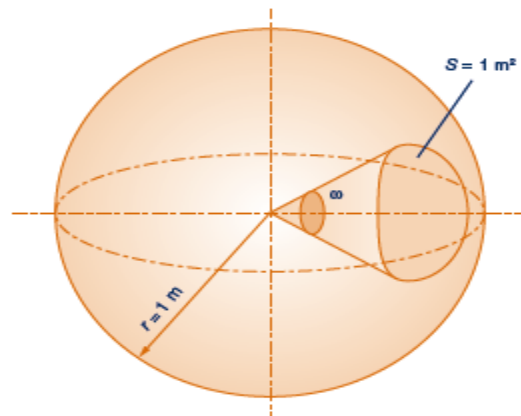


Figura 1. 3 Ángulo sólido (recuperada del manual de luminotecnia unidad 8, 2012)

### 1.2.5 Luminancia

Es la magnitud que mide el brillo de los cuerpos iluminados o fuentes de luz, tal como se observa con el ojo humano, en realidad se trata de la sensación de iluminación de un objeto. Por ejemplo, si se ilumina dos objetos con la misma iluminación se observará al que tenga mayor

luminancia. Se define como una intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria, unidad es la candela/ m<sup>2</sup> (Cd/m<sup>2</sup>) y se expresa con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\beta} \quad (1.6)$$

Donde:

L= Luminancia en Cd/m<sup>2</sup>

I= Intensidad luminosa en cd

S= Superficie real iluminada en m<sup>2</sup>

B= Angulo que forma el plano iluminado, con la proyección visual del observador

### 1.2.6 Rendimiento luminoso

El rendimiento luminoso o eficiencia luminosa es el flujo que emite una fuente luminosa (puede ser en este caso cualquier lámpara) por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. Se representa por la letra griega  $\eta$  y su unidad es el lumen / watt (lm/W). Su fórmula viene siendo expresado por:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (1.7)$$

Donde:

$\eta$ = Rendimiento Luminoso en lm/w

$\phi$ = Flujo Luminoso en lúmenes

P= potencia eléctrica de lámpara en watt

El máximo rendimiento que se reproduciría en una lámpara que no tuviese ninguna pérdida donde emitiese todas sus radiaciones con una onda de longitud de onda de 555 nm, su valor sería 680 lm/w. Sin embargo el valor de rendimiento actual de las lámparas está por debajo de ese valor como se observa en la tabla 1.2.

*Tabla 1. 2 Rendimiento Luminoso de algunas lámparas*

Tipo de lámpara	Potencia (w)	Rendimiento Luminoso (Lm/w)
Incandescente	100	13.8
Fluorescente de luz día	36	98
Fluorescente de blanco	36	93
Mercurio a alta presión	250	52
Luz mezcla	250	22
Sodio a baja presión	35	137
Sodio a alta presión	250	118
Halogenuros Metálico	250	68

*Información obtenida del manual de luminotecnia unidad 8, 2012)*

### **1.2.7 Color**

El color no es una cualidad que tiene los cuerpos por qué no se genera en ellos, sino es una interpretación del cerebro que son las radiaciones percibidas por el ojo. En un cuerpo no se

generan radiaciones electromagnéticas sino reflejan, transmiten o absorben parte o todo lo que incide sobre ellos. Si se reflejara todas las radiaciones que incide sobre él se observaría de un color blanco y en caso de que absorbiera todo se vería de color negro. Así, las longitudes de onda más corta excitan el color conocido como violeta y a medida que aumenta las longitudes de onda da la sensación de que cambia el color en forma gradual al azul, verde, amarillo, naranja y rojo en las longitudes de onda más largas del espectro visible.

### **1.2.7.1 Temperatura de color**

Otra forma de describir una fuente luminosa es con la temperatura de color que posee, podemos entender que la temperatura de color es la apariencia de color de la propia luz, la cual se expresa en grados kelvin la cual da información de la tonalidad de la luz. Temperaturas inferiores a 3300 °K dará una apariencia de color cálida, pero encima de 5000°K será una sensación de luz fría. En la tabla 1.3 se muestra la temperatura de calor de varias lámparas.

Tabla 1. 3 Temperatura de color de las lámparas

Tipo de lámpara	°K
Incandescente	2100 a 3200
Fluorescente de luz día	6000
Fluorescente de blanco cálido	3000
Mercurio a alta presión	3500
Luz mezcla	3600
Sodio a baja presión	1800
Sodio a alta presión	2000
Halogenuros Metálico	3000 a 6000
Cielo azul	10000 a 30000

*Información obtenida del manual de luminotecnia unidad 8, 2012)*

### 1.2.7.2 Índice de reproducción cromática

Se le conoce como la capacidad que tiene una fuente luminosa de dar una buena distinción de los colores sobre el objeto iluminado y se representa con Ra o IRC. Mientras más uniforme y completa sea la radiación de un iluminante se reproducirán mejor los colores. Cuando un objeto es iluminado por dos lámparas de color similares pero de diferente índice de reproducción cromático que presentan diferentes aspectos. Su valor se representa en porcentaje y se toma el color negro como referencia por tener una radiación completa en el espectro visible al cual se asigna un valor de 100 y resto se deduce en comparación con este. En la tabla 1.4 se puede observar el índice cromático dividido en seis grupos.

Tabla 1. 4 Índice de Reproducción Cromática

Grado	Índice (Ra)	Nivel de Reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy Bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

*Información obtenida del manual de luminotecnia unidad 8, 2012)*

### 1.2.8 Transmisión

Al pasar los rayos luminosos a cuerpos transparentes o translúcidos se dice que esos rayos han sido transmitidos.

a) **Tipo de transmisión directa.** Si el rayo luminoso sufre solamente la variación debida a la refracción normal, se consigue este tipo de transmisión en cristales claros y se produce gran deslumbramiento debido a la gran luminancia de los rayos incidentes (ver figura 1.4).



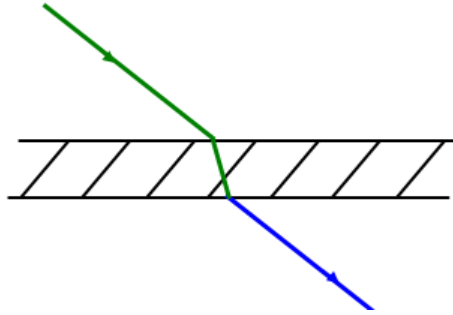


Figura 1. 4 Transmisión directa (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014)

b) **Tipo de transmisión difusa.** Es cuando el rayo luminoso incidente queda dispersado al chocar con el material de manera que quede iluminada uniformemente toda la superficie del cuerpo que se trate. En este caso toda la luminancia es constante en todas las direcciones de espacio y su deslumbramiento es menor. (Ver figura 1.5)

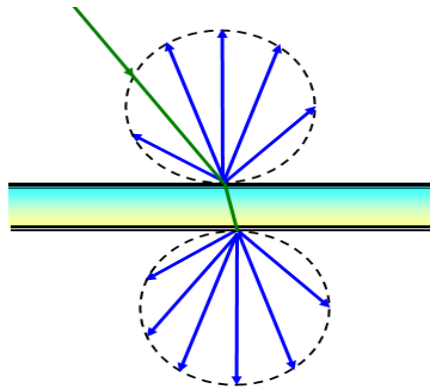


Figura 1. 5 Transmisión difusa (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014)

c) **Tipo de transmisión mixta.** Ocurre con los materiales translúcidos donde la luz emerge de un ángulo más abierto que el de incidencia, la dirección del haz en general se mantiene igual y la fuente es perceptible. (Ver figura 1.6).

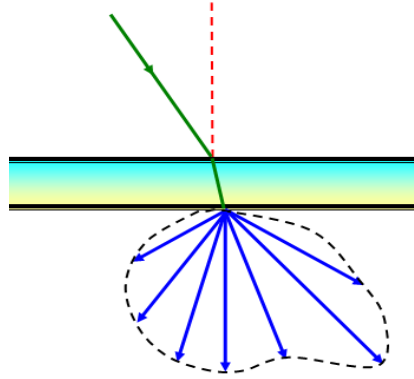


Figura 1. 6 Transmisión mixta (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014)

### 1.2.9 Refracción

Se denomina refracción a la modificación de la dirección de los rayos luminosos al pasar de un medio a otro de diferente densidad. La ley fundamental de la refracción dice que la razón de los índices de refracción en ambos medios es igual a la razón de los senos de los ángulos de incidencia y refracción (ver figura 1.7).

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (1.8)$$

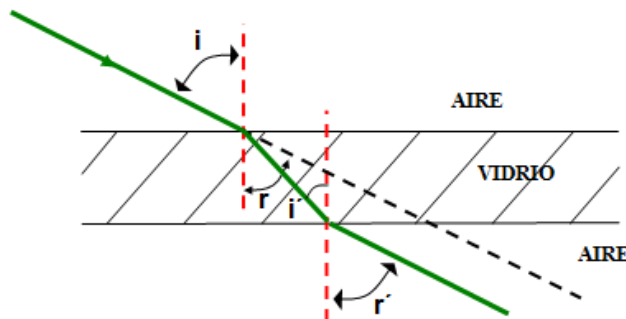


Figura 1. 7 Refracción (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014)

### 1.2.10 Reflexión

Cuando una superficie regresa la luz que incide sobre ella, se dice que refleja la luz, la reflexión depende de varios factores o circunstancias como:

- Condiciones moleculares de la superficie
- Color del rayo incidente
- Angulo de incidencia de los rayos luminosos

a) **Tipo de reflexión difusa.** El rayo incidente se refleja en todas las direcciones del hemisferio superior. En este tipo de reflexión se verá una pérdida de la intensidad de los materiales según refleja mayor o menor cantidad de flujo recibido. Ver Imagen 1.8

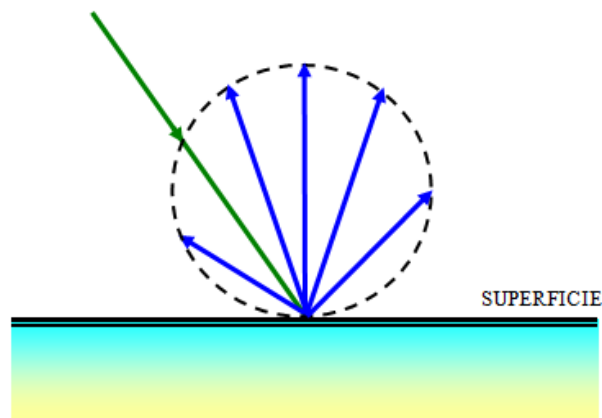


Figura 1.8 Reflexión difusa (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014)

b) **Tipos de reflexión mixta.** En este caso intermedio, en que predomina una dirección sobre las demás (véase en la figura 1.9), se ve en materiales sin pulir, papel brillante y barnices.

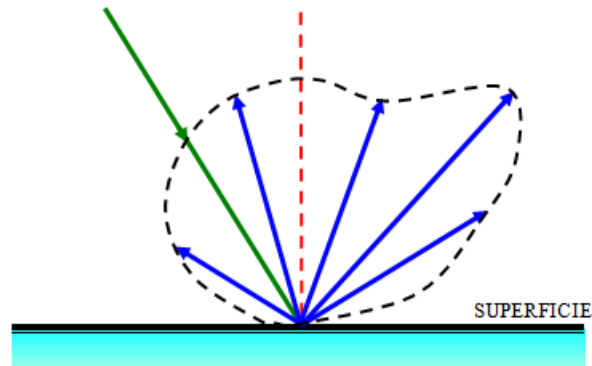


Figura 1. 9 Reflexión mixta (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014)

### 1.2.11 Absorción

La absorción o llamada factor de absorción ( $\alpha$ ) es la razón del flujo absorbido por un medio y al flujo incidente, la suma de reflectancia, transmitancia y el factor de absorción es la unidad.

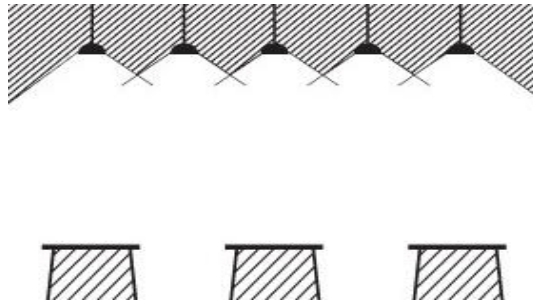
## 1.3 Sistema de iluminación

Se denomina sistema de iluminación a la instalación de una o varias luminarias, y a veces se clasifica dependiendo de su ubicación o a su trazo respecto al trabajo visual o objeto iluminado: iluminación general, localizada e iluminación local, también se clasifican de acuerdo a la luminaria CIE que se utilice.

### 1.3.1 Alumbrado general

El alumbrado general es un sistema que proporciona un nivel aproximadamente uniforme de iluminación en el plano de trabajo en toda una zona llamado sistemas generales de iluminación. La luminaria se coloca en planos simétricos en donde se adoptan las características físicas de la

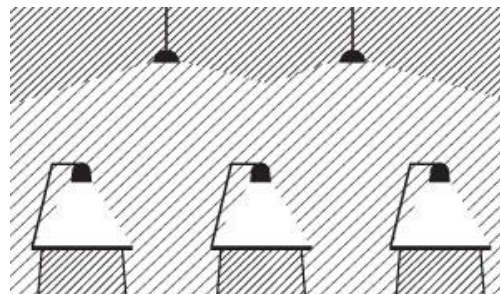
zona; son fáciles en su instalación y no requiere una coordinación con muebles o máquinas que se pudieran encontrar en la zona. Su mayor ventaja es que permite la flexibilidad en la ubicación del trabajo. Ver figura 1.10



*Figura 1.10 Alumbrado general*

### **1.3.2 Iluminación general localizada**

Consiste en un arreglo funcional de las luminarias con respecto al lugar de trabajo. Este tipo de trabajo requiere una coordinación especial en su instalación y una cuidadosa consideración para la iluminación general del local, su ventaja, de este tipo de sistema, es la utilización de la luz en zonas de trabajo, así como, de su ubicación para evitar sombras molestas, brillos directos y reflejados. Ver figura 1.11



*Figura 1.11 Iluminación general localizada*

### 1.3.3 Tipos de iluminación

- a) **Iluminación directa:** Se denomina iluminación directa cuando las luminarias dirigen el 90 al 100% de su salida hacia abajo. La distribución puede variar desde difundidas hasta altamente concentradas pero dependerán del material reflector, contorno, acabado y los medio de control que se utilice.
- b) **Iluminación semidirecta:** Cuando la distribución proviene de un 60 a 90% hacia abajo pero con una pequeña componente hacia arriba para iluminar el techo y paredes superiores.
- c) **Iluminación difusa:** Es donde los componentes de luz hacia arriba y hacia abajo, que proviene de la luminarias, son casi iguales (de 40 a 60% de la salida total de las luminarias. Su relación de brillantez son buenas, y las sombra que proviene de las componentes directas se suavizan por la luz de arriba que se refleja del cielo.
- d) **Iluminación semi-indirecta:** Son los sistema de iluminación que emiten de un 60 a 90% de su salida hacia arriba, sus característica son muy similares a los del sistema indirecto, pero con la diferencia de que los componentes hacia abajo a veces produce una luminancia casi igual al techo, peor si la componente hacia abajo no se controla y se hace más grande se presentará con un brillo directo o reflejado.
- e) **Iluminación indirecta** Son sistema de iluminación indirecta cuando dirigen del 90 al 100% de la luz hacia arriba, en una instalación bien diseñada todo el cielo se convierte en fuente primaria de iluminación y las sombras se eliminan.

## **1.4 Iluminación en interiores natural**

La iluminación natural es una alternativa para la iluminación de interiores no solo en relación a la cantidad de flujo luminoso sino también, a la calidad de la iluminación.

En cuanto a la iluminación artificial, la iluminación natural presenta las siguientes ventajas:

- Es suministrada por una fuente de energía renovable, por ejemplo el sol como energía radiante en forma directa.

- Implicar un ahorro de energía, cuando se diseña adecuadamente para cumplir los requerimientos necesarios para la iluminancia de un local en interior, lo que tiene un potencial de ahorro en energía eléctrica de hasta el 90% en edificios de uso diurno como por ejemplo escuelas, oficinas, industrias y edificios residenciales.

- Proporcionar niveles de iluminancia de mayor duración en las horas diurnas, para una considerable parte del año.

- La luz solar directa introduce menores niveles de calor por lumen que la mayoría de las fuentes de iluminación eléctrica.

### **1.4.1 Sistemas de iluminación natural.**

Son sistema de iluminación natural al conjunto de componentes para iluminar con luz natural un edificio, casa, etc. La cantidad, calidad y distribución de la luz interior depende del funcionamiento conjunto de los sistemas de iluminación, de la ubicación de las aberturas y de la superficie de los envolventes. Básicamente son tres los sistemas de iluminación natural utilizados:

### a) Iluminación lateral.

La luz llega desde una abertura que se ubicada en un muro lateral, es por eso que la iluminancia del plano de trabajo cercano a la ventana tiene un nivel alto y aporta en forma importante a la iluminación general. Si nos movemos, alejándonos de la ventana, el valor de la iluminación directa decrece rápidamente y la proporción relativa de la componente indirecta se incrementa. Ver figura 1.12

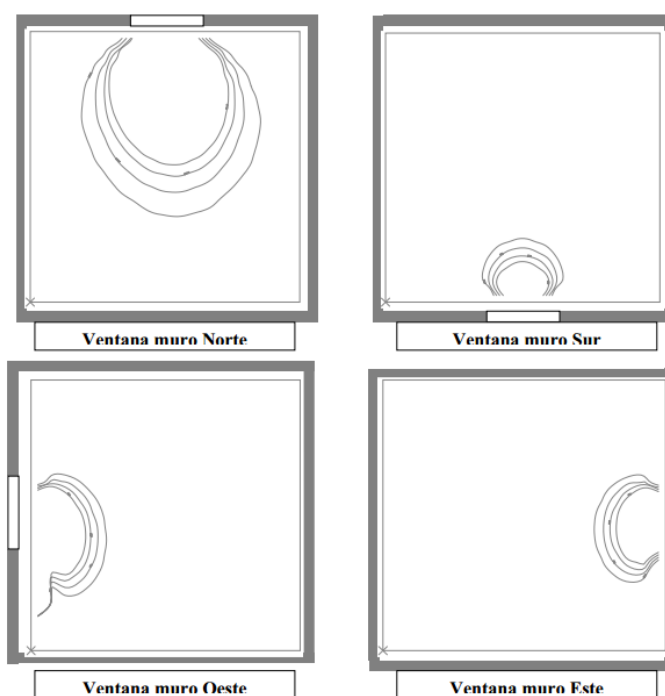


Figura 1.12 Sistemas de iluminación natural

### b) Iluminación central.

Se utiliza generalmente en las localidades con predominio de cielos nublados. El plano de trabajo es iluminado directamente desde la parte más luminosa de estos tipos de cielos. La proporción de iluminación indirecta generalmente no excede el 25%. Ver figura 1.13



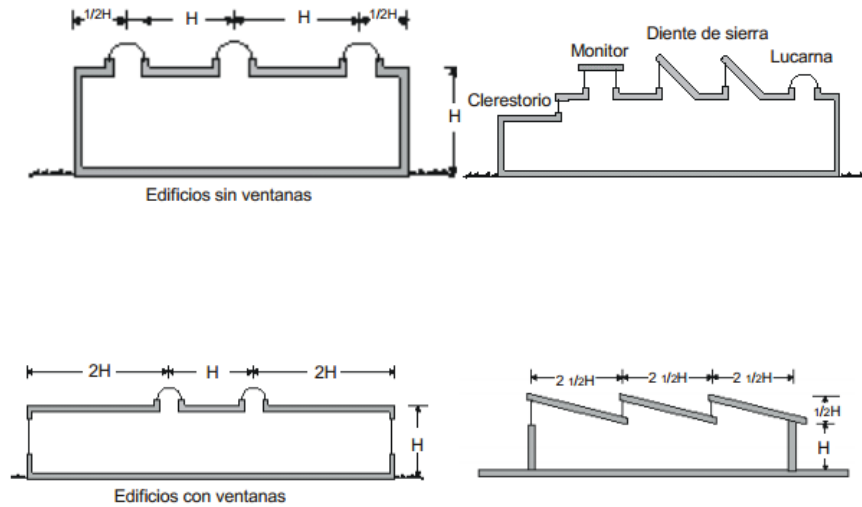


Figura 1.13 Tipos de iluminación central

### c) Iluminación combinada.

En la iluminación combinada se encuentran aperturas en muros y techos. En un interior donde no se tiene claramente dividida entre los muros y techos.

## 1.4.2 Iluminación artificial

Constituye más que un remplazo de la luz natural, su función es la de dar un carácter de ambiente decorativo y visual a un lugar cuando no se cuente con la iluminación natural, se puede clasificar en diferentes tipo dependiendo a lo que se quiera iluminar.

## 1.5 Iluminación en exteriores

La Iluminación en exteriores es la encargada de iluminar las vías pública, parques, jardines y los demás espacios, todos estos espacios pueden ser públicos o privados, con el mismo objetivo de proporcionar la visibilidad para la realización de las actividades que se realicen.

## 1.6 Fuentes de luz

Se define como fuente de luz a un aparato receptor para transformar la energía eléctrica en energía de otro tipo, en este caso, en energía luminosa se pueden dividir en dos:

- Termorradiación: se basa en la radiación de la luz y calor por parte de un cuerpo caliente a este tipo le corresponde al la forma de incandescente.
- Luminiscencia: se basa en una descarga eléctrica en un recinto cerrado en donde se encuentra un gas y se produce una radiación a este tipo de sistema pertenece al alumbrado fluorescente y de descarga de gas. En la figura 1.14 se observa los diferentes sistemas de generación de luz

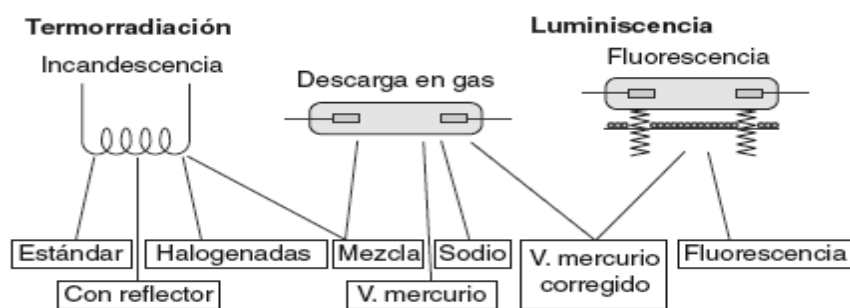


Figura 1.14 Fuentes de luz (recuperada del manual de luminotecnia unidad 8, 2012)

## 1.6.1 Lámparas incandescentes

Tomando lo que dicen Donald G. Fink y H. Wayne Beaty, (2012):

“Es una lámpara en donde su fuente de luz se produce por un filamento calentado por el paso de una corriente, tienen el menor costo inicial, la eficiencia luminosa más baja y la vida más corta.” En la figura 1.15 se ve sus componentes de la lámpara incandescente.

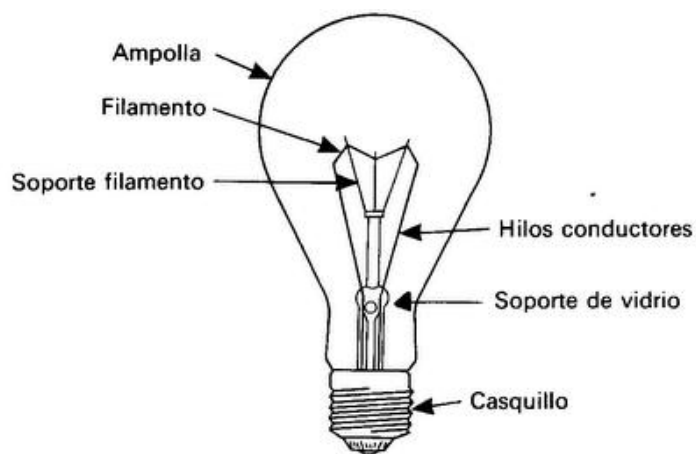
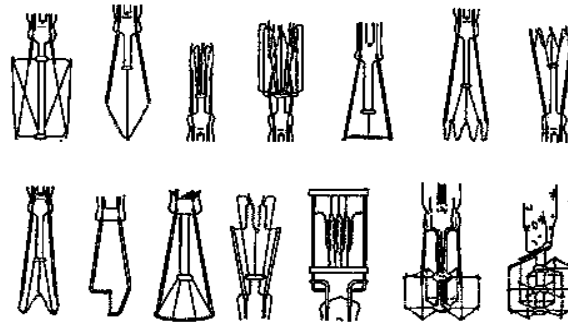


Figura 1.15 Construcción de una lámpara incandescente (Donald G. Fink y H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería eléctrica tomo 2, ,2012)

La eficiencia de la producción de luz de esta lámpara dependerá de la temperatura del filamento, el tungsteno, debido a su alto punto de fusión (3655 K), mas alto que otros materiales aparte del carbono, es el material más común para la utilización del filamento. Sus diferentes formas y tamaño del filamento dependerán de la forma de la lámpara. Las formas de los filamentos se designan con una letra o grupo de letra seguido de un número arbitrario. Las letras más comunes usada es la C que designa el filamento helicoidal; CC por un filamento de bobina o doble filamento helicoidal; y S por un alambre recto sin enrollar. El enrollamiento del filamento aumenta la eficiencia luminosa de la lámpara pero un doble enrollamiento aumenta aún más la

eficacia luminosa. La forma, tamaño y material de las bombillas varían según a las necesidades que se utilicen, las formas van de tubulares esféricas y de parabólicas en forma de llama. Se designa con una letra dependiendo de su forma y un número; véase figura 1.16.



*Figura 1.16 Construcción del filamento en una lámpara incandescente (Donald G. Fink y H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería eléctrica tomo 2, 2012)*

La mayoría de estas bombillas están hechas de vidrio suave de plomo o cal, también hay de vidrio duro de gran resistencia para lugares de altas temperaturas. Los tipos de base varían existen de tipo tornillo para la mayor parte de uso general, hasta del tipo doble postes y pre enfoque en donde es importante tener una precisión en la posición de la lámpara para la disipación de calor y voltaje. Solo un pequeño porcentaje de la radiación total de estas lámparas está en el espectro visible y la mayor parte se encuentra en el espectro infrarrojo, en donde al aumentar la temperatura del filamento.

### **1.6.2 Lámparas de mercurio a baja presión o fluorescentes**

Las lámpara fluorescente son de descargas eléctricas y de mercurio en baja presión, en la que un recubrimiento de fosforo transforma en luz parte de la energía ultravioleta generada por la

descarga. Las partes principales de un tipo de estas lámparas (tipo cátodo caliente) son: una bombilla (tubo), electrodos, gas de relleno, recubrimiento de fosforo y bases, como se muestra en la figura 1.17

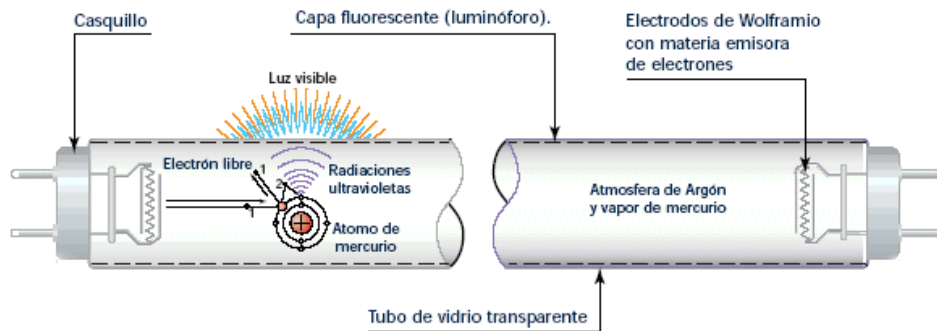


Figura 1.17 Construcción de una lámpara fluorescente (recuperada de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/tubos-fluorescentes.html>)

Funciona cuando se aplica una tensión apropiada en las terminales de la lámpara, la corriente produce un arco al circular entre los electrodos a través del gas de relleno, esa descarga genera radiación visible principalmente ultravioleta a 253.7 nm que a su vez excita el recubrimiento de fosforo para emitir una luz.

Se fabrican principalmente de 4 tipos, dependiendo de su circuito de operación:

- 1) Cátodo caliente de arranque de precalentamiento
- 2) Cátodo caliente, arranque instantáneo
- 3) Cátodo frío
- 4) Lámpara de arranque rápido

Las bombillas de este tipo de lámpara son básicamente tubulares de pequeño diámetro y sección transversal; se fabrica en configuración recta, en forma de u y circulares con diámetro de

5/8 a 2 1/8 de pulgada. En su forma recta va de 6 a 96 pulgadas, la circular de diámetros desde 6 1/2 a 16 pulgadas y las de forma de U miden 24 pulgadas (cátodo caliente) y 45 pulgadas (cátodo frío) de longitud. También se designa con una letra que indica la forma de sección transversal del tubo y un número que indica el diámetro, en octavos de pulgada. Por ejemplo una lámpara T-12 tiene una bombilla tubular de 1 1/2 (12/8) de pulgada de diámetro. Los de cátodo caliente contienen un electrodo por lo general, los filamentos de tungsteno de doble enrollamiento recubierto de uno o más de los óxidos de tierras alcalinas. Las lámparas de cátodo frío son de electrodo de forma tubular, de hierro o níquel las cuales se recubre su superficie interior con materiales emisores de electrones, cuenta con gotas diminutas de mercurio líquido. El fósforo como recubrimiento en su superficie y su composición determinará el color de la luz producida y en parte la eficacia de la lámpara. Las bases para la lámparas de operación de arranque instantáneo suelen tener una base en cada extremo, con una sola pastilla de conexión., las lámparas de de precalentamiento o de operación de arranque rápido también tienen una base en cada extremo, pero con dos patas de conexión en cada una.

### **1.6.2.1 Lámparas fluorescentes compactas**

Son aquellas lámparas constituidas por una o varias lámparas fluorescentes miniatura de varias formas con sus correspondientes elementos. Fueron diseñadas para sustituir a las lámparas incandescentes por tener un bajo consumo eléctrico ver figura 1.18.



*Figura 1.18 Lámpara Fluorescente compacta (recuperada del manual de luminotecnia unidad 8)*

### **1.6.3 Lámpara de de sodio en baja presión**

Existe una gran similitud entre el trabajo de una lámpara de sodio de baja presión y una lámpara de mercurio de baja presión. Sin embargo, mientras que en la última, la luz se produce al convertir la radiación ultravioleta de la descarga del mercurio en radiación visible, utilizando un polvo fluorescente en la superficie interna; la radiación visible de la lámpara de sodio de baja presión se produce por la descarga de sodio. La lámpara producirá una luz de color amarillo, ya que en casi la totalidad de su espectro predominan las frecuencias cerca del amarillo. Su salida de luz es casi monocromática por una doble línea en la región amarilla del espectro a 589 y 589.6 nm.

#### **1.6.4 Lámpara de alta descarga de intensidad**

Las lámparas de descarga son una forma alternativa de producir luz de un modo más eficiente y económico que las lámparas incandescentes. En este caso la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno de gas, existiendo entre los electrodos una diferencia de potencial que provoca las descargas eléctricas necesarias para conseguir luz. Su construcción consta de un tubo cilíndrico transparente traslucido, en donde se confina la descarga eléctrica y los gases asociados.

#### **1.6.5 Luminarias**

Son unidades completas de iluminación que están formada por una o más lámparas juntas con diferentes partes diseñadas para distribuir la luz, ubicar y proteger a la lámpara; así como para conectarla a la fuente de alimentación. Están clasificadas por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) según el porcentaje de su salida de luz abajo o arriba de la horizontal.

#### **1.7 Fotometría**

La fotometría es la rama de la óptica que se encarga del estudio de la iluminación de las superficies y fuente luminosas percibidas por el ojo humano, el cual mide la intensidad de la luz que poseen y la curva fotométrica es la herramienta gráfica en donde se proporcionará la



información adecuada para la elección de luminarias para un determinado espacio. Mediante la curva fotométrica puede determinar la intensidad luminosa en cualquier dirección.

## **1.8 Normatividad**

Dentro de la normatividad que regula y se lleve a cabo el correcto funcionamiento de los sistemas de iluminación se tiene las siguientes:

### **1.8.1 NOM-025-STPS-2008:**

En esta Norma Oficial mexicana habla de las condiciones de iluminación en los centros de trabajo; la cual establece los requerimientos de la iluminación, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de tareas que desarrollen los trabajadores. El alcance de esta norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo, entendiendo como centro de trabajo todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas, en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, o el que se desarrollen personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

En el punto 7 de esta norma se habla de los niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo; manejando, para interiores, un nivel mínimo de iluminación de 100 luxes para pasillos y bodegas, 200 luxes para almacenes y 500 para laboratorio y cubículos.

En el punto 8 se realiza el reconocimiento de las condiciones de iluminación, su propósito es identificar aquellas áreas del centro de trabajo y las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, asimismo, identificar aquellas donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento.

### **1.8.1.1 Medición de la iluminancia**

#### 1. Instrumentación:

Para poder realizar la medición de la iluminancia se debe ocupar un luxómetro que cumpla con las siguientes características:

##### a) Detector para medir iluminación que cuente con:

- Corrección del coseno
- Corrección de color, detector con una desviación máxima de  $\pm 5\%$  respecto a la respuesta espectral fotópica
- Exactitud de  $\pm 5\%$  (considerando la incertidumbre por calibración).

#### 2. Ubicación de los puntos de medición:

Los puntos de medición deben seleccionarse de acuerdo a las necesidades y características del centro de trabajo, considerando el entorno ambiental de la iluminación de forma confiable además del nivel de iluminación requerida de la NOM-025-STPS-2008. Tabla 1.5.

Tabla 1. 5 Tabla Niveles de Iluminación (NOM-025-STPS-2008)

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, labores en mina subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Aéreas de circulación y pasillos; salas de espera; sala de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuerdo de piezas, trabajo en banco y maquina.	Servicios de personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: en ensamble simple, trabajo medio en banco y maquina, inspección simple, empaque y trabajo de oficinas.	Talleres: aéreas 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	Talleres de precisión: salas de cómputo, aéreas de dibujo, laboratorios.	500

*TABLA 1.5 Niveles de Iluminación (NOM-025-STPS-2008) continuación*

información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorios.		
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulido fino.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados de pulidos finos.	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud: Ejecución de tareas visuales: De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; exactas y muy prolongados, y muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2500

Las áreas de trabajo se deben de medir en zonas del mismo tamaño, además de que deben realizar esta mediciones en las zonas donde se encuentre mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de estas zonas .En caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, debe realiza la evaluación por número de zonas de la columna

“B” de la tabla 1.6, pero si vuelve a coincidir un punto focal con la luminaria se escoge el número de zonas previamente definido.

*Tabla 1. 6 Tabla Relación entre índice de Área y Zonas de medición. (NOM-025-STPS-2008)*

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

El valor del índice del área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación 1.9 que se muestra a continuación:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)} \quad (1.9)$$

Donde:

IC= Índice del área.

x ,y = dimensiones del área (largo y ancho), metros.

h= Altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

El índice de área se redondea al número superior, excepto que para mayores iguales o mayores a 3, el valor es 4. A partir de este cálculo se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

### 1.8.2 NOM-030-ENER-2012

Esta Norma Oficial Mexicana aplica a todas las lámparas de LED integradas omnidireccionales y direccionales, que se destinan para iluminación general, en tensiones eléctricas de alimentación de 100 V a 277 V c. a. y 50 Hz o 60 Hz, que se fabriquen o importen para ser comercializadas dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos.

### 1.9 Media aritmética ponderada

Es un método que resulta más rápido para medir los valores en las intersecciones de la retícula, en lugar de hacerlo en los centros de las mallas, es necesario distinguir los valores correspondientes a los puntos internos a lo largo de los lados y de los cuatro de las esquinas con la siguiente ecuación 1.10 y figura 1.21

$$E_m = \frac{\frac{1}{4}\sum \text{esquinas} + \frac{1}{2}\sum \text{lados} + \sum \text{internos}}{\text{Número de mallas}} \quad (1.10)$$

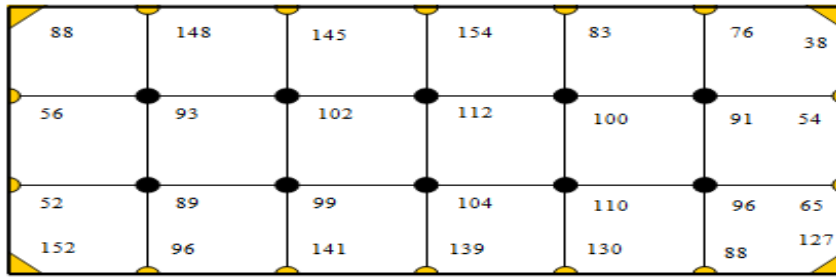
Donde:


$E_m$ =Iluminancia promedia


$\Sigma$ esquinas= la suma de todo las esquinas

$\Sigma$ lados= la suma de todo los lado

$\Sigma$ internos= la suma de todo los puntos internos



 VALORES EN LOS ÁNGULOS

 VALORES EN LOS LADOS


 VALORES EN EL INTERIOR

Figura 1.19 Malla para calcular la media aritmética ponderada

### 1.10 Método de lumen

El método se basa en hallar la iluminación sobre un plano de trabajo, para esto se tiene que tener en cuenta el flujo luminoso, el área de trabajo, los factores de pérdida, etc. Ecuación 1.11

$$\text{Iluminancia} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de lum})(\text{N}^\circ \text{ de lamp})\left(\frac{\text{lum}}{\text{lamp}}\right)(\text{CU})(\text{FM})}{\text{Area de cuarto}} \quad (1.11)$$

Donde:

- N° de luminarias.: Número total de luminaria en el cuarto
- N° de lámparas: Numero de lámpara por luminaria
- Lum/Lamp: Cantidad de lúmenes por fuente (Dato de fabricante)
- CU: Coeficiente de utilización (Tablas del fabricante)
- FM: Factor de mantenimiento (fabricante y condiciones de uso)

### 1.10.1 Factor de Mantenimiento:

Este factor es utilizado para compensar las pérdidas de la iluminación que ocurre cuando la lámpara se tenga un desgaste, el factor se constituye por dos valores los cuales son, el L.L.D. que significa la depreciación de lúmenes en la lámpara utilizada, este valor es proporcionado por el fabricante, mientras que el siguiente valor es el D. L.L., el cuál es la depreciación de la lámpara por polvo este es tomado de la grafica de depreciación por polvo, la cual se muestra en la siguiente figura 1.20.

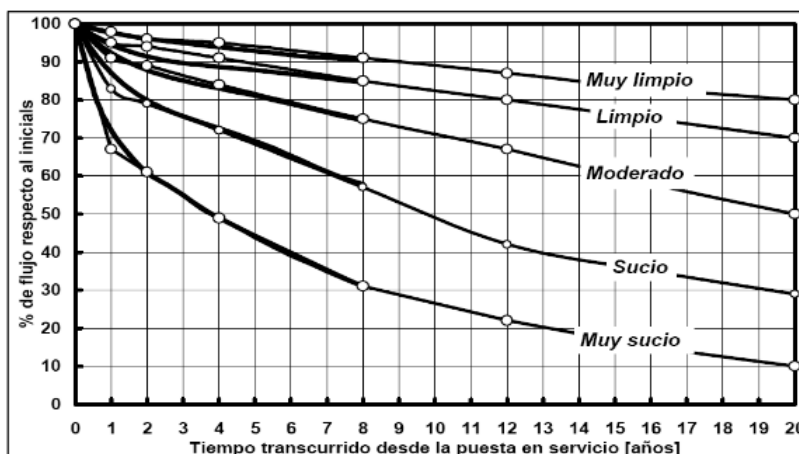


Figura 1.20 Curvas de depreciación del flujo luminoso por el polvo obtenida de (recuperada de <http://scieloprueba.sld.cu/pdf/rie/v33n1/rie04112.pdf>).

Para poder determinar el tipo de ambiente al cual está sometido el luminario, se explican a continuación en la tabla 1.7 el tipo de zona a que se refiere cada curva de la grafica anterior.



*Tabla 1. 7 Ambientes para determinar el valor de depreciación por polvo de un luminario*

Ambiente	Descripción
Muy limpio	No existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía además de que tienen un bajo nivel de contaminación ambiental, tránsito ligero generalmente limitado a áreas residenciales o rurales, el nivel de partículas ambientales no es mayor de 300 microgramos por metro cúbico.
Limpio	No existen actividades generadoras de polvo y humos en la cercanía, tránsito moderado o pesado. El nivel de partículas ambientales no es mayor de 300 microgramos por metro cúbico.
Moderado	Moderada actividad generadora de polvo y humos en la cercanía. El nivel de partículas no es mayor de 600 metros cúbicos.
Sucio	Humos y polvo generadores en actividades en la cercanía pueden ocasionalmente envolverlos.
Muy sucio	Las luminarias están envueltas en humo.

Con los anteriores valores se puede calcular el factor de mantenimiento con la ecuación 1.11

$$F.M = L.L.D. \times D.L.L. \quad (1.11)$$

## 1.11 Mantenimiento y sus tipos

El mantenimiento es una acción por el cual se busca mejorar los aspectos más relevantes de un determinado área como la seguridad, productividad, imagen, higiene, imagen etcétera. Existen cuatro tipos de mantenimientos:

- **Correctivo:** también es conocido como reactivo, se aplica cuando se produce algún error en el sistema, porque se dañó o se destrozó. Este tipo de mantenimientos, el proceso productivo se detiene, y por lo tanto se disminuye la cantidad de horas productivas. No se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que se lleva a realizarlo.
- **Preventivo:** también es conocido como el planificado, se lleva a cabo previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Como se realiza de forma planificada, se aprovechan las horas que no se realiza ningún trabajo para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará así como también el tiempo que demandará.
- **Predictivo:** en este se busca determinar la condición técnica, tanto eléctrica como mecánica, de la máquina mientras esta está en funcionamiento. Para que este mantenimiento pueda desarrollarse se recurre a sustentos tecnológicos que permitan establecer las condiciones del equipo. Gracias a este tipo de mantenimientos se

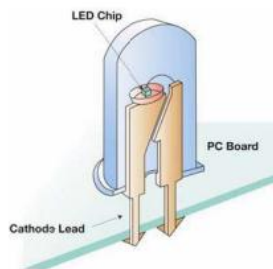
disminuyen las pausas que generan en la producción los mantenimientos correctivos. Así, se disminuyen los costos por mantenimiento y por haber detenido la producción.

- **Proactivo:** están asociados con los principios de colaboración, sensibilización, solidaridad, trabajo en equipo, etcétera, de tal forma que esta directa o indirectamente involucrados con las personas que lo realizan, por lo tanto deben estar atentos de los problemas de mantenimiento.. En el mantenimiento proactivo siempre existe una planificación de las operaciones, que son agregadas al plan estratégico de las organizaciones. Además, periódicamente se envían informes a la gerencia aclarando el progreso, los aciertos, logros y errores de las actividades.

## Capítulo 2. Tecnología Led

### 2.1 Led

Led son las siglas en inglés Light Emitting Diode que en español significa diodo emisor de luz. Es un dispositivo electrónico que emite luz, el cual consiste de un material semiconductor que está formado por una unión tipo p-n la cual hace que una corriente fluya fácilmente a través del lado “p” llamado ánodo hacia el lado “n” llamado cátodo, por lo consiguiente ocurre un flujo de electrones, en donde al pasar del ánodo al cátodo el electrón sufre un desbalance de energía sumergiéndose a un nivel inferior y a consecuencia de esta reacción se libera energía en forma de fotón. Ver figura 2.1



*Figura 2. 1 Partes de un led (recuperada de [http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI\\_Led.pdf](http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI_Led.pdf).)*

### 2.2 Evolución de los led

Desde la primera aparición de los leds en los años 60 en rojo, pasando por los leds verdes en los años 70 hasta la aparición de los leds azules a principios de los 90 se dio un paso importante

en la creación de la luz blanca. Gracias a los avances de las tecnologías en la electrónica fue posible que a finales de los 90 se desarrollaran los primeros leds para las aplicaciones en la iluminación. Actualmente se han desarrollado los leds de alta luminosidad (SMD) que desempeñan un mayor flujo luminoso emitiendo una luz blanca que produce 20 lúmenes por voltios lo que ha permitido lograr intensidades lumínicas de 5 a 20 veces mayores. Se crean colores intensos sin la necesidad de un filtro, permitiendo que desde el blanco se pueda producir digitalmente cualquier color. Los haces de luz no emiten rayos UV ni calor.

### **2.3 Funcionamiento**

Las mejores ventajas de los leds de alta luminosidad como fuente de iluminación han hecho que se vayan sustituyendo cualquier otra tecnología convencional para generar luz como son las lámparas incandescentes, fluorescentes o de descarga. Los leds presentan una estructura simple y sólida, consiste en un pequeño microchip incrustado en un sencillo circuito eléctrico. A diferencia de una lámpara incandescente, no cuenta con un filamento el cual produzca calor. El funcionamiento físico de un led sucede con los materiales semiconductores, el paso de un electrón de la banda de conducción a la banda de valencia se pierde energía; esta energía se puede manifestar en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria.

De acuerdo con la definición Camino Romano Sisante:

“Cuando un diodo semiconductor se polariza directamente, los huecos de la zona “p” se mueven hacia la zona “n” y los electrones de la zona “n” hacia la zona “p”; ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo. Si los electrones y

huecos están en la misma región, pueden recombinarse, es decir, los electrones pueden pasar a "ocupar" los huecos, "cayendo" desde un nivel energético superior a otro inferior más estable."

En otros tipos de diodos, la energía que se libera es principalmente en forma de calor, radiación infrarroja o radiación ultravioleta. Cuando se presenta el caso de que un diodo libere la radiación ultravioleta, se logra aprovechar dicha radiación para poder producir radiación visible, todo esto se logra mediante sustancias fluorescentes o fosforescentes para que absorban la radiación ultravioleta expuesta por el diodo y posteriormente emitan luz visible. Un led casi siempre se encuentra encapsulado, el tipo de encapsulado suele variar dependiendo su utilidad de este los más comunes son de plástico por ser más resistente al vidrio

Para lograr una adecuada intensidad luminosa se debe escogerse elegir la corriente que atraviesa el led, en donde el voltaje de operación va desde 1,8 hasta 3,8 volts aproximadamente lo que se relacionado con el tipo de material de fabricación y el color de la luz que emite. Los valores más comunes de corriente directa de la polarización se encuentran entre los 10 y los 40 mA. Suelen tener una mejor eficiencia si la corriente que circula es menor, para su mejor operación se buscar un equilibrio entre la intensidad luminosa que producen y la eficiencia.

## **2.4 Partes genéricas de un led tipo indicador**

Las partes principales de un led son las siguientes:

1. Cápsula protectora fabricada de resina epoxica.
2. Chip o dado (die) de color rojo, azul o verde, que es el área activa emisora de luz.
3. Superficie reflectora, en cuyo interior se aloja el chip o dado (die).

4. Base de resina para soporte estructural del LED.
5. Terminal negativo (–) de alimentación, mejor conocido como cátodo.
6. Terminal positivo (+) de alimentación o mejor conocido como ánodo.
7. Conductor para conexión interna entre el cátodo y ánodo a través del chip o dado (die).
8. Soportes de chip o dado (die) y de las terminales negativa y positiva.

Lo anterior se muestra en la figura 2.2

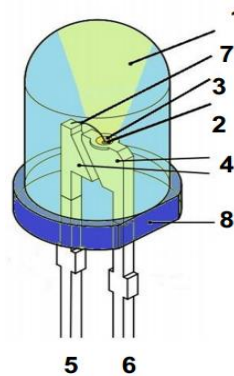


Figura 2. 2 Partes de un led (recuperada de [http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI\\_Led.pdf](http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI_Led.pdf), 2014)

## 2.5 Vida útil de los leds

La vida útil de un LED es el periodo de tiempo en el que éste funciona sin disminuir su capacidad de emitir una intensidad luminosa constante. Los leds disminuyen su intensidad luminosa original con respecto al tiempo y ésta se calcula en base a un determinado porcentaje del flujo luminoso inicial y no en base al momento en que dejan de operar:

- 70% para iluminación general.

- 50% para iluminación decorativa.

Lo que significa, que los leds siguen funcionando después de las horas de vida útil especificadas por el fabricante, aunque con menor emisión de la intensidad luminosa original. Su mínima vida útil de un led de calidad es igual a 50,000 horas. Significa que a las 50,000 horas el flujo luminoso se mantiene al menos un 70% de su valor inicial. Rebasadas las 50,000 horas de operación, el led continuara emitiendo un flujo luminoso de un 30% menos respecto al flujo luminoso inicial, sin dejar de emitir intensidad luminosa o dejar de operar.

## 2.6 Drives

Los leds trabajan usualmente con corriente continua, para el funcionamiento en una instalación con corriente alterna en la mayoría de instalaciones se necesitará contar con un controlador llamado driver, que convierta la corriente alterna en corriente continua y, a su vez, disminuya el voltaje. El driver debe adaptar el voltaje de salida a las necesidades del led, debido a su baja impedancia, funcionan a una tensión de corriente baja. También son sensibles a las alteraciones de corriente, por eso es necesario que el driver estabilice la tensión, lo que a su vez estabilizará el flujo lumínico (intensidad y color) y la temperatura del led. Los drivers no son necesarios de instalar en linternas a pilas, porque la corriente de salida de una pila es muy baja en comparación con la red eléctrica. El driver es esencial ya que de él depende en gran medida aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida por un led. En muchas ocasiones el driver se encuentra instalado en la propia lámpara led y no es visible. Suele ser así en lámparas pequeñas o de uso doméstico. Esto hace que su instalación sea fácil. En lámparas y luminarias led



de alta potencia y aplicaciones de usos industriales, constituidas por múltiples leds, los drivers son externos y regulan la potencia de varios chips a la vez, la tensión se irá regulando automáticamente en función de la cantidad de leds que se conecten. La principal ventaja de los drivers externos es que son fácilmente sustituibles.

## **2.7 Ventajas de los led**

De los textos de Criterios de diseño en iluminación y color de Caminos J, (2011).

“De acuerdo con las características de los leds para afirmar que son la mejor alternativa a fuentes de iluminación convencionales son los siguientes puntos.”

### **a) Tamaño pequeño**

Un led es de un tamaño muy pequeño y su haz de luz es proporcional a las altas prestaciones lumínicas.

### **b) Consumo de electricidad bajo**

Los leds tienen un consumo de electricidad muy bajo. Generalmente, un led está diseñado para funcionar con una tensión de 2-3.6V y una pequeña corriente de 0.02-0.03A, esto representa que no necesita más de 0.1w para funcionar.

### **c) Vida larga**

Con funcionamiento de tensión nominal, corriente nominal y un ambiente adecuados los leds pueden llegar a durar aproximadamente 100,000 horas.

**d) Alta eficacia luminosa y baja emisión de calor**

Los leds llegan a convertir casi toda la energía usada en luz, por lo cual tienen un alto rendimiento y por lo consiguiente alta eficacia luminosa y baja emisión de calor.

**e) Protección del medio ambiente**

Los leds son fabricados con materiales no tóxicos a diferencia de las lámparas fluorescentes que contienen pequeñas cantidades de mercurio que son altamente contaminantes, en cambio los leds pueden ser reciclados.

**f) Irrompible**

El dispositivo led está completamente encapsulado de una resina epoxi, lo cual lo hace más resistente que otras lámparas; en su interior no presenta ninguna parte móvil, por lo tanto lo hace más resistente a vibraciones o impactos.

**g) Reducido mantenimiento para un ahorro de costos**

Las lámparas basadas en led tienen al menos 10 veces mayor tiempo de vida útil que una luz convencional, no necesita reemplazar la lámpara de leds con ello reduce o elimina el mantenimiento reduce costos. Con los led elimina o reduce drásticamente la frecuencia de mantenimiento ahorrando dinero.

**h) Cambio de colores**

Rojo verde azul, blanco, ahora todo esto es posible obtenerlo con la misma lámpara sin la necesidad de filtros. Con una lámpara (RGB), es fácilmente conseguir el color que se desee. Las

lámparas leds de luz blanca son el progreso más actual para la iluminación. El uso de lámparas con la tecnología led se ha incrementado últimamente por sus varias características y ventajas que presentan.

Algunas características de los leds para un sistema de iluminación son:

- Su rendimiento es superior a otras lámparas: 100-150 lm/W.
- Su vida útil se encuentra entre las 50.000 y 100.000 horas.
- Su IRC es de aproximadamente el 90%.
- Consiguen una alta fiabilidad.
- Tienen una respuesta muy rápida.
- Conllevan menos riesgo para el medio ambiente.
- Es la tecnología más cara.

## **2.8 Aplicaciones de los leds**

Según el texto Criterios de diseño en iluminación y color de Caminos J., (2011)

“La eficacia, la luminosidad y la vida útil del led han avanzado a una increíble velocidad en los últimos años aplicándose en infinidad de sectores:”

- a) Iluminación de hostelería: Hoteles, restaurantes, discotecas, salones de bodas.
- b) Iluminación arquitectural: Ayuntamientos, edificios, estadios, aeropuertos, escuelas, hospitales, iglesias, puentes.

- c) Iluminación residencial: Hogares, apartamentos, residencias, hoteles.
- d) Iluminación espectacular: Escenarios, parques temáticos, salas de cine, casinos, teatros, museos.
- e) Iluminación de comercios: Grandes superficies, tiendas especializadas, personalización, personalización de franquicias.
- f) Iluminación de obras de arte: Esculturas, retablos, iglesias, imágenes, capillas.
- g) Iluminación de eventos: Ferias, congresos, convenciones, ceremonias, conciertos.
- h) Iluminación de contornos: Monumentos, rotondas, escenarios, pistas de aterrizaje, mobiliario, fachadas, puentes.
- i) Iluminación bajo el agua: Piscinas, fuentes, balnearios, spas, cascadas.
- j) Iluminación automoción: automóviles, barcos, aviones, trenes.

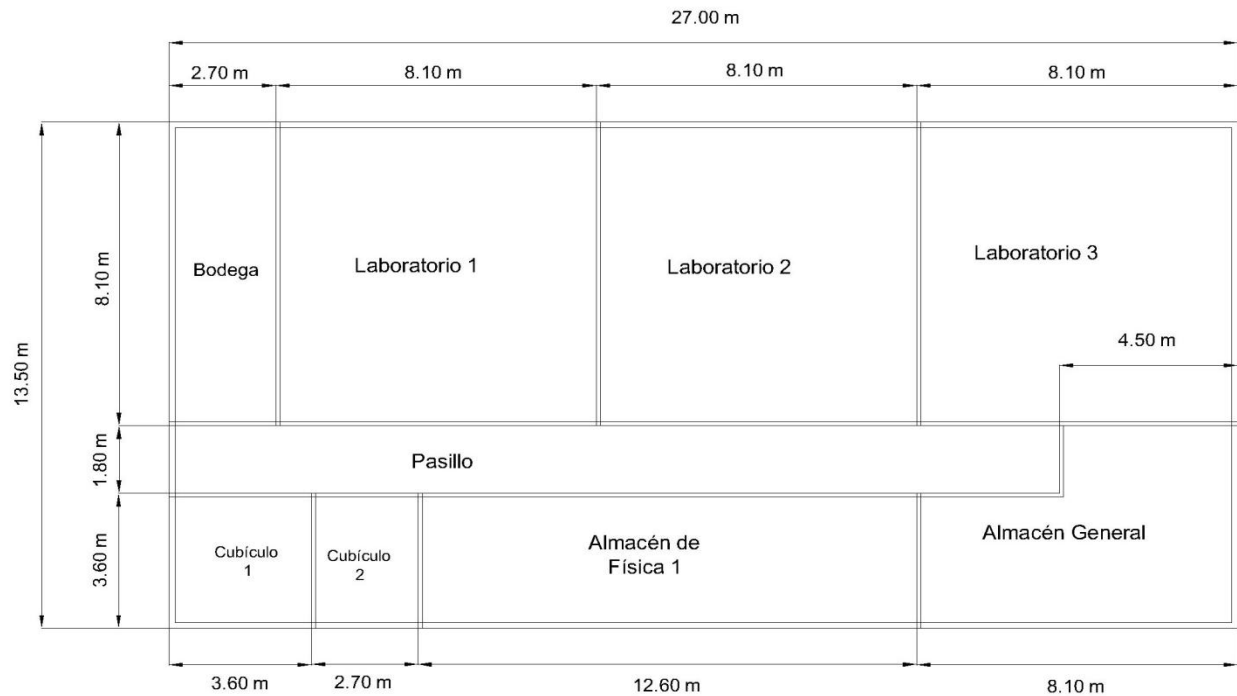
## **Capítulo 3. Estudio Técnico**

### **3.1 Situación actual**

Los laboratorios de Fisca 1 conformados por sus almacenes, cubículos y bodegas se encuentra ubicados en la planta baja de edificio Z1 de la ESIME Zacatenco de la Unidad Adolfo López Mateos. Actualmente cuentan con un sistema de iluminación que no cumple con los niveles mínimos de iluminancia requeridas por las normas, ya sea por su poco mantenimiento o por que las lámpara no funcionen adecuadamente por varios factores que afecten su rendimiento, los laboratorio son utilizados por estudiantes y profesores para la realización de sus actividades correspondientes, así como personal que se encarga de los almacenes y bodegas para tener todo el equipo necesario en orden y al alcance de las personas cuando lo soliciten, por eso necesario contar con un buen sistema de iluminación para brindar seguridad y comodidad durante su estancia en el lugar.

### **3.2 Descripción del área a analizar**

En el plano que se muestra en la figura 3.1 se puede ver cómo están distribuidos y localizados los laboratorios de Física, cubículos, bodegas y almacenes que los conforma. También se observa el plano en el anexo A.



*Figura 3. 1 Plano de la distribución de los laboratorios de Física 1*

Para poder realizar el análisis de los diferentes espacios, presentes en el laboratorio, se tomaron en consideración las siguientes características

- Tamaño y dimensiones del área
- Características del lugar
- Medición de la luminancia del área

### **3.2.1 Laboratorio 1**

#### **3.2.1.1 Tamaño y dimensiones del laboratorio 1**

El laboratorio 1 cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 8.1 metros
- Largo=8.1 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros
- Altura de mesa de trabajo= 0.9 metros

### 3.2.1.2 Características del lugar

El laboratorio 1 cuenta con un área de 65.61 metros cuadrados, cuenta con 8 mesas de trabajo de una altura de 90 centímetros y un escritorio para el profesor. Este laboratorio actualmente tiene instalado 16 luminarias, se tiene luminarias que no funciona, como se muestra en la figura 3.2, por el poco mantenimiento que se le brinda. También se observó una luminaria que no enciende, cada luminaria ocupan 2 lámparas fluorescente de 32 Watt para iluminar toda el área.



*Figura 3. 2 Condición actual de laboratorio 1*

### 3.2.1.3 Medición de la luminancia del laboratorio 1

Para poder realizar la medición de la iluminancia del laboratorio 1 se siguió el procedimiento descrito de acuerdo a la norma NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la siguiente ecuación 3.1:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)} \quad (3.1)$$

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 8.1 m,

y= Largo del laboratorio = 8.1 m,

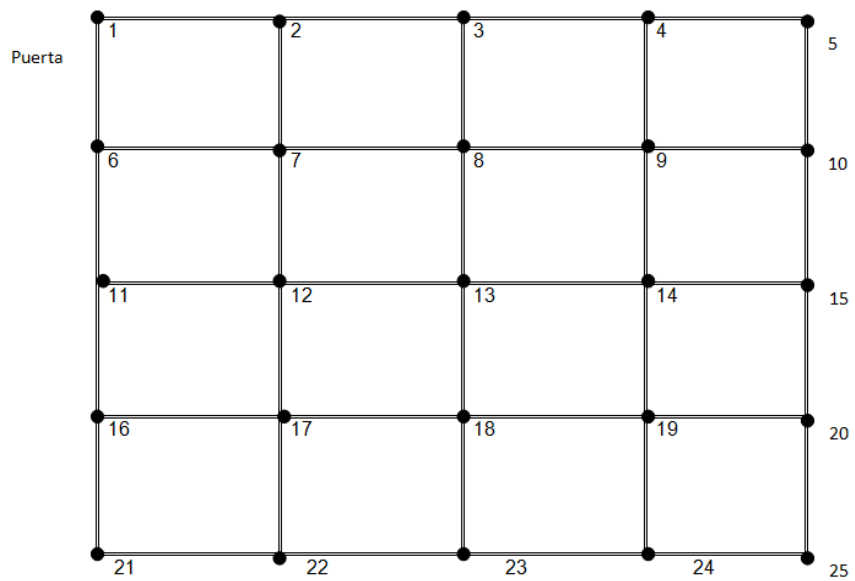
h= Altura de luminario respecto al trabajo= 1.8 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación 3.1 obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(8.1\text{m}) * (8.1\text{ m})}{1.8\text{ m} * (8.1\text{ m} + 8.1\text{ m})} = 2.25$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $2 \leq IC < 3$ ) teniendo un total de 16 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.3.





*Figura 3. 3 Zonas a evaluar de laboratorio 1*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.1 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

Tabla 3. 1 Medición de iluminancias del Laboratorio 1

Punto	Esquina,		Punto	Esquina,	
	lado ó Interior de la malla	Lux		lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	54	14	Interior	330
2	Lado	98	15	Lado	215
3	Lado	108	16	Lado	70
4	Lado	165	17	Interior	18
5	Esquina	360	18	Interior	195
6	Lado	65	19	Interior	270
7	Interior	134	20	Lado	190
8	Interior	260	21	Esquina	40
9	Interior	312	22	Lado	70
10	Lado	370	23	Lado	94
11	Lado	68	24	Lado	79
12	Interior	164	25	Esquina	80
13	Interior	225			

Con los cuales podemos realizar la media ponderada, de la ecuación 1.10.

$$Lux_{promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (534)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (1592)\right] + [2070]}{25} = 119.98 \text{ lux}$$

## **3.2.2 Laboratorio 2**

### **3.2.2.1 Tamaño y dimensiones del laboratorio 2**

El laboratorio 2 cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 8.1 metros
- Largo=8.1 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros
- Altura de mesa de trabajo= 0.9 metros

### **3.2.2.2 Características del lugar**

El laboratorio 2 tienen una área de 65.61 metros cuadrados, este laboratorio ha sido remodelado con un nuevo sistema de iluminación led, cuentan con 16 luminarias que cada uno ocupan 3 lámparas tipo led de 14 Watts para iluminar todo el área.

### **3.2.2.3 Medición de la luminancia del laboratorio 2**

Para poder realizar la medición de la iluminancia del laboratorio 2 se siguió el procedimiento descrito de acuerdo a la norma NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- Procedimiento de medición de iluminancia:

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 8.1 m,

y= Largo del laboratorio = 8.1 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 1.8 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(8.1\text{m}) * (8.1\text{ m})}{1.8\text{ m} * (8.1\text{ m} + 8.1\text{ m})} = 2.25$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1 y se encuentra dentro de los límites ( $2 \leq IC < 3$ ) teniendo un total de 16 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.4.

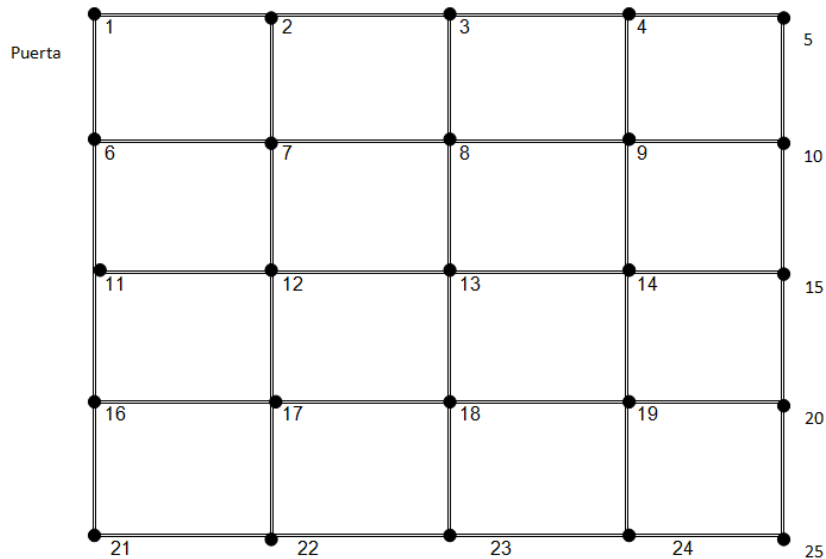


Figura 3. 4 Zona a evaluar de laboratorio 2

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.2 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

*Tabla 3. 2 Medición de iluminancias del Laboratorio 2*

<b>Punto</b>	<b>Esquina, lado ó Interior de la malla</b>	<b>Lux</b>	<b>Punto</b>	<b>Esquina, lado ó Interior de la malla</b>	<b>Lux</b>
1	Esquina	270	14	Interior	650
2	Lado	340	15	Lado	215
3	Lado	350	16	Lado	207
4	Lado	320	17	Interior	500
5	Esquina	143	18	Interior	608
6	Lado	282	19	Interior	607
7	Interior	474	20	Lado	200
8	Interior	605	21	Esquina	210
9	Interior	655	22	Lado	250
10	Lado	192	23	Lado	260
11	Lado	310	24	Lado	235
12	Interior	621	25	Esquina	97
13	Interior	689			

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$8Lux_{Promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (720)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (3161)\right] + [5409]}{25} = 286.76$$

### **3.2.3 Laboratorio 3**

#### **3.2.3.1 Tamaño y dimensiones del laboratorio 2**

El laboratorio 3 cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 8.1 metros
- Largo=8.1 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros
- Altura de mesa de trabajo= 0.9 metros

#### **3.2.3.2 Características del lugar**

El laboratorio 3 cuenta con un área de 65.61 metros cuadrados, cuenta con 8 mesas de trabajo de una altura de 90 centímetros y un escritorio para el profesor. Este laboratorio tiene instalado 16 luminarias, se tiene luminarias con difusor y otro sin difusor por su poco mantenimiento que

se le brinda. También se observó una luminaria que no enciende, cada luminaria ocupan 2 lámparas fluorescente de 32 Watt para iluminar toda el área.

### 3.2.3.3 Medición de la luminancia del laboratorio 3

Para poder realizar la medición de la iluminancia laboratorio 3 se siguió el procedimiento descrito de acuerdo a la norma NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 8.1 m,

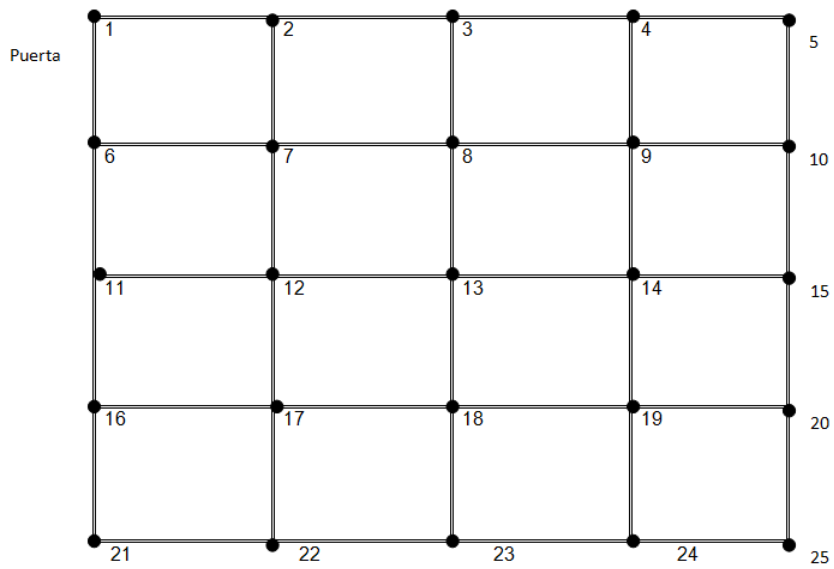
y= Largo del laboratorio = 8.1 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 1.8 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(8.1\text{m}) * (8.1\text{ m})}{1.8\text{ m} * (8.1\text{ m} + 8.1\text{ m})} = 2.25$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $2 \leq IC < 3$ ) teniendo un total de 16 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.5.



*Figura 3. 5 Zona a evaluar de laboratorio 3*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.3 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.



Tabla 3. 3 Medición de iluminancias del Laboratorio 3

Punto	Esquina,		Punto	Esquina,	
	lado ó Interior de la malla	Lux		lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	93	14	Interior	324
2	Lado	131	15	Lado	220
3	Lado	135	16	Lado	125
4	Lado	300	17	Interior	320
5	Esquina	340	18	Interior	304
6	Lado	122	19	Interior	259
7	Interior	217	20	Lado	140
8	Interior	297	21	Esquina	73
9	Interior	249	22	Lado	137
10	Lado	163	23	Lado	130
11	Lado	197	24	Lado	130
12	Interior	320	25	Esquina	115
13	Interior	310			

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{Promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (621)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (1930)\right] + [2600]}{25} = 148.81 \text{ lux}$$

### 3.2.4 Pasillo

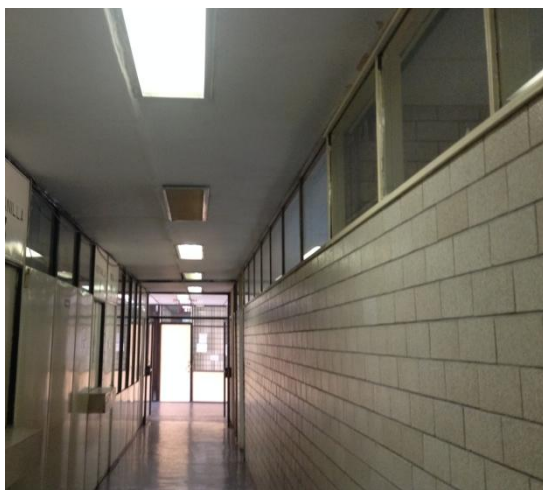
#### 3.2.4.1 Tamaño y dimensiones del pasillo

El pasillo cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 1.8 metros
- Largo=22.5 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros

#### 3.2.4.2 Características del lugar

El pasillo que conduce a cada área de la zona de los laboratorios de Física 1 tiene un área de 38.88 metros cuadrados, actualmente se tiene instalado un total de 8 luminarias de las cuales una no funciona, como se muestra en la imagen 3.6, cada luminaria ocupa 2 lámparas fluorescente de 32 W para iluminar toda el área.



*Figura 3. 6 Condición actual del pasillo*

### 3.2.4.3 Medición de la luminancia del pasillo

Para poder realizar la medición de la iluminancia del pasillo se siguió el procedimiento descrito de acuerdo a la norma NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 1.8 m,

y= Largo del laboratorio = 22.5m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 2.7 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(1.8\text{m}) * (22.5\text{ m})}{2.7\text{ m} * (1.8\text{ m} + 22.5\text{ m})} = 0.61$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $IC < 1$ ) teniendo un total de 6 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.7.

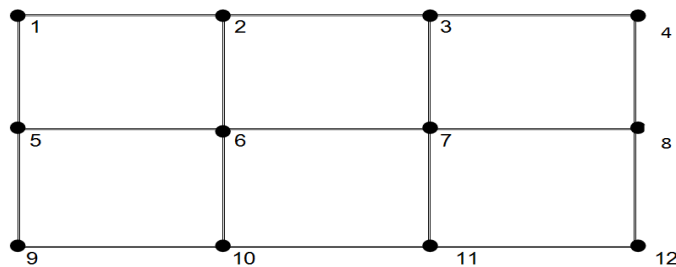


Figura 3. 7 Zona a evaluar del pasillo

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.4 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

*Tabla 3. 4 Medición de iluminancias del Pasillo*

Punto	Esquina, lado ó Interior de la malla	Lux
1.	Esquina	53
2.	Lado	77
3.	Lado	122
4.	Esquina	120
5.	Lado	30
6.	Interior	91
7.	Interior	130
8.	Lado	143
9.	Esquina	31
10.	Lado	85
11.	Lado	128
12.	Esquina	139

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (343)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (585)\right] + [221]}{12} = 49.93 Lux$$

### **3.2.5 Bodega**

#### **3.2.5.1 Tamaño y dimensiones de la bodega**

La Bodega cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 2.7 metros
- Largo=8.1 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros

#### **3.2.5.2 Características del lugar**

La bodega se encuentra a la derecha de la entrada de la planta baja del edificio Z-1 y a un costado del laboratorio 1 con un área de 21.87 metros cuadrados, donde se tiene instalado un total de 2 luminarias cada uno ocupa 2 lámparas fluorescente de 32 W para iluminar toda el área.

#### **3.2.5.3 Medición de la luminancia de la bodega**

Para poder realizar la medición de iluminancia del pasillo se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 2.7 m,

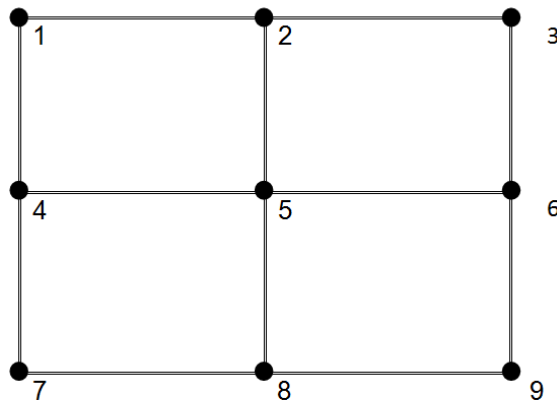
y= Largo del laboratorio = 8.1 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 2.7 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(2.7\text{m}) * (8.1\text{ m})}{2.7\text{m} * (2.7\text{ m} + 8.1\text{ m})} = 0.75$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $IC < 1$ ) teniendo un total de 4 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.8.



*Figura 3. 8 Zona a evaluar de la bodega*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.5 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

Tabla 3. 5 Medición de iluminancias de la bodega

Punto	Esquina, lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	95
2	Lado	77
3	Esquina	49
4	Lado	40
5	Interior	50
6	Lado	30
7	Esquina	44
8	Lado	46
9	Esquina	50

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (234)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (193)\right] + [50]}{9} = 22.747 Lux$$

### 3.2.6 Almacén de física 1

#### 3.2.6.1 Tamaño y dimensiones del almacén de física 1

El almacén de física 1 cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 3.6 metros
- Largo=12.6 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros

### 3.2.6.2 Características del lugar

El almacén de Física 1 se encuentra todo el material y equipo empleado para la realización de las prácticas en los laboratorios tiene un área de 45.36 metros cuadrados, donde se tiene instalado un total de 14 luminarias cada uno ocupa 2 lámparas fluorescente de 32 W para iluminar toda el área. El área se dividió en dos secciones por contar con un estante en medio del almacén y así poder obtener las mediciones.

### 3.2.6.3 Medición de la luminancia de la sección 1 del almacén de física 1

Para poder realizar la medición de iluminancia del pasillo se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 0.8 m,



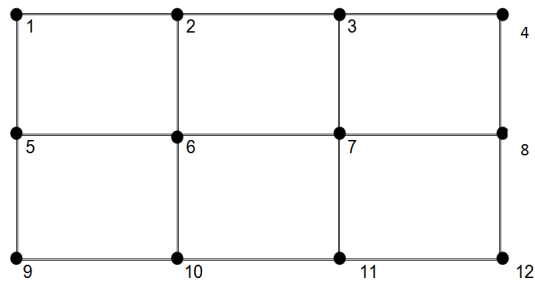
y= Largo del laboratorio = 12.6 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 2.7 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(0.8\text{m}) * (12.6\text{ m})}{2.7\text{m} * (0.8\text{ m} + 12.6\text{ m})} = 0.27$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $IC < 1$ ) teniendo un total de 6 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.9.



*Figura 3. 9 Zona a evaluar seccion1 del almacén de física 1*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.6 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

Tabla 3. 6 Medición de iluminancias de la sección 1 del Almacén de Física 1

Punto	Esquina, lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	165
2	Lado	155
3	Lado	127
4	Esquina	185
5	Lado	145
6	Interior	220
7	Interior	150
8	Lado	180
9	Esquina	40
10	Lado	204
11	Lado	129
12	Esquina	290

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{Promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (680)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (940)\right] + [370]}{12} = 84.16 Lux$$

### 3.2.6.4 Medición de la luminancia de la sección 2 del almacén de física 1

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 0.7 m,

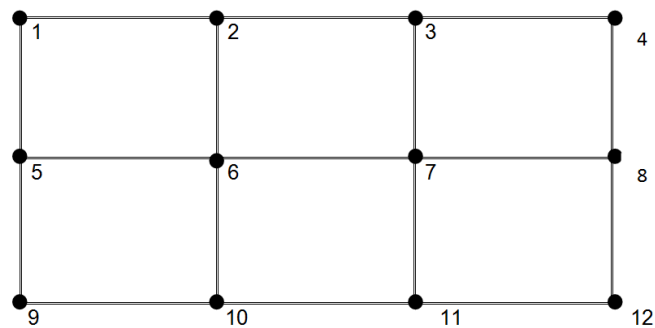
y= Largo del laboratorio = 12.6 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 2.7 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(0.8\text{m}) * (12.6\text{ m})}{2.7\text{m} * (0.8\text{ m} + 12.6\text{ m})} = 0.27$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $IC < 1$ ) teniendo un total de 6 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.10.



*Figura 3. 10 Zona a evaluar sección 2 del almacén de física 1*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.7 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

Tabla 3. 7 Medición de iluminancias de la sección 2 del Almacén de Física 1

Punto	Esquina, lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	53
2	Lado	200
3	Lado	108
4	Esquina	373
5	Lado	94
6	Interior	157
7	Interior	125
8	Lado	480
9	Esquina	99
10	Lado	118
11	Lado	99
12	Esquina	369

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (894)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (1099)\right] + [282]}{12} = 87.91 Lux$$

### **3.2.7 Cubículo 1**

#### **3.2.7.1 Tamaño y dimensiones del cubículo 1**

El cubículo 1 cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 3.6 metros
- Largo=3.6 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de mesa de trabajo= 0.9 metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros

#### **3.2.7.2 Características del lugar**

El cubículo se localiza a la izquierda de la entrada de la planta baja del edificio Z-1 y enfrente la bodega con un área de 12.96 metros cuadrados, donde se tiene instalado un total de 2 luminarias cada uno ocupa 2 lámparas fluorescente de 32 W para iluminar toda el área.

#### **3.2.7.3 Medición de la luminancia del cubículo 1**

Para poder realizar la medición de iluminancia del pasillo se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 3.6 m,

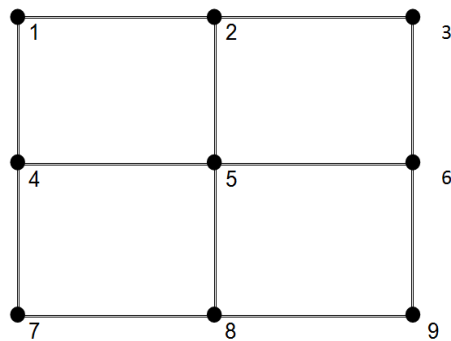
y= Largo del laboratorio = 3.6 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 1.8 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(3.6m) * (3.6 m)}{1.8m * (3.6m + 3.6 m)} = 1$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los limites (IC=1) teniendo un total de 4 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.11.



*Figura 3. 11 Zona a evaluar del cubículo 1*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.8 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

Tabla 3. 8 Medición de iluminancias del cubículo 1

Punto	Esquina, lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	235
2	Lado	256
3	Esquina	224
4	Lado	252
5	Interior	351
6	Lado	268
7	Esquina	264
8	Lado	234
9	Esquina	265

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{Promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (988)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (1010)\right] + [351]}{9} = 12.55 Lux$$

### 3.2.8 Cubículo 2

#### 3.2.8.1 Tamaño y dimensiones del cubículo 2

El cubículo 2 cuenta con las siguientes medidas:

- Ancho= 2.7 metros
- Largo=3.6 metros

- Altura total = 3 metros
- Altura de mesa de trabajo = 0.9 metros
- Altura de piso al luminario = 2.7 metros

### **3.2.8.2 Características del lugar**

El cubículo 2 se localiza a la izquierda del cubículo 1 de la planta baja del edificio Z-1 y enfrente del laboratorio 1 con un área de 9.72 metros cuadrados, donde se tiene instalado un total de 2 luminarias cada uno ocupa 2 lámparas fluorescente de 32 W para iluminar toda el área.

### **3.2.8.3 Medición de la luminancia del cubículo 2**

Para poder realizar la medición de iluminancia del pasillo se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

$x$  = Ancho del laboratorio = 2.7 m,

$y$  = Largo del laboratorio = 3.6 m,

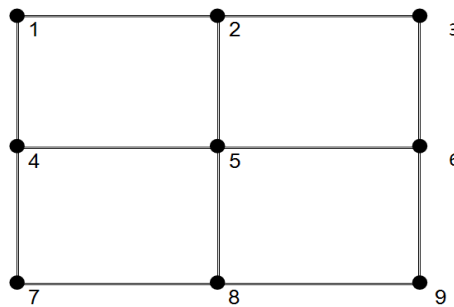
$h$  = Altura de luminario respecto al trabajo = 1.8 m.



Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(2.7\text{m}) * (3.6\text{ m})}{1.8\text{m} * (3.6\text{m} + 2.7\text{ m})} = 0.85$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $IC < 1$ ) teniendo un total de 4 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.12.



*Figura 3. 12 Zona a evaluar del cubículo 2*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.9 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

Tabla 3. 9 Medición de iluminancias de la bodega

Punto	Esquina, lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	257
2	Lado	287
3	Esquina	254
4	Lado	266
5	Interior	387
6	Lado	268
7	Esquina	297
8	Lado	275
9	Esquina	287

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (1095)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (1096)\right] + [387]}{9} = 134.30 Lux$$

### 3.2.9 Almacén general

#### 3.2.9.1 Tamaño y dimensiones del almacén general

El almacén general cuenta con las siguientes medidas:

- a) Sección 1

- Ancho= 3.6 metros
- Largo=8.1 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros

b) Sección 2

- Ancho= 1.8 metros
- Largo=4.5 metros
- Altura total = 3metros
- Altura de piso al luminario= 2.7 metros

### **3.2.9.2 Características del lugar**

El almacén de general se encuentra al fondo del pasillo en él se encuentra el equipo viejo que ya no se utiliza, tiene un área total juntado las dos secciones de 37.26 metros cuadrados, donde se tiene instalado un total de 12 luminarias, cada uno ocupa 2 lámparas fluorescente de 32 W para iluminar toda el área.

El área se dividió en dos secciones por contar con una forma uniforme y poder obtener las mediciones.

### 3.2.9.3 Medición de la luminancia de la sección 1 del almacén general

Para poder realizar la medición de iluminancia del pasillo se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, referida en el capítulo 1.

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 3.6 m,

y= Largo del laboratorio = 8.1 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 2.7 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un índice de área de:

$$IC = \frac{(3.6\text{m}) * (8.1\text{ m})}{2.7\text{m} * (3.6\text{ m} + 8.1\text{ m})} = 0.92$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $IC < 1$ ) teniendo un total de 6 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.13.

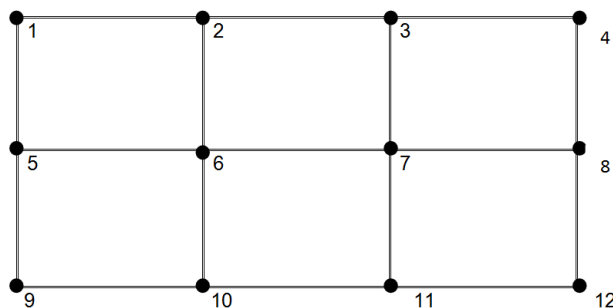


Figura 3. 13 Zona a evaluar de la sección 1 del almacén general

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.10 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

*Tabla 3. 10 Medición de iluminancias de la sección 1 del Almacén General*

<b>Punto</b>	<b>Esquina, lado ó Interior de la malla</b>	<b>Lux</b>
1	Esquina	20
2	Lado	20
3	Lado	45
4	Esquina	40
5	Lado	50
6	Interior	42
7	Interior	80
8	Lado	70
9	Esquina	65
10	Lado	90
11	Lado	50
12	Esquina	53

Con los cuales podemos realizar la media ponderada con la ecuación 1.10.

$$Lux_{Promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (178)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (325)\right] + [122]}{12} = 27.41 Lux$$

### 3.2.9.4 Medición de la luminancia de la sección 2 del almacén general

- **Procedimiento de medición de iluminancia:**

Para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 3.1:

Donde:

x= Ancho del laboratorio= 1.8 m,

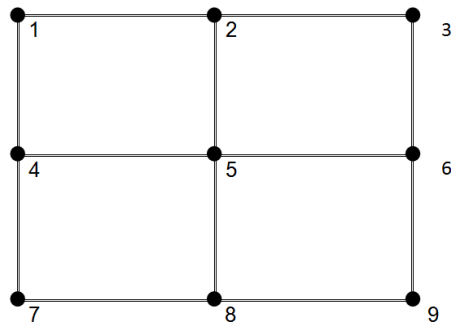
y= Largo del laboratorio = 4.5 m,

h= Altura de luminario respecto al trabajo= 2.7 m.

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(1.8m) * (4.5 m)}{2.7m * (1.8m + 4.5m)} = 0.47$$

Este valor lo comparamos con los valores de la tabla 1.5 del capítulo 1, el cual se encuentra dentro de los límites ( $IC < 1$ ) teniendo un total de 4 zonas a evaluar, las cuales se marcan en la siguiente figura 3.14.



*Figura 3. 14 Zona a evaluar de la sección 2 del almacén general*

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en la esquina, lado e interior de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.11 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer el nivel de iluminancia que se tiene.

*Tabla 3. 11 Medición de iluminancias de la sección 2 del Almacén General*

Punto	Esquina, lado ó Interior de la malla	Lux
1	Esquina	92
2	Lado	75
3	Esquina	42
4	Lado	42
5	Interior	62
6	Lado	34
7	Esquina	55
8	Lado	51
9	Esquina	60

Con los cuales podemos realizar la media ponderada la ecuación 1.10.

$$Lux_{Promedio} = \frac{\left[\left(\frac{1}{4}\right) * (249)\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) * (194)\right] + [62]}{12} = 24.58 Lux$$

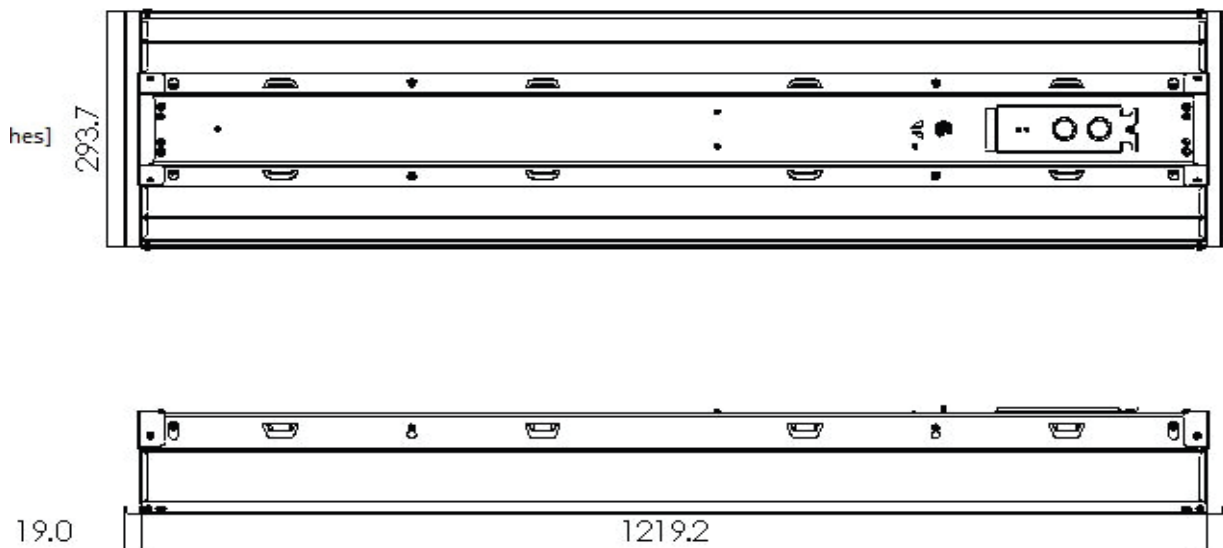
Durante el desarrollo de los cálculos en cada una de las áreas se comprobó que no cumplían con los niveles mínimos de iluminación que requiere la NOM-025-STPS-2008, haciendo que el sistema de iluminación actual presenta deficiencia en su funcionamiento.

### 3.3 Selección de la luminaria para la nueva propuesta

Para la selección de la luminaria de la nueva propuesta se seleccionó el tipo Led luminarias serie IP de la General Electric los cuales están diseñados para ofrecer una iluminación eficiente. Estas luminarias eficientes tienen una larga vida y entregar una eficiencia destacable de 100 lúmenes por volts que permite reducir costos de mantenimiento y operación. Ver figura 3.15. Sus dimensiones se observa en la figura 3.16



*Figura 3. 15 Luminaria GE Led serie IP*



*Figura 3. 16 Dimensiones de la Luminaria GE Led serie IP*



El perfil ultra delgado y el mantenimiento de lúmenes mejorado de al menos el 80% del flujo luminoso inicial a las 50,000 horas de operación, reduce los costos de instalación y mantenimiento durante su vida útil. Es conveniente para la iluminación interior. Observa el catálogo completo en el Anexo B.

### **3.3.1 Características técnicas**

Las características técnicas de la luminaria son las siguientes:

- Entrega de salida de luz: 4.000 lúmenes
- Potencia de entrada del sistema: 40W para 4000 lm
- Eficacia: 100 Lumen por Watt
- Voltaje de entrada: 120-277V
- Control de atenuación estándar: 0-10, DALI
- CC T: 4000°K
- CR I: 83
- Frecuencia de entrada (Hz): 50 / 60Hz
- Factor de potencia: 0.9
- Dimensiones: 11,56 x 48 x 5 pulgadas
- Montaje: Suspensión
- Peso: 18 libras
- Valoración IC: No-IC Calificación
- Driver Incluido de 50 000 horas de operación

- Garantía: 5 años estándar

### 3.3.2 Datos y curva polar de la luminaria

La luminaria presenta la siguiente curva fotométrica y sus datos ver figura 3.17

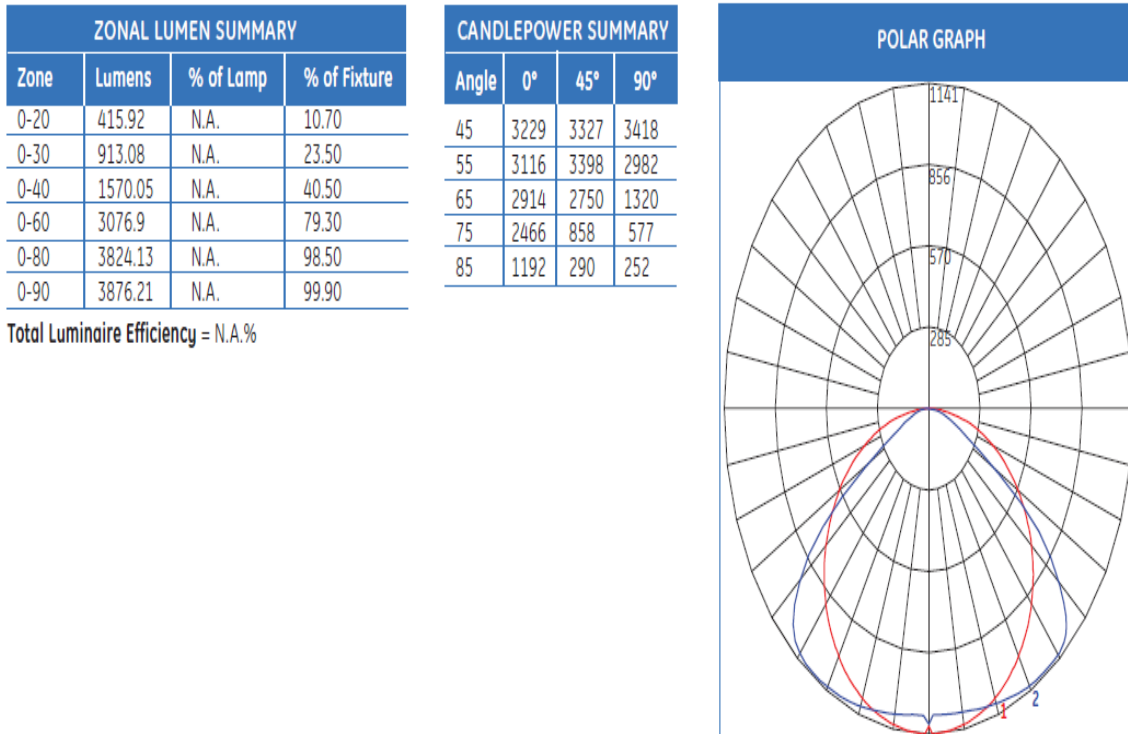


Figura 3. 17 Curvas fotométricas de la Luminaria GE Led serie IP

### **3.4 Cálculos de la propuesta nueva**

Para realizar la memoria de cálculo de la propuesta nueva del sistema de iluminación se realizo los siguientes pasos:

- Características del lugar
- Determinación de la curva de distribución de la luminaria
- Utilizar el método de lumen
  
- a) Determinar el coeficiente de utilización C.U.
- b) Determinar el factor de mantenimiento F.M.
  
- Acomodo de luminarias

Se dividió los espacios de acuerdo al plano de la figura 3.1

#### **3.4.1 Laboratorio 1**

##### **3.4.1.1 Características del laboratorio 1**

Nivel de iluminación 300 lx de acuerdo a la tabla 3.15 de la NOM-025-STPS-2008 por no ser un laboratorio de gran precisión se determino ese nivel de iluminación.

- Largo: 8.1 m
- Ancho: 8.1 m
- Altura total = 3 metros

- Altura de piso de trabajo = 0.9 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.18.

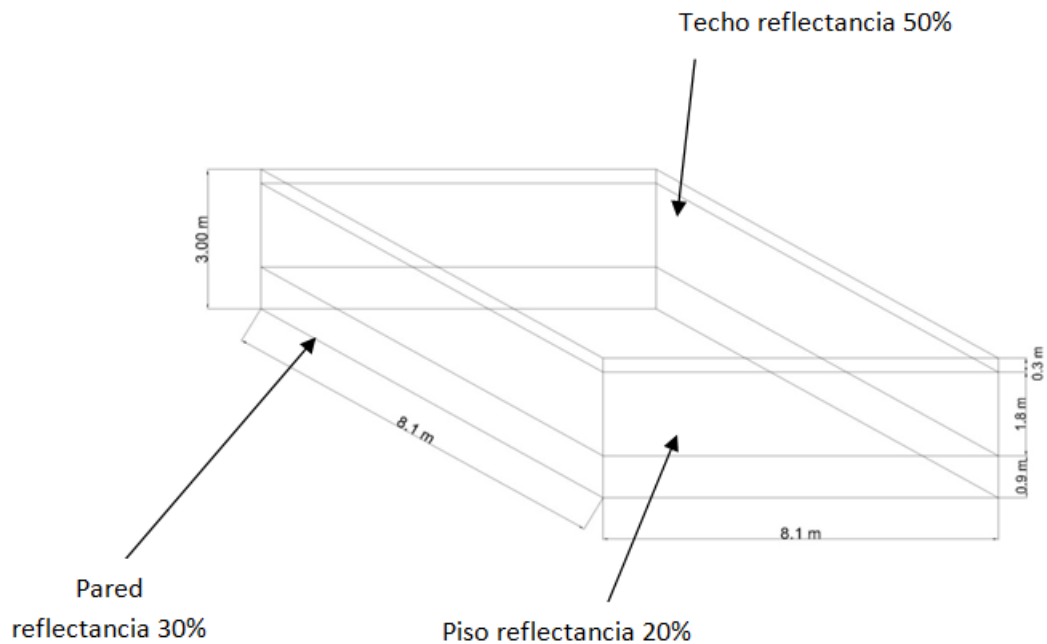


Figura 3. 18 Datos del laboratorio 1

### 3.4.1.2 Determinación de la curva de distribución para el laboratorio 1

Para seleccionar la curva de distribución, potencia de la lámpara, nos auxiliamos en el método punto por punto de la ecuación 3.3.

$$E = \frac{(I_{\text{candelas}})}{H_{\text{CC}}^2} \quad (3.3)$$

Para determinar la intensidad en candelas se despeja de la ecuación 3.3 para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$I = (E)(H_{\text{CC}}^2) \quad (3.4)$$

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{\text{CC}} = 1.8 \text{ metros}$$

$$I = (300)(1.8^2) = 972 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución de acuerdo a la figura 3.17 que tenga un valor igual o lo más cercano a las 972 cd a cero grados. Para esto utilizaremos una luminaria General Electric serie EP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.1.3 Método de lumen para el laboratorio 1

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, para la determinación del número de luminarias.

$$N = \frac{(E)(AREA)}{(LUMENES POR LUMONARIO)(C. U.)(F. M.)} \quad (3.5)$$

Sustituyendo los valores

$$N = \frac{(300)(65.61)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización). Calculamos la relación de cavidad de cuarto (Room Cavity Ratio), ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(H_{cc})(Largo + Ancho)}{Area} \quad (3.6)$$

$$F. C. R. = \frac{(5)(1.8)(8.1 + 8.1)}{65.61} = 2.22$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{cc}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 2.22. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.19

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 19 Valores de CU del Luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde tenemos que de 2 a 3 tenemos 1 de espaciamiento, de 2.22 a 2 tenemos 0.22 y a 3 tenemos 0.78, entonces en la ecuación 3.7:

$$\frac{\text{Valor menor} - \text{Valor mayor}}{\text{Espaciamiento}} \tag{3.7}$$

$$\frac{0.79 - 0.67}{1} = 0.12$$

Para determina el CU:

$$0.79 - (0.12 \times 0.22) = 0.763$$

$$0.67 + (0.12 \times 0.78) = 0.763$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.12, la cual nos muestra el valor de CU.

Tabla 3. 12 Interpolación del CU igual a 2.22 del laboratorio 1

Relación de cavidad	Coficiente de utilización (CU)
2.00	0.79
2.22	0.763
3.00	0.67

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcúlalo con la ecuación 3.8:

$$FM = DLL * LDD \quad (3.8)$$

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo b)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8) (0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores anteriores en la formula principal de método de lumen:

$$N = \frac{(300)(65.61)}{(4000)(0.763)(0.656)} = 9.83 = 9 \text{ LUMINARIAS}$$

Se determina el número de luminaria para el laboratorio 1. Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la siguiente ecuación 3.9:



$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{\text{AREA}}{\text{No.DE LUMINARIAS CALCULADAS}}} \quad (3.9)$$

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{65.61}{9}} = 2.7 \text{ m}$$

#### 3.4.1.4 Acomodo de luminarias

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10:

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{\text{ANCHO DEL LOCAL}}{S_{\text{REAL}}} \quad (3.41)$$

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{8.1}{2.7} = 3$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{\text{LARGO DEL LOCAL}}{S_{\text{REAL}}} \quad (3.11)$$

$$\text{FILAS} = \frac{8.1}{2.7} = 3$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias.

## 3.4.2 Laboratorio 2

### 3.4.2.1 Características del laboratorio 2

Nivel de iluminación 300 lx de acuerdo a la tabla 3.15 de la NOM-025-STPS-2008 por no ser un laboratorio de gran precisión se determino ese nivel de iluminación

- Largo: 8.1 m
- Ancho: 8.1 m
- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0.9 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.20.

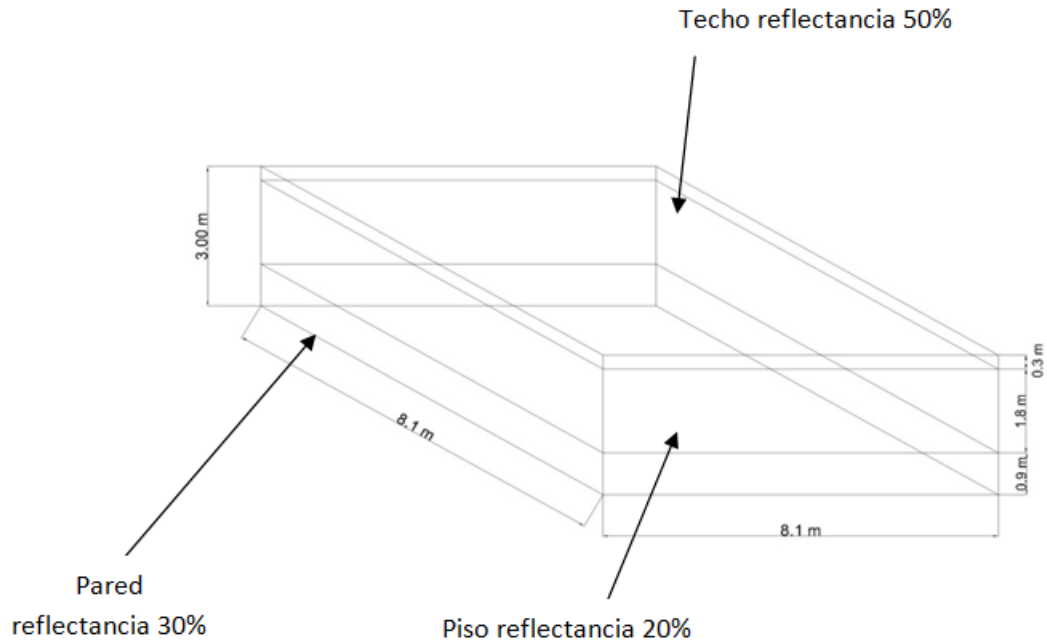


Figura 3. 20 Datos del laboratorio 2

### 3.4.2.2 Determinación de la curva de distribución para el laboratorio 2

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 1.8 \text{ metros}$$

$$I = (300)(1.8^2) = 972 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 972 cd a cero grados. Para esto utilizaremos una luminaria General Electric serie EP

con código de IP-14-0-A3-M-V-WHITE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHITE.ies de la figura 3.17.

### 3.4.2.3 Método de lumen para el laboratorio 2

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(300)(65.61)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización). Calculamos la relación de cavidad de cuarto (Room Cavity Ratio), con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(1.8)(8.1 + 8.1)}{65.61} = 2.22$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 2.22. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.21.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 21 Valores de CU de la Luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde de 2 a 3 tenemos 1 de espaciamento, de 2.22 a 2 tenemos 0.22 y a 3 tenemos 0.78, entonces se utiliza la ecuación 3.7:

$$\frac{0.79 - 0.67}{1} = 0.12$$

$$0.79 - (0.12 \times 0.22) = 0.763$$

$$0.67 + (0.12 \times 0.78) = 0.763$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.13, la cual nos muestra el valor de CU.

Tabla 3. 13 Interpolación del CU igual a 2.22 del laboratorio 2

Relación de cavidad	Coefficiente de utilización (CU)
2.00	0.79
2.22	0.763
3.00	0.67

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8)(0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(300)(65.61)}{(4000)(0.763)(0.656)} = 9.83 = 9 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{65.61}{9}} = 2.7 \text{ m}$$

### 3.4.2.4 Acomodo de luminarias

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{8.1}{2.7} = 3$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11.

$$\text{FILAS} = \frac{8.1}{2.7} = 3$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias

### 3.4.3 Laboratorio 3

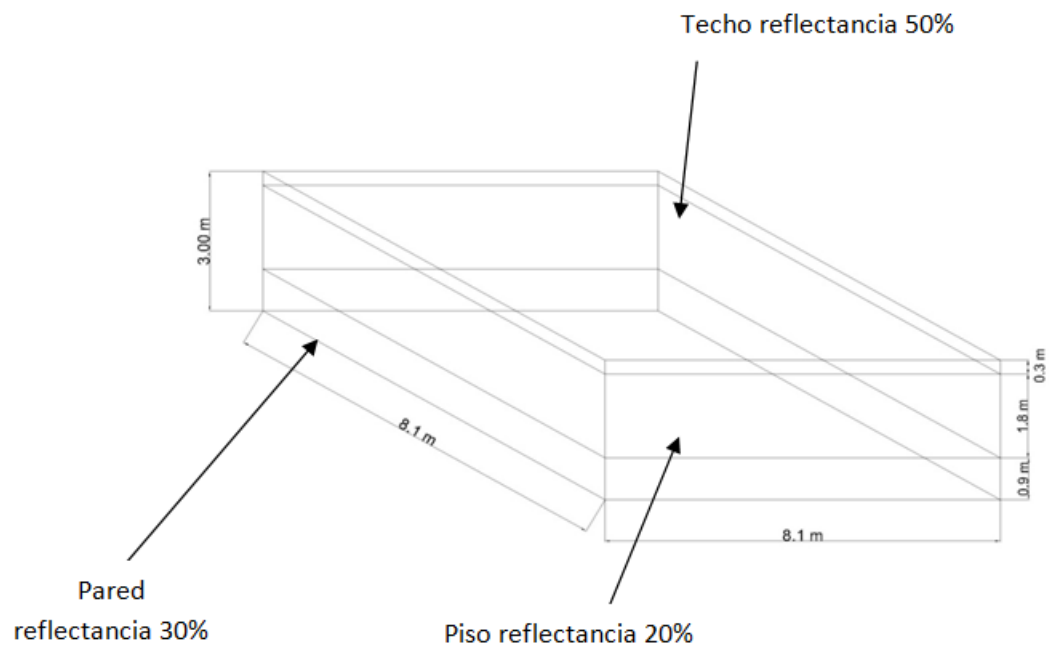
#### 3.4.3.1 Características del laboratorio 3

Nivel de iluminación 300 lx de acuerdo a la tabla 3.15 de la NOM-025-STPS-2008 por no ser un laboratorio de gran precisión se determino ese nivel de iluminación

- Largo: 8.1 m
- Ancho: 8.1 m
- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0.9 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%

- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.22.



*Figura 3. 22 Datos del laboratorio 3*



### 3.4.3.2 Determinación de la curva de distribución para el laboratorio 3

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 1.8 \text{ metros}$$

$$I = (300)(1.8^2) = 972 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 972 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General Electric serie EP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies.

### 3.4.3.3 Método de lumen para el laboratorio 3

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(300)(65.61)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización). Calculamos la relación de cavidad de cuarto (Room Cavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(1.8)(8.1 + 8.1)}{65.61} = 2.22$$

Donde:

5= porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 2.22. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.23.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 23 Valores de CU de la luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde de 2 a 3 tenemos 1 de espaciamiento, de 2.22 a 2 tenemos 0.22 y a 3 tenemos 0.78, entonces se utiliza la ecuación 3.7:

$$\frac{0.79 - 0.67}{1} = 0.12$$

$$0.79 - (0.12 \times 0.22) = 0.763$$

$$0.67 + (0.12 \times 0.78) = 0.763$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.14, la cual nos muestra el valor de CU.

*Tabla 3. 14 Interpolación del CU igual a 2.22 del laboratorio 3*

Relación de cavidad	Coficiente de utilización (CU)
2.00	0.79
2.22	0.763
3.00	0.67

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8) (0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5:

$$N = \frac{(300)(65.61)}{(4000)(0.763)(0.656)} = 9.83 = 9 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{65.61}{9}} = 2.7 \text{ m}$$

#### **3.4.3.4 Acomodo de luminarias**

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{8.1}{2.7} = 3$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{8.1}{2.7} = 3$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias

### **3.4.4 Cubículo 1**

#### **3.4.4.1 Características del cubículo 1**

Nivel de iluminación 300 lx de acuerdo a la tabla 3.15 de la NOM-025-STPS-2008 por ser un cubículo se requiere ese nivel de iluminación

- Largo: 3.6 m
- Ancho: 3.6 m

- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0.9 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.24.

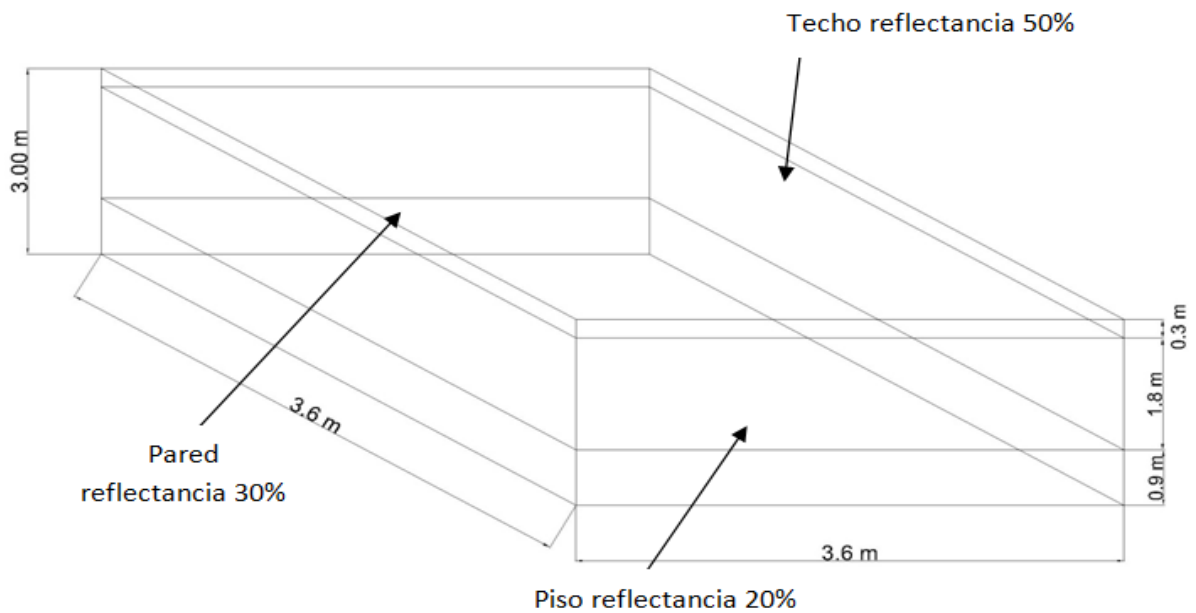


Figura 3. 24 Datos de cubículo 1

### 3.4.4.2 Determinación de la curva de distribución para el cubículo 1

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 1.8 \text{ metros}$$

$$I = (300)(1.8^2) = 972 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 972 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General Electric serie EP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.2.3 Método de lumen para el cubículo 1

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(300)(12.96)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización). Calculamos la relación de cavidad de cuarto (Room Cavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(1.8)(3.6 + 3.6)}{12.96} = 5$$

Donde:

5= porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 5. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.25.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 25 Valores de CU de la luminaria

El valor del C.U. es igual a 0.50

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8)(0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(300)(12.96)}{(4000)(0.50)(0.656)} = 2.96 = 2 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{12.96}{2}} = 2.54 \text{ m}$$

#### 3.4.4.4 Acomodo de luminarias

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{3.6}{2.54} = 1.41 = 1$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{3.6}{2.54} = 1.41 = 2$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias.



### **3.4.5 Cubículo 2**

#### **3.4.5.1 Características del cubículo 2**

Nivel de iluminación 300 lx de acuerdo a la tabla 3.15 de la NOM-025-STPS-2008 por ser un cubículo se requiere ese nivel de iluminación

- Largo: 3.6 m
- Ancho: 2.7 m
- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0.9 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.26.

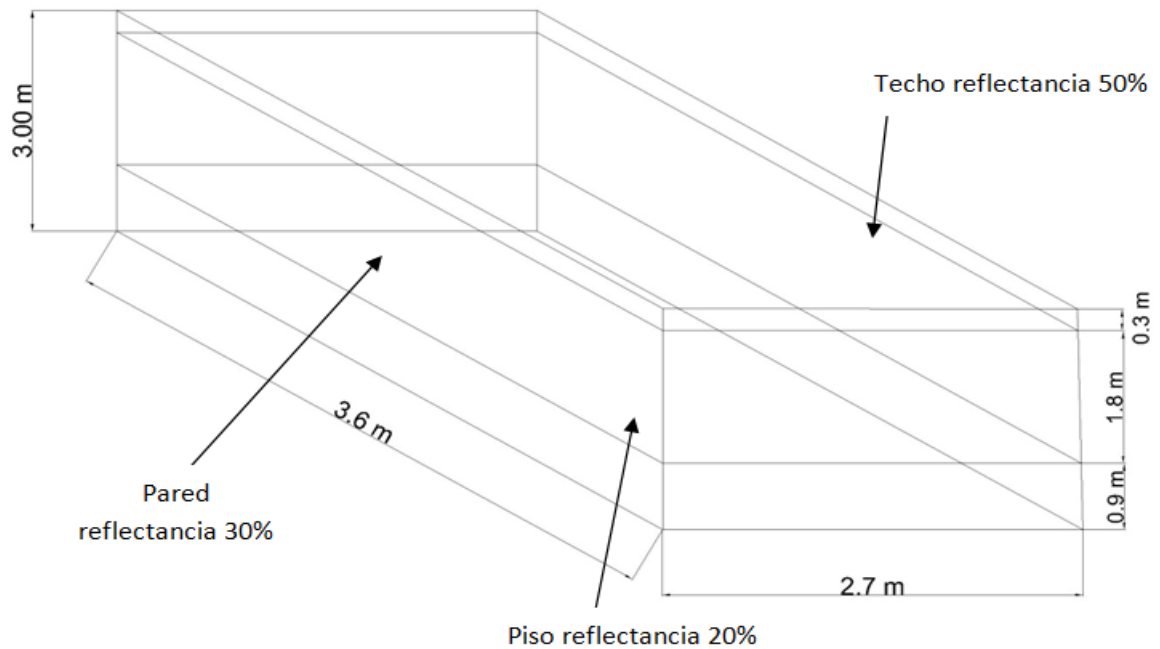


Figura 3. 26 Datos del cubículo 2

### 3.4.5.2 Determinación de la curva de distribución para el cubículo 2

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 1.8 \text{ metros}$$

$$I = (300)(1.8^2) = 972 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 972 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General

Electric serie IP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.5.3 Método de lumen para el cubículo 2

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(500)(9.72)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización) Calculo de C.U.

Calculamos la relación de cavidad de cuarto (RoomCavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(1.8)(3.6 + 2.7)}{9.72} = 5.83$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 5.83. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.27.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavitu Reflectance : 20%

Figura 3. 27 Valores de CU de la luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde de 5 a 6 tenemos 1 de espaciamiento, de 5.83 a 5 tenemos 0.83 y a 6 tenemos 0.17, entonces se utiliza la ecuación 3.7:

$$\frac{0.50 - 0.44}{1} = 0.06$$

$$0.50 - (0.06 \times 0.83) = 0.45$$

$$0.44 + (0.06 \times 0.17) = 0.45$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.15, la cual nos muestra el valor de CU.

Tabla 3. 15 Interpolación del CU igual a 5.83 del cubículo 2

Relación de cavidad	Coficiente de utilización (CU)
5.00	0.50
5.83	0.45
6.00	0.44

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8)(0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(300)(9.72)}{(4000)(0.45)(0.656)} = 2.46 = 2 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{12.96}{2}} = 2.54 \text{ m}$$

#### 3.4.5.4 Acomodo de luminarias

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{2.7}{2.54} = 1.06 = 1$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{3.6}{2.54} = 1.41 = 2$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias

### **3.4.6 Almacén de Física 1**

#### **3.4.6.1 Características del Almacén de Física 1**

Nivel de iluminación 100 lx de acuerdo a la tabla 3.15 de la NOM-025-STPS-2008 por ser un almacén se requiere ese nivel de iluminación.

- Largo: 12.6 m
- Ancho: 3.6 m
- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.28.

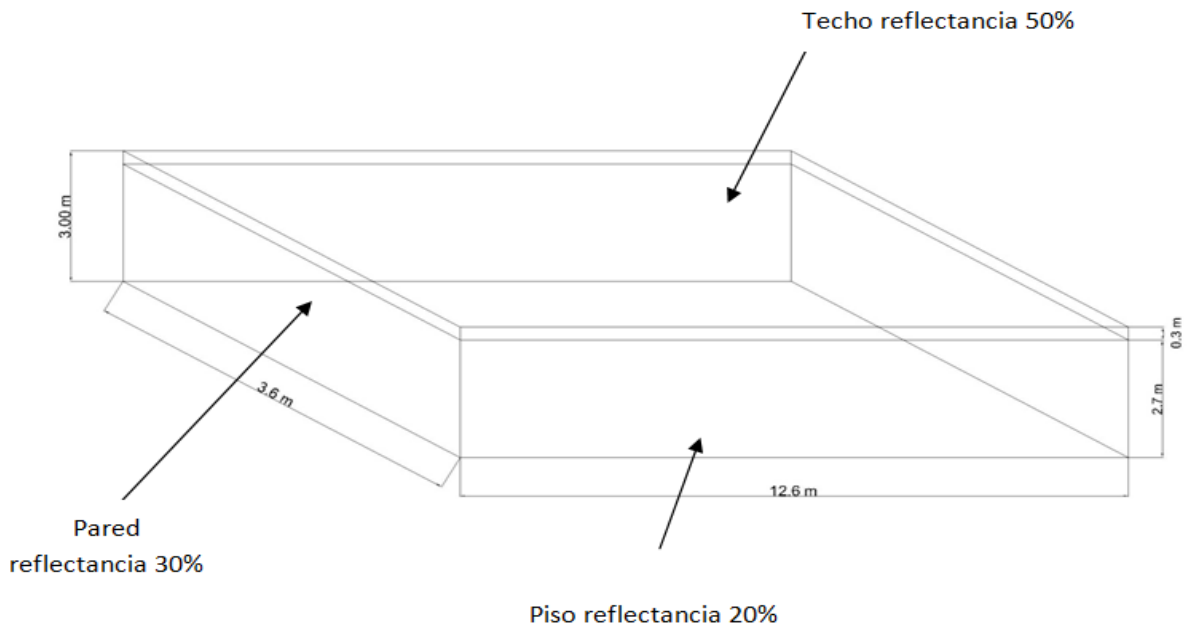


Figura 3. 28 Datos del almacén de física 1

### 3.4.6.2 Determinación de la curva de distribución para el almacén de física 1

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 2.7 \text{ metros}$$

$$I = (100)(2.7^2) = 729 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 729 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General

Electric serie IP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.6.3 Método de lumen para el almacén de física 1

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, es para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(100)(45.36)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización) Calculo de C.U.

Calculamos la relación de cavidad de cuarto (RoomCavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(2.7)(12.6 + 3.6)}{45.36} = 4.82$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%



La relación de cavidad de cuarto es igual a 4.82. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.29.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 29 Valores de CU de la luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde de 4 a 5 tenemos 1 de espaciamento, de 4.82 a 4 tenemos 0.82 y a 5 tenemos 0.18, entonces se utiliza la ecuación 3.7:

$$\frac{0.58 - 0.50}{1} = 0.08$$

$$0.58 - (0.08 \times 0.82) = 0.514$$

$$0.50 + (0.08 \times 0.18) = 0.514$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.16, la cual nos muestra el valor de CU.

Tabla 3. 16 Interpolación del CU igual a 4.82 del almacén de física I

Relación de cavidad	Coefficiente de utilización (CU)
4.00	0.58
4.82	0.514
5.00	0.50

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8)(0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(100)(45.36)}{(4000)(0.514)(0.656)} = 3.336 = 6 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{45.36}{6}} = 2.74 \text{ m}$$

#### 3.4.6.4 Acomodo de luminarias

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{3.6}{2.74} = 1.31 = 2$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{12.6}{2.74} = 4.5 = 3$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias

#### 3.4.7 Almacén General

Esta área se dividido en dos secciones

##### 3.4.7.1 Características del Almacén general sección 1

###### a) Sección 1

Nivel de iluminación 100 lx de acuerdo a la tabla 3.15 de la NOM-025-STPS-2008 por ser un almacén se requiere ese nivel de iluminación

- Largo: 8.1 m
- Ancho: 3.6 m
- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0 metro

- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.30.

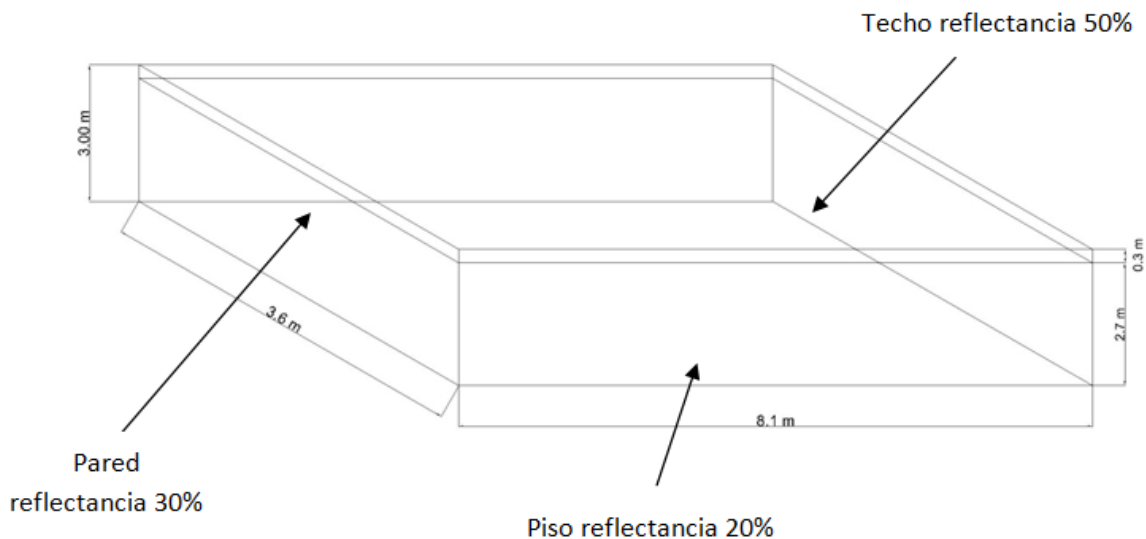


Figura 3. 30 Datos del almacén general sección 1

### 3.4.7.2 Determinación de la curva de distribución para el almacén general sección 1

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 2.7 \text{ metros}$$

$$I = (100)(2.7^2) = 729 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 729 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General Electric serie IP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.7.3 Método de lumen para el almacén general sección 1

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, es para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(100)(28.8)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización) Calculo de C.U.

Calculamos la relación de cavidad de cuarto (RoomCavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(2.7)(8.1 + 3.6)}{28.8} = 5.48$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 5.48. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.31.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 31 Valores de CU de la luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde de 5 a 6 tenemos 1 de espaciamiento, de 5.48 a 5 tenemos 0.48 y a 6 tenemos 0.52, entonces se utiliza la ecuación 3.7:

$$\frac{0.50 - 0.44}{1} = 0.06$$

$$0.50 - (0.06 \times 0.48) = 0.471$$

$$0.44 + (0.06 \times 0.52) = 0.471$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.17, la cual nos muestra el valor de CU.

*Tabla 3. 17 Interpolación del CU igual a 5.48 del almacén general sección 1*

Relación de cavidad	Coefficiente de utilización (CU)
5.00	0.50
5.48	0.471
6.00	0.44

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8) (0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(100)(28.8)}{(4000)(0.471)(0.656)} = 2.33 = 3 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{28.8}{3}} = 3.09 \text{ m}$$

#### 3.4.7.4 Acomodo de luminarias de la sección 1

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10:

$$\text{COLUMNAS(X)} = \frac{3.6}{3.09} = 1.16 = 1$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{8.1}{3.09} = 2.62 = 3$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias

#### 3.4.7.5 Características del Almacén general sección 2

##### b) Sección 2

Nivel de iluminación 100 lx de acuerdo a la tabla 3.15 por ser un almacén se requiere ese nivel de iluminación

- Largo: 4.5 m



- Ancho: 1.8 m
- Altura Total = 3 metros
- Altura de Piso de Trabajo = 0 metro
- Altura Piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de Operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara Utilizada Para este Ejemplo = LED

Ver características en la figura 3.32.

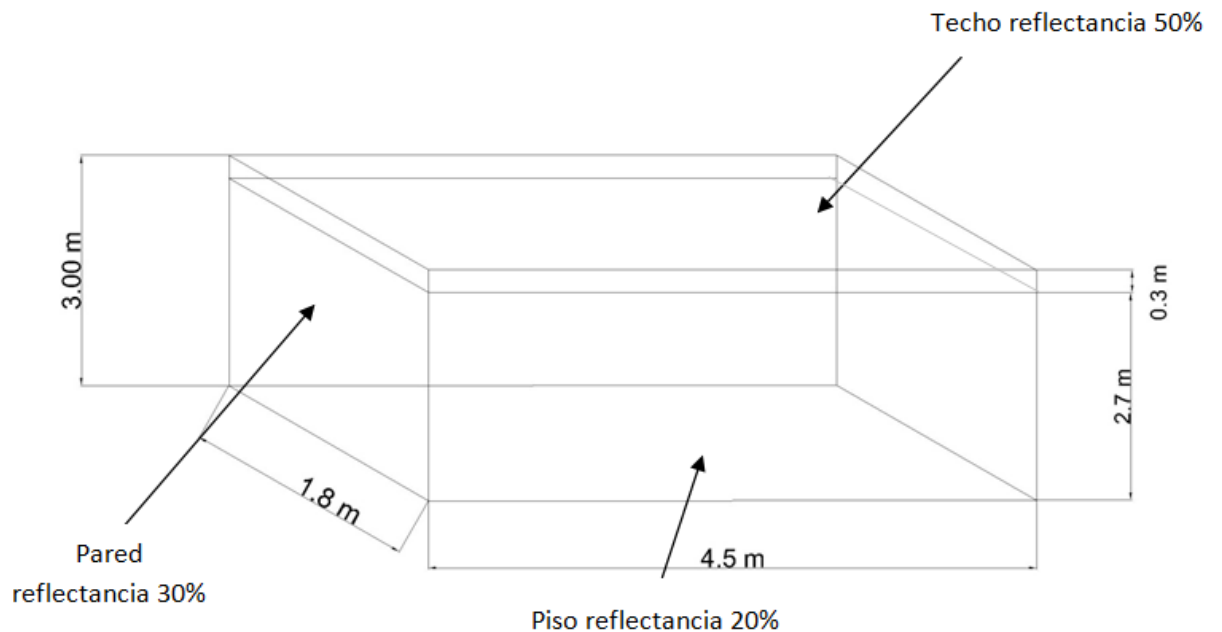


Figura 3. 32 Datos del almacén general sección 2

### 3.4.7.6 Determinación de la curva de distribución para el almacén general sección 2

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 2.7 \text{ metros}$$

$$I = (100)(2.7^2) = 729 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 729 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General Electric serie IP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.7.7 Método de lumen para el almacén general sección 2

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, es para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(100)(8.1)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización) Calculo de C.U.

Calculamos la relación de cavidad de cuarto (RoomCavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F.C.R. = \frac{(5)(2.7)(4.5 + 1.8)}{8.1} = 10$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 10. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.33.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 33 Valores de CU de la luminaria

EL CU es de 0.29

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8)(0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(100)(8.1)}{(4000)(0.29)(0.656)} = 1.07 = 1 \text{ LUMINARIA}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{8.1}{1}} = 2.84 \text{ m}$$

#### **3.4.7.8 Acomodo de luminaria de la sección 2**

Ahora tenemos que distribuir la luminaria en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminaria se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{1.8}{2.84} = 0.63 = 1$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{4.5}{2.86} = 1.58 = 1$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias

### **3.4.8 Bodega**

#### **3.4.8.1 Características de la bodega**

Nivel de iluminación 100 lx de acuerdo a la tabla 3.15 por ser una bodega se requiere ese nivel de iluminación por la poca cantidad de persona que se encuentran en el área

- Largo: 8.1 m
- Ancho: 2.7 m
- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.34.

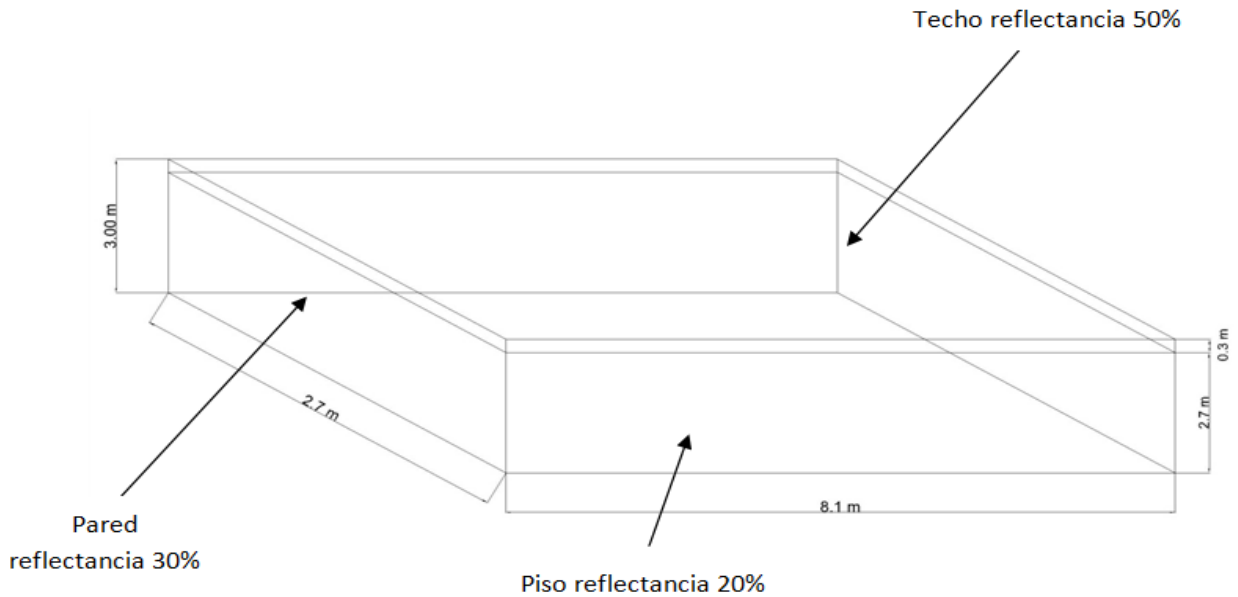


Figura 3. 34 Datos de la bodega

### 3.4.8.2 Determinación de la curva de distribución para la bodega

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 2.7 \text{ metros}$$

$$I = (100)(2.7^2) = 729 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 729 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General

Electric serie IP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.8.3 Método de lumen para la bodega

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, es para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(100)(21.87)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización) Calculo de C.U.

Calculamos la relación de cavidad de cuarto (RoomCavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(2.7)(8.1 + 2.7)}{21.87} = 6.66$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 6.66. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.35.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 35 Valores de CU de la luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde de 6 a 7 tenemos 1 de espaciamento, de 6.66 a 6 tenemos 0.66 y a 7 tenemos 0.34, entonces se utiliza la ecuación 3.7:

$$\frac{0.44 - 0.39}{1} = 0.05$$

$$0.44 - (0.05 \times 0.66) = 0.407$$

$$0.39 + (0.05 \times 0.34) = 0.407$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.18, la cual nos muestra el valor de CU.



Tabla 3. 18 Interpolación del CU igual a 6.66 de la bodega

Relación de cavidad	Coefficiente de utilización (CU)
6.00	0.44
6.66	0.407
7.00	0.39

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM = (0.8)(0.82) = 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(100)(21.87)}{(4000)(0.407)(0.656)} = 2.04 = 2 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{21.87}{2}} = 3.3 \text{ m}$$

#### 3.4.8.4 Acomodo de luminarias

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{2.7}{3.3} = 0.81 = 1$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{8.1}{3.3} = 2.45 = 2$$

#### 3.4.9 Pasillo

##### 3.4.9.1 Características del pasillo

Nivel de iluminación 100 lx de acuerdo a la tabla 3.15 por ser pasillo se requiere ese nivel de iluminación

- Largo: 22.5 m
- Ancho: 2.7 m
- Altura total = 3 metros
- Altura de piso de trabajo = 0 metro
- Altura piso a la luminaria = 2.7 metros
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%

- Reflectancia del techo = 50%
- Tipo de área = Moderada
- Horas de operación por año = 13 horas X 180 días = 2340 hrs/año
- Lámpara utilizada= LED

Ver características en la figura 3.36.

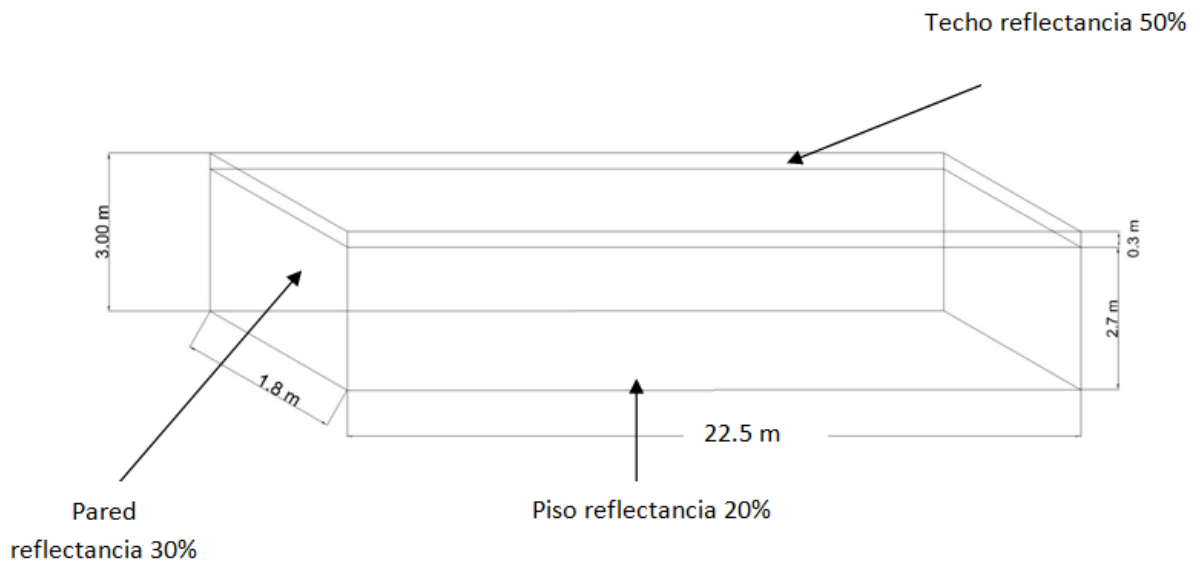


Figura 3. 36 Datos del pasillo

### 3.4.9.2 Determinación de la curva de distribución para el pasillo

Para determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, se utiliza la ecuación 3.4:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$H_{cc} = 2.7 \text{ metros}$$

$$I = (100)(2.7^2) = 729 \text{ cd}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a las 729 cd a cero grados de la figura 3.17. Para esto utilizaremos una luminaria General Electric serie IP con código de IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 W, con una emisión luminosa de 4000 lúmenes y número de test IP-14-0-A3-M-V-WHTE.ies

### 3.4.9.3 Método de lumen para el pasillo

Utilizando el método de lumen de la ecuación 3.5, es para la determinación del número de luminarias. Sustituyendo los valores:

$$N = \frac{(100)(40.5)}{(4000)(C. U.)(F. M.)}$$

Se requiere determinar el C.U (Coeficiente de utilización) Calculo de C.U.

Calculamos la relación de cavidad de cuarto (RoomCavity Ratio) con la ecuación 3.6.

$$F. C. R. = \frac{(5)(2.7)(22.5 + 1.8)}{40.5} = 8.12$$

Donde:

5 = porque el piso es uniforme

$H_{CC}$  = altura de la luminaria al área de trabajo

Reflectancia del techo (RC)= 50%

Reflectancia de la pared (RW)= 30%

Reflectancia del piso (RF)= 20%

La relación de cavidad de cuarto es igual a 8.12. Se selecciona el valor de acuerdo a la reflectancia de pared, techo y piso como se ver en la figura 3.37.

COEFFICIENTS OF UTILIZATION																		
RC	80%				70%				50%			30%			10%			0%
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

Figura 3. 37 Valores de CU de la luminaria

Es necesario realizar una interpolación, donde de 8 a 9 tenemos 1 de espaciamiento, de 8.12 a 8 tenemos 0.12 y a 9 tenemos 0.88, entonces se utiliza la ecuación 3.7:

$$\frac{0.35 - 0.32}{1} = 0.03$$

$$0.35 - (0.03 \times 0.12) = 0.346$$

$$0.32 + (0.03 \times 0.88) = 0.346$$

Con los datos anteriores se elabora la tabla 3.19, la cual nos muestra el valor de CU.

Tabla 3. 19 Interpolación del CU igual a 8.12 del pasillo

Relación de cavidad	Coficiente de utilización (CU)
7.00	0.35
8.12	0.346
8.00	0.32

Se requiere determinar el F.M. (Factor de Mantenimiento) y es necesario calcularlo con la ecuación 3.8:

Donde:

DLL: Depreciación de los lúmenes de la lámpara=0.8 (Valor obtenida del catálogo Anexo 2)

LDD: Depreciación por la suciedad acumulada en las iluminarias =0.82 (Valor obtenida de la figura 1.20)

$$FM= (0.8) (0.82)= 0.656$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.5

$$N = \frac{(100)(40.5)}{(4000)(0.346)(0.656)} = 4.46 = 5 \text{ LUMINARIAS}$$

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una localización y distribución uniforme de luminarias con la ecuación 3.9:

$$S_{\text{REAL}} = \sqrt{\frac{40.5}{5}} = 2.84 \text{ m}$$

#### 3.4.9.4 Acomodo de luminarias

Ahora tenemos que distribuir las luminarias en el interior del área, para determinar cuántas columnas: de luminarias se emplea la siguiente ecuación 3.10.

$$\text{COLUMNAS}(X) = \frac{1.8}{2.84} = 0.63 = 1$$

Y para determinar cuántas filas de luminarias son, se utiliza la ecuación 3.11:

$$\text{FILAS} = \frac{22.5}{2.84} = 7.95 = 5$$

Conociendo el número de filas y columnas, debe ajustarse el espaciamiento entre luminarias

**NOTA:** Se realizo la reducción a 5 para un mejor acomodo de las luminarias y un ahorro

**NOTA:** La distribución de las luminarias de cada área se observa en el anexo C

En el anexo D se muestra una simulación de la operación de las luminarias en el laboratorio 1 con la ayuda del programa DIALUX, el cual se utilizó una luminaria semejante a las características de la luminaria propuesta, ya que el programa no cuenta con los datos de la luminaria utilizada en esta tesis

### 3.5 Comparación técnica entre las dos luminarias

En la siguiente tabla se tiene una comparación de las dos luminarias

*Tabla 3. 20 Comparación de las dos luminarias*

<b>Características</b>	<b>Lámpara fluorescentes T8 2x32</b>	<b>Luminaria LTLLED-E03 3x 14W Mónaco</b>	<b>Luminarias LED General Electric.</b>
Total de luminarias	72	16	48
Potencia por luminaria	32 Watts	42 Watts	40 Watts
Pérdida de energía de Balastro o Driver.	25 %	10%	10 %
Potencia Instalada	4608 w	672 w	1920 w
Flujo Luminoso	2800 lm cada lámpara	1550 lm cada lámpara	4000 lúmenes
Rendimiento luminoso	-	75 lm/ watt	100 lm/ Watt
Vida de balastro o Driver	25,000	25,000	50,000 horas
Vida útil de la lámpara	20,000	25,000	50,000 horas
IRC	85%	70.4%	83 %
Temperatura de Color	4100°K	4000° K	4000 °K
Tensión de operación	220 V	220 v	220 v
Protección contra picos de voltaje	No	Su	Si

La potencia instalada actualmente en el sistema es de 5280 watts



## 4 Estudió Económico:

### 4.1 Análisis del Consumo Energético.

Para determinar si la propuesta del sistema de iluminación con tecnología led se tendrá un ahorro energético, se debe analizar y comparar con el sistema actual.

El costo del consumo de la energía es obtenido por medio de la siguiente ecuación 4.1:

$$C.E. = (P. consumida en kw) * \left( Tarifa \frac{\$}{kw*hr} \right) * (Horas de consumos hr) \quad (4.1)$$

El costo de la energía se ve clasificado por las tarifas que existen en México, las cuales las regula CFE y la Secretaria de Energía.

### 4.2 Tarifas eléctricas en México

Las tarifas son cuotas que pone el proveedor al consumo de la energía eléctrica, estas cuotas dependen generalmente del valor de los combustibles fósiles, por lo cual están en constante inflación, lo que provoca que sus precios no sean constantes y cambien de manera volátil.

Debido a las dimensiones de la escuela, considerando que es suministrada en niveles de media tensión y tiene un consumo mayor a los 100 kW, se le considera con una tarifa HM, la cual es una tarifa horaria, por lo cual el consumo energético se realizará en base a los horarios que nos proporciona Comisión Federal de electricidad (CFE).

#### 4.2.1 Tarifas Generales:

Las tarifas generales de media tensión son las siguientes, tabla 4.1

*Tabla 4. 1 Tarifas Generales en Media Tensión*

<b>Tarifas</b>	<b>Descripción</b>
OM	Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW,
HM	Tarifa horaria para servicio general en media tensión con demanda de 100 kW o más,
H-MC	Tarifa horaria para servicio general en media tensión con demanda de 100 kW o más, para corta utilización. En la región Baja California, Sinaloa y Sonora.

*(Información obtenida en CFE, 2015)*

Los horarios que nos proporciona Comisión Federal de Electricidad son mostrados a en las tablas 4.2 y 4.3.

*Tabla 4. 2 Periodos de Punta, Intermedio y Base, comprendido del primer Domingo de abril al último Domingo de Octubre.*

<b>Día de la semana</b>	<b>Base</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Punta</b>
Lunes a Viernes	0:00 a 6:00	6:00 a 20:00 y 22:00 a 24:00	20:00 a 22:00
Sábado	0:00 a 7:00	7:00 a 24:00	-
Domingo	0:00 a 17:00	19:00 a 24:00	-

*(Información obtenida en CFE, 2015)*

*Tabla 4. 3 Tabla Periodos de Punta, Intermedio y Base, comprendido del último domingo de octubre al sábado anterior del primero domingo de Abril.*

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a Viernes	0:00 a 6:00	6:00 a 18:00 y 22:00 a 24:00	18:00 a 22:00
Sábado	0:00 a 8:00	8:00 a 19:00 y 21:00 a 24:00	19:00 a 21:00
Domingo	0:00 a 18:00	18:00 a 24:00	-

*(Información obtenida en CFE, 2015)*

#### **4.3 Cálculo de las horas consumidas en un año del sistema actual y de la propuesta**

Con los anteriores horarios determinaremos el consumo de energía eléctrica, en los diferentes periodos, en una etapa de trabajo de 13 horas diarias de funcionamiento del sistema por 180 días, para la clasificación del primer periodo mostrada en la tabla 4.4, segundo periodo en la tabla 4.5 y tercer periodo en la tabla 4.6

*Tabla 4. 4 Primer periodo del año Enero – Marzo.*

Periodo	Evento		Total de horas por evento
	Lunes a Viernes (por día)	Tiempo (horas)	
<b>Base</b>	50 días	0 horas	0 horas
<b>Intermedio</b>	50 días	9 horas	450 horas
<b>Punta</b>	50 días	4 horas	200 horas

*Tabla 4. 5 Segundo periodo del año Abril-Octubre*

Periodo	Evento		
	Lunes a Viernes (por día)	Tiempo (horas)	Total de horas por evento
<b>Base</b>	100 días	0 horas	0 horas
<b>Intermedio</b>	100 días	11 horas	1100 horas
<b>Punta</b>	100 días	2 horas	200 horas

*Tabla 4. 6 Tercer periodo del año Noviembre-Diciembre*

Periodo	Evento		
	Lunes a Viernes (por día)	Tiempo (horas)	Total de horas por evento
<b>Base</b>	30 días	0 horas	0 horas
<b>Intermedio</b>	30 días	9 horas	270 horas
<b>Punta</b>	30 días	4 horas	120 horas

En la tabla 4.7 se muestra el consumo total por horas, en un año de acuerdo al tipo horario donde es consumido.

*Tabla 4. 7 Total de horas consumidas en los tres periodos*

<b>Periodo</b>	<b>Total de horas consumidas</b>
Base	0
Intermedio	1820
Punta	520

La tarifa para este tipo de periodos es proporcionada por CFE, manejando los siguientes valores de costo, ver tabla 4.8.

*Tabla 4. 8 Costo de la energía por parte de CFE para la tarifa HM*

<b>Cargo por kW / h</b>		
<b>Intermedio</b>	<b>Base</b>	<b>Punta</b>
\$ 1.00	\$0.90	\$2.00

*(Información obtenida en CFE, 2015)*

#### **4.3.1 Costos de los tres periodos de la energía en un año**

En las tablas siguientes tablas 4.9 y 4.10 se muestran el costo de la energía eléctrica en el periodo intermedio y punta. El dato de la potencia instalada se encuentra en la tabla 3.20 y utilizado la ecuación 4.1 para sacar el costo total

##### **a) Costo de la Energía Eléctrica en el Periodo Base**

Es igual a 0 por no haber consumo durante ese periodo

## b) Costo de la Energía Eléctrica en el Periodo intermedio

Para conocer el costo de la energía en el periodo intermedio se utiliza la ecuación 4.1 para obtener el costo total.

Propuesta nueva

$$C.E. = 1.92 * (1.0096) * (1820) = \$3,527.94$$

Sistema actual

$$C.E. = 5.28 * (1.0096) * (1820) = \$9,701.85$$

*Tabla 4. 9 Costo de Energía Eléctrica en el Periodo Intermedio*

Luminarias	Horas de trabajo	Potencia instalada (kW)	Costo de kW/h	Costo total
General Electric Led Lámpara	1820 horas	1.92 kW	\$1.0096/ (kW*h)	\$ 3,527.94
Fluorescente T8 y luminaria led Tipo Mónaco	1820 horas	5.28kW	\$1.0096/ (kW*h)	\$ 9,701.85

## c) Costo de la Energía Eléctrica en el Periodo punta

Para conocer el costo de la energía en el periodo punta se utiliza la ecuación 4.1 para obtener el costo total.

Propuesta nueva.

$$C.E. = 1.92 * (2.003) * (520) = \$1,999.79$$

Sistema actual.

$$C.E. = 5.28 * (2.003) * (520) = 5,499.43$$

*Tabla 4. 10 Costo de la Energía Eléctrica en el Periodo Punta*

Luminarias	Horas de trabajo	Potencia Instalada (kW)	Costo de kW/h	Costo total
General Electric Led Lámpara	520 horas	1.92 kW	\$2.0003/ (kW*h)	\$ 1,999.79
Fluorescente T8 y luminaria led Tipo Mónaco	520 horas	5.28kW	\$2.0003 / (kW*h)	\$ 5,499.43

#### 4.3.2 Costo total de la energía en un año

En la tabla 4.11 se muestra el costo total de la energía en un año

Tabla 4. 11 Costos totales de energía

<b>Luminarias</b>	<b>Perio do base</b>	<b>Periodo intermedio</b>	<b>Periodo punta</b>	<b>Costo total anual</b>
General	\$ 0	\$ 3,527.94	\$ 1,999.79	<b>\$5,527.73</b>
Electric Led				
Fluorescente				
T8 y luminaria	\$ 0	\$ 9,701.85	\$ 5,499.73	<b>\$15,201.58</b>
Led tipo Mónaco				
		Ahorro		<b>\$9,673.85</b>

#### 4.4 Costos de Mantenimiento

##### a) Mantenimiento Preventivo de limpieza para el sistema actual:

Este tipo de mantenimiento consta de la limpieza de la luminaria con jabón líquido, por medio de una esponja y trapos para su limpieza. El tiempo aproximado de limpieza por cada luminaria es de cuarenta minutos, realizando 12 luminarias por jornada laboral, el cual está calculado para la instalación con luminarias LED tipo Mónaco y lámpara fluorescente cada año se realiza este mantenimiento, tabla 4.12



*Tabla 4. 12 Costo de mantenimiento preventivo de limpieza para el sistema actual de iluminación*

<b>Actividad u articulo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad (tiempo o unidades)</b>	<b>Precio</b>
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$ 200.00	8	\$1,600.00
Jabón de uso industrial 4lts.	Pieza	\$129.50	1	\$129.50
Trapo de limpieza	Metro	\$12.00	10	\$120.00
Supervisor	Día	\$250.00	8	\$2,000.00
<b>Costo Total por Maniobra</b>				<b>\$3,849.50</b>

**b) Mantenimiento Preventivo de limpieza para la nueva propuesta:**

Este tipo de mantenimiento consta de la limpieza de la luminaria con jabón líquido, por medio de una esponja y trapos para su limpieza. El tiempo aproximado de limpieza por cada luminaria es de treinta minutos, realizando 16 luminarias por jornada laboral, el cual está calculado para la nueva propuesta de luminarias General Electric tipo led, tabla 4.13

*Tabla 4. 13 Costo de mantenimiento preventivo de limpieza para la nueva propuesta*

<b>Actividad u articulo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad (tiempo o unidades)</b>	<b>Precio</b>
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$ 200.00	3	\$600.00
Jabón de uso industrial 4lts.	Pieza	\$129.50	1	\$129.50
Trapo de limpieza	Metro	\$12.00	10	\$120.00
Supervisor	Día	\$250.00	3	\$750.00
<b>Costo Total por Maniobra</b>				<b>\$1,599.50</b>

**c) Mantenimiento Preventivo Eléctrico del sistema actual con la lámpara fluorescente:**

El mantenimiento eléctrico consta del cambio de la lámpara y balastro, en el caso de las luminarias con Lámparas fluorescentes, el cual está calculado con un tiempo promedio por luminaria de 20 minutos en una jornada laboral de 8 horas. Tabla 4.13

*Tabla 4. 14 Costo de mantenimiento preventivo de eléctrico con lámparas fluorescentes*

<b>Actividad u artículo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad (tiempo o unidades)</b>	<b>Precio</b>
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$ 200.00	6	\$1,200.00
Lámpara fluorescente de 32 Watts	Pieza	\$100.00	144	\$14,400.00
Balastro 250 Watts	Pieza	\$200.00	72	\$14,400.00
Supervisor	Día	\$250.00	6	\$1,500.00
<b>Costo Total por Maniobra</b>				<b>\$31,500.00</b>

**d) Mantenimiento Preventivo Eléctrico del sistema actual del laboratorio 2 con luminario led tipo Mónaco:**

El mantenimiento para el nuevo sistema instalado en el laboratorio 2 es el cambio de la luminaria, el cual está calculado con un tiempo promedio por luminaria de 30 minutos en una jornada laboral de 8 horas. Tabla 4.14

*Tabla 4. 15 Costo de mantenimiento preventivo de eléctrico con luminario Led del laboratorio 2*

<b>Actividad u articulo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad (tiempo o unidades)</b>	<b>Precio</b>
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$ 200.00	1	\$200.00
Luminario Led tipo Mónaco de 3x14 watt	Pieza	\$1,246.00	16	\$19,936.00
<b>Costo Total por Maniobra</b>				<b>\$20,136.00</b>

**e) Mantenimiento Preventivo Eléctrico a la propuesta nueva con tecnología led**

El mantenimiento eléctrico para la instalación propuesta con luminarias LED, solo consta del cambio de driver, el cual está calculado con un tiempo promedio por luminaria de 30 minutos en una jornada laboral de 8 horas. Tabla 4.15

*Tabla 4. 16 Costo de mantenimiento preventivo de eléctrico con luminaria Led nueva propuesta*

<b>Actividad u articulo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad (tiempo o unidades)</b>	<b>Precio</b>
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$ 200.00	3	\$600.00
Driver General Electric	Pieza	\$400.00	48	\$19,200.00
Supervisor	Día	\$250.00	3	\$750.00
<b>Costo Total por Maniobra</b>				<b>\$20,550.00</b>

#### 4.5 Costo de la instalación requerida eléctrica requerida

Para la instalación del sistema de iluminación de la nueva propuesta se contempla todo el material necesario para una remodelación para la instalación, en la siguiente tabla 4.17, el cual también muestra el precio del costo total de la nueva propuesta.

*Tabla 4. 17 Costo de la de la instalación de la propuesta nueva*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio unitario con IVA	Importe
Luminaria General Electric Serie IP-14-0-A3-M-V-WHTE de 40 Watts	pza.	48	\$ 2,172.00	\$2,520.00	\$120,960.00
Cable Indiana Calibre No 12 AWG (rojo)	100 m	3	\$ 418.96	\$ 486.00	\$1,458.00
Cable Indiana Calibre No 12 AWG (negro)	100 m	3	\$ 418.96	\$ 486.00	\$ 1,458.00
Cable Indiana Calibre No 12 AWG (verde)	100 m	3	\$ 418.96	\$ 486.00	\$ 1,458.00
Tubo conduit 3m 1/2"	3 m	100	\$11.63	\$ 13.50	\$ 1,350.00
Cintas de Aislar	pza.	10	\$ 15.00	\$ 17.40	\$ 174.00
Tornillos y sujeta cables	pza.	100	\$ 12.84	\$14.90	\$1,500.00

*TABLA 4.17 Costo de la de la instalación de la propuesta nueva continuación*

Gancho para Techo	pza.	100	\$ 4.73	\$ 5.49	\$500.00
Cable de acero galvanizado 7x7 1/8	76 m	1	\$ 378.36	\$ 438.90	\$ 438.90
Salario de Electricista "A"	días	10	\$ 199.80	-	\$1,998.00
Salario de Electricista "B"	días	10	\$ 199.80	-	\$ 1,998.00
Supervisor	días	10	\$ 200.00	-	\$ 2,000.00
TOTAL DE GASTOS				-	\$135,292.90
Diseño y Ganancia el 25% total del proyecto				-	\$33,823.22
TOTAL				.	\$169,116.10

Para este proyecto se está proponiendo a 10 días hábiles con la ayuda de 2 electricistas y 1 supervisor; en la tabla de salarios mínimos del 2015 el electricista tiene \$ 99.90, al cual se le otorgaran dos salarios mínimos. A los supervisores un se le proporcionará un salario mínimo de \$ 200.00.

#### **4.6 Análisis Costo – Beneficio entre la Instalación Actual y la Propuesta**

Para realizar el análisis de costo beneficio se necesitaran los datos anteriores de mantenimiento de limpieza, costo de la energía al año y mantenimiento eléctrico, para hacer la comparación del sistema actual y la nueva propuesta con tecnología led cada uno con su respectivo costo, para establece en cuanto tiempo se tiene la recuperación de costo inicial de la propuesta nueva. Todo esto se muestra en la tabla 4.18

Tabla 4. 18 Costo beneficio de la instalación actual y la nueva propuesta

Periodo en años	Luminarias instalada actualmente		Nueva propuesta luminarias con tecnología led	
	Actividad a realizar	Costo	Actividad a realizar	Costo
1	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50	Instalación y Equipo	\$169,116.10
	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58		
	Mantenimiento Eléctrico	\$31,500.00		
2	Mantenimiento Eléctrico al laboratorio 2 con nuevo sistema led	\$20,136.00	Costo de energía eléctrica	\$5,527.73
	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50		
	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58		
3	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50	Costo de la energía eléctrica	\$5,527.73
	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58		
	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50		
4	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58	Costo de energía eléctrica	\$5,527.73
	Mantenimiento eléctrico	\$31,500.00		
	Mantenimiento de limpieza	\$1,599.50		
5	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58	Mantenimiento de limpieza	\$1,599.50
	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50		
	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58		
6	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50	Costo de la energía eléctrica	\$5,527.73
	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58		
	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50		
7	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58	Costo de energía eléctrica	\$5,527.73
	Mantenimiento de limpieza	\$3,849.50		
	Costo de energía eléctrica	\$15,201.58		
	<b>Costo total</b>	<b>\$ 216,493.56</b>	<b>Costo Total</b>	<b>\$ 211,008.21</b>

En la tabla anterior 4.18 se observa que el costo inicial de la propuesta con tecnología LED es cara pero se recuperaría en un lapso de 7 años el costo de esta, haciendo que la propuesta se rentable en ese periodo. En donde dicha propuesta tendría una duración de vida de las luminarias de 11 años para el cambio de cada una de ellas.



## Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

La mayor parte de la energía eléctrica que se utiliza en los laboratorios de física es por medio de la iluminación, donde el sistema actual es deficiente por su poco mantenimiento y su antigüedad. Durante el desarrollo del análisis de las condiciones actuales del sistema de iluminación se logró comprobar que no cumplían con los niveles mínimo de iluminación necesarios que estipula las normas, haciendo que sea ineficiente e inapropiado para las personas que se encuentren en ese lugar.

Con la propuesta nueva de un sistema de iluminación con tecnología led se cumplen con los niveles de iluminación estipulado por la norma; así como de un mantenimiento menor y un ahorro de 65% del consumo de energía eléctrica al año haciendo que la propuesta sea adecuada para su instalación en el área. Durante el desarrollo económico se logró observar que la recuperación económica de la nueva propuesta sería en 7 años.

Para que el sistema propuesto tenga un mejor rendimiento se recomienda una remodelación a la instalación eléctrica actual, ya que es una instalación vieja, por lo tanto hace que sea inadecuada para la instalación de las nuevas luminarias.

## Glosarios de Términos

**C.I.E.** Comisión Internacional de Iluminación.

**E.S.I.M.E.** Escuela Superior de Ingeniería Eléctrica

**I.P.N** Instituto Politécnico Nacional

**I.R.C.** Índice de Reproducción de Color

**L.E.D.** Light Emission Diode (Diodo Emisor de Luz).

**N.O.M.** Norma Oficial Mexicana

**Altura de montaje.** Distancia entre el plano de referencia y el plano en el cual se encuentra las luminarias.

**Área de trabajo:** es el lugar del centro de trabajo donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.

**Balastro:** Dispositivo de estabilización de la descarga eléctrica necesario para el funcionamiento de las lámparas de descarga.

**Brillo:** es la intensidad luminosa que una superficie proyecta en una dirección dada, por unidad de área.

**Candela:** Es la unidad de intensidad lumínica.

**Centro de trabajo:** todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas, en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, o en el que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

**CIE:** Comisión Internacional de Iluminación

**Coefficiente de utilización:** Relación entre el flujo luminoso que llega al plano de referencia y la suma del flujo emitido o las lámparas funcionando fuera de la luminaria.

**Confort:** Es aquello que produce bienestar y comodidades.

**Corriente eléctrica:** Es el flujo de portadores de carga eléctrica, normalmente a través de un cable metálico o cualquier otro conductor eléctrico, debido a la diferencia de potencial creada por un generador de corriente.

**Curvas de distribución:** El conjunto de las intensidades de una lámpara en todas direcciones de la radiación se llama distribución luminosa.

**Deslumbramiento:** es cualquier brillo que produce molestia y que provoca interferencia a la visión o fatiga visual.

**Distribución espectral:** Para el estudio y uso de la luz es necesario conocer la curva de distribución espectral relativa, de las diferentes radiaciones que la componen. Dependiendo de cuál sea variará la reproducción del color y ciertos colores se verán más o menos potenciados.

**Illuminancias:** La iluminancia o iluminación es la cantidad de luz que incide en una superficie determinada. Se mide en lux ( lx ).

**Lámpara:** Es la producción de radiación luminosa por medio de la electricidad, se fundamenta en varios de los fenómenos físicos producidos por el paso de un flujo de corriente eléctrica a través de un medio conductor, ya sea sólido o gaseoso.

**Lúmenes:** Unidad de flujo de luz o flujo lumínico. La cantidad de lúmenes de diseño de un tubo fluorescente es la medida de la potencia lumínica total del tubo. Los lúmenes que producen los tubos fluorescentes están relacionados, entre otros con el BF del balasto.

**Lux:** Unidad de medida de la iluminancia

**Luxómetro:** Medidor de iluminancia: es un instrumento diseñado y utilizado para medir niveles de iluminación o iluminancia, en luxes.

**Plano de Trabajo:** Es el nivel al cual se realiza el trabajo y en el cual la iluminación se mide.

Para oficinas es típicamente un plano horizontal a 76 cm. del suelo.

**Potencia eléctrica:** La potencia eléctrica se mide en watts (w) y es el resultado de la multiplicación de la diferencia de potencial en los extremos de una carga y la corriente que circula por esta.

**Puntos focales de las luminarias:** es la proyección vertical de la lámpara al plano o área de trabajo con inclinación de  $0^\circ$ , que contiene la dirección del haz de luz.

**Reflector Especular:** Reflector con material en superficie pulida o fondo espejo en la cual el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

**Sistema eléctrico:** Conjunto de dispositivos cuya función es proveer la energía necesaria para el correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos tales como luces, electrodomésticos y diversos instrumentos.

**SMII:** Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación.

**Tarea visual:** actividad que se desarrolla con determinadas condiciones de iluminación.

**Tensión eléctrica:** Diferencia de potencial o voltaje es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito cerrado.

**Temperatura del Color:** La temperatura de color es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de ésta con el color del cuerpo negro, o sea, del Radiante perfecto teórico

**Vida útil:** Tiempo medido en horas de funcionamiento, que transcurre hasta que la fuente de luz emite un flujo luminoso inferior a un valor determinado, habitualmente el 80% del flujo inicial.

**Volt:** Es la unidad derivada del sistema internacional para el potencial eléctrico, fuerza electromotriz y el voltaje

## Referencia

A., Caminos Jorge, Criterios de diseño en Iluminación y color, Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, 2011

Donald, G. Fink y H. Wayne Beaty, Manual de la Ingeniería Eléctrica Tomo 1 y 2, decimo tercera edición, McGraw-Hill, 2012

Hernández, Ledesma D., Apuntes de luminotécnica, 2013

Manual de luminotecnia Unida 8, McGraw-Hill

<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4768/sener/sener.htm>, 2012

<http://juanmitecnologia.wikispaces.com/file/view/EL+DIODO+LED.pdf>, 2013

<http://lediagroup.com/tecnologia-led/el-motor-de-un-led-el-driver-o-fuente-de-alimentacion/>, 2014

[http://www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv/atm/documentos/man\\_ilu.pdf](http://www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv/atm/documentos/man_ilu.pdf), 2014

<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171721.pdf> , 2014

<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf>, 2008

<http://scieloprueba.sld.cu/pdf/rie/v33n1/rie04112.pdf>, 2014

## Índice de figuras

### Capítulo 1

Figura 1. 1 Espectro electromagnético (Laszlo Carlo,s Manual de Luminotecnia en Interiores ,2012).....	2
Figura 1. 2 Ley inversa del cuadro de la distancia, con una fuente de una intensidad luminosa de 72 cd (recuperada, del manual de luminotecnia unidad 8, 2012).....	5
Figura 1. 3 Ángulo sólido (recuperada del manual de luminotecnia unidad 8, 2012) .....	6
Figura 1. 4 Transmisión directa (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014).....	12
Figura 1. 5 Transmisión difusa (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014).....	12
Figura 1. 6 Transmisión mixta (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014).....	13
Figura 1. 7 Refracción (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014).....	13
Figura 1.8 Reflexión difusa (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014).....	14
Figura 1. 9 Reflexión mixta (Hernández L. David, apuntes de mediciones en interiores y exteriores, 2014).....	15
Figura 1.10 Alumbrado general .....	16
Figura 1.11 Iluminación general localizada .....	16
Figura 1.12 Sistemas de iluminación natural .....	19
Figura 1.13 Tipos de iluminación central.....	20
Figura 1.14 Fuentes de luz (recuperada del manual de luminotecnia unidad 8, 2012).....	21
Figura 1.15 Construcción de una lámpara incandescente (Donald G. Fink y H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería eléctrica tomo 2, ,2012).....	22
Figura 1.16 Construcción del filamento en una lámpara incandescente (Donald G. Fink y H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería eléctrica tomo 2, 2012).....	23

Figura 1.17 Construcción de una lámpara fluorescente (recuperada de <a href="http://www.areatecnologia.com/electricidad/tubos-fluorescentes.html">http://www.areatecnologia.com/electricidad/tubos-fluorescentes.html</a> ).....	24
Figura 1.18 Lámpara Fluorescente compacta (recuperada del manual de luminotecnia unidad 8) .....	26
Figura 1.19 Malla para cálcula la media aritmética ponderada.....	34
Figura 1.20 Curvas de depreciación del flujo luminoso por el polvo obtenida de (recuperada de <a href="http://scieloprueba.sld.cu/pdf/rie/v33n1/rie04112.pdf">http://scieloprueba.sld.cu/pdf/rie/v33n1/rie04112.pdf</a> .).....	35

## Capítulo 2

Figura 2. 1 Partes de un led (imagen tomada de la página <a href="http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI_Led.pdf">http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI_Led.pdf</a> ).....	39
Figura 2. 2 Partes de un led (imagen tomada de Curso básico de iluminación LED, 2014, p. 9)42	

## Capítulo 3

Figura 3. 1 Plano de la distribución de los laboratorios de Física 1 .....	49
Figura 3. 2 Condición actual de laboratorio 1 .....	50
Figura 3. 3 Zonas a evaluar de laboratorio 1 .....	52
Figura 3. 4 Zona a evaluar de laboratorio 2 .....	55
Figura 3. 5 Zona a evaluar de laboratorio 3 .....	59
Figura 3. 6 Condición actual del pasillo.....	61
Figura 3. 7 Zona a evaluar del pasillo .....	62
Figura 3. 8 Zona a evaluar de la bodega .....	65
Figura 3. 9 Zona a evaluar seccion1 del almacén de física 1 .....	68
Figura 3. 10 Zona a evaluar sección 2 del almacén de física 1 .....	70
Figura 3. 11 Zona a evaluar del cubículo 1 .....	73
Figura 3. 12 Zona a evaluar del cubículo 2 .....	76
Figura 3. 13 Zona a evaluar de la sección 1 del almacén general .....	79

Figura 3. 14 Zona a evaluar de la sección 2 del almacén general .....	81
Figura 3. 15 Luminaria GE Led serie IP .....	83
Figura 3. 16 Dimensiones de la Luminaria GE Led serie IP.....	83
Figura 3. 17 Curvas fotométricas de la Luminaria GE Led serie IP .....	85
Figura 3. 18 Datos del laboratorio 1 .....	87
Figura 3. 19 Valores de CU del Luminaria .....	90
Figura 3. 20 Datos del laboratorio 2.....	94
Figura 3. 21 Valores de CU de la Luminaria .....	96
Figura 3. 22 Datos del laboratorio 3.....	99
Figura 3. 23 Valores de CU de la luminaria.....	101
Figura 3. 24 Datos de cubículo 1.....	104
Figura 3. 25 Valores de CU de la luminaria.....	106
Figura 3. 26 Datos del cubículo 2 .....	109
Figura 3. 27 Valores de CU de la luminaria.....	111
Figura 3. 28 Datos del almacén de física 1 .....	114
Figura 3. 29 Valores de CU de la luminaria.....	116
Figura 3. 30 Datos del almacén general sección 1 .....	119
Figura 3. 31 Valores de CU de la luminaria.....	121
Figura 3. 32 Datos del almacén general sección 2 .....	124
Figura 3. 33 Valores de CU de la luminaria.....	126
Figura 3. 34 Datos de la bodega.....	129
Figura 3. 35 Valores de CU de la luminaria.....	131
Figura 3. 36 Datos del pasillo.....	134



Figura 3. 37 Valores de CU de la luminaria.....	136
---	-----

## Índices de Tablas

Tabla 1. 1 Longitudes de onda que percibe el ojo humano.....	3
Tabla 1. 2 Rendimiento Luminoso de algunas lámparas .....	8
Tabla 1. 3 Temperatura de color de las lámparas.....	10
Tabla 1. 4 Índice de Reproducción Cromática.....	11
Tabla 1. 5 Tabla Niveles de Iluminación (NOM-025-STPS-2008).....	30
Tabla 1. 6 Tabla Relación entre índice de Área y Zonas de medición. (NOM-025-STPS-2008)..	32
Tabla 1. 7 Ambientes para determinar el valor de depreciación por polvo de un luminario .....	36

## Capítulo 3

Tabla 3. 1 Medición de iluminancias del Laboratorio 1 .....	53
Tabla 3. 2 Medición de iluminancias del Laboratorio 2 .....	56
Tabla 3. 3 Medición de iluminancias del Laboratorio 3 .....	60
Tabla 3. 4 Medición de iluminancias del Pasillo .....	63
Tabla 3. 5 Medición de iluminancias de la bodega.....	66
Tabla 3. 6 Medición de iluminancias de la sección 1 del Almacén de Física 1 .....	69
Tabla 3. 7 Medición de iluminancias de la sección 2 del Almacén de Física 1 .....	71
Tabla 3. 8 Medición de iluminancias del cubículo 1.....	74
Tabla 3. 9 Medición de iluminancias de la bodega.....	77
Tabla 3. 10 Medición de iluminancias de la sección 1 del Almacén General.....	80
Tabla 3. 11 Medición de iluminancias de la sección 2 del Almacén General.....	82

Tabla 3. 12 Interpolación del CU igual a 2.22 del laboratorio 1 .....	91
Tabla 3. 13 Interpolación del CU igual a 2.22 del laboratorio 2 .....	97
Tabla 3. 14 Interpolación del CU igual a 2.22 del laboratorio 3 .....	102
Tabla 3. 15 Interpolación del CU igual a 5.83 del cubículo 2.....	111
Tabla 3. 16 Interpolación del CU igual a 4.82 del almacén de física 1.....	117
Tabla 3. 17 Interpolación del CU igual a 5.48 del almacén general sección 1 .....	122
Tabla 3. 18 Interpolación del CU igual a 6.66 de la bodega .....	132
Tabla 3. 19 Interpolación del CU igual a 8.12 del pasillo.....	137
Tabla 3. 20 Comparación de las dos luminarias.....	139

#### **Capítulo 4**

Tabla 4. 1 Tarifas Generales en Media Tensión.....	141
Tabla 4. 2 Periodos de Punta, Intermedio y Base, comprendido del primer Domingo de abril al último Domingo de Octubre.....	141
Tabla 4. 3 Tabla Periodos de Punta, Intermedio y Base, comprendido del último domingo de octubre al sábado anterior del primero domingo de Abril. ....	142
Tabla 4. 4 Primer periodo del año Enero – Marzo. ....	142
Tabla 4. 5 Segundo periodo del año Abril-Octubre .....	143
Tabla 4. 6 Tercer periodo del año Noviembre-Diciembre .....	143
Tabla 4. 7 Total de horas consumidas en los tres periodos .....	144
Tabla 4. 8 Costo de la energía por parte de CFE para la tarifa HM .....	144
Tabla 4. 9 Costo de Energía Eléctrica en el Periodo Intermedio .....	145
Tabla 4. 10 Costo de la Energía Eléctrica en el Periodo Punta.....	146
Tabla 4. 11 Costos totales de energía .....	147

Tabla 4. 12 Costo de mantenimiento preventivo de limpieza para el sistema actual de iluminación ..... 148

Tabla 4. 13 Costo de mantenimiento preventivo de limpieza para el sistema actual de iluminación ..... 148

Tabla 4. 14 Costo de mantenimiento preventivo de eléctrico con lámparas fluorescentes..... 149

Tabla 4. 15 Costo de mantenimiento preventivo de eléctrico con luminario Led del laboratorio 2 ..... 150

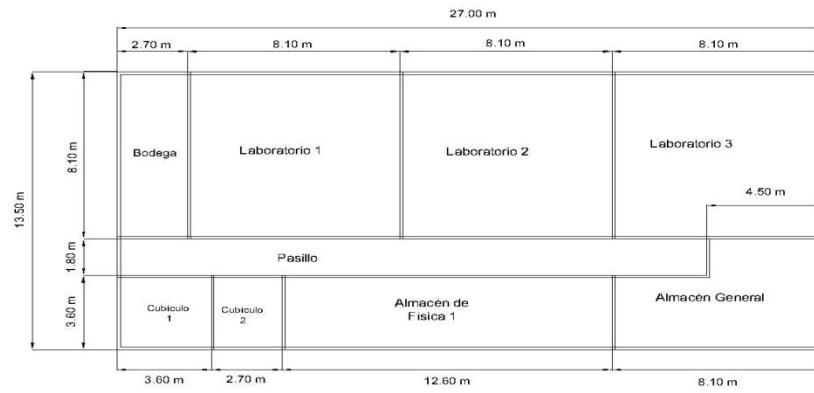
Tabla 4. 16 Costo de mantenimiento preventivo de eléctrico con luminario Led nueva propuesta ..... 150

Tabla 4. 17 Costo de la de la instalación de la propuesta nueva ..... 151

Tabla 4. 18 Costo beneficio de la instalación actual y la nueva propuesta ..... 154

# Anexos

Anexo A. Plano de los laboratorios de física 1 y sus espacios



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**Planta baja del edificio Z-1  
Laboratorios de Física 1**

ACOT. MTS

ESCALA 1:1

Anexo B Centro de Carga del laboratorio de Física

INSTALACIÓN ELECTRICA PARA UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES PARA LOS LABORATORIOS DE FÍSICA												
Interruptor Principal	Circuito	Tensión (Volts)	Equipos	Potencia Por Equipo (Watts)	Potencia Instalada (Watts)	F.P.	IN (Amperes)	F.T.	F.D.	Icorregida (Amperes)	Interruptor Termomagnetico	Calibre Conductor (AWG)
1 x 20 A	1	220	11	40	440	0.9	2.22	1	1	2.22	1 X 15 A	12
	2	220	10	40	400	0.9	2.02	1	1	2.02	1 X1 5 A	12
	3	220	27	40	1080	0.9	5.45	1	1	5.45	1X 15 A	12

# Anexo C Catalogo de la luminaria

## Luminaria LED GE Serie IP14



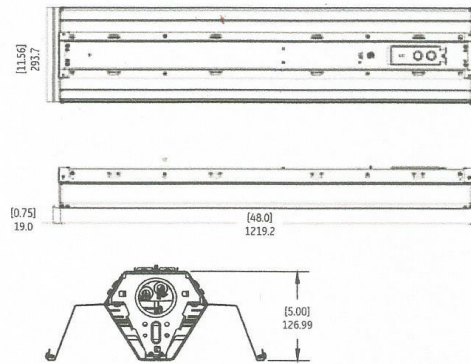
### Descripción del Producto:

Las Luminarias LED GE de la Serie IP están diseñadas para proporcionar iluminación eficaz para aplicaciones comerciales. Estas eficientes luminarias tienen una larga vida y ofrecen 100 lúmenes eficientes por watt, lo que da pie a menos mantenimiento y a costos operativos bajos.

### Desempeño:

Óptica: Media  
 Emisión de Luz Proporcionada: 4000 lúmenes; 5000 lúmenes\*  
 Suministro de Energía del Sistema: 40W para 4000lm; 50W para 5000lm\*  
 Eficacia: 100LPW  
 Voltaje de Entrada: 120-277V  
 Control Estándar de Atenuación o Dimerización: 0-10V, DALI  
 CCT: 4000K  
 CRI: 83  
 Consistencia de Color: Elipse MacAdam de 4 Pasos  
 Frecuencia de Entrada (Hz): 50/60Hz  
 Factor de Potencia: >0.9  
 Dimensiones: 11.56 x 48 x 5 pulgadas  
 Montaje: Suspensión (Vea la Tabla de Accesorios más abajo)  
 Peso: <18 libras  
 Certificación IC: Sin Certificación IC  
 Garantía: 5 años estándar, 10 años disponible

### Dimensiones del Producto:



### Código del producto:

**IP** - **14** - **M** - **WHITE**

CÓDIGO INTERNO	TIPO DE LUMINARIA (NOMINAL)	VOLTAJE	CÓDIGO ÓPTICO	MONTAJE	CONTROLADOR	ACABADO	OPCIONES
IP = Colgante Indirecto	14 = 1' x 4' (300x1200mm)	0 = 120-277V (Versión UL) 7 = 120-230V (Versión CE)		M = Kits de suspensión vea la tabla de accesorios abajo	V = 0-10V D = DALI (DALI no disponible en 4 pies 5000lm)	WHITE = White	XXX = Máximo 3 dígitos, alfabéticos, de otra manera consulte al fabricante para solicitudes especiales

CÓDIGO ÓPTICO	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	LONGITUD	CRI	TEMP DE COLOR (K)	LÚMENES TÍPICOS	WATTS DEL SISTEMA (W)
A3	Medio	4 pies	83	4000	4,000	40
A6	Medio	4 pies	83	4000	5,000*	50

Nota: Tanto el A3 como el A6 son sistemas independientes que incluyen tapas en los extremos y excluyen a través del cableado.

\*Paquete de 5000 lúmenes; Lanzamiento UL y CE en Febrero 2013

ACCESORIOS	CÓDIGO DE DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PRODUCTO
Kit de Soporte de Montaje	GESK15	69078
Kit de Soporte de Montaje Suspensión	GESK16	69076
Kit de Interruptor Fijo de Suspensión	GESK17	69075
Kit de Dosel No Alimentado	GESK21	60658
Kit de Carpintería (10 Kits)	GESK19	69073
Kit Final (10 Conjuntos)	GESK20	69074



# Lumination LED Luminaires

## Datos Fotométricos: Luminaria LED GE, Serie IP14

IP-14-X-A3-X-X-XXXX (4000K).ies

RESUMEN LUMÍNICO DE ZONA	
Zona	Lúmenes
0-10	105.85
10-20	310.07
20-30	497.17
30-40	656.97
40-50	760.81
50-60	746.03
60-70	517.84
70-80	229.39
80-90	52.08
90-100	0.75
100-110	0.42
110-120	0.47
120-130	0.53
130-140	0.61
140-150	0.63
150-160	0.57
160-170	0.41
170-180	0.15

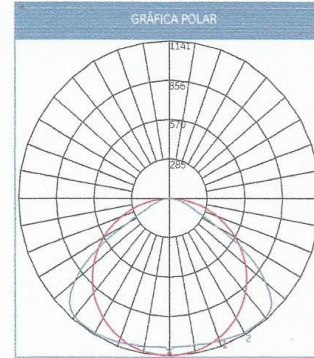
RC	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN																		
	80%				70%				50%				30%				10%		0%
	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%	
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100	
1	109	104	100	96	106	102	98	94	97	94	91	93	91	88	90	88	86	84	
2	99	90	83	77	96	88	82	77	85	79	75	81	77	73	78	75	71	69	
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	66	61	69	64	60	58	
4	82	69	60	53	79	68	59	53	65	58	52	63	57	51	61	55	51	48	
5	75	61	52	45	72	60	52	45	58	50	45	56	49	44	54	48	44	41	
6	69	55	46	39	67	54	45	39	52	44	39	50	43	38	49	43	38	36	
7	63	50	40	34	62	49	40	34	47	39	34	46	39	33	44	38	33	31	
8	59	45	36	30	57	44	36	30	43	35	30	42	35	30	40	34	29	27	
9	55	41	33	27	53	40	32	27	39	32	27	38	31	26	37	31	26	24	
10	51	38	30	24	50	37	29	24	36	29	24	35	29	24	34	28	24	22	

NOTE: Floor Cavity Reflectance : 20%

RESUMEN LUMÍNICO ZONAL			
Zona	Lúmenes	% de Lámpara	% de luminaria
0-20	415.92	N.A.	10.70
0-30	913.08	N.A.	23.50
0-40	1570.05	N.A.	40.50
0-60	3076.9	N.A.	79.30
0-80	3824.13	N.A.	98.50
0-90	3876.21	N.A.	99.90

Eficiencia Luminaria Total = N.A.%

SUMARIO DE VALOR VELA			
Ángulo	0°	45°	90°
45	3229	3327	3418
55	3116	3398	2982
65	2914	2750	1320
75	2466	858	577
85	1192	290	252



## Especificaciones del Producto:

### Construcción:

- Disipador de calor completamente recidable
- Clasificación IP: IP20
- Resistencia a los Impactos: IK=2

### Sistema Eléctrico:

- Close 1, reemplazable, diver LED de alta eficiencia clasificado para 50,000 horas cuando se le usa dentro de condiciones operativas.
- Ruido Audible: De acuerdo con el 29CFR 1910 sub parte G: <24 dba (1 pie)
- La protección de sobrecarga térmica apaga la luminaria cuando la temperatura del sistema excede las condiciones operativas para las que fue diseñado
- THD: <20%
- Protección Temporal: ola de 100 kHz, nivel de 2.5 kv
- Pruebas ambientales: Temperatura alta, humedad alta: 60°C / 90% (sin condensación)
- Pruebas de Vibración Electrónica: Multi Eje, Perfil Aleatorio de Vibración: 2-2000 Hz, 5Gs en electrónicos
- Corriente de Entrada: 4000 lúmenes:
  - 40W/120V - 340mA
  - 40W/230V - 180mA
  - 40W/277V - 160mA

### Instalación:

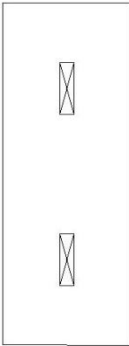
- Los accesorios de montaje se venden por separado
- La carcasa integrada PSU proporciona una luminaria limpia, ininterrumpida, debajo de la cuadrícula del techo
- Prueba de Vibración Luminosa: Prueba de luminaria a 0.5 G, 100,000 ciclos por eje, 2 ejes

Para más información y para tener acceso a todos nuestros recursos, incluyendo nuestra herramienta de diseño, visite: [www.gelightingssolutions.com](http://www.gelightingssolutions.com)

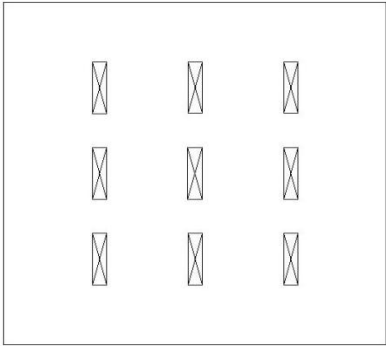




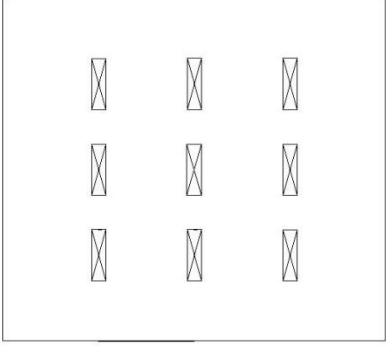
**Anexo D.** Distribución de las luminarias en la propuesta nueva en los diferentes espacios



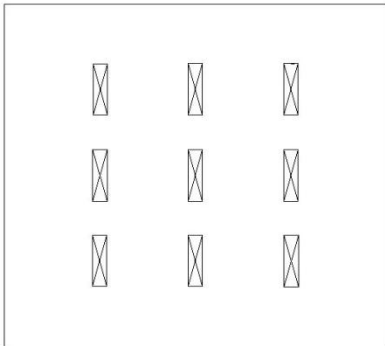
Bodega



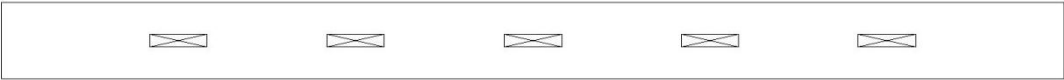
Laboratorio 1



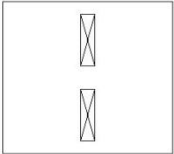
Laboratorio 2



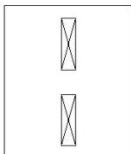
Laboratorio 3



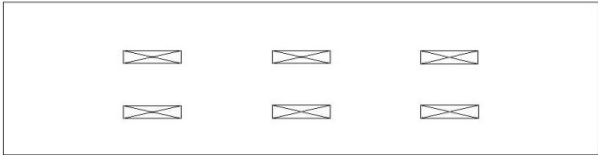
Pasillo



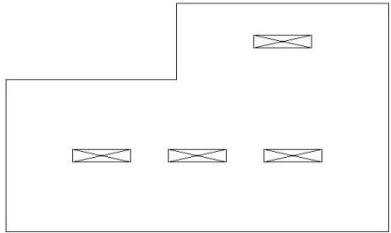
Cubículo 1



Cubículo 2

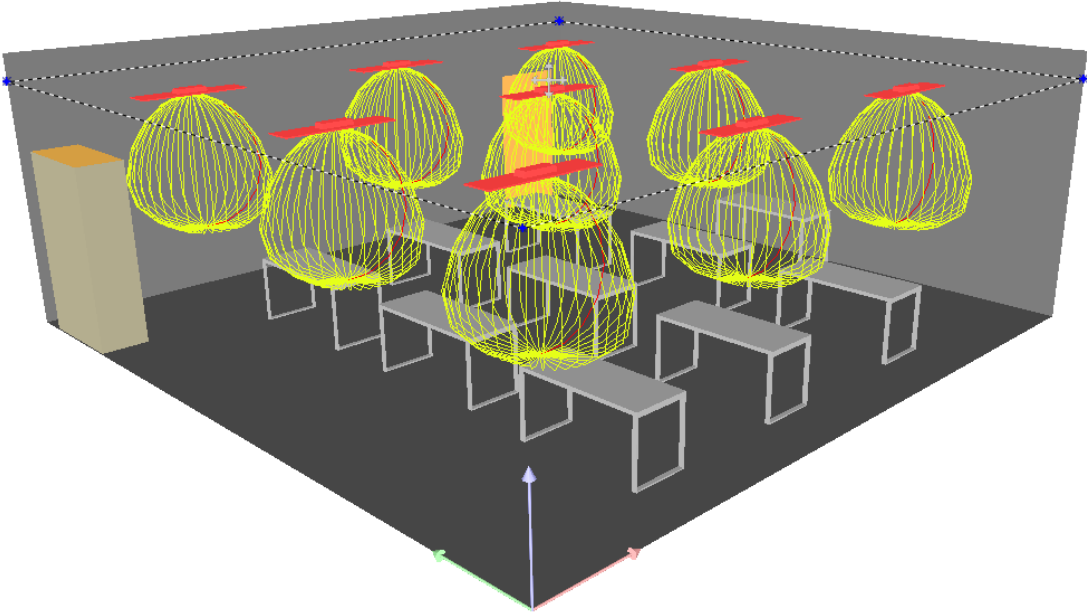


Almacén de Física 1



Almacén General

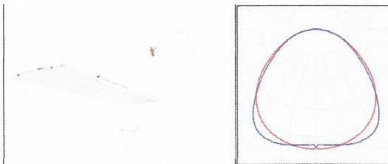
**Anexo E Simulación en el programa DIALUX con una luminaria semejante a la propuesta en la tesis**



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Proyecto 1 / Lista de luminarias**

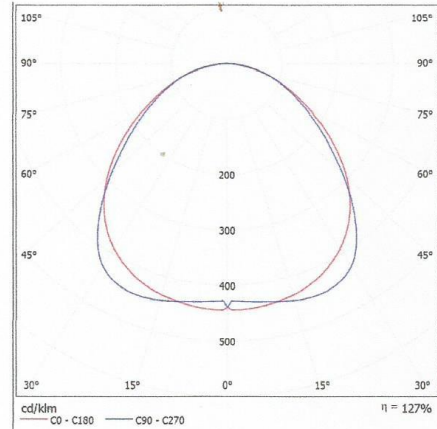
9 Pieza    GELIGHTING 67389 ET147A1BDWHTe (Tipo 1)  
N° de artículo: 67389  
Flujo luminoso (Luminaria): 5072 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm  
Potencia de las luminarias: 40.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 51 82 96 100 127  
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**GELIGHTING 67389 ET147A1BDWHTe / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



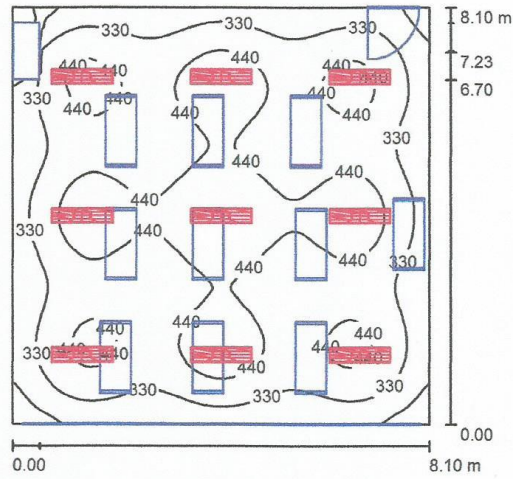
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 51 82 96 100 127

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR																
		70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	30				
p Techo		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	50				
p Paredes		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20				
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20				
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara						Mirado longitudinalmente al eje de lámpara								
X	Y															
2H	2H	17,0	19,1	18,2	19,4	19,6	17,7	18,7	17,9	18,2	19,4	17,0	19,1	18,2	19,4	19,6
	3H	19,3	20,3	19,5	20,6	20,8	19,0	20,1	19,3	20,4	20,7	19,3	20,3	19,5	20,6	20,8
	4H	19,7	20,8	20,0	21,0	21,3	19,6	20,6	19,9	20,9	21,2	19,7	20,8	20,0	21,0	21,3
	6H	20,1	21,1	20,4	21,4	21,7	20,0	21,0	20,4	21,3	21,7	20,1	21,1	20,4	21,4	21,7
	8H	20,2	21,1	20,5	21,4	21,8	20,2	21,2	20,6	21,5	21,8	20,2	21,1	20,5	21,4	21,8
4H	2H	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0	18,2	19,3	18,6	19,6	19,9	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0
	3H	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5	19,6	20,7	20,1	21,0	21,4	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5
	4H	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1	20,5	21,3	20,9	21,7	22,0	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1
	6H	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6
	8H	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7	21,3	22,0	21,8	22,4	22,8	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7
6H	2H	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0	18,2	19,3	18,6	19,6	19,9	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0
	3H	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5	19,6	20,7	20,1	21,0	21,4	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5
	4H	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1	20,5	21,3	20,9	21,7	22,0	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1
	6H	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6
	8H	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7	21,3	22,0	21,8	22,4	22,8	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7
8H	2H	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0	18,2	19,3	18,6	19,6	19,9	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0
	3H	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5	19,6	20,7	20,1	21,0	21,4	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5
	4H	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1	20,5	21,3	20,9	21,7	22,0	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1
	6H	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6
	8H	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7	21,3	22,0	21,8	22,4	22,8	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7
12H	2H	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0	18,2	19,3	18,6	19,6	19,9	18,4	19,5	18,7	19,8	20,0
	3H	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5	19,6	20,7	20,1	21,0	21,4	19,9	20,6	20,3	21,1	21,5
	4H	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1	20,5	21,3	20,9	21,7	22,0	20,6	21,4	21,0	21,7	22,1
	6H	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6	21,1	21,8	21,5	22,2	22,6
	8H	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7	21,3	22,0	21,8	22,4	22,8	21,2	21,9	21,7	22,3	22,7

Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias		
S = 1,0H	+0,1 / -0,2	+0,2 / -0,2
S = 1,5H	+0,2 / -0,4	+0,2 / -0,5
S = 2,0H	+0,5 / -0,8	+0,5 / -0,8
Tabla estándar	BK05	BK06
Sumando de corrección	5,0	5,6
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2750lm Flujo luminoso total		

**Local 1 / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.67

Valores en Lux, Escala 1:104

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	387	21	535	0.055
Suelo	20	275	11	395	0.040
Techo	50	60	38	77	0.629
Paredes (4)	30	149	11	297	/

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

**Lista de piezas - Luminarias**

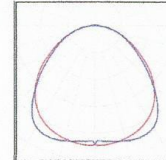
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	GELIGHTING 67389 ET147A1BDWHITE (Tipo 1)* (1.000)	5072	4000	40.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 45651	Total: 36000	360.0

Valor de eficiencia energética: 5.49 W/m<sup>2</sup> = 1.42 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 65.61 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

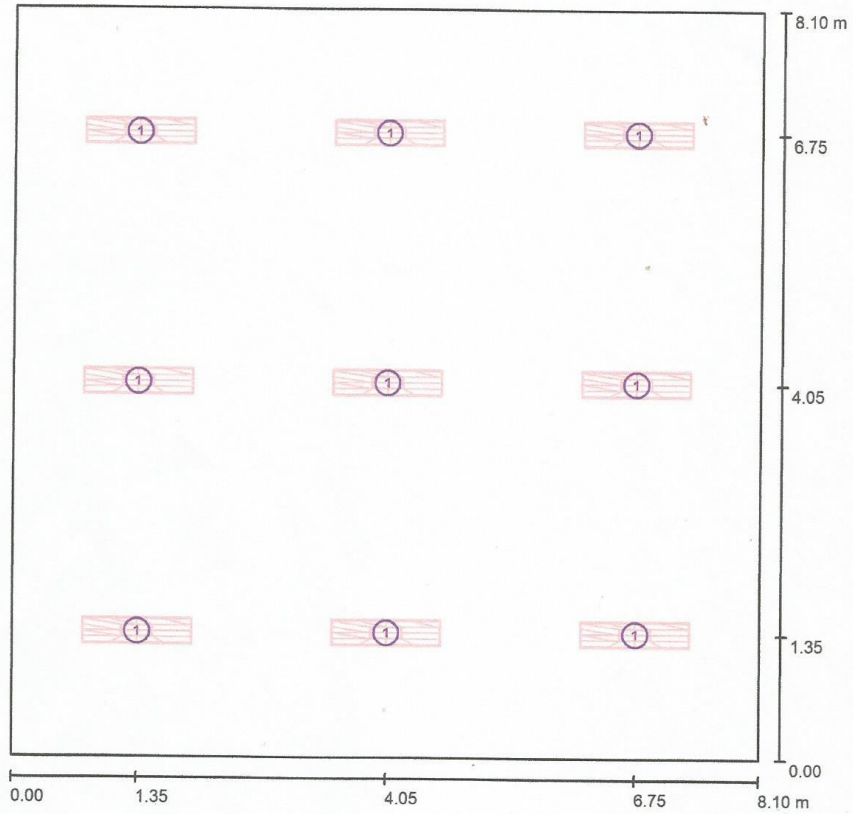
**Local 1 / Lista de luminarias**

9 Pieza    GELIGHTING 67389 ET147A1BDWHITE (Tipo 1)  
N° de artículo: 67389  
Flujo luminoso (Luminaria): 5072 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm  
Potencia de las luminarias: 40.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 51 82 96 100 127  
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).





**Local 1 / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 58

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación
1	9	GELIGHTING 67389 ET147A1BDWHITE (Tipo 1)*

\*Especificaciones técnicas modificadas

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Local 1 / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 45651 lm  
Potencia total: 360.0 W  
Factor mantenimiento: 0.67  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	352	34	387	/	/
Suelo	238	36	275	20	17
Techo	0.52	60	60	50	9.61
Pared 1	96	42	139	30	13
Pared 2	113	46	160	30	15
Pared 3	112	44	156	30	15
Pared 4	102	41	143	30	14

Simetrías en el plano útil  
E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.055 (1:18)  
E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.039 (1:25)

Valor de eficiencia energética: 5.49 W/m<sup>2</sup> = 1.42 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 65.61 m<sup>2</sup>)