

10



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS.  
AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN UN SISTEMA DE  
ILUMINACION".

29806

**TRABAJO DE SEMINARIO**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A :  
**JUAN CARLOS AXOTLA GARCIA**

ASESOR: ING. JAIME RODRIGUEZ MARTINEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

J. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario

Iluminación e Instalaciones Eléctricas. "Ahorro de Energía

Eléctrica en un Sistema de Iluminación"

que presenta el pasante: Juan Carlos Axotla García

con número de cuenta: 9211839-7 para obtener el título de

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de septiembre de 2001

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I

Ing. Jaime Rodriguez Martínez

II

Ing. Ramon Osorio Galicia

III

M. en A.I. Pedro Guzmán Tinajero

*Jaime R*  
*Ramon O*  
*Pedro G*

# Agradecimientos

## A MIS PADRES:

MAMÁ: gracias por quererme tanto y confiar en mí.

PAPÁ: Gracias por haberme enseñado a trabajar, a seguir adelante y sobretodo, a ser un profesional en mi trabajo

## A MIS HERMANOS:

Mauricio, Daniel y Paty. Gracias por haberme dado tantos ánimos

## A ELENA:

Por tus consejos, tus ánimos, tus ganas de salir adelante, por permitir que compartiera toda mi carrera contigo, por enseñarme a querer y por haber contribuido un poco en mi educación y modales. ¡Sigue así, nunca cambies!.

## A MI TIO HUGO:

Gracias tío por confiar en mí

## A MIS AMIGOS:

Miguel Pineda "el perro" por haber permitido que formáramos un excelente equipo y gracias a la competencia sana que teníamos pude salir adelante. Ya pórtate bien, no estés de fácil con las chicas y no seas cruel con ellas.

Ramón Gómez, el amigo de toda la vida universitaria, desde el C.C.H. hasta la FES-C, gracias por confiar en mi. También gracias por no haberme invitado a tu boda, de todos modos cuando me case yo si te voy a invitar.

## A LA FES-C:

Quien iba a pensar que cuando entré por primera vez a la facultad decía: creo que estamos olvidados de la civilización, gracias a la FES-C y a sus maestros por sus enseñanzas

## SOBRE TODO GRACIAS DIOS.

Por que gracias a ti tengo a mi familia, mi novia, a mis amigos. Pues todo lo que tengo te lo debo a ti.

**I N D I C E**

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. TERMINOLOGÍA DE ILUMINACIÓN	3
1.1 Brillantez o luminancia	4
1.2 Lámpara	4
1.3 Balastro	5
1.4 Luminaria	5
1.5 Flujo luminoso	5
1.6 Candela	5
1.7 Nivel de iluminación o iluminancia	5
1.8 Reflector	5
1.9 Eficacia de una lámpara	5
1.10 Eficacia de una luminaria	6
1.11 Temperatura de Color	6
1.12 Índice de rendimiento de color	7
1.13 Vida nominal de la lámpara	7
1.14 Depreciación de lúmenes	7
CAPITULO 2. FUENTESLUMINOSAS ARTIFICIALES	8
2.1 Lámparas incandescentes	10
2.2 Lámparas de descarga	12
2.2.1 Lámparas Fluorescentes	12
2.2.2 Lámparas de Vapor de mercurio	18
2.2.3 Lámparas de Vapor de sodio alta presión	20
2.2.4 Lámparas de Vapor de sodio Baja presión	21
2.2.5 Lámparas de aditivos metálicos	23
2.3 Lámparas de Luz Mixta	26

---

<b>CAPITULO 3. METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR SISTEMAS DE ILUMINACIÓN</b>	<b>27</b>
3.1 Levantamiento de la información del sistema de iluminación en estudio	28
3.2 Análisis de la situación actual	31
3.3 Realización de nueva propuesta del sistema de iluminación	32
3.4 Comparación del sistema actual y propuesto	32
3.5 Calculo de ahorro económico y el tiempo de recuperación de inversión	33
<b>CAPITULO 4. CALCULOS DE ILUMINACIÓN</b>	<b>34</b>
4.1 Método de cavidad Zonal o Lumen	35
4.2 Tabla de reflexiones aproximadas	39
4.3 Tablas de categorías de mantenimiento	43
4.4 Curvas de distribución y porcentaje de lúmenes de luminarias típicas	46
4.5 Hoja de trabajo del método del lumen	48
4.6 Hoja de resultados	49
<b>CAPITULO 5. CASO PRACTICO</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>66</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>69</b>

## INTRODUCCIÓN

Las acciones indiscriminadas del ser humano hacia la naturaleza, donde destacan la tala inmoderada, el sobre cultivo, la irrigación deficiente y el sobre pastoreo, se suman durante el siglo XX, la introducción masiva a la atmósfera de gases humos polvos, coloide, microbios y otras sustancias producto de la revolución industrial, que perturbaron el balance gaseoso de la contaminación atmosférica.

En todo lo anterior juegan un papel central los energéticos. De ellos depende la solución de las necesidades de calefacción, vestido, alimento, iluminación, viajes y en general el bienestar de los seres humanos.

Para la producción de dichos energéticos se utiliza en lo fundamental el combustible fósil no renovable. Actualmente el 88 por ciento de la energía comercial usada en el mundo procede de este tipo de combustibles y que cuando se queman desprenden calor forma de dióxido de carbono, vapor de agua, dióxido de azufre y otros productos de la combustión que van hacia la atmósfera como residuos.

La generación de energía eléctrica es una de las fuentes mas importantes de este tipo de contaminantes. Los efectos contaminantes de mayor importancia causado por centrales termoeléctricas a grandes rasgos son:

- Impactos locales: Partículas sólidas
- Impactos regionales: Gases causantes de lluvias ácidas
- Impactos globales: Gases de efecto invernadero.

Por todos estos impactos perjudiciales para la humanidad, es importante el estudio del ahorro de la energía eléctrica, en todos sus ámbitos. La eficiencia de energía eléctrica en los sistemas de iluminación, es una parte fundamental, para cumplir y poder lograr un ahorro de energía eléctrica, en todos los sectores de la población a cualquier nivel..

En la actualidad una de las prioridades de la mayoría de los países de primer nivel del mundo, es lograr el mas alto grado posible de eficiencia en el consumo de energía eléctrica, acción que alivia en un grado considerable las presiones de tipo económico y los riesgos ecológicos.

Respecto a lo económico, el ahorro de energía permite por ejemplo desacelerar la demanda del consumo eléctrico con lo cual se desahoga la urgencia presupuestaria de destinar crecientes recursos económicos para construir mas plantas generadoras de energía.

En cuanto a los riesgos ecológicos , el uso racional de la energía, evita que se quemen innecesariamente combustible cuyas emanaciones impactan negativamente sobre el medio ambiente.



La luz se puede originar de muchas maneras: de la energía solar (luz diurna), de la combustión, de reacciones químicas y de la conversión de energía eléctrica, de las cuales la luz diurna es la mas abundante y además es gratis, sin embargo esta no esta disponible por las noches. Por esto el hombre se ha dado a al atarea de producir la luz a través de cualquier medio artificial, para satisfacer sus necesidades.

La primera lámpara de éxito fue de Edison, que utilizaba un filamento de carbón en el vacío y producía 1.4 lúmenes por watt. Desde entonces se han venido mejorando de manera dramática utilizando diferentes tipos de materiales, haciéndolas mas eficientes y menos costosas.

El componente fundamental de un equipo de iluminación es la fuente luminosa, llamada comúnmente lámpara. El conjunto que sujeta una o varias lámparas juntas, para proporcionar iluminación es la luminaria. Las luminarias son elementos de importancia en el diseño de interiores, a demás de su rendimiento lumínico, su tamaño, su textura, su color y su forma deberán ser tomados en consideración al seleccionarlas.

Este trabajo permite analizar un sistema de iluminación, y mejorarlo, de tal modo que se reduzcan gastos por consumo de energía eléctrica y a la vez, aumente la capacidad de iluminación en todas las áreas de trabajo, oficina o residencia.

# CAPÍTULO 1

## *Terminología de iluminación*

## 1.1 Brillantez o Luminancia:

La luminancia es el flujo luminoso reflejado o transmitido a través de una superficie. Es igual a la luminancia de una superficie, multiplicada por los factores de reflectancia o transmisión de dicha superficie. La luminancia es percibida por nuestros ojos como una sensación de brillantez que en parte es afectada por la luminancia medible y en parte por el estado de adaptación del ojo.

En la tabla 1.1 podemos ver los valores de luminancia para fuentes de luz naturales y artificiales.

Valores de luminancia aproximados para varias fuentes de luz		
Fuente de luz	Luminancia típica (ft)	Luminancia típica (cd/m <sup>2</sup> )
Sol (observados desde la tierra)	450,000,000	1,540,000,000
Luna (observada desde la tierra)	2,400	8,000
Nieve a la luz del sol	9,000	31,000
Cielo cubierto	600	2,000
Luz de Bujía	2,900	10,000
Lampara de filamento (600 watts esmerilada interiormente)	8,800	30,000
Lampara Fluorescente 40 watts (blanco frio)	5,000	17,000

TABLA 1.1

Se define a la emitancia luminosa o brillantez, como la densidad de flujo luminoso reflejado o transmitido por una superficie hacia los ojos del observador (B) [lm/m<sup>2</sup> o %].

$$B = \frac{\phi_{\text{incidente}}}{A} \left[ \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right] \quad B_{\text{reflejada}} = \frac{\phi_{\text{reflejada}}}{A}$$

Donde :

lm : Lumen (lm)

A : AREA (m<sup>2</sup>)

En consecuencia el Brillo es característica de una sensación visual la cual un área parece emitir mas o menos luz. El termino brillo se considera un atributo del color y se emplea para describir la luminosidad de este.

## 1.2 Lámpara:

Se puede definir a la lámpara como cualquier dispositivo empleado para la iluminación artificial. Es el aparato mediante el cual se transforma la energía eléctrica, en energía luminosa.

### 1.3 Balastro

Es un dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a éstas las condiciones de operación necesarias.

### 1.4 Luminaria

Es el gabinete contenedor de las lámparas y en algunos casos también balastos, se utiliza para dirigir y controlar el flujo luminoso de una o más lámparas.

### 1.5 Flujo luminoso:

Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad del tiempo (segundo), su unidad es lumen (lm).

### 1.6 Candela:

Es la unidad de intensidad de una fuente de luz en una dirección dada. Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ( $540 \times 10^{12}$  Hz = 555 nm), y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 watts / steradian.

### 1.7 Nivel de iluminación o iluminancia

Se define como la densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie, su unidad de medida es lux. Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado. El nivel de iluminación se recomienda en un cierto valor mínimo de luxes de acuerdo a la tarea a desarrollar y tipo de lugar de trabajo.

### 1.8 Reflector

Dispositivo empleado para aprovechar la reflexión de la luz. La reflexión de la luz es especular cuando los rayos luminosos reflejados se orientan en direcciones preferentes de acuerdo a las características geométricas en la que se produce la reflexión.

### 1.9 Eficacia de una lámpara

Es el flujo luminoso emitido por una lámpara entre la potencia eléctrica (watt) que requiere para operar, se expresa como lumen/watt.

$$Eficacia = \frac{\text{Lumenes}}{\text{Watt}}$$

### 1.10 Eficacia de una luminaria

Se define como el flujo luminoso emitido por un conjunto de lámparas que aloja una luminaria entre la potencia eléctrica (watt) que requiere para operar, incluidos los balastos, se expresa como lumen/watt.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Lumenes}}{\text{Watt}}$$

### 1.11 Temperatura de Color

Es una medida de color de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura particular, es expresada en grados kelvin. Las lámparas incandescentes tienen una baja temperatura de color (2800°k), denotada por un rojo amarillo; las lámparas de luz de día poseen alta temperatura de color (aproximadamente 6000°k), y parecen como azulado. En la actualidad el fósforo usado en lámparas fluorescentes puede graduarse para proveer cualquier temperatura de color deseada en el rango de 2800 a 6000 °k. La tabla 1.2 lista las temperaturas de color características de algunas lámparas típicas.

Fuente luminosa	Rango de temperatura de color "°K"
Incandescentes	
- 60 watts	2500 – 2700
- 100 watts	2700 – 2900
- 500 watts	2900 – 3100
- Halogeno, tungsteno	3000 – 3200
Fluorescentes	
- Blanco cálido	2900 – 3000
- Blanco frío	4000 – 4500
- Luz diurna	6000 – 6500
Mercurio	
- Transparente	5500 – 5800
- Mejorado	4400 – 4500
Aditivo metálico	
- Transparente	3700 – 3800
- Recubierto	3200 – 4000
Sodio alta presión	
- Normal	2000 – 2100
- Color mejorado	3000 – 4000
Sodio de baja presión	1700 – 1800

TABLA 1.2

### 1.12 Índice de rendimiento de color

Es una medida que describe la calidad de la producción de colores de la luz de una lámpara, debe ser considerada en toda la aplicación de la iluminación, se mide en una escala de 0 al 100, o en porcentaje. La luz del sol y la luz incandescente tiene un CRI de 100. Es importante saber que los objetos y personas iluminados bajo una luz con alto CRI se ven más naturales, además que el nivel de la iluminación se percibe como mayor.

En aplicaciones comerciales, las lámparas con alto índice de rendimiento de color hacen que la mercancía sea más atractiva al cliente, la comida sea más apetitosa en los restaurantes y la gente en general luzca mejor, saludable y más natural. En las oficinas se incrementa la productividad del trabajador, se reduce el ausentismo y se disminuye el riesgo de cometer errores.

### 1.13 Vida nominal de la lámpara

La vida nominal de una lámpara se define como el tiempo que transcurre hasta que sigue funcionando solo el 50% de un grupo de lámparas. La vida nominal sigue de cerca la curva de mortalidad de la mayor parte de las estadísticas para grandes poblaciones de individuos.

### 1.14 Depreciación de lúmenes

La potencia lumínica se va depreciando con el tiempo. La pérdida de la luz, que se conoce como depreciación lumínica puede ser tan alta como el 20 al 30% de la vida nominal de la lámpara. Esta característica debe tomarse en consideración en el diseño de la iluminación. En la tabla 1.3 se listan las características de depreciación en lúmenes típicas para varias lámparas.

TIPO DE LAMPARA	Potencia lumínica aproximada	
	50 % de la vida	100 % de la vida
Incandescente		
- Tipo para servicio general	90	82
- Tungsteno – halógeno	97	92
Fluorescente		
- Carga ligera (baja brillantez)	92	90
- Carga mediana (normal)	85	82
- Carga alta (salida alta)	75	65
Descarga de alta densidad		
- Mercurio (H)	77	60
- Aditivos metálicos (MH)	70	65
- Sodio alta presión (HPS)	90	70

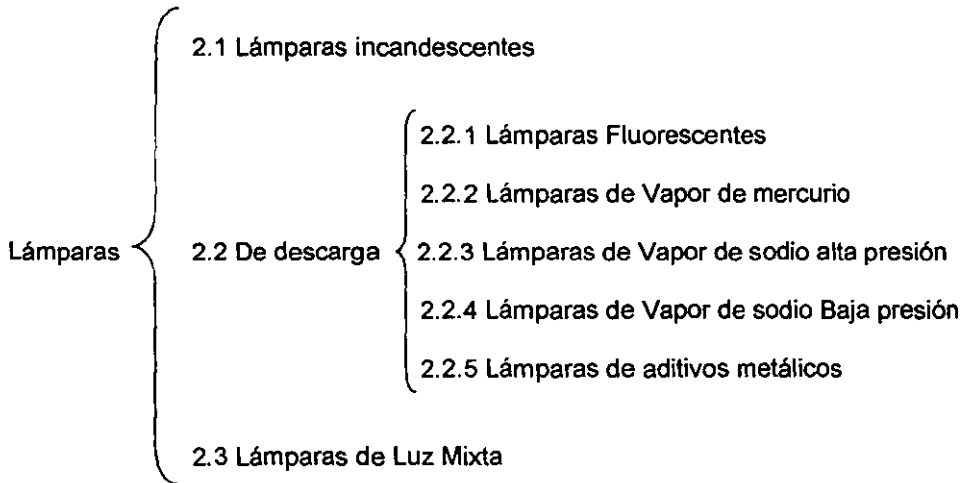
TABLA 1.3

# CAPÍTULO 2

## *Fuentes luminosas artificiales*

## FUENTES LUMINOSAS ARTIFICIALES

Son aquellos objetos artificiales capaces de emitir radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda visibles para el ojo humano. Las fuentes luminosas artificiales de mayor importancia en nuestra época son las lámparas, estas las podemos clasificar de la siguiente manera:





## 2.1 Lámparas incandescentes:

El filamento de un foco incandescente es un fino hilo de tungsteno arrollado en forma de bobina, se encuentra en el interior de un bulbo de cristal con un gas inerte en su interior (argón o xenón), para evitar la desintegración por oxidación. El rendimiento de estas lámparas es bajo pues el 100% de la potencia absorbida por el filamento solo del 10 al 12% son radiaciones visibles, y el resto son radiaciones infrarrojas que se manifiestan en forma de calor.

Las principales desventajas de la lámpara incandescente son:

- Corta vida (de 750 a 1000 horas)
- Baja eficiencia (alrededor de 19 lúmenes por watt)
- Gran disipación de calor.

Las principales ventajas de la lámpara incandescente que la hacen todavía útil en áreas pequeñas y de bajos niveles de iluminación son:

- Tamaño compacto
- Bajo costo inicial
- Flujo luminoso inalterable por la temperatura circundante.
- No utiliza accesorios de arranque o reactores.
- Luz cálida de la lámpara que resalta todos los colores, pero mas los rojos anaranjados y amarillos, dando a las cosas una apariencia familiar y acogedora.
- Flujo luminoso controlable en gran variedad de distribuciones luminosas.
- Operación en corriente continua y corriente alterna.

En la tabla 2.1 se muestran los datos de las lámparas incandescentes.

**DATOS DE LAMPARAS INCANDESCENTES**

WATTS	VOLTS (TENSIÓN DE OPERACIÓN)	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	ACABADO PERLA O CLARO	LONGITUD EN CENTÍMETROS
40	125	465	1,500	12	.875	MEDIA (E-26)	A-19	*	11.3
60	125	800	1,000	15	.930	MEDIA (E-26)	A-19	-	11.3
60	220	585	1,000	10	.930	MEDIA (E-26)	A-21	-	11.3
75	125	1,190	750	16	.920	MEDIA (E-26)	A-19	*	11.3
100	125	1,750	750	18	.905	MEDIA (E-26)	A-19	-	11.3
100	220	1,085	2,500	11	.900	MEDIA (E-26)	A-21	-	13.5
150	125	2,780	750	19	.895	MEDIA (E-26)	A-23	*	16
150	220	2,060	1,000	14	.870	MEDIA (E-26)	PS-25	*	15
200	125	3,750	750	19	.850	MEDIA (E-26)	PS-25	*	17.6
200	220	3,040	1,000	16	.900	MEDIA (E-26)	PS-30	*	20.5
300	125	6,103	1,000	20	.875	MEDIA (E-26)	PS-30	*	20.5
300	220	4,735	1,000	16	.890	MEDIA (E-26)	PS-30	*	20.5
500	125	10,100	1,000	20	.890	MOGUL (E-40)	PS-40	*	24.8
500	220	9,270	1,000	18	.870	MOGUL (E-40)	PS-40	*	24.8
1000	220	17,800	1,000	18	.820	MOGUL (E-40)	PS-52	*	33.1

TABLA 2.1

### PARTES QUE COMPONEN UNA LAMPARA INCANDESCENTE

Una lámpara incandescente esta compuesta por cinco partes principales, además de otras secundarias, las que se pueden observar en la figura 2.1, a saber:

### COMPONENTES PRINCIPALES DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE

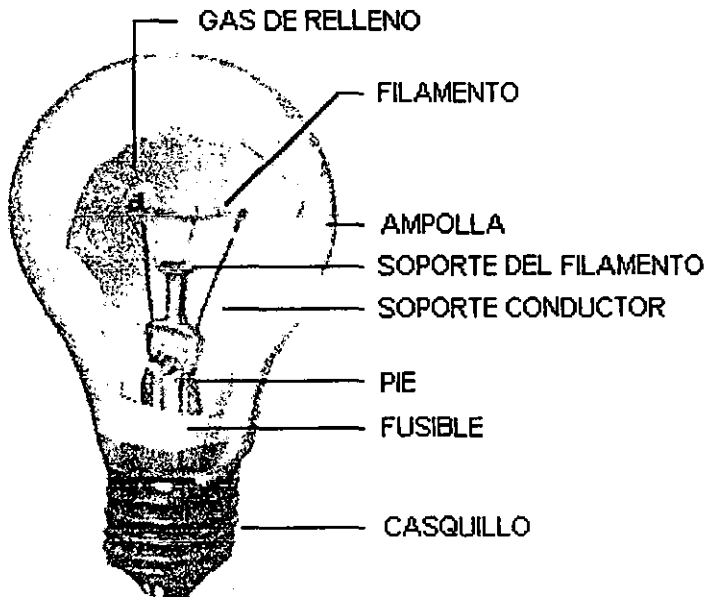


FIGURA 2.1

## 2.2 LÁMPARAS DE DESCARGA

### 2.2.1 Lámparas Fluorescentes

Por su gran eficiencia y su larga vida, el alumbrado fluorescente ha llegado a ser de un uso general en la iluminación de grandes áreas a bajas alturas de montaje. Se utiliza en escuelas, edificios públicos y oficinas.

Las lámparas fluorescentes son de tipo de fuente de luz de descarga eléctrica, en éstas la luz se produce por la fluorescencia del fósforo excitado por la energía de los rayos ultravioleta, energía que proviene del choque de la descarga de electrones con los átomos de mercurio vaporizado.

Las lámparas de este tipo están formadas por un tubo de vidrio con un electrodo de tungsteno en cada extremo, además, llevan en su interior un gota de mercurio acompañado de un gas inerte a baja presión, o una mezcla de gases para el encendido, las paredes interiores del tubo están cubiertas con una capa de fósforo en polvo. En la tabla 2.3 se muestran los datos de las lámparas fluorescentes.

Las principales desventajas de este tipo de lámparas son:

- Su gran tamaño en relación a su potencia (una lámpara de 1.22 m, consume 40 watts), cabe aclarar que hoy en día se están haciendo lámparas de menor tamaño.
- La necesidad de un reactor o balastro que le proporcione una corriente y voltaje adecuado y una reducción del flujo luminoso a bajas temperaturas ambientales.

Sus ventajas son:

- Alta eficiencia luminosa (mas de 67 lúmenes por watt)
- Mejor rendimiento de color.
- Gran duración (12000 horas en comparación con las 750-1000 horas de las lámparas incandescentes).

Las lámparas fluorescentes requieren de un balastro para operar, generalmente los balastros se diseñan para operar a la vez un par de lámparas. De acuerdo a su tecnología de arranque las lámparas fluorescentes se dividen en:

- Arranque instantáneo
- Arranque rápido
- Arranque por precalentamiento

### *Arranque instantáneo:*

Estas también reciben el nombre de SLIM LINE, a la vista se identifican por su casquillo de un solo contacto o pin en cada extremo. Estas lámparas no requieren calentamiento previo ni arrancador, pero requieren de un elevado voltaje de arranque. El balastro enciende las lámparas en serie una después de la otra, una vez encendidas las dos lámparas una parte del balastro deja de operar, en caso de que alguna de las lámparas se funda, la otra puede seguir operando, no obstante el balastro sigue funcionando y puede recibir daños de gravedad.

### *Arranque rápido:*

Las lámparas encienden en forma suave y con un ligero retardo de hasta dos segundos. El balastro suministra una tensión de arranque menor que en el caso de las SLIM LINE, no obstante el balastro hace que los cátodos de las lámparas estén permanentemente calientes. La identificación simple de estas lámparas se realiza sus dos contactos o pines en cada uno de los casquillos de sus extremos.

### *Arranque por precalentamiento:*

Estas lámparas requieren además del balastro un arrancador, las lámparas para poder operar deben pasar primero por una corriente mayor que la de su operación normal, con la que se calientan sus cátodos, estas lámparas se encuentran ya casi fuera del mercado, también presentan dos contactos o dos pines.

Hay varios tipos de lámparas fluorescentes de color blanco en el mercado.

- Blanco frío.
- Blanco cálido
- Blanco
- Blanco frío de lujo
- Blanco cálido de lujo
- Luz de día.

Las lámparas blanco frío, blanco cálido y blanco son mas eficientes en cuanto a flujo luminoso, pero son débiles en el color rojo. Las lámparas blanco frío de lujo y blanco cálido de lujo están diseñadas para dar mejor rendimiento de color.

En la tabla 2.2 aparecen temperaturas de color nominal representativas de lámparas fluorescentes.

Color aparente (temperatura de color) de lámparas fluorescentes	
Designación de la lámpara	Rango de temperatura de color ° K
Blanco cálido de lujo	2900 – 3000
Blanco cálido	3000 – 3100
Blanco	3400 – 3500
Blanco natural	3500 – 3600
Blanco frío	4000 – 4500
Blanco frío de lujo	4500 – 5000
Luz de día	6000 – 6500

Tabla 2.2

### Lámparas fluorescentes compactas.

Se pueden utilizar dos tipos de lámparas fluorescentes compactas a fin de reemplazar lámparas incandescentes de baja eficacia, en la figura 2.2 se muestran algunos modelos de lámparas fluorescentes compactas.:

- *Las lámparas PL*, que son lámparas fluorescentes de una sola composición. Están disponibles desde unos cuantos watts hasta 18 watts. Debido a su tamaño compacto, son populares para la comparación de espacios de tipo general anteriormente iluminados por luminarias incandescentes. Las lámparas PL pueden durar hasta 50000 horas en comparación con menos de 2000 horas de las lámparas incandescentes, y tienen una eficacia de hasta 50 lúmenes/watt en comparación con los 15 a 20 lúmenes / watt de las incandescentes. Por lo tanto tienen una eficiencia de energía de mas del 300% en comparación con las incandescentes.
- *Lámparas SL*, diseñadas especialmente para colocarse directamente en una luminarias incandescente. Esta lámpara tienen una balastro incorporada.

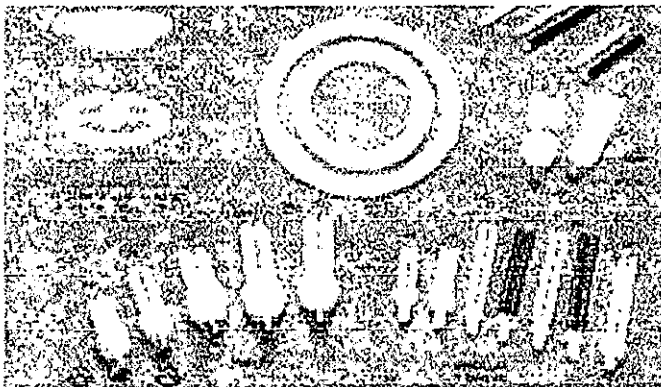


FIGURA 2.2

### Lámparas T-8

Los sistemas denominadas T8, lámparas de una (8/8) pulgada de diámetro, son lámparas fluorescentes que poseen las características más avanzadas en calidad y eficiencia. Con un CRI de 85, un flujo luminoso arriba de los 104 lúmenes por watt operando con un balastro electrónico y un diámetro de 25 mm, las lámparas T8 son la mejor opción para diseños de iluminación de oficinas, bibliotecas, tiendas, hospitales y otras múltiples aplicaciones en donde sea importante ahorrar energía y tener una iluminación de calidad. Estos productos cuentan con una gran variedad de temperaturas de color para crear ambientes y efectos diferentes. Pueden encontrarse lámparas fluorescentes con un CRI de 85, estas son excelente opción para oficinas, escuelas, gracias a su alto CRI. Por otra parte es posible obtenerlas de diferentes longitudes, además las lámparas T8 incorporan un polvo fluorescente a base de fósforos activados con tierras raras que proporcionan un mayor flujo luminoso, excelente rendimiento de color, con la posibilidad de elegir entre tres temperaturas de color, 3000 a 4100 ° K . En La figura 2.3 se muestran las partes principales que componen un lámpara fluorescente.

#### PARTES PRINCIPALES QUE COMPONEN UNA LAMPARA FLUORESCENTE

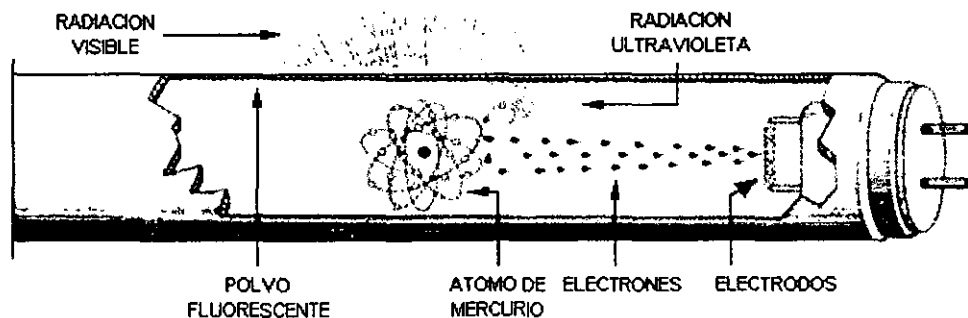


FIGURA.2.3

TABLA 2.3

## DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
9	TUBO SENCILLO	BLANCO CALIDO	600	10,000	67	0.87	G23	T-4	16.70	RAPIDO
9	TUBO SENCILLO	BLANCO FRIO	600	10,000	67	0.87	G23	T-4	16.70	RAPIDO
13	TUBO SENCILLO	BLANCO CALIDO	900	10,000	69	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
13	TUBO SENCILLO	BLANCO FRIO	900	10,000	69	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
9	TUBO DOBLE	BLANCO CALIDO	600	10,000	67	0.87	G23-2	T-4	11.10	RAPIDO
9	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	600	10,000	67	0.87	G23-2	T-4	11.10	RAPIDO
13	TUBO DOBLE	BLANCO CALIDO	900	10,000	69	0.87	GX23-2	T-4	12.30	RAPIDO
13	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	900	10,000	69	0.87	GX23-2	T-4	12.30	RAPIDO
18	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	1,250	10,000	69	0.87	G24d2.2 PINES	T-4	17.00	RAPIDO
26	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	1,800	10,000	69	0.87	G24d2.3 PINES	T-4	19.00	RAPIDO
18	LARGE	BLANCO CALIDO	1,250	12,000	68	0.84	2G11	T-5	22.50	RAPIDO
18	LARGE	BLANCO FRIO	1,250	12,000	68	0.84	2G11	T-5	22.50	CON ARRANCADOR
36	LARGE	BLANCO CALIDO	2,900	12,000	80	0.84	2G11	T-5	41.50	CON ARRANCADOR
36	LARGE	BLANCO FRIO	2,900	12,000	80	0.84	2G11	T-5	41.50	RAPIDO
40	LARGE	BLANCO CALIDO	3,200	20,000	80	0.84	2G11	T-5	57.20	RAPIDO
40	LARGE	BLANCO FRIO	3,500	20,000	87	0.84	2G11	T-5	57.20	RAPIDO

## DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES ALTA DESCARGA H.O. 800 m. A.

60	TUBULAR	BLANCO FRIO	4,300	12,000	72	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
85	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,650	12,000	78	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
110	TUBULAR	BLANCO FRIO	8,800	12,000	80	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO
110	TUBULAR	LUZ DE DIA	7,800	12,000	70	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO

## DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES MUY ALTA DESCARGA H.O. 1500 m. A.

110	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,250	10,000	57	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
165	TUBULAR	BLANCO FRIO	9,900	10,000	60	0.72	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
215	TUBULAR	BLANCO FRIO	14,500	10,000	67	0.72	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO

## DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES POWER GROOVE 1500 m. A.

110	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,800	12,000	62	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	PG-17	121.92	RAPIDO
165	TUBULAR	BLANCO FRIO	11,000	12,000	67	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	PG-17	182.88	RAPIDO
215	TUBULAR	BLANCO FRIO	15,300	12,000	71	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	PG-17	243.84	RAPIDO

TABLA 2.3(cont.)

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.O.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
22	CIRCULAR	LUZ DE DIA	896	12,000	41	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 $\varnothing$	RAPIDO
22	CIRCULAR	B. FRIO DE LUJO	875	12,000	40	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 $\varnothing$	RAPIDO
22	CIRCULAR	B. CALIDO DE LUJO	785	12,000	36	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 $\varnothing$	RAPIDO
32	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1,850	12,000	58	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48 $\varnothing$	RAPIDO
32	CIRCULAR	LUZ DE DIA	1,590	12,000	50	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48 $\varnothing$	RAPIDO
40	CIRCULAR	BLANCO FRIO	2,850	12,000	86	0.77	4 ALFILERES	T-9	40.64 $\varnothing$	RAPIDO
17	TUBULAR	BLANCO CALIDO	1,400	20,000	82	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.20	RAPIDO
17	TUBULAR	BLANCO FRIO	1,400	20,000	82	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.20	RAPIDO
20	TUBULAR	BLANCO CALIDO	1,300	9,000	85	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
20	TUBULAR	BLANCO FRIO	1,300	9,000	85	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
20	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,075	9,000	54	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
21	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,030	7,500	49	0.81	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	60.96	INSTANTANEO
30	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,900	7,500	83	0.81	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.00	CON ARRANCADOR
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	3,050	20,000	95	0.82	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	RAPIDO
32	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,050	20,000	95	0.82	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	RAPIDO
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	3,050	15,000	95	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	INSTANTANEO
32	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,050	15,000	95	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	INSTANTANEO
32	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	2,700	12,000	84	0.84	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	116.80	INSTANTANEO
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	2,700	12,000	84	0.84	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	116.80	INSTANTANEO
34	TUBULAR	BLANCO LIGERO	2,700	20,000	79	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
34	TUBULAR	BLANCO FRIO	2,700	20,000	79	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
39	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	3,200	12,000	82	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	B. CALIDO DE LUJO	3,200	12,000	82	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,100	12,000	77	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
39	TUBULAR	LUZ DE DIA	2,800	12,000	64	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
40	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,150	12,000	79	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
40	TUBULAR	LUZ DE DIA	2,600	12,000	65	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
31	TIPO "U" 8"	BLANCO FRIO	2,800	20,000	90	0.90	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
32	TIPO "U" 8"	BLANCO FRIO	3,000	20,000	94	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
40	TIPO "U" 8"	BLANCO FRIO	2,900	12,000	73	0.84	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	57.15	RAPIDO
59	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,000	15,000	102	0.81	SLIMLINE UN ALFILER	T-8	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	6,100	12,000	102	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	BLANCO CALIDO	6,100	12,000	102	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,300	12,000	84	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	LUZ DE DIA	5,450	12,000	73	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO



## 2.2.2 Lámparas de Vapor de mercurio

Estas lámparas pertenecen a la familia identificada como lámparas de alta intensidad de descarga (HID). La luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de gas de mercurio gasificado de baja presión. Las lámparas de alta intensidad de descarga llevan un tubo de descarga gaseosa que va alojado en el interior de un bulbo protector, este tubo de descarga opera a presiones y densidades de corriente de magnitud suficientemente alta para producir la radiación visible, cuando en sus electrodos se aplica una tensión que da lugar a un arco eléctrico que posteriormente ioniza el gas. Este vaporiza el mercurio, calentando rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable.

La cantidad de mercurio puro que contiene una lámpara se gradúa con exactitud, también se incluye gas argón para facilitar la descarga eléctrica. Las lámparas producen una luz verde azulada blanquecina debido a la ausencia de radiaciones rojas que provoca la combinación mercurio argón.

Por su gran luminosidad, que puede ser concentrada, y por su gran eficiencia<sup>1</sup> más de 80 lúmenes por watt, el alumbrado mercurial se puede usar para iluminar grandes áreas a grandes alturas de montaje por eso son recomendables en gimnasios, naves industriales y alumbrado público. En la tabla 2.4, se muestran los datos de estas lámparas.

Las desventajas de las lámparas de vapor de mercurio son:

- Necesita un reactor o balastro
- Largo tiempo de encendido, ya que después de aplicado el voltaje son necesarios varios minutos para obtener su máxima eficiencia luminosa.
- Si se ha apagado, es necesario un enfriamiento de 3 a 5 minutos antes de tener nuevamente su total emisión, por ello solo se utiliza en lugares en donde las lámparas están en uso constante durante un tiempo determinado.

Sus ventajas son:

- Larga vida y baja depreciación luminosa. Más de 16000 horas de duración.
- Flujo luminoso concentrado que facilita un control mas preciso de los rayos luminosos.
- Alta eficiencia luminosa (mas de 80 lúmenes por watt)
- Flujo luminoso inalterable por los cambios de temperatura ambiente.
- Construcción mas fuerte que las lámparas incandescentes y fluorescentes, no le afectan las vibraciones o el trabajo rudo.

Datos de las lámparas de vapor de mercurio

Tabla 2.4

WATT	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES / WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D)	BASE	BULBO	LONGITUD cm
100	BLANCO DE LUJO	4400	24000	44	0.82	MOGUL	BT-25	19.10
175	BLANCO DE LUJO	8500		49	0.89		E-28	21.00
250	BLANCO DE LUJO	12775		51	0.84		E-28	21.00
400	BLANCO DE LUJO	23000		58	0.86		BT-37	29.20
1000	BLANCO DE LUJO	63000		63	0.77		BT-56	39.00

<sup>1</sup> La eficiencia de estas lámparas ha sido superada ampliamente por las lámparas de vapor de sodio alta y baja presión, por lo cual este tipo de alumbrado de vapor de mercurio resulta obsoleto.

## LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

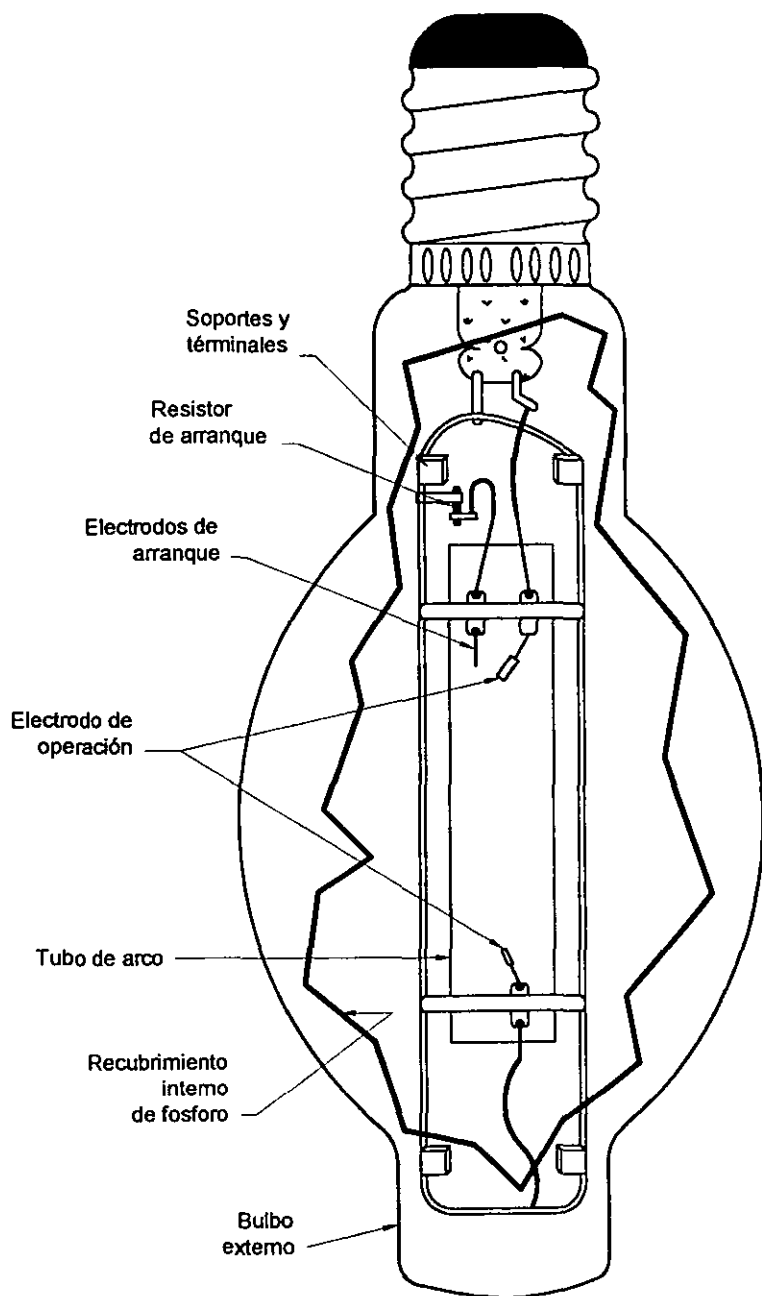


FIGURA 2.4

### 2.2.3 Lámparas de Vapor de sodio alta presión

Estas lámparas utilizan un tubo de arco de material cerámico como la alumina policristalina. Tienen una eficiencia luminosa de 120 lúmenes por watt de luz blanca con un tono amarillo anaranjado. Al igual que todas las lámparas de descarga requieren de un reactor o balastro especial.

Estas lámparas funcionan bajo el mismo principio que las de vapor de mercurio, pero varían sus componentes y geometría. Sus componentes son sodio, mercurio y un gas noble que puede ser argón o xenón; el principal productor de la luz es el sodio que a diferencia de las lámparas de mercurio se encuentra en alta presión, el mercurio en este caso es un corrector de color y controlador de voltaje, el xenón es empleado para iniciar la descarga eléctrica.

Posen una alta eficiencia lumínica pero con bajo rendimiento de color. Requieren de un periodo de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, si existe una interrupción momentánea el tiempo de reencendido es casi de un minuto. La función de arranque se efectúa por la intervención de un circuito electrónico llamado ignitor, que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro.

Recientemente las lámparas de arco de vapor de sodio se han utilizado para alumbrado exterior a grandes alturas de montaje, como en campos deportivos, estadios e incluso en alumbrado público de calles y avenidas muy transitadas o de arquitectura especial, ya que la luz producida por estas lámparas es parecida a la luz solar.

La eficiencia luminosa es de 130 lúmenes por watt y la temperatura de color es de aproximadamente 2100°K

Las lámparas de sodio de alta presión producen energía radiante de aproximadamente 2100 K. En la tabla 2.5 se muestran los datos de las lámparas de HPS.

Datos de lámparas de vapor de sodio alta presión.

WATT	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES / WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D)	BASE	BULBO	LONGITUD cm
35	CLARO	2250	16000	64	0.90	MÉDIUM	ED-17	13.81
50	CLARO	4000	24000	80	0.90	MÉDIUM	ED-17	13.81
70	CLARO	6300		90	0.90	MOGUL	ED-23½	19.70
70	DIFUSO	6000		86	0.86		ED-23½	19.70
100	CLARO	9500		95	0.90		ED-23½	19.70
100	DIFUSO	8800		88	0.90		ED-23½	19.70
150(55V)	CLARO	16000		107	0.90		E-28	19.70
150(55V)	DIFUSO	15000		100	0.90		E-28	19.70
250	CLARO	27500		110	0.90		E-18	24.80
250	DIFUSO	26000		104	0.90		E-28	22.90
400	CLARO	50000		125	0.90		E-18	24.80
400	DIFUSO	47500		119	0.90		E-37	28.70
1000	CLARO	140000		140	0.90		E-25	36.80

Tabla 2.5

### 2.2.4 Lámparas de Vapor de sodio baja presión

La luz producida por una lámpara de sodio de baja presión es monocromática, de color amarilla. Debido a esto el rendimiento potencial en color de la lámpara no existe y los colores iluminados con este tipo de luz aparecen a los ojos como diferentes tonos de gris y café excepto para los objetos amarillos.

El tubo de descarga de una lámpara de vapor de sodio de baja presión es de vidrio; contiene sodio que se evapora a 98°C (con una presión baja) y una mezcla de gases inertes (neón y argón) a una presión de unos cientos de N/m<sup>2</sup> para conseguir una tensión de encendido baja. El tubo de descarga está situado en el interior de una ampolla de vidrio al vacío cubierta en su interior con óxido de indio. Este revestimiento actúa como reflector infrarrojo y mantiene así la pared del tubo de descarga a la temperatura correcta de funcionamiento (270°C). En la figura 2.5 se ilustran los componentes de una lámpara de vapor de sodio.

La lámpara de sodio de baja presión se caracteriza por su radiación luminosa casi monocromática, alta eficiencia luminosa (que puede alcanzar 200 lúmenes / watt) y larga vida (20000 hrs.); se utiliza cuando no es importante la reproducción correcta de los colores, pero sí la percepción de contrastes, por ejemplo, en autopistas, puestos y zonas de clasificación de ferrocarriles; se fabrica en potencias de 35 hasta 180 watt. En la tabla 2.6 se muestran los datos de las lámparas de vapor de sodio baja presión.

#### Datos de lámparas de vapor de sodio baja presión

WATT	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES / WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D)	BASE	BULBO	LONGITUD cm
18	CLARO	1800	18000	100	1.00	BY22o	T-17	21.60
35		4800		137				31.10
55		8000		145				42.50
90		13500		150			52.80	
135		22500		167			77.50	
180		33000		183			112.00	

Tabla 2.6

**PARTES PRINCIPALES DE LA LÁMPARA DE SODIO:**

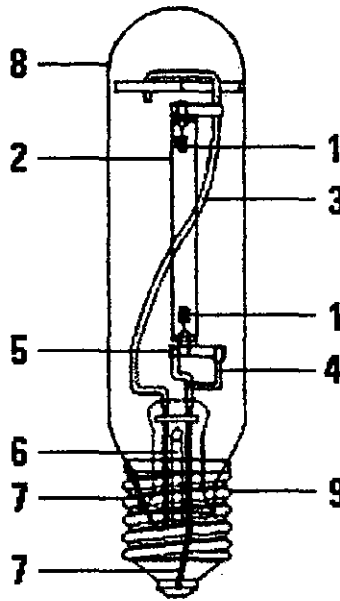


FIGURA 2.5

1. Electrodo con niobio
2. Tubo de descarga hecho de óxido de aluminio sinterizado.
3. Conjunto de montaje del tubo de descarga. Tiene un formato especial para evitar sombras en el sistema óptico de la lámpara.
4. Conexión eléctrica flexible.
5. Anillo en el cual el material de conducción se deposita durante su funcionamiento.
6. Tubo de drenado del bulbo externo.
7. Conexiones eléctricas.
8. Tubo de vidrio duro externo.
9. Casquillo.

## 2.2.5 Lámparas de aditivos metálicos

Es otra lámpara de alta intensidad de descarga se caracteriza por su luz blanca y ser la de mejor rendimiento de color con alta eficacia luminica. Cuando se requiere de iluminación de gran calidad en la reproducción de colores y en locales con altura superior a los tres metros, esta fuente luminosa es la opción adecuada. Sin embargo en locales donde la reproducción de colores no es necesidad imperiosa el uso de estas lámparas resulta un lujo. En la figura 2.6 se muestra los componentes de una lámpara de aditivos metálicos.

Sus aplicaciones son bastante versátiles pudiéndose emplear tanto en locales interiores como en exteriores. Son especialmente recomendables para clubes deportivos, centros comerciales, alumbrado decorativo y espectacular, naves industriales donde se realizan tareas de precisión y clasificación de colores. La temperatura de color de este tipo de lámparas es de 4100 °K. En la tabla 2.7 se muestran los datos de las lámparas de aditivos metálicos

Datos de lámparas de aditivos metálicos

WATT	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES / WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D)	BASE	BULBO	LONGITUD cm
70	CLARO	5200	15000V-10000H	74	0.81	E-26	ED-17	14.60
70	FOSFORADO	4800	15000V-10000H	74	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	CLARO	7800	10000V-7500H	78	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	FOSFORADO	8000	15000V-10000H	78	0.73	E-26	ED-17	14.60
175	CLARO	14000	10000V-7500H	80	0.77	MOGUL	BT-28	21.10
175	FOSFORADO	13000	10000V-7500H	80	0.73		BT-28	21.10
250	CLARO	22000V-20000H	10000	82	0.83		BT-28	21.10
250	FOSFORADO	22000V-20000H	10000	82	0.78		BT-28	21.10
400	CLARO	30000V-32000H	20000V-15000H	90	0.75		BT-37	29.20
400	FOSFORADO	36000V-32000H	20000V-15000H	90	0.72		BT-37	29.20
400	CLARO	40000	20000	100	0.80		BT-37	29.20
1000	CLARO	110000V-107000H	12000V-9000H	110	0.80		BT-56	39.00
1000	FOSFORADO	105000V-100000H	12000V-9000H	105	0.78		BT-56	39.00
1500	CLARO	155000V	3000	103	0.92		BT-56	39.00
1500	CLARO	155000V-160000H	3000	103	0.92	BT-56	39.00	

Tabla 2.7

La nueva generación de este tipo de lámparas se le conoce como *Lámparas de Halogenuros Metálicos*:

En estas lámparas de halogenuros metálicos o metalarc, la de descarga eléctrica también se realiza dentro de un tubo de vidrio lleno de gas. Dicho tubo tiene la misma construcción y funciona igual que en las lámparas de vapor de mercurio. Además del mercurio, criptón, argón y neón, las lámparas de halogenuros metálicos tienen en el interior del tubo de descarga eléctrica, sales de halogenuros metálicos. Dichas sales añadidas son normales sales de yodo combinadas con el sodio, escandio, talio, indio y cesio y producen los colores que le faltan a las lámparas de vapor de mercurio, como son el rojo, amarillo y anaranjado.

El bulbo exterior envolvente no necesita la capa interior de fósforo para mejorar el espectro electromagnético visible de la lámpara, pues como menciono, los colores faltantes son añadidos por las sales de halogenuros metálicos. Sin embargo el bulbo exterior sirve como filtro para impedir que salgan los rayos ultravioleta, que son dañinos a los seres vivos, también protege el tubo del arco, proporcionándole una temperatura constante de funcionamiento. En la tabla 2.8 se muestran los datos de las lámparas de halogenuros metálicos.

La depreciación luminosa de las lámparas de halogenuros metálicos es menor que la de las lámparas de vapor de mercurio y al final de su vida útil puede considerarse una depreciación luminosa del 75%. Las lámparas de halogenuros metálicos tienen una vida útil de 7500 a 15000 horas.

Datos de lámparas de halogenuros metálicos.

WATT	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES / WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D)	BASE	BULBO	LONGITUD cm
70	B. CALIDO	5200	10000	74	0.60	G-12	SINGLE ENDED T	8.40
70	B. FRIO	5500		79		RX-7S	DOUBLE ENDED TS	11.42
70	B CALIDO	5000		71		RX-7S	DOUBLE ENDED TS	11.42
150	B CALIDO	12000		80		G-12	SINGLE ENDED T	8.40
150	B FRIO	12500		83		G-12	SINGLE ENDED T	8.40
150	B CALIDO	10000		73		RX-7S	DOUBLE ENDED TS	13.20
150	B FRIO	11250		75		RX-7S	DOUBLE ENDED TS	13.20
250	LUZ DE DIA	19000		76		MOGUL	T-14	22.50
400	LUZ DE DIA	33000		83		MOGUL	T-14	28.50

Tabla 2.8

## LÁMPARA DE ADITIVOS METÁLICOS

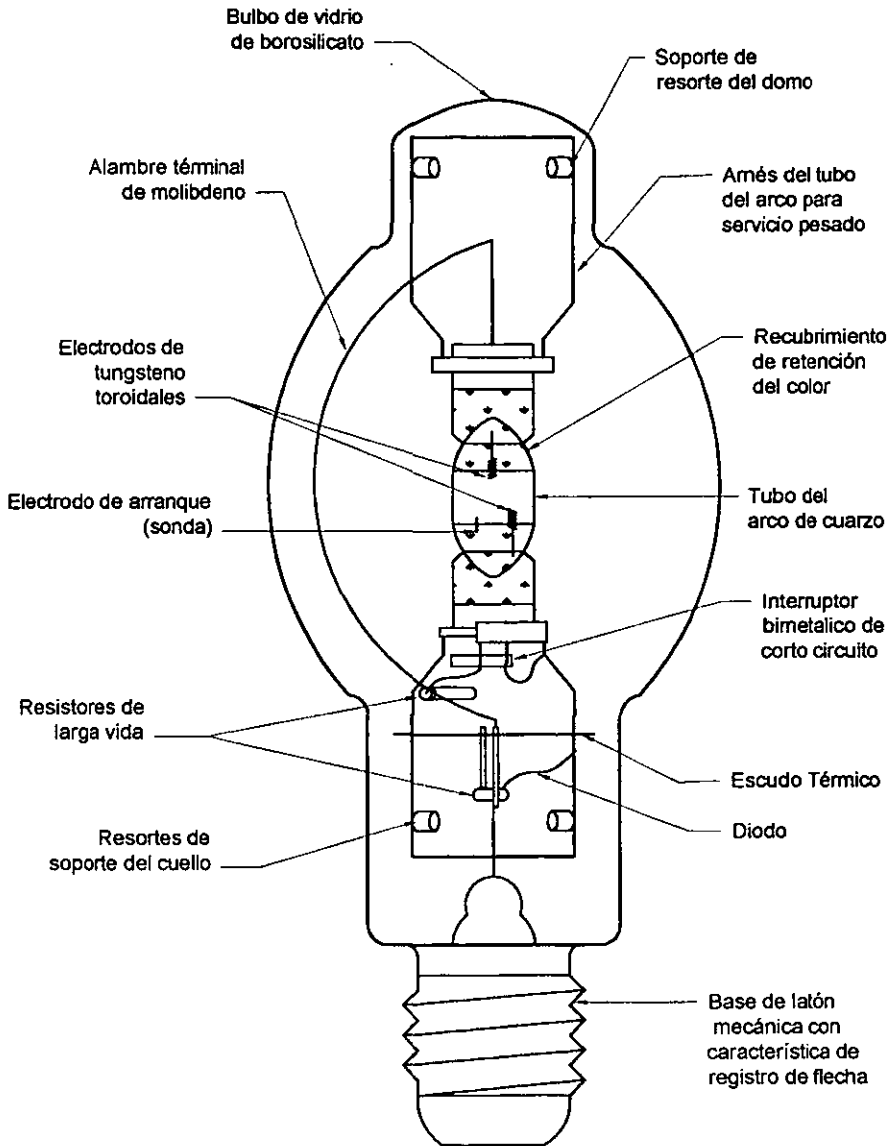


FIGURA 2.6



## 2.9 Lámparas de Luz Mixta

Las lámparas de luz mixta fueron creadas para corregir la luz anulada de las lámparas de mercurio y para esto se adiciona dentro del mismo bulbo un filamento incandescente. Estas lámparas se pueden conectar a la red eléctrica sin necesidad de emplear un balastro, puesto que el filamento además de fuente luminosa actúa como resistencia limitante de corriente eléctrica. Normalmente operan a un voltaje de 220 V. En la tabla 2.9 se muestran los datos de las lámparas de luz mixta.

Están formadas por una ampolla llena de gas cubierta con una capa de fósforo que contiene, además, el tubo de descarga del mercurio conectada en serie con un filamento de tungsteno.

La capa de fósforo convierte la radiación ultravioleta de la descarga de mercurio en luz visible, a esta se agregan la radiación visible del tubo de descarga y la luz cálida del filamento incandescente. La radiación de estas dos fuentes de luz (mercurio e incandescente) se combina armoniosamente al atravesar la capa de fósforo, produciendo una luz blanca y difusa con un buen rendimiento de color y un buen aspecto cromático.

El filamento de tungsteno actúa como reactancia para la descarga de la ampolla mercurial estabilizando la corriente de la lámpara. Por lo tanto no necesitan reactor.

Las lámparas de luz mixta tienen doble eficiencia que las lámparas incandescentes y una vida útil casi a veces mayor.

Datos de lámparas de luz mixta.

WATT	VOLTS TENSIÓN DE OPERACION	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES / WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D)	BASE	BULBO	ACABADO	LONGITUD cm
160	220	3100	6000	19	0.57	MEDIA E-26	BF-75	COLOR	17.20
250	220	5600		22	0.65	MOGUL E-40	BD-90	CORRE	22.50
500	220	14000		25	0.74	MOGUL E-40	ED-37	GIDO	27.70

TABLA 2.9

# CAPÍTULO 3

*Metodología para optimizar  
un sistema de iluminación*

## METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Los sistemas de iluminación se diseñan para realizar determinadas tareas o necesidades, sin embargo, por diferentes motivos se van realizando, de tal manera que también cambian los requerimientos de iluminación, pero muy pocas veces se toman en cuenta las nuevas necesidades luminosas. En otros casos, los sistemas de iluminación desde su diseño original no contemplan el nivel de iluminación adecuado para la tarea a realizar.

El objetivo de esta metodología es rediseñar sistemas de iluminación actuales y obtener sistemas nuevos que garanticen los niveles de iluminación requeridos en esa área. Además hacer uso de nueva tecnología en lámparas y balastos ahorradores de energía. De tal manera que puedan obtenerse atractivos ahorros de energía y mejorar el confort visual.

La metodología consiste en las siguientes actividades:

- 3.1 Levantamiento de la información del sistema de iluminación en estudio.
- 3.2 Análisis de la situación actual.
- 3.3 Realizar la nueva propuesta del sistema de iluminación
- 3.4 Comparar niveles de iluminación y la situación energéticamente de los sistemas actual y propuesto.
- 3.5 Calcular el tiempo de recuperación de la inversión.

### 3.1 Levantamiento de la información del sistema en estudio.

Para realizar este levantamiento se tiene un formato donde se vacía toda la información requerida del sistema de iluminación actual, el cual se muestra continuación. Se muestra el formato de tabla 3.1 y 3.2 para hacer los levantamientos y capturar la información.

#### 3.1.1 Denominación del inmueble o área.

Nombre con el que se identifica el inmueble ya sea edificios, oficinas, pabellones, talleres, laboratorios, etc. Indicar también el nivel o piso, se refiere a la ubicación del lugar, dentro del edificio de donde se hace el levantamiento.

#### 3.1.2 Fecha.

Día en que se efectúa el levantamiento.

#### 3.1.3 Localización del luminaria.

Área donde se encuentra el luminaria considerando taller 1, nave de empaques, biblioteca, dirección general, etc.

Ejemplos de tablas para el levantamiento de la información.

**Hoja de levantamiento A**

Nombre del inmueble:

Fecha:

LOCALIZACIÓN DEL LUMINARIA	DIMENSIONES			COSTUMBRE DE USO		COLOR DEL LOCAL			TIPO DE LUMINARIA Y POTENCIA DE LA LAMPARA Y BALASTRO
	ANCHO	LARGO	ALTO	HORAS AL DIA	DIAS AL MES	PISO	TECHO	PARED	

Tabla 3.1

**Hoja de levantamiento B.**

LOCALIZACIÓN DE LA LUMINARIA	CANTIDAD DE LUMINARIAS		NIVEL DE ILUMINACIÓN		TIPO DE CONTROL DE LUMINARIAS	TIPO DE GABINETE Y DE-USOR	OBSERVACIONES
	FUERA DE SERVICIO	TOTAL	ACTUAL	RECOMENDADO.			

Tabla 3.2

**3.1.4 Dimensiones del local.**

**3.1.5 Costumbres de uso**

Cuántas horas diarias y mensuales se utiliza la iluminación

### 3.1.6 Color del local

Color del local referido en los puntos anteriores. Si hay ventanas con cristal transparente se debe indicar.

### 3.1.7 Tipo de luminaria y potencia de la lámpara y balastro.

Se refiere al tipo de luminarias por el tipo de lámparas que contenga (incandescente, fluorescente, de alta descarga, vapor de mercurio o sodio alta y baja presión, etc.) indicando la cantidad de lámparas y potencia.

### 3.1.8 Cantidad de Luminarias:

Es el número de luminarias que se encuentran en el total referido en los puntos anteriores, indicando los que están fuera de servicio y los totales.

### 3.1.9 Nivel de iluminación.

Es el nivel de iluminación o iluminancia en luxes del local ya referido. Para tomar la lectura actual se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Se deben realizar sin luz natural (de preferencia de noche) con toda la iluminación disponible en operación.
- b) Formar una malla imaginaria con cuadros de un metro de lado y en cada nodo tomar una lectura, la célula fotosensible del luxómetro deberá colocarse a la altura del plano de trabajo, la lectura reportada es el promedio de todas. Se debe emplear un luxómetro con carátula que cubra un rango de 0 –1000 luxes.
- c) Dejar en blanco la columna de nivel de iluminación recomendado, ésta será utilizada mas adelante.

### 3.1.10 Tipo de control de luminaria

Se indicara como se operan, es decir que tipo de interruptor las controla y donde se localiza, si es a través de un apagador individual o interruptor en tablero.

### 3.1.11 Tipo de gabinete y difusor.

Se deberá indicar si es gabinete rectangular, cuadrado, cónico, etc. con sus dimensiones, además el tipo de montaje (empotrado, sobrepuesto o suspendido), mencionando si lleva acrílico y de que tipo es.

### 3.1.12 Observaciones

En esta columna se anotaran las características especiales de las luminarias, local, tipo de montaje, etc.

**3.2 Análisis de la situación actual.**

Una vez realizado el levantamiento del sistema de iluminación se puede caracterizar de manera clara el sistema actual, es decir, las dimensiones y colores del local, las actividades que se realizan en el mismo, el tipo de lámparas instaladas, el tipo de luminarias y el estado de deterioro de ellos, el nivel de iluminación actual, el tiempo de uso del sistema de iluminación, el tipo de control, etc.

Toda esta información permitirá establecer si el sistema de iluminación es adecuado. Es importante además contar con información de los fabricantes para tener mas elementos de análisis.

Entre los elementos que hay que analizar están:

- Los colores, los claros permiten una mayor reflectancia en techos, paredes y pisos.
- Que el tipo de lámparas sea adecuado para la altura de montaje
- El estado de las luminarias, en cuanto aprovechan el flujo luminoso de las lámparas.
- Si el nivel de iluminación actual cumple con los recomendados para cada actividad en particular.
- El control de encendido y apagado, individual o general.
- El tipo de luminaria, si su diseño es acorde con el local y las tareas que se realizan.
- El tipo de lámparas y balastros, de que tipo de tecnología son y en que color de lámparas se utiliza.
- El tipo de difusor si esta amarillento o corroído.

Puede emplearse el siguiente formato de tabla 3.3 para cuantificar la situación energética:

LOCAL	TIPO DE LUMINARIA ACTUAL	CANTIDAD	DEMANDA WATT	DEMANDA TOTAL KW	DIAS AL MES DE USO	HRS DE USO AL DIA	CONSUMO DE ENERGIA Kw/h

Tabla 3.3

### 3.3 Realizar la nueva propuesta del sistema de iluminación.

En esta etapa se realiza el nuevo sistema de iluminación, tomando como base el análisis realizado al sistema actual. Posteriormente se realizan los estudios de iluminación para el sistema propuesto, cuya metodología se presenta en el próximo capítulo. Por tanto se establecen los tipos de lámparas y balastos a utilizar, es decir, la potencia de los mismos, la temperatura de color de las lámparas, de igual manera los tipos y número de luminarias a instalar y su nueva distribución si es el caso. Puede emplearse el mismo formato que en el punto anterior, para cuantificar la situación energética. Además de ser necesario debe recomendarse el cambio de color de las paredes y techo para obtener mejores niveles de iluminación.

### 3.4 Comparar los sistemas, el actual y el propuesto.

En esta etapa se comparan los niveles de iluminación de ambos casos, en el sistema actual se conocieron los niveles de iluminación directamente mediante mediciones, y en el sistema propuesto se determinan a partir de conocer las características técnicas de los elementos que integran el sistema, tales como: el flujo luminoso de las lámparas, el coeficiente de utilización de la nueva luminaria, etc. y se utiliza la metodología para realizar estudios de iluminación.

Por otra parte se compara la carga energética entre la situación actual y propuesta..

- *Carga de la situación actual:*

$$\text{Número de lámpara} \times \text{potencia de las lámparas} \times \text{Factor de consumo del balastro} \\ = \text{Potencia Total Consumida por la luminaria}$$

- *Carga de la situación propuesta:*

$$\text{Número de lámpara} \times \text{potencia de las lámparas} \times \text{Factor de consumo del balastro} \\ = \text{Potencia Total Consumida por la luminaria}$$

- *El ahorro de potencia se determina mediante la siguiente expresión:*

$$\text{Ahorro de potencia} = \text{Potencia del sistema actual} - \text{Potencia del sistema propuesto}$$

- *El ahorro en consumo de energía se deriva del ahorro en potencia y el tiempo de uso del sistema de iluminación, es decir*

$$\text{Ahorro de energía} = \text{Ahorro de potencia} \times \text{Horas de operación} \\ (\text{día, mensual, anual}).$$

- *Determinar el volumen de obra de inversión del sistema propuesto.*

Se deben cotizar cada uno de los elementos del sistema de iluminación propuesto y determinar la inversión total del sistema.

### **3.5 Calcular ahorros económicos y el tiempo de recuperación de la inversión.**

Cuando se analiza cualquier proyecto de energía es importante determinar los ahorros de esta, sin embargo, el mayor interés es cuando expresamos este ahorro de energía en términos económicos. Para determinarlos, es necesario conocer que tipo de tarifa se aplica al inmueble.

Por tanto:

Ahorro económico en potencia = Ahorro en potencia x Costo de kW.

Ahorro económico en energía = Ahorro en energía x Costo Kw/h

Ahorro económico Total = Ahorro económico Potencia + Ahorro económico energía.

Por último se determina el tiempo de recuperación del sistema de iluminación propuesto:

Tiempo de recuperación = Inversión total / Ahorros económicos por cien



# CAPÍTULO 4

## *Cálculos de Iluminación*

### CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

Hay dos métodos de iluminación comúnmente utilizados. Uno es llamado el método del Lúmen, mientras que el otro es el método punto por punto. El método de lúmen toma como base un nivel promedio en luxes igual para un área determinada.

Por otra parte, el método punto por punto hace uso del inverso de la ley cuadrada, la cual establece que la iluminación en un punto sobre una superficie particular al haz de luz es igual a la intensidad luminosa del origen en ese punto dividido por la distancia al cuadrado entre el origen y el punto del cálculo, tal como se indica en la siguiente ecuación.

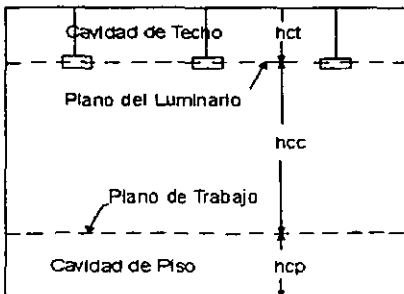
$$E = \frac{I}{D^2}$$

#### 3.1 Método de cálculo de Lumen.

El método de lúmen o de cavidad zonal, es un método ampliamente utilizado para determinar la iluminación horizontal promedio de un espacio. Este método es basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado:

$$E = \frac{\text{Flujo Luminoso}}{\text{area}} = E = \frac{F}{A} [\text{Luxes}]$$

Este valor difiere de los luxes medidos, debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por la influencia de otros factores tales como la suciedad de la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de lámparas, entre otras.



hct = Altura cavidad de techo  
 hcc = Altura cavidad de cuarto  
 hcp = Altura cavidad de piso

#### INTERIORES

$$E = \frac{(lm/lum) (No. Lum) (C.U.) (F.M.)}{AREA}$$

#### EXTERIORES

$$E = \frac{(lm/lum) (No. Lum) (C.U.) (F.M.)}{(Esp. entre Lum.) (Ancho de la calle)}$$

#### PROYECTORES

$$E = \frac{(lm DEL HAZ) (No. Lum) (C.U.) (F.M.)}{AREA}$$

DONDE:  
**lm/lum** = Lúmenes iniciales de la(s) lámpara(s) por luminario  
**C.U.** = Coeficiente de Utilización  
**F.M.** = Factor de Mantenimiento ó Factor de Pérdidas de luz

**Determinación del nivel de iluminación requerido.**

El anexo A, presenta los niveles de iluminación para diversas tareas recomendadas, de acuerdo a lo que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C., Illuminating Engineering Society.- México Chapter.

**Determinación del coeficiente de utilización (CU)**

El coeficiente de utilización es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo (plano horizontal a 75 cms. Del suelo) y los totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo, suelo. En lo general cuanto más alto y estrecho sea el local, mayor será la proporción de luz absorbida por las paredes y menor el coeficiente de utilización.

**METODO DE INDICE DE CUARTO**

$$ic = \frac{AREA}{hcc (LARGO + ANCHO)}$$

**METODO DE CAVIDAD ZONAL****AREAS REGULARES**

$$R.C.R. = \frac{5 \times hcc (LARGO + ANCHO)}{AREA}$$

**AREAS IRREGULARES**

$$R.C.R. = \frac{2.5 \times hcc \times PERIMETRO}{AREA}$$

Este valor se obtiene de las tablas de coeficientes de utilización de fabricantes o textos del tema.<sup>2</sup>

En caso de requerir interpolación puede aplicarse:

Interpolación entre RCR

$$CU = CU_{inf} + \frac{(RCR - RCR_{inf}) \times (CU_{sup} - CU_{inf})}{(RCR_{sup} - RCR_{inf})}$$

Interpolación entre reflectividades

$$CU = CU_{inf} + \frac{(R - R_{inf}) \times (CU_{sup} - CU_{inf})}{(R_{sup} - R_{inf})}$$

<sup>2</sup> Para este estudio se utilizan datos de la empresa Holophane de México, en dado caso de utilizar otro tipo de luminarias se debe consultar al proveedor correspondiente.

### Determinación del factor de pérdidas totales o Factor de mantenimiento

Desde el primer día en que se pone a funcionar el alumbrado la iluminación va cambiando conforme las lámparas envejecen. Además la suciedad acumulada en las luminarias y otros factores contribuyen a la pérdida de luz. El efecto neto es casi siempre una disminución del nivel de iluminación.

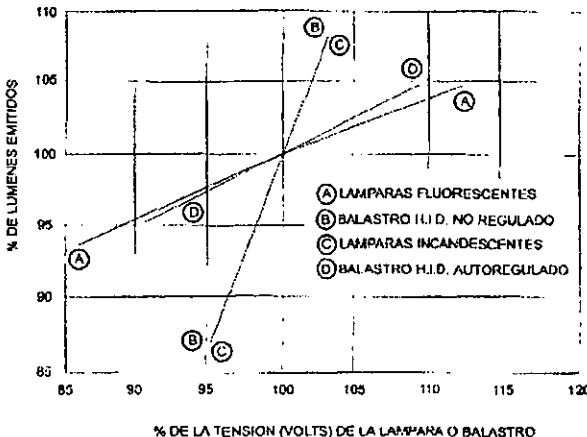
Dentro de los factores de mantenimiento los podemos clasificar en dos grupos

- a. Factores no recuperables
  - i. Variación de tensión
  - ii. Temperatura Ambiente
  - iii. Depreciación por deterioro en la superficie de la luminaria
  - iv. Factor de balastro
- b. Factores recuperables
  - i. Depreciación por suciedad acumulada en la superficie del local
  - ii. lámparas quemadas o fundidas
  - iii. Depreciación de lúmenes de la lámpara (L.L.D.)
  - iv. Depreciación por suciedad acumulada en la luminaria (L.D.D.)

A continuación se describirán los factores:

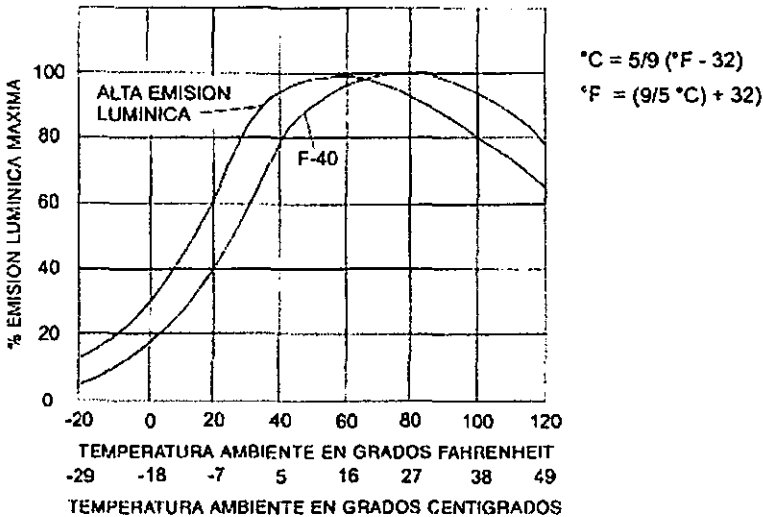
- a. Factores no recuperables
  - i. Variación de tensión: La tensión de servicio en la luminaria es difícil de predecir. Para lámparas de filamento, así como lámparas de mercurio (con reactancias de valor alto), una desviación del 1% de la tensión nominal causa aproximadamente una variación del 3% en los lúmenes emitidos. En las reactancias de salida (potencia constante) la tensión luminosa de la lámpara es independiente de la tensión primaria. Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varían aproximadamente en un 1% por cada 2.5% de variación de tensión.

### Cambio de rendimiento lumínico debido a cambios de tensión en la línea de alimentación



- ii. Temperatura ambiente: Las variaciones de temperatura ambiente no tienen influencia determinante en las lámparas de filamento ni de mercurio. Las lámparas fluorescentes se calibran fotométricamente a 25°C por lo que desviaciones significativas de esta temperatura, "hacia arriba o abajo"; pueden significar pérdidas sustanciales de la emisión luminosa.

*Cambio de rendimiento lumínico de las lámparas fluorescentes desnudas en aire calmado, debido a los cambios de la temperatura ambiente.*



- iii. Depreciación por deterioro de la superficie de la luminaria: Este efecto es normalmente pequeño, pero después en un periodo de tiempo largo puede ser significativo en las luminarias con acabados(plásticos) de baja calidad.
- iv. Factor de balastro: La asociación de fabricantes de balastros de E.U.A. (Certified Ballast Manufacturers Association) especifica que las lámparas fluorescentes requieren un balastro con reactancia tal que permita que la lámpara emita el 95% de la luminosidad que proporciona cuando funciona con una reactancia patron utilizada para establecer el valor nominal. En los balastros en que no especifica el cumplimiento de esta condición debe considerarse una pérdida mayor. En las lámparas de filamento (incandescentes) no hay pérdida de este factor.

## b. Factores recuperables

- i. Depreciación por suciedad acumulada en la superficie local: Este factor varía de acuerdo a al tipo de ambiente en que se trabaja. En la tabla de reflexiones aproximadas se presentan los datos de las mismas para los diferentes tipos de acabados y superficies. En la tabla 4.1 se presenta la tabla que indica los factores de depreciación por suciedad en un cuarto.

TABLA DE REFLEXIONES APROXIMADAS.

I. Superficie de Pintura.		
TONO	COLOR	REFLEXION EN %
Muy Claro	Blanco Nuevo	88
	Blanco Viejo	76
	Azul Verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
	Gris	83
Claro	Azul Verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
	Gris	73
Mediano	Azul Verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
	Gris	61
Oscuro	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3







II. Superficies de Madera.	
COLOR	REFLEXION EN %
Maple	43
Nogal	16
Caoba	12
Pino	48

**III. Acabados Metálicos.**

COLOR	REFLEXION EN %
Blanco Polarizado	70-85
Esmalte Horneado	
Aluminio Pulido	75
Aluminio Mate	75
Aluminio Claro	79

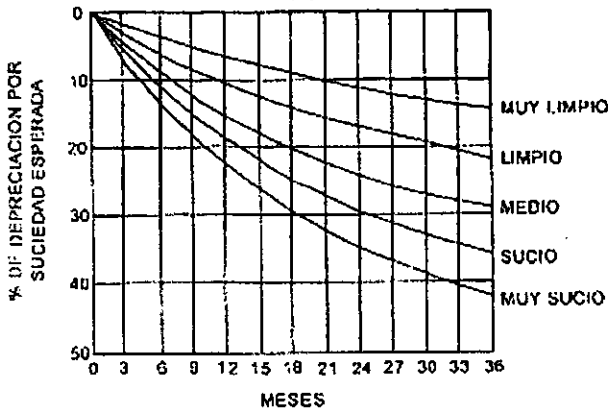
**III. Acabados de Construcción Aparentes.**

TIPO	REFLEXION EN %
Roca Basáltica	18
Cantera Clara	18
Tabique muy Pulido	48
Tabique Rojo Vidriado	30
Tabique Pulido	40
Tabique Rojo Barnizado	30
Cemento	27
Concreto	40
Mármol Blanco	45
Vegetación	25
Asfalto Limpio	7
Adoquín de Roca ígnea	17
Grava	13
Pasto (verde oscuro)	6
Pizarra	8

CLASIFICACION	% DE LUZ RESPECTO A LA HORIZONTAL		DISTRIBUCION DE POTENCIA LUMINICA
	ARRIBA	ABAJO	
DIRECTA	0-10%	90-100 %	
SEMIDIRECTA	10-40 %	60-90 %	
DIRECTA INDIRECTA	40-60 %	40-60 %	
GENERAL DIFUSA	40-60 %	40-60 %	
SÉMI-INDIRECTA	60-80 %	10-40 %	
INDIRECTA	90-100 %	0-10%	

Factores de depreciación por suciedad acumulada en las superficies del cuarto.

Tabla 4.1



% DE DEPRECIACION POR SUCIEDAD ESPERADA	TIPO DE DISTRIBUCION DE LUMINARIOS																			
	DIRECTO				SEMI-DIRECTO				DIRECTO-INDIRECTO				SEMI-INDIRECTO				INDIRECTO			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO R.C.R.																				
1	.98	.90	.94	.92	.07	.92	.89	.84	.04	.87	.80	.78	.94	.87	.80	.73	.90	.80	.70	.60
2	.98	.86	.94	.92	.36	.92	.88	.83	.04	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.06	.91	.87	.82	.94	.86	.79	.74	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.80	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	.89	.78	.66	.55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	.89	.77	.66	.54
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.78	.69	.93	.84	.76	.68	.88	.76	.64	.52
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.63	.51
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

- ii. Lámparas quemadas o fundidas: Es la relación entre las lámparas fuera de servicio y el total de las lámparas instaladas.
- iii. Depreciación de lúmenes de la lámpara (L.L.D.): La degradación gradual de la luminosidad producida por el paso del tiempo es diferente para cada tipo y calidad de la lámpara. Se recomienda consultar los datos de las lámparas proporcionados por los fabricantes.



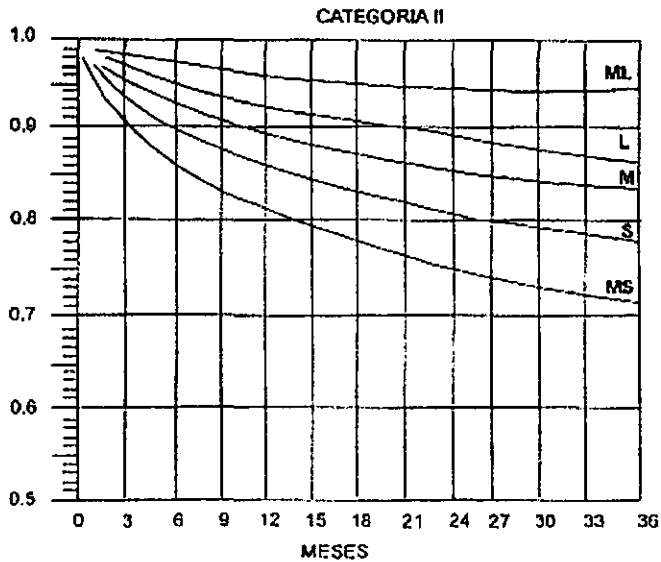
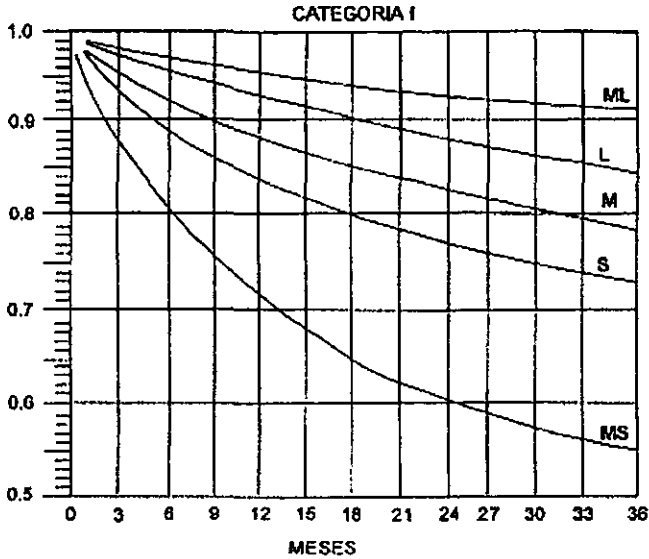
iv. Depreciación por suciedad acumulada en la luminaria (L.D.D.) : Este factor también varía de acuerdo al tipo de luminaria y el ambiente en que se trabaja.

DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE SUCIEDAD EN LOS LUMINARIOS					
	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO	SUCIO	MUY SUCIO
SUCIEDAD GENERADA	NINGUNA	MUY POCO	NOTORIA PERO NO PESADA	SE ACUMULA CON RAPIDEZ	ACUMULACION CONSTANTE
SUCIEDAD AMBIENTE	NINGUNA O NO SE LE PERMITE ENTRAR	ALGUNA (CASI NO ENTRA NADA)	ALGO ALCANZA A ENTRAR EN EL AREA	GRANDES CANTIDADES	EXISTE DE TODO
REMOCION O FILTRACION	EXCELENTE	MEJOR QUE EL PROMEDIO	MAS BAJO QUE EL PROMEDIO	SOLO VENTILADORES SI ES QUE HAY	NINGUNA
ADHESION	NINGUNA	LIGERA	SUFICIENTE PARA QUE SEA VISIBLE DESPUES DE ALGUNOS MESES	ALTA PROBABLEMENTE CAUSADO POR ACEITES, HUMEDAD O ESTATICA	ALTA
EJEMPLOS	OFICINAS DE ALTA CATEGORIA ALEJADAS DE LAS ZONAS DE PRODUCCION; LABORATORIOS, QUIROFANOS, SALAS DE COMPUTO	OFICINAS EN EDIFICIOS VIEJOS O CERCANAS A LAS ZONAS DE PRODUCCION, ENSAMBLE SENCILLO INSPECCION, SALAS GENERALES	OFICINAS DE MAQUINADO Y MOLINOS, PROCESAMIENTO DE PAPEL Y MAQUINADO LIGERO	TRATAMIENTO TECNICO, IMPRESION A ALTA VELOCIDAD PROCEDIMIENTO DE HULES, FUNDICION, TUNELES DE MINAS	SIMILAR A SUCIO PERO LOS LUMINARIOS SE ENCUENTRAN INMEDIATAMENTE AL LADO DE LA FUENTE DE CON LAMINACION

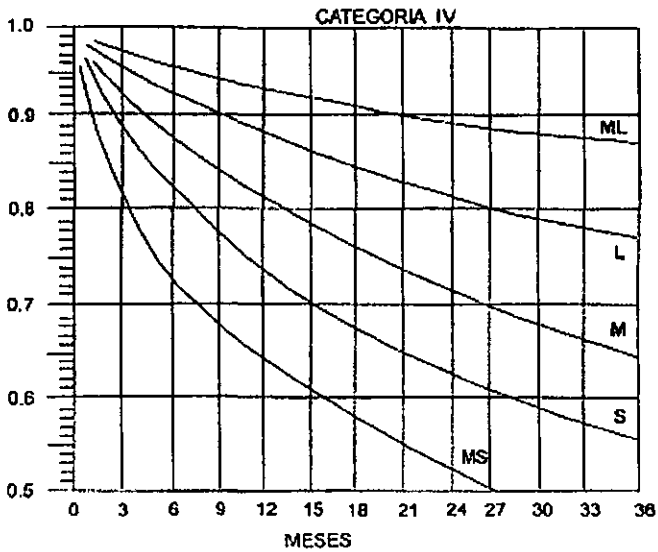
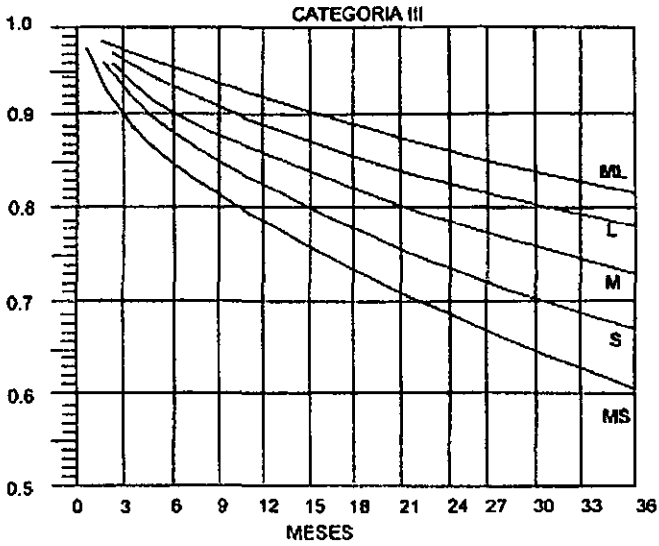
CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO	ENVOLVENTE SUPERIOR	ENVOLVENTE INFERIOR
	1) NINGUNA	1) NINGUNA
I		
II	1) NINGUNA 2) TRANSPARENTE CON 15% O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO CON 15% O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 4) OPACO CON UN 15% MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS) O (DEFLECTORES)
III	1) TRANSPARENTE CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 3) OPACO CON 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS) O (DEFLECTORES)
IV	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS (REJILLAS)
V	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS
VI	1) NINGUNO 2) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 4) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS

Categorías de mantenimiento

Curvas de degradación por suciedad en la luminaria



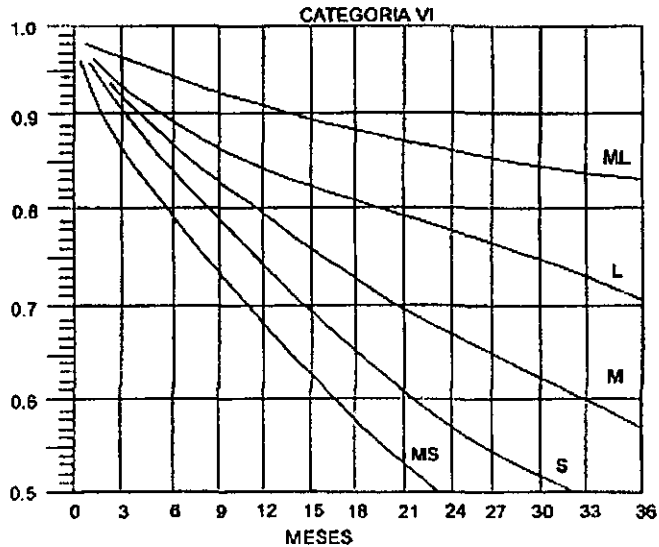
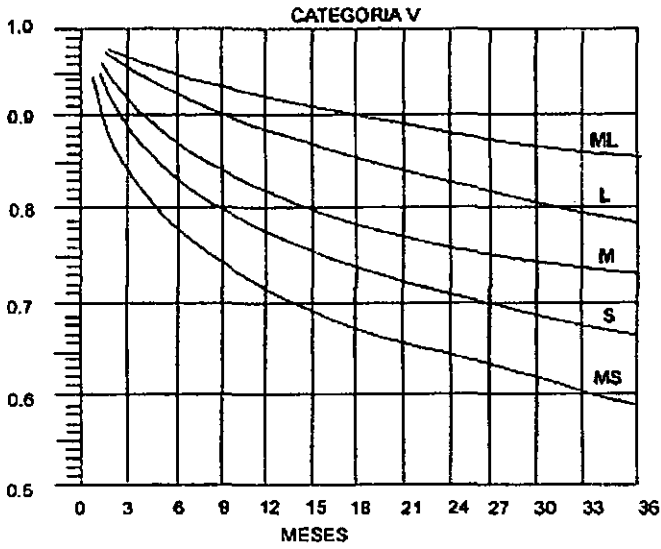
ML = Muy Limpio      M = Medio      MS = Muy Sucio  
 L = Limpio            S = Sucio



ML = Muy Limpio  
L = Limpio

M = Medio

MS = Muy Sucio  
S = Sucio












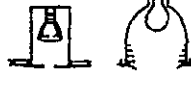








ML = Muy Limpio      M = Medio      MS = Muy Sucio

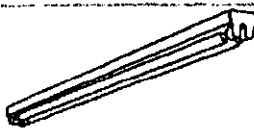
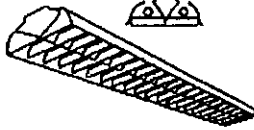
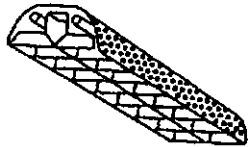
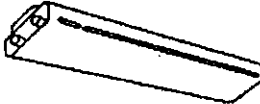
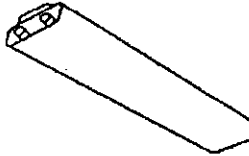
L = Limpio

S = Sucio

Curvas de distribución y porcentaje de lúmenes de luminarias típicas.

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LÚMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LÚMENES	
	CAT.	ESPAÇ. MÁXIMO		CAT.	ESPAÇ. MÁXIMO
 GABINETE CUADRADO CON CONTROLANTE PARA CURVA DE DISTRIBUCIÓN MEDIA	V	1.0	 ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE	V	1.0
 BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARAS PAR-100 Y LAMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA DE ENERGIA.	IV	0.6	 REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM	IV	1.3
 BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARA PAR-75	IV	0.5	 (CUBIC) UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMÁTICO	V	1.2
 GABINETE CUADRADO CON CONTROLANTE PARA CURVA DE DISTRIBUCIÓN ABIERTA	V	1.4	 LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL	IV	0.8
 GABINETE CUADRADO CON GABINETE DIFUSO	V	1.3	 LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO: CUTOFF A 45°	IV	0.7
 (MERCULUME) UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMÁTICO Y CONTROLANTE DE ACRILICO PRISMÁTICO EXTERIOR	V	1.3	 PIN HOLE DE 22" DE ABERTURA	IV	0.7

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPAC. MÁXIMO
 UNIDAD TOTALMENTE CERRADA	V	1.6 0% 71%
 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).	III	1.6 15% 77%
 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO CERRADA, POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.8 0% 68% 45 1.2
 UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.8 3% 68%
 UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO	IV	1.7 0% 56%
 UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL	II	1.3 22% 66%

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESP. MAX.
 CANALES PARA 1 O 2 LAMPARAS FLUORESCENTES	I	1.6/1.2 20.5% 68%
 UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 30 x 30	II	1.0 23.5% 57%
 UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 45 x 45	IV	1.0 6% 48%
 UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES CON CONTROL ENTE PRISMÁTICO ENVOLVENTE	V	1.5/1.2 11.5% 58.5%
 UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES	V	1.3 8% 37.5%

Para poder realizar el cálculo por el método del lumen en un sistema de iluminación es recomendable hacer una hoja de trabajo de levantamiento del área en estudio como la que indica en la tabla 4.2

Ejemplo de hoja de trabajo tabla 4.2

HOJA DE TRABAJO DEL METODO DEL LUMEN

<b>DIMENSIONES</b>	
DIMENSIONES DEL LOCAL	LARGO (m)
	ANCHO (m)
	ALTURA (m)
	ALTURA DE MONTAJE (hcc) (m)
	ALTURA DE PLANO DE TRABAJO (ccp) (m)
	CAVIDAD DE TECHO (hct) (m)
	ÁREA (m <sup>2</sup> )
<b>REFLECTANCIAS</b>	
	TECHO
	PAREDES
	PISO
<b>PÉRDIDAS</b>	
	FACTOR DE BALASTRO
	DEGRADACIÓN LUMINOSA
	FACTOR DE SUCIEDAD
	LAMPARAS INUTILIZADAS
<b>DATOS DE LA LÁMPARA Y BALASTRO</b>	
	TIPO DE LÁMPARA
	CATÁLOGO
	LÚMENES INICIALES
	WATTS DE LÁMPARA
	LÁMPARAS / LUMINARIA
	WATTS BALASTRO
	COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (CU)
<b>DATOS DE ENERGIA</b>	
	WATTS / LUMINARIO
	NUMERO REAL DE LUMINARIAS
	LUMINARIAS FUERA DE SERVICIO
	DEMANDA TOTAL (Kw)
	DENSIDAD DE DEMANDA (WATT / m <sup>2</sup> )
	METROS CUADRADOS / LUMINARIA
<b>ESPACIAMIENTO</b>	
	CRITERIO DE ESPACIAMIENTO
	ESPACIAMIENTO MÁXIMO

TABLA 4.2

Después de obtener los datos suficientes y hacer el cálculo adecuado se entregan los resultados en una tabla similar a la tabla 4.2, donde se vaciará las conclusiones y los resultados obtenidos del estudio en cuestión (TABLA 4.3).

**HOJA DE TRABAJO DE RESULTADOS**

<b>RESULTADOS</b>	
ILUMINACIÓN RECOMENDADA (luxes)	
NIVEL DE ILUMINACIÓN CALCULADA (luxes)	
NÚMERO CALCULADO DE LUMINARIOS	
NÚMERO ADECUADO DE LUMINARIOS	
OBSERVACIONES:	

TABLA 4.3



# CAPÍTULO 5

*Caso práctico*  
*"Estudio de iluminación*  
*en una línea de producción"*

Se requiere hacer el estudio del sistema de iluminación para el área de producción Línea 1. Con este estudio se pretende mejorar u optimizar el nivel de iluminación para dicha área, así como también tratar de hacer un ahorro de energía sin afectar a los operadores. Colocándoles el nivel óptimo recomendado por la S.M.I.I. Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación.

## **REQUERIMIENTOS**

### *5.1 Denominación del inmueble:*

Empresa: Lactoproductos la Loma S.A. de C.V., ubicada en Calle Galeana No. 66 Colonia Tlalnepantla Estado de México, C.P. 54060.

### *5.2 Localización de la luminaria:*

Las luminarias se localizan en la línea de producción No. 1

### *5.3 Fecha del levantamiento:*

La fecha del levantamiento de la información fue el día 14/08/2001, a las 7:15 p.m. (se hace mención del horario por dos motivos muy importantes, el primero es que en el estudio se recomienda hacerlo cuando exista menos iluminación natural, para poder tomar medidas más reales, y el segundo debido a que las líneas de producción dejan de operar alrededor de las 6:00 p.m.

### *5.4 Costumbres de uso.*

La línea de producción No. 1, opera alrededor de 10 horas al día, regularmente, de lunes a viernes y los días sábados 5 horas.

### *5.5 Color del Local.*

Debido a que es una planta procesadora de alimentos (productos lácteos), las paredes y techos de todas nuestras líneas de producción son de color blanco y conforme a la norma NOM-120-SSA1-1994, de bienes y servicios, prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, se exige que los pisos sean antiderrapantes por tal motivo los tenemos de color rojo.

### *5.6 Tipo de luminaria y potencia del balastro:*

Las luminarias que se encuentran, son de la marca CROUSE - HINDS, con lámparas de aditivos metálicos de 175 watts, con balastro alto factor de potencia.

### 5.7 Cantidad de luminarias:

En producción L-1 se concentran 24 luminarias de las cuales 22 están en operación y 2 fuera de servicio.

5.8) Actualmente se tomaron las medidas con un luxómetro que pertenece la departamento de mantenimiento eléctrico.

De acuerdo con el capítulo 3 en el punto 3.1.9, se tomaron lecturas haciendo una malla imaginaria, con cuadros de 3m, a una distancia de 1.5 de las paredes. Justo donde se hacen los nodos se hicieron las lecturas con el luxómetro, conforme al dibujo 5.1

5.9 Las luminarias en estudio se operan por medio de interruptores de tablero independientes una de la otra.

5.10 Las luminarias esta fabricadas en aluminio libre de cobre, con reflectores tipo domo, diseñadas para trabajar a 40°C, están hechas en forma circular con diámetro aproximado de 29.36cm, y altura de 61.7cm

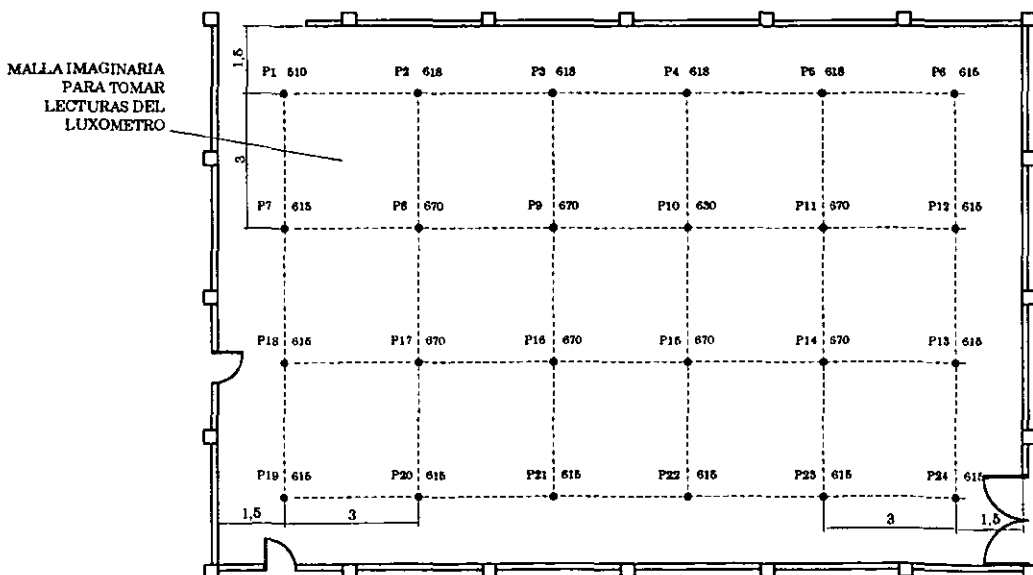


FIGURA 5.1

A continuación se presenta las hojas de datos del resumen del levantamiento, así como el plano del sistema actual de iluminación<sup>3</sup>.

Hoja de Levantamiento A.

NOMBRE DEL INMUEBLE. Lactoproductos La Loma FECHA. 14/08/01

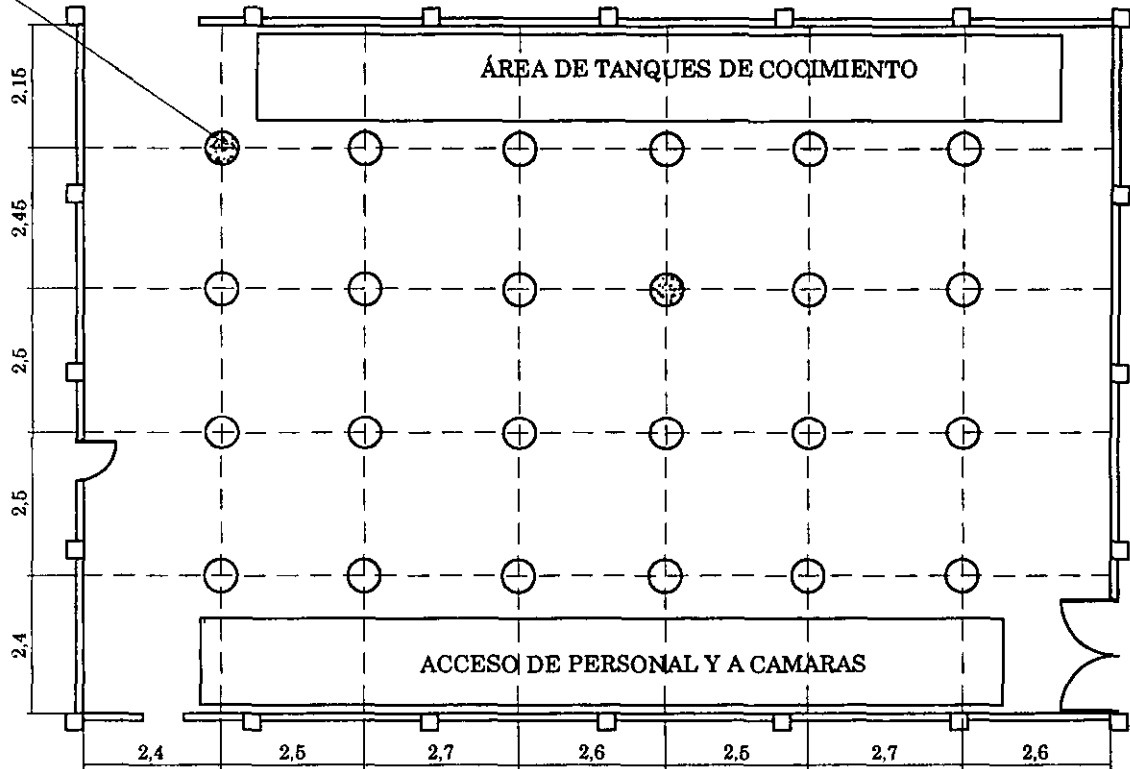
LOCALIZACION DE LA LUMINARIA	DIMENSIONES			COSTUMBRE DE USO		COLOR DEL LOCAL			TIPO DE LUMINARIA Y POT. DE LÁMPARA Y BALASTRO
	Ancho	Largo	Alto	Horas día	Días al mes	Piso	techo	Pared	
Producción Linea 1	12	18	5.4	10	24	rojo	blanco	blanco	Luminarias colgantes marca CROUSE HINDS, con lámparas de aditivos metálicos y balastro alto factor de potencia

Hoja de levantamiento B.

LOCALIZACION DE LA LUMINARIA	No DE LUMINARIAS		NIVEL DE ILUMINACIÓN		Tipo de control de luminarias	Tipo de gabinete y difusor	Observaciones
	Fuera de servicio	Total	Actual	Recomend.			
Producción Linea 1	2	24	628	600	Gabinete	colgante cilíndrico	El sistema de iluminación actual excede los niveles recomendados

<sup>3</sup> Cabe mencionar que el sistema actual de iluminación fue realizado sin estudio alguno, por los mecánicos electricistas de la planta.

Luminarias fuera de operación



SISTEMA ACTUAL DE ILUMINACIÓN  
LACTOPRODUCTOS LA LOMA S.A. DE C.V.  
LÍNEA DE PRODUCCIÓN 1

## Hoja de trabajo método del lumen Para Línea de producción 1

<b>DIMENSIONES</b>	
LARGO (m)	18
ANCHO (m)	12
ALTURA (m)	5.4
ALTURA DE MONTAJE (hcc) (m)	3.5
ALTURA DE PLANO DE TRABAJO (hcp) (m)	1.0
CAVIDAD DE TECHO (hct) (m)	0.90
ÁREA (m <sup>2</sup> )	216
<b>REFLECTANCIAS</b>	
TECHO	76 %
PAREDES	76 %
PISO	30 %
<b>PÉRDIDAS</b>	
FACTOR DE BALASTRO	0.95
DEGRADACION LUMINOSA	0.82
FACTOR DE SUCIEDAD	0.90
LÁMPARAS INUTILIZADAS	2
<b>DATOS DE LA LÁMPARA Y BALASTRO</b>	
TIPO DE LÁMPARA	Aditivos metálicos
CATÁLOGO	CROUSE - HINDS
LUMENES INICIALES	14000
WATTS DE LA LÁMPARA	175
LÁMPARAS / LUMINARIA	1
WATTS BALASTRO	SIN
COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN	SIN
<b>ESPACIAMIENTO</b>	
CRITERIO DE ESPACIAMIENTO	2.0
ESPACIAMIENTO MÁXIMO	NO ES UNIFORME
<b>DATOS DE ENERGIA</b>	
WATTS / LUMINARIA	175
NÚMERO REAL DE LUMINARIAS	24
LUMINARIAS FUERA DE SERVICIO	2
DEMANDA TOTAL (Kw)	4200
DENSIDAD DE DEMANDA (WATT / m <sup>2</sup> )	19.44
METROS CUADRADOS / LUMINARIO	9

### 5.11 Nueva propuesta de iluminación:

Debido a los datos arrojados por el levantamiento, se requiere adecuar el sistema de iluminación, ya que excede de los niveles adecuados al área de producción y empaquetado, debido a esto se incrementa el costo por uso de energía eléctrica.

Se requiere hacer una nueva propuesta de iluminación en la línea de producción 1, donde se llevan a cabo labores de pasteurización, llenado e inspección de nuestros productos. Sus dimensiones son 12m de ancho 18m de largo y 5.4m de alto.

Se tiene de pared color blanco, techo color blanco y piso color rojo, se considera una reflectancia de 76%, 76% y 30%<sup>4</sup> respectivamente. Se propone utilizar luminarias tipo PETROLUX montaje tipo C. Se cuenta con los siguientes datos: La altura del plano de trabajo es de 1m, por lo tanto la altura de cavidad de cuarto es de 3.5m, la altura de cavidad de techo es de 0.9m.

De acuerdo al REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO (Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 1997), capítulo séptimo artículo 95, correspondiente al tema de iluminación, nos dice que las áreas y lugares de trabajo, deben contar con las condiciones de iluminación adecuadas al tipo de actividad que se realice, de acuerdo a la norma correspondiente.

Conforme a lo que marca la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, se selecciona el nivel recomendado, en este caso son de 600 Luxes.

#### Cálculo

Para al área de Producción Línea 1.

#### Datos

Luminaria PETROLUX montaje tipo CE  
Lampara de 175 watt tipo Aditivos metálicos  
Lúmenes 14000

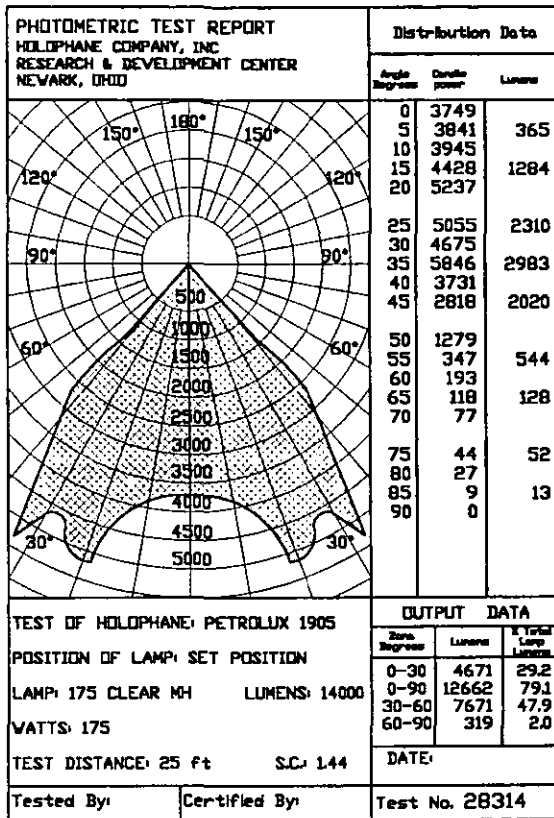
Reflectancias:	color	%	% de acuerdo a la figura 5.2
Techo:	blanco	76	80
Pared :	Blanco	76	50
Piso:	Rojo	30	20

Trabajo en ambiente muy limpio (Industria del ramo alimenticio productos lácteos)

<sup>4</sup> Los porcentajes de reflectancias son tomados de acuerdo al promedio de reflexiones que aparecen en la página 39. Cabe aclarar que se adecuaron los porcentajes conforme a la información fotométrica de la luminaria.

Para calcular el R.C.R se consultan los datos fotometricos de la luminaria. En la figura 5.2 se muestra la curva de distribución luminosa y la tabla de los C.U.

FIGURA 5.2



HOLOPHANE No. 1905

MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

PISO	20%						0%
TECHO		70%			30%		0%
PARED	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%

RCR	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN						
0	0.82	0.82	0.82	0.75	0.75	0.75	0.70
1	0.75	0.73	0.71	0.69	0.68	0.67	0.64
2	0.68	0.65	0.62	0.64	0.61	0.59	0.57
3	0.62	0.58	0.55	0.58	0.55	0.53	0.51
4	0.56	0.52	0.48	0.53	0.50	0.47	0.45
5	0.52	0.47	0.43	0.49	0.45	0.42	0.41
6	0.47	0.42	0.39	0.45	0.41	0.38	0.37
7	0.43	0.38	0.35	0.41	0.37	0.34	0.33
8	0.40	0.35	0.31	0.38	0.34	0.31	0.30
9	0.37	0.32	0.29	0.35	0.31	0.28	0.27
10	0.34	0.29	0.26	0.33	0.29	0.26	0.25



Calculando el R.C.R.

$$RCR = \frac{5(hcc)(Largo + Ancho)}{(Largo \times Ancho)}$$

$$RCR = \frac{5(3.5)(18 + 12)}{(18 \times 12)} = \frac{525}{216}$$

$$RCR = 2.43$$

Se prosigue a buscar en catalogo de la luminaria a utilizar (en este caso se utilizaran luminarias de holophane).

De acuerdo con los porcentajes de reflectancias <sup>4</sup> y con el RCR, se procede a calcular el Coeficiente de utilización CU.

$$\begin{array}{r} 2 \quad 0.68 \\ 3 \quad 0.62 \\ \hline -1 \quad 0.06 \\ -0.43 \quad x \\ \hline x = 0.0258 \end{array} \quad \begin{array}{l} CU = 0.68 - x \\ CU = 0.68 - (0.0258) \\ CU = 0.6542 \end{array}$$

Calculando el Factor de mantenimiento

$$FM = (\text{depreciación de suciedad}) \times (\text{depreciación de lúmenes})$$

Se obtienen los siguientes datos:

Tenemos :

Unidad tipo industrial

Reflector Prismático cerrada

De acuerdo a la tabla de curvas de distribución y porcentaje de luminarias típicos en la pagina 46 se obtiene que nuestra luminaria le corresponde una categoría V

Se procede comparar con las curvas de degradación por suciedad con referencia a que se tiene un ambiente muy limpio, todo esto obtenemos el LDD = 0.925

<sup>4</sup> Para calcular el C.U. se aproximaron las reflectancias, a las que vienen en el catalogo.

Se busca en tablas el factor de depreciación de lúmenes para la lámpara 175 watts aditivos metálicos (ver tabla 2.7), se obtiene un LLD = 0.77

$$FM = (LLD)(LDD)$$

$$FM = (0.77)(0.925)$$

$$FM = 0.7122$$

Calculo de las luminarias por el método del lumen:

$$E = \frac{(lm/lum)(No.Lum)(CU)(FM)}{AREA}$$

de aquí que:

$$No.lum = \frac{E(AREA)}{(lm/lum)(CU)(FM)}$$

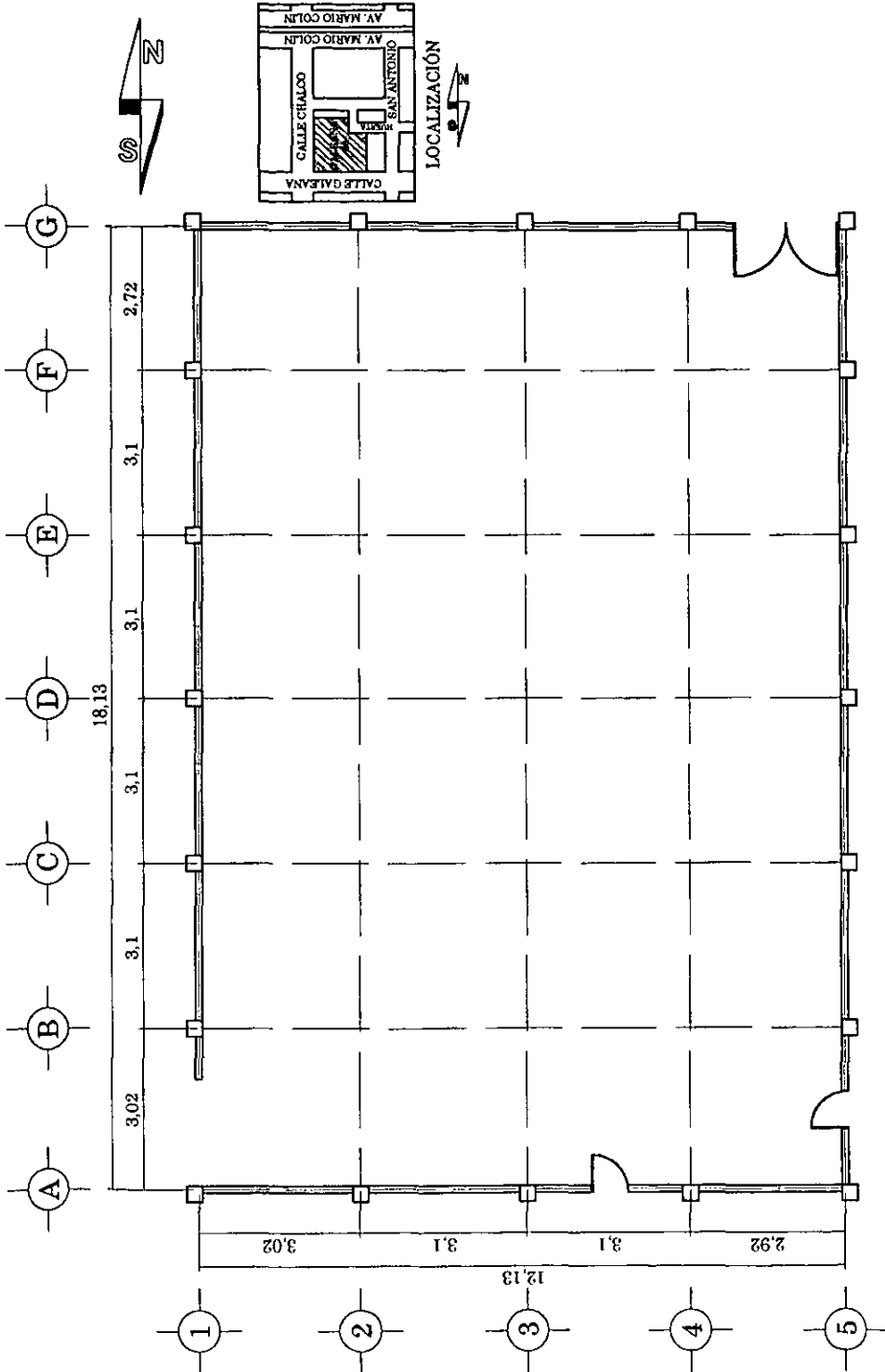
$$No.lum = \frac{(600)(18 \times 14)}{(14000)(0.6542)(0.7122)}$$

$$No.lum = 19.84$$

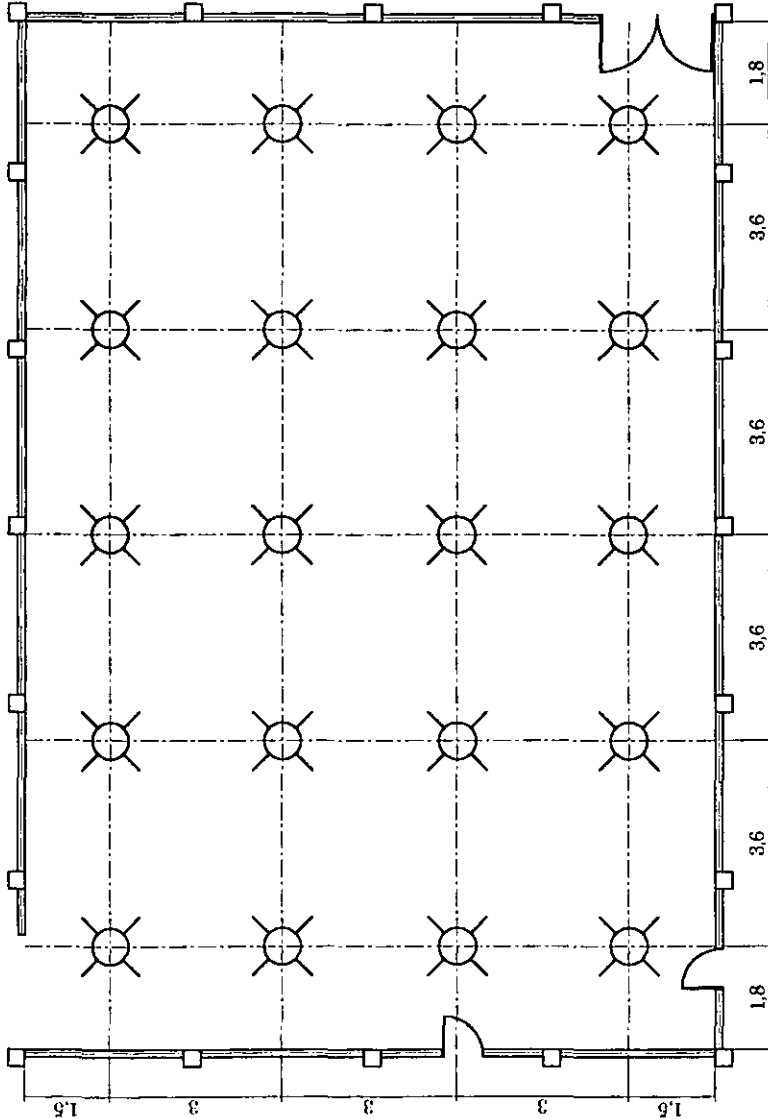
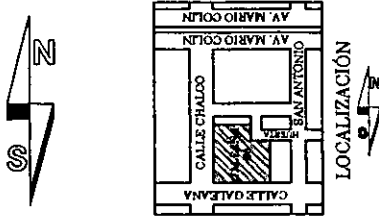
$$No.lum = 20$$

Hasta aquí tenemos las luminarias adecuados para cubrir el área de producción línea 1, para poder alcanzar los 600 luxes recomendados por la S.M.I.I. y poder cumplir con el reglamento de federal de seguridad e higiene y medio ambiente de trabajo.

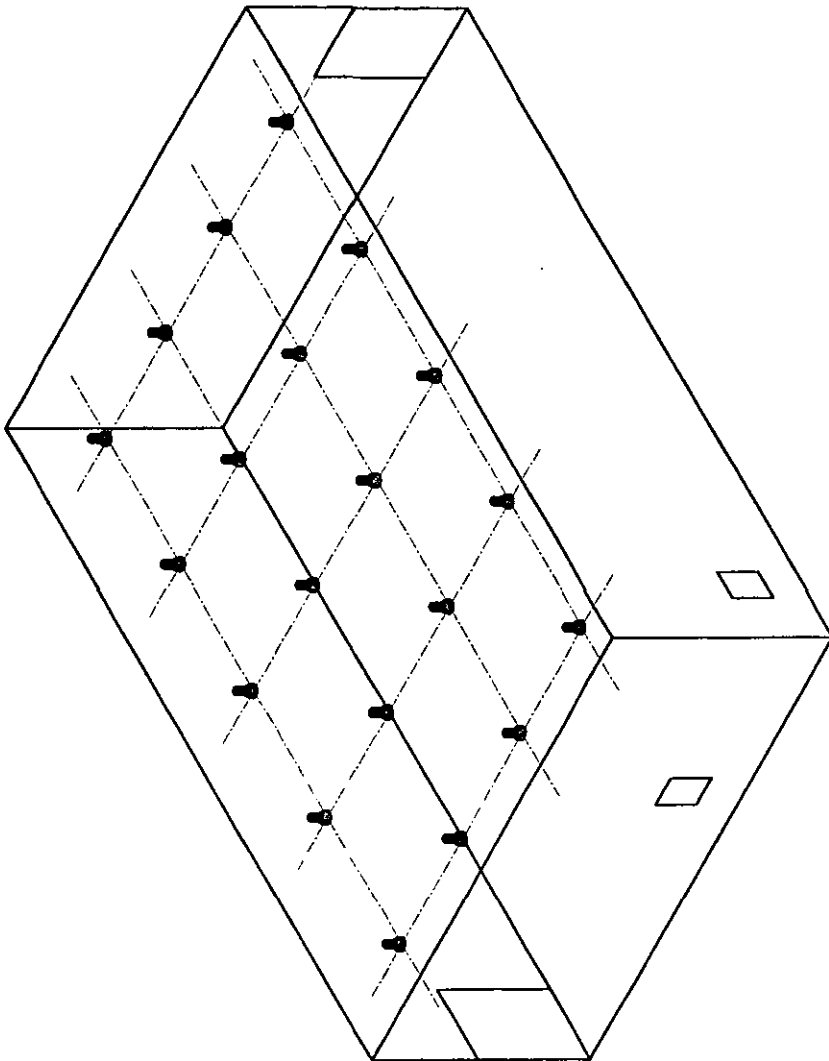
En los planos siguientes podemos observar como quedó la nueva propuesta de iluminación.



		TÍTULO: PROYECTO	
		ILUMINACIÓN PRODUCCIÓN LÍNEA 1	
DISEÑO: FAS. J. CARLOS ARDIELA FECHA: 16/09/2001	ACTUALIZO: FAS. J. CARLOS ARDIELA FECHA: 25/09/2001	ESCALA: SIN REGULACIÓN DE	
APROBADO: ING. ALEJANDRO MONTENAYDOR FECHA: 24/09/2001	APROBADO: ARQUITECTO FECHA: 24/09/2001	ARQUITECTO	



		TÍTULO - PROYECTO	
		ILUMINACIÓN PRODUCCIÓN LÍNEA I	
DIBUJO POR: J. CARLOS ANDRÍA		ESCALA: SIN ACOLOCACIÓN DE LÍNEAS	
FECHA: 16/08/2001		AUTORIZADO POR: J. CARLOS ANDRÍA	
FECHA: 16/08/2001		REVISADO POR: LINDO REYNA	
FECHA: 24/08/2001		APROBADO POR: ALEJANDRO MONTEMATOZ	
FECHA: 24/08/2001		UBICACIÓN: SE INYAS LUMINARIAS	



TÍTULO: PROYECTO	
ILUMINACIÓN PRODUCCION LINEA I	
DIPL. PAZ. J. CARLOS AZOULA	FECHA: 16/08/2001
ACQUINIZO PAZ. J. CARLOS AZOULA	FECHA: 16/08/2001
FECHA: 16/08/2001	FECHA: 16/08/2001
FECHA: 24/08/2001	FECHA: 24/08/2001
FECHA: 24/08/2001	FECHA: 24/08/2001
ESCALA: SIN ACOTACIONES	
ISOMETRICO	
APROBADO: ING. ALEJANDRO MONTEMAYOR	
FECHA: 24/08/2001	

## 5.12 Comparando los sistemas

## ▪ Carga de la situación actual

No. de lámparas X potencia de las lámparas X factor de consumo del balastro  
= potencia total consumida

$$24 \times 175 \times 0.90 = 3780 [\text{watts}]$$

## ▪ Carga de la situación propuesta

No. de lámparas X potencia de lámparas X factor de consumo de balastro  
= potencia total consumida

$$20 \times 175 \times 0.90 = 3150 [\text{watts}]$$

## ▪ Cálculo de ahorro de potencia

Ahorro de potencia = Potencia del sistema actual – Potencia del sistema propuesto

$$3780 - 3150 = 630 [\text{watts}]$$

## ▪ Cálculo de ahorro de energía

Ahorro de energía = ahorro de potencia X horas de operación  
(día, mensual o anual)

$$630 \times 10 = 6300 [\text{watts}/\text{día}] \quad \text{Un día laboral de 10 horas}$$

$$630 \times 5 = 3150 [\text{watts}/\text{día}] \quad \text{Un sábado laboral de 5 horas}$$

$$630 \times 55 = 34650 [\text{watts}/\text{semana}]$$

$$630 \times 220 = 138600 [\text{watts}/\text{mes}]$$

## Hoja de resultados

<b>RESULTADOS</b>	
ILUMINACIÓN RECOMENDADA (S.M.I.I.) (luxes)	600
NIVEL DE ILUMINACIÓN CALCULADO (luxes)	628
NÚMERO CALCULADO DE LUMINARIAS	19.86
NÚMERO ADECUADO DE LUMINARIAS	20
<b>OBSERVACIONES</b>	
Al hacer el levantamiento y la lectura de medidas, se tiene que en la empresa Lactoproductos la Loma, sé esta laborando, con un nivel un poco mas alto que el recomendado, por tal motivo, se está incrementando el costo de consumo de energía eléctrica, a pesar de que encontramos dos luminarias fuera de operación.	

## Determinando el volumen del sistema propuesto

Tabla proporcionada por la C.F.E (tarifas al mes de agosto 2001)

Región	Cargo por KW de demanda facturable	Cargo por KWH de energía de punta	Cargo por KWH de energía intermedia	Cargo por KWH de energía de base
Central				
Aguascalientes				
D.F.				
Edo. De México				
Guanajuato	\$63.80	\$1.2050	\$0.3856	\$0.3220
Guerrero				
Morelos				
Querétaro				
S.L.P.				

- Ahorro económico en potencia

Ahorro económico en potencia = ahorro en potencia X costo KW<sup>5</sup>

$$630 \times 63.80 = 40194$$

- Ahorro económico en energía

Ahorro económico en energía = Ahorro en energía X costo de KWH

De la tabla de C.F.E. se suman los KWH, de las diferentes energías (en punta, intermedia y en base)

$$1.2050 + 0.3856 + 0.3220 = \$1.9126$$

$$630 \times 1.9126 = \$1204.938$$

<sup>5</sup> Este valor no se tomará en cuenta para nuestro estudio, ya que su cobro en el caso de las tarifas HM (industrial media tensión), la demanda facturable va afectada por otros factores que vienen en el recibo de la luz.

- Ahorro total

Ahorro económico total = ahorro económico en potencia + ahorro económico en energía.

$$1204.938 = \$1204.938$$

Esto es que por los 630 KW que disminuimos en el consumo de energía, se están ahorrando \$1204.938 pesos

- Calculo del tiempo de recuperación

Tiempo de recuperación = inversión total / ahorros económicos

Costo de luminaria

Luminaria PETROLUX 1905 TIPO CE, con Lámpara H.M. claro 175 watts, tiene un costo de \$3700, precio de lista<sup>6</sup>.

El calculo de ahorro económico al mes es de:

$$630 \times 220 \times 1.9126 = \$265086.36$$

El tiempo de recuperación de la inversión queda:

$$\left[ \frac{74000}{265086.36} \right] \times 100 =$$

$$0.2791 \times 100 =$$

$$27\%$$

El tiempo de recuperación de la inversión será del 27% al mes, esto quiere decir, que en 4 meses, aproximadamente se recuperara, la inversión de las luminarias, y apartir del 4° mes la empresa ahorrará, 630 watts y el ahorro en dinero variarán, de acuerdo a las tarifas vigentes

<sup>6</sup> El costo de la luminaria fue proporcionado por la empresa Holophane de México, el día 20 de agosto del 2001



# ANEXO

# A

## *Niveles de iluminación en México*

## NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

NIVELES de Iluminación, para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C. - Illuminating Engineering Society.- México Chapter., como resultado de las reuniones que para tal objeto se llevaron a cabo en el Auditorio del edificio número 2 de la Escuela Superior de Ingeniería mecánica y Eléctrica, en la Unidad Profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco, D. F., en las cuales estuvieron presentes los representantes de diversas Instituciones, Dependencias Oficiales y Compañías interesadas en la buena iluminación.

### COMITE:

ING. RODRIGO GUERRERO ESCOLANO.  
ING. ENRIQUE VENEGAS SANDOVAL  
ING. EDMUNDO MORALES SILVA  
ING. ABEL GARCIA OROPEZA  
DIRECTOR DE DEBATES DE LA MESA REDONDA  
ING. OCTAVIO SANCHEZ HIDALGO B.

La primera columna lleva por encabezado I.E.S. 99% y esta formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H.R. Blackwell, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959, con las dos características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

La segunda columna S.M.I.I. 95%, está formada por los niveles de eliminación con un rendimiento visual de 95% y las otra 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión, que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr. Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo; usando como par metro valores de brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en porciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantez (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como dividendo común el valor de (B) para 99% de rendimiento visual y como divisores valores de (B) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho esos valores, ya que de hacerse así la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

El divisor de conversión es 1.75.

En los casos en que el valor de la S.M.I.I. 95% y el del I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

## INDICE

1. EDIFICIOS INDUSTRIALES
2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS
3. HOSPITALES
4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS
5. AREAS COMUNES
6. ALUMBRADO EXTERIOR
7. ALUMBRADO DE AREAS DEPORTIVAS
8. ALUMBRADO DE TRASPORTES

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%		LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
<b>EDIFICIOS INDUSTRIALES</b>					
ACERO (Véase Hierro y Acero)			Elaboración de crema:		
ACUMULADORES MANUFACTURA DE			Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Moldeado celdas	500	300	Pastillas de goma y jaleas	300	
ARCILLA Y CEMENTOS PRODUCTOS DE			Decoración a mano	1000	600
Moliendo, prensa filtrado, hornos de secado,			Caramelos:		
vaciado y devastado	300	200	Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo burdo)	1000	600	Corte y selección	1000	600
Pintura y vidriado (Trabajo fino)	3000a	1700a	Elaboración de pesos y envoltura	1000	600
<b>AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE</b>					
Ensamblado bastidor	500	300	<b>EMPACADORAS DE CARNE</b>		
Ensamblado Chasis	1000	600	Matadero (Rastro)	300	200
Ensamblaje final e Inspección	2000a	1100a	Limpiado, destazado, cocido, moliendas, en-		
Manufactura carrocería:..			latado y empaçado	1000	600
Ensamblado	1000	600	<b>ENCUADERNACION</b>		
Partes	700	400	Doblado, ensamblado, empaste, cortado, pun-		
Acabado e inspección	2000a	1100a	zonado y cocido	700	400
<b>AVIONES MANUFACTURA DE</b>					
Partes:			Grabado en realce e inspección	2000a	1100a
Producción	1000	600	<b>ENLATADORAS DE CONSERVAS</b>		
Inspección	2000a	1100a	Clasificación inicial:		
Acabado de piezas:			Jitomates	1000	600
Taladrado, remachado y apretado de torni-			Otras muestras	500	300
llos	700	400	Clasificación por color (cuartos de cortado)	2000a	1100a
CUARTO PINTURA	1000 m	600	Preparación:		
Trazado sobre aluminio, formado partes pe-			Selección preliminar:		
queñas de fuselaje y alas	1000	600	Chabacanos y duraznos	500	300
Soldadura:			Jitomates	1000	600
Iuminación general,	500	300	Aceitunas	1500	900
ILUMINACION LOCALIZADA	10000	6000	Cortado y picado	1000	600
Subensamblado:			Selección final	1000	600
Tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas			Enlatado:		
y otras partes grandes	1000	600	Enlatado en bandas sin fin	1000	600
<b>ENSAMBLADO FINAL</b>					
Colocación de motores, hélices, secciones ,			Enlatado estacionario	1000	600
alas y tren de aterrizaje **	1000	600	Empacado a mano	500	300
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600	Aceitunas	1000	600
Reparación con máquinas herramientas	1000	600	Inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a
<b>ASERRADEROS</b>					
Clasificación de la madera	2000	1700	Manejo de envases:		
<b>AZUCAR, REFINERIAS DE</b>					
Clasificación	500	300	Inspección	2000a	1100a
Inspección color	2000	1100	Etiquetado y empaçado	300	200
<b>CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA</b>					
Area general de manufactura	500	300	<b>ENSAMBLADO</b>		
<b>CARBON, VERTEDORES DE</b>					
Quebradores, cernidos y limpiado	100	60	Tosco, fácil de ver	300	200
Selección	3000a	1700a	Tosco, difícil de ver	500	300
<b>CARPINTERIAS</b>					
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200	Medio	1000	600
Encolado, cepillado, lijado, trabajo de me-			Fino	5000	3000
diana calidad, en máquinas y banco	500	300	Extrafino	10000	6000
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y			<b>ENSAYOS O PRUEBAS</b>		
acabado fino	1000	600	General	500	300
<b>CERVECERAS, INDUSTRIAS</b>					
Elaboración y lavado de barriles	300	200	Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000a	100a
Llenado (de botellas, lata, barriles)	500	300	<b>EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA:</b>		
<b>CUARTOS DE CONTROL (Véase Plan-</b>					
tas Generadores)			Impregnado	500	300
<b>DULCES INDUSTRIAS</b>					
Departamento de Chocolate			Aislado, erbobinado	1000	600
Descascarado selección, extracción, de ace-			Pruebas	1000	600
ite, quebrado y refinación, alimentación	500	300	<b>EXTRUCTURAS DE ACERO,</b>		
Limpieza de grano, selección inmersión,			<b>MANUFACTURA DE</b>		
empaçado y envoltura	500	300	500 300		
Molienda	1000	600	300 200		
			<b>FUNDICIONES</b>		
			Templado (Hornos)	300	200
			Limpiado	300	200
			Hechura de corazones:		
			Finos	1000	600
			Medianos	500	300
			Inspección:		
			Fina	5000a	3000a

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%		LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
Mediana	1000	600	Inspección	2000a	100a
Moideo:			<b>JABONES, MANUFACTURA DE</b>		
Mediano	1000	600			
Grande	500	300	Paila, corte, escamas de jabón y detergentes en polvo	300	200
Colado	500	300	Troquelado, envoltura y empaque, llenado y detergentes en polvo	300	200
Selección	500	300			
Cubilote	200	100			
Desmolde	300	200			
<b>GALVANOPLASTIA</b>	300	200	<b>LACTEOS Y PRODUCTOS</b>		
<b>GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES</b>			Industria líquida:		
Taller de Servicio:			Cuarto marmitas y almacén botellas	300	200
Reparaciones	1000	600	Botellas	500	300
Áreas activas de tráfico	200	100	Lavadoras botellas	f	f
Garages para estacionamiento:			Lavadoras latas	300	200
Entrada	500	300	Equipos de refrigeración	300	200
Espacio para circulación	100	100	Llenado:		
Espacio para estacionamiento	50	50	Inspección	1000	600
<b>GRANJAS</b>			Manómetros y tableros de medidores (sobre carátulas)	500	300
Establo y Gallinero	100	100	Laboratorios	1000	600
<b>GRABADO (CERA)</b>	2000a	1100a	Pasteurizadores	300	200
<b>GUANTES, MANUFACTURA DE</b>			Separadores y cuartos refrigerados	300	200
Planchado y cortado	3000a	2000a	Tanques y cubas	500	300
Tejido y clasificado	1000	600	Termómetro (sobre carátula)	500	300
Cosido e Inspección	5000a	3000a	Cuarto para pesarluminación (gr.)	300	200
<b>HANGARES</b>			Básculas	700	400
Servicio de reparación únicamente	1000	600	<b>LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:</b>		
<b>HIELO, FABRICA DE</b>			Prensas, guillotinas, troqueladoras trabajo mediano de banco	500	300
Cuarto de compresores y máquina	200	100	Punzadoras y rechazado	500	300
<b>HIERRO Y ACERO MANUFACTURA DE</b>			Trazado	2000	1100
Hornos de hogar abierto:			<b>LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE</b>		
Patio de almacenaje	100	60	Checado y selección	500	300
Piso de carga	200	100	Levado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Resbaladera de vaciado:			Inspección y desmanchado	5000a	3000a
Fosos de escoria	200	100	Composturas y modificaciones	2000a	1100a
Plataformas de control	300	200	planchado	1500	900
Patio de moldes	50	30	<b>LAVANDERIAS</b>		
Colado	300	200	Lavado	300	200
Almacenamiento de cojadas	100	60	Planchados de blancos, pesado, hacer listas, marcado	500	300
Bodega pesado	100	60	Planchado a máquina y selección	700	400
Reparaciones	300	200	Planchado fino a mano	1000	600
Patio de desmolde	200	100	<b>LLANTAS DE HULE Y CAMARAS:</b>		
Patio de Chatarra	100	60	<b>MANUFACTURA DE:</b>		
Edificio de mezcla	300	200	Preparación materia prima:		
Edificio de calcinación	100	60	Plasticación, molienda banbuy	300	200
Bola rompadora	100	60	Prensado en calandra	500	300
Molinos de laminación de:			Preparación de la tela:		
Lingote, planchas, soleras y laminas en caliente	300	200	Cortado y construcción de cejas	500	300
Laminación en frío en placas	300	200	Máquinas para las cámaras y recubierta	500	300
Tubo, varilla y alambón	500	300	Construcción de llantas:		
Fierro estructural y planchas	300	200	Llantas sólidas	300	200
Molinos de laminación de hojalata:			Llantas neumáticas	500	300
Estañado y galvanizado	500	300	Departamento de Vulcanización:		
Laminación en frío	500	300	Cámaras y llantas	700	400
Cuarto de motores y máquinas	300	200	Inspección final	2000a	1100a
Inspección:			Envoltura	500	300
Rebabeo de lámina negra, lingotes y billetes	1000	600	<b>MOLINO DE HARINA</b>		
Hojalata y otras superficies brillantes	1000j	600j	Rodillos, cernidores, purificadores	500	300
<b>HULE, PRODUCTO DE</b>			Empacado	300	200
Preparación de la materia prima:			Control de producción	1000	600
Plasticación, molienda Banbury	300	200	Limpado, cargadores, andenes, tolvas	300	200
Prensado en calandra	500	300	<b>PAN INDUSTRIAS DE</b>		
Preparación de las telas:			Cuarto de fermentado	300	200
Cortado y tubos flexibles	500	300	Formado:		
Productos por extrusión	500	300	Pan blanco	300	200
Productos moldeados y vulcanización	500	300	Pastelillos y pan de dulce	500	300
			Cuartos de hornos	300	200
			Reileno y otros ingredientes	500	300
			Decorado:		

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%		LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 99%
Mecánico	500	300			
Manual	1000	600			
Basculas y termómetros	500	300			
Envolturas	300	200			
<b>PAPEL MANUFACTURA DE</b>					
Bastidores, molinos, calandrias	300	200			
Acabado, cortado, recorte y máquinas para hacer el papel	500	300			
Cortado a mano lado húmedo de la máquina de papel	700	400			
Carrete máquina de papel inspección y laboratorio	1000	600			
Enrollado	1500	900			
<b>PAPEL MANUFACTURA DE (TENNERIAS)</b>					
Limpieza, curtido y estrado, pailas	300	200			
Cortado descarnado y secado	500	300			
Acabado	1000	600			
<b>PAPEL TRABAJO SOBRE</b>					
Pianchado, trenzado y barnizado	2000	1100			
Clasificación, igualado, cortado y cosido	3000	1700			
<b>PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE</b>					
Transportadores de bandas espacios de descarga de tiro, cuarto de tolvas interior de los depósitos	100	60			
Cuarto de quebradoras primarias auxiliares debajo de los depósitos	100	60			
Cernidores	200	100			
<b>PINTURA, MANUFACTURA DE</b>					
Iluminación general	300	200			
Comparación de las mezclas con las muestras o patrones	2000	1100			
<b>PINTURAS TALLERES DE</b>					
Pinturas por inmersión o baño con pisto de aire, esmalte o fuego	500	600			
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, rociado especial y con plantilla	500	300			
Acabado de pinturas a mano:					
Trabajo abajo fino	1000	600			
Trabajo extra-fino (catrocerías, pianos)	3000a	1700a			
<b>PLANTAS GENERADORES</b>					
Equipo de acondicionamiento de aire, calentadores y piso de ventiladores, exclusión de cenizas	100	60			
Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y área de manómetros	200	100			
Plataformas calderas	100	60			
Plataformas quemador	200	100			
Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60			
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transferidor	100	60			
Compensador, piso de areadores, piso evaporador y piso calentadores	100	60			
<b>Cuartos de control:</b>					
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección de "Duplex" viendo hacia el operador:					
Tipo A - Cuarto de control largo, 170 cm. Sobre el piso	500	300			
Tipo B. Control de cuarto ordinario, 170 cm. sobre el piso	300	200			
Sección de "Duplex" viéndose desde cualquier ángulo	300	200			
Pupitre de distribución nivel horizontal	500	300			
Áreas dentro de los tableros "Duplex"	100	60			
Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60			
Iluminado de emergencia en cualquier área Tableros despachadores	30	20			
			Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300
			Superficie vertical del tablero (11.25 M. Sobre el piso viendo hacia el operador):		
			Cuarto despachador sistema de carga	500	300
			Cuarto despachador secundario	300	200
			Área para tanques de hidrógeno y bióxido de carbono	200	100
			Laboratorio químico	500	300
			Precipitadores	100	60
			Casa de rejillas	200	100
			Plataforma, sopladores de hollín o escoria	100	60
			Cabezales para vapor y válvulas	100	60
			Cuarto de interruptores de potencia	200	100
			Cuarto para equipo telefónico	200	100
			Túneles o galerías para tubería	100	60
			Sub-sótano (parte inferior turbinas)	200	100
			Cuarto de turbinas	300	200
			Área para tratamiento de agua	200	100
			Plataforma para visitantes	200	100
			<b>PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA</b>		
			Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios .	300	200
			Hornos mecánicos, generadores y destiladores, aceros mecánicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos y decolorado	300	200
			Tanques para cocción, extractores, coladores, nitradoras y celdas electrolíticas	300	200
			<b>SOMBREROS, MANUFACTURA DE</b>		
			Teñido, tensado, galoneado, limpiado y refinado	1000	600
			Formado, calibrado, realizado, terminado y planchado	2000a	1100a
			Cosido	5000a	3000a
			<b>SOLDADURA</b>		
			Iluminación general	500	300
			Soldadura Manual de precisión con arco	10000a	6000a
			<b>TABACO, PRODUCTOS DE</b>		
			Secado, desmondamiento (iluminación general)	300	200
			Clasificación y selección	2000a	1100a
			<b>TALLERES MECANICOS</b>		
			Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
			Trabajo mediano de maquinaria y banco, m máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, y pulido mediano	100	600
			Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, y pulido fino	6000a	3000a
			Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado	10000a	6000a
			<b>TALLERES TEXTILES, ALGODON</b>		
			Abridoras, mezcladoras, batientes	300	200
			Cardas y estiradoras	500	300
			Pabilidoras, veloces, tróviles y cañoneros	500	300
			<b>Enrolladores y Engomadores:</b>		
			telas crudas	500	300
			Mozcillas	1500	900
			<b>Inspección:</b>		
			Telas crudas (volteadas a mano)	1000	600
			Atado automático 500a 900a		
			Telares	1000	600
			Repaso y atado a mano	2000a	1100
			<b>TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE</b>		
			Abridoras, mezcladoras y batientes	300	200
			Clasificación	1000a	600a
			calado, peinado y repinado	500	30
			<b>Estirado:</b>		
			Hilo blanco	500	300
			Hilo de color	1000	600
			<b>Tróviles :</b>		
			Hilo blanco	500	300





	I.E.S.	S.M.I.I.	LUXES
<b>PLANTAS GENERADORAS</b>			
Pasarelas	20		
Tiradero de ceniza	1		
<b>Descarga de carbón:</b>			
Rampa (Zona de carga y descarga)	50		
Area almacenamiento chalana	5		
Vaciador de carros	5a		
Volcador	50		
Area de almacenamiento de carbón	1		
Transportadores	20		
<b>Entradas</b>			
Edificio de servicio o generación:			
Principal	100		
Secundaria	20		
<b>Caseta de compuertas:</b>			
Entrada de peatones	100		
Entrada transportadores	50		
Cerca o alambrada	2		
Colectores de entrega de aceite combustible	50		
Tanque de almacenamiento aceite	10		
Patio descubierta	2		
Plataformas-Caldera, cubierto de turbina	50		
<b>Caminos</b>			
Entre o a lo largo de los edificios	10		
Que no estén bordeados por edificios	5		
<b>Subestación</b>			
Iluminación general horizontal	20		
Iluminación vertical específica (sobre desconectores)	20		
<b>PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA</b>	200		
Interior de los furgones	100		
<b>PRESIDIO, PATIOS DE</b>	50		
<b>TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS</b>			
<b>Alrededores brillantes:</b>			
Superficies claras	500		
Superficies oscuras	1000		
<b>Alrededores Oscuros:</b>			
Superficies claras	200		
Superficies oscuras	500		
<b>7. ALUBRADO AREAS DEPORTIVAS</b>			
<b>ALBERCA</b>			
Iluminación general desde la planta	100		
<b>Bajo el agua:</b>			
Exterior	5		
Interior	1		
<b>ARQUERIA</b>			
<b>Bianco:</b>			
Torneo	100r		
Recreativo	50r		
<b>Línea de tiro:</b>			
Torneo	10		
Recreativo	50		
<b>BADMINTON</b>			
Torneo	300		
Club	200		
Recreativo	100		
<b>BASEBALL</b>			
Jardines	Cuadro		
Ligas mayores	1000	1500	
Ligas AA y AAA	500	750	
Ligas A y B	300	500	
Ligas C y D	200	300	
Ligas semi-profesionales y regionales	150	200	
Liga menor (Clase I y Clase II)	300	400	
Sobre asientos, durante juego		20	
Sobre asientos antes y después juego		50	
<b>BASKETBALL</b>			
Universitario y profesional	500		
Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores	300		
Sin espectadores	200		
Recreativo (exterior)	100		
<b>BILLARES (sobre mesa)</b>			
Torneo	500		
Recreativo	300		
Area general	100		

	I.E.S.	S.M.I.I.	LUXES
<b>BOLICHES</b>			
<b>Mesas:</b>			
Torneo			200
Recreativo			100
<b>Pinos:</b>			
Torneo			500r
Recreativo			300r
<b>BOX O LUCHA (ring)</b>			
Campeonato			5000
Profesional			2000
Amateur			1000
En asientos durante el encuentro			20
En asientos antes y después de- encuentro			50
<b>CARRERAS</b>			
De motor (autos enanos o motocicleta)			200
Bicicletas			200
Caballos			200
Perros			300
<b>CROQUET</b>			
Torneo			100
Recreativo			50
<b>FRONTENIS</b>			
Profesional			1000
Aficionados			750
Sobre asientos			50
<b>FRONTON O CESTA</b>			
Profesional			1500
Aficionados			1000
Sobre asientos			100
<b>FRONTON A MANO</b>			
Torneo			300
Club			200
Recreativo			100
<b>FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO</b>			
(Índice: Distancia de la línea de banda a fila más alejada de espectadores):			
Clase I más de 30 Mts.			1000
Clase II entre 15 y 30 Mts.			500
Clase III entre 9 y 15 Mts.			300
Clase IV menos de 9 Mts.			200
La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de alumbrado requerido, sin embargo en espectáculos de paga y televisados, la capacidad potencial de asientos de las gradas, es el factor determinante que debe tomarse en cuenta para lo cual se da la siguiente clasificación: Clase I para más de 30,000 espectadores; Clase II de 10,000 a 30,000 espectadores. Clase III de 5,000 a 10,000 espectadores y Clase IV para menos de 5,000 espectadores.			
<b>GINNASIOS (Refiérase a deportes específicos enumerados en forma separada)</b>			
Exhibiciones, encuentro			300
Para recreación y ejercicio general			200
Asambleas			100
Bailes			50
Regaderas y vestidores			100
<b>GOLF, CAMPOS DE PRACTICA</b>			
Iluminación general sobre los "Tees"			100
A 1.85 Mts.			50r
Práctica en los "greens"			100
<b>HOCKEY SOBRE HIELO</b>			
Universitario o profesional			500
Liga amateur			200
Recreativo			100
<b>PATINAJE</b>			
Pista para patines de ruedas			50
Pistas para patinar sobre hielo (interior o exterior)			50
Laguna, estanque o área inundada			10
<b>PING-PONG</b>			
Torneo			500
Club			300
Recreativo			200
<b>PLAYAS</b>			
En tierra			10
A 50 Mts. de la orilla (en mar)			30r



	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
<b>Recámaras:</b>			
Iluminación general	100	60	
Para lectura y escritura	300h	200h	
Administración	500	300	
<b>Vestíbulo:</b>			
Áreas de trabajo y lectura	300	200	
Iluminación general	100	200	
Marquesina	500	300	
<b>JOYERÍA Y RELOJES, MANUFACTURA DE RESIDENCIAS</b>	5000a	3000a	
Tareas visuales específicas (1):			
Juegos de mesa	300	200	
Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300	
Lavadero, mesa de planchado	500	300	
Cuarto de estudio (sobre escritorio)	700	400	
Costura	1000	600	
Iluminación general:			
Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras	100m	60m	
Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego.	100m	60m	
Cocina, lavandería, cuarto de baño	300	200	
<b>RESTAURANTES Y CAFETERIAS</b>			
Área de comedor:			
Cajera	500	300	
Del tipo íntimo:			
Con ambiente ligero	100	60	
Con ambiente acogedor	30	30	
Del tipo ordinario:			
Con ambiente ligero	300	200	
Con ambiente acogedor	150	100	
Del tipo servicio rápido:			
Cocina:			
Inspección, etiquetado y precio	700	400	
Otras áreas	300	200	
<b>SALONES DE BAILES</b>	50	30	
<b>TIENDAS (a)</b>			
Áreas de circulación	300	200	
Áreas de mercancías:			
Con servicio de vendedoras	1000	600	
Autoservicio	2000	1100	
Mostradores y vitrinas en muro:			
Con servicio de vendedoras	2000	1100	
Autoservicio	5000	3000	
Atracciones principales:			
Con servicio de vendedoras	5000	3000	
Autoservicio	10000	6000	
<b>5. AREAS COMUNES</b>			
<b>BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO</b>			
inactivas	50	30	
Activas:			
Piezas toscas	100	60	
Piezas medianas	200	100	
Piezas finas	500	300	
<b>ELEVADORES DE CARGA Y PASAJERO</b>	200	100	
<b>ESCALERAS</b>	200	100	
<b>PASILLOS Y CORREDORES</b>	200	100	
<b>BAÑOS Y TOCADORES</b>			
Iluminación general	100	60	
Espejo	300g	200g	
Dado que en el curso de 10 años, los niveles de Iluminación recomendados por el I.E.S., para Alumbrado Exterior, Áreas Deportivas y transportes, prácticamente no han variado habiendo demostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A. C. - Illuminating Engineering Society - México Chapter, aprobó recomendar mismos niveles de iluminación, teniendo presente que los lugares en que se aplican, son servicios públicos y en el caso de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.			
<b>6. ALUMBRADO EXTERIOR</b>			
<b>ALUMBRADO DE PROTECCION</b>			
Alrededores de áreas activas de embarque			50
Alrededores de edificios			10
Áreas de almacenamiento activas			200
Áreas de almacenamiento inactivas			10
Entradas:			
Activas (peatones y/o transportes)			50
Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)			10
Límites de propiedad:			
Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hacia afuera)			1.5
Técnica de Iluminación general			2
Iluminación general áreas Inactivas			2
Plataformas de carga y descarga			200
Ubicaciones y estructuras de importancia			50
<b>ASTILLEROS</b>			
Iluminación general			50
Caminos, sendas			100
Áreas de construcción			300
<b>BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES</b>			
(Véase Tableros para boletines y Carteles)			
<b>CALLES</b>			9
<b>CAMINOS</b>			9
<b>CANTERAS</b>			50
<b>CARBONO PATIOS PARA (de protección)</b>			2
<b>CARRETERAS</b>			9
<b>DRAGADO</b>			20
<b>EDIFICIOS</b>			
Construcción general			10
Trabajos de excavación			20
<b>ESTACIONAMIENTOS</b>			50
<b>FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS</b>			
Iluminación con protectores:			
Alrededores brillantes:			
Superficies claras			150
Superficies medio claras			200
Superficies medio oscuras			300
Superficies oscuras:			500
Alrededores oscuros:			
Superficies claras			50
Superficies medias claras			100
Superficies medio oscuras			150
Superficies oscuras			200
<b>FERROCARRILES PATIOS DE</b>			
De recepción			2
Clasificación			3
<b>GASOLINERAS:</b>			
Alrededores brillantes:			
Acceso			30
Calzada para coches			50
Áreas bomba de gasolina			300
Fachadas edificios (de vidrio)			300r
Áreas de servicio			70
Alrededores oscuros:			
Acceso			15
Calzadas para coches			15
Áreas bombas de gasolina			200
Fachadas edificio (de vidrio)			100r
Áreas de Servicio			30
<b>JARDINES (p)</b>			
Iluminación general			5
Senderos, escalones, lejanos de la casa			10
Parte posterior de la casa, bardas, paredes, árboles, arbustos			20
Flores, jardines entre rocas			50
Árboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar			50
<b>MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE MUELLES</b>			10
			200
<b>PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)</b>			200

	I.E.S.		I.E.S.
	S.M.I.I.		E.S.I.I.
	LUXES		LUXES
<b>PLAZA DE TOROS</b>			
En el ruedo	1000	Áreas de navegación:	
Pasillos, túneles, palcos, gradas	50	Timonera (sobre puente de mando)	50
<b>SHUFFLE BOARD</b>			
Torneo	100	Cuarto de mapas	100
Recreativo	50	Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	500
<b>SKIES, RAMPA DE PRACTICA</b>			
	5	Cuarto del radar	50
<b>SOFTBALL</b>			
Profesional y de campeonato	300	Cuarto de giroscopios	50
Semi-profesional	200	Cabinas de radio	100u
Ligas Industriales	150	Oficina del barco	200
Recreativo	75	Sobre escritorios y mesas de trabajo	500
<b>TENIS</b>			
Torneo	300	Para teneduría de libros y auditoría	500
Club	200	Cuarto de registro (cuaderno bitácora)	100
Recreativo	100	Sobre escritorio	500
<b>8. ALUMBRADO DE TRASPORTES</b>			
<b>AEROPUERTOS</b>			
Plataforma frente hangares	10	Áreas de servicio:	
Plataforma frente edificio de la terminal:		Galera	200u
Área de estacionamiento	5	Lavandería	150u
Área de carga	20	Despensa	150u
<b>AUTOBUSES</b>			
Urbanos	300	Fregaderos	150u
Foráneos	150	Preparación comida	200u
<b>AUTOMOVILES</b>			
Sobre placas	5	Almacén comida (sin y con refrigerador)	50
<b>AVIONES</b>			
Compartimientos pasajeros:		Carnicería	150u
Iluminación general	50	Imprenta	300u
lectura (en asientos)	200	Sastrería	50u
<b>BARCOS</b>			
Camarotes	500	Oficinas postales	200u
Literas, sobre plano de lectura	150	Vestidores	30
Espejo, sobre cara	500	Central telefónica	100u
Baños	50	Cuarto para almacén	50
Pasillos y corredores	50	Áreas de operación:	
Escaleras:		Cuarto máquinas ( Áreas de trabajo)	100u
Pasajeros	100	Cuarto calderas ( Áreas de trabajo)	100u
Tripulación	50	Cuarto ventiladores	50
Entrada pasajeros	100v	Cuartos grupos Motor-Generador	50
Sillas de descanso, pasajeros y oficiales	100x	Cuartos de generación y tablero de control	100
Cuartos de esparcimiento tripulación	200	Cuarto de montacargas	50
Sobre mesa	300	Tableros de control, iluminación vertical:	
Comedor pasajeros	100w	Parte alta	300
Salón comedor, oficiales y tripulación	100	A 90 cms. desde el piso	100
Sobre mesas	150	Cuarto de mecanismo de timón	50
Bibliotecas	100	Cuarto de bombas	10
Para lectura	300	Tablero de medición y control (iluminación vertical):	
Salones fumadores	5x	Sobre medidores	300
Cubiertas cerradas	100	Túnel del eje	30
Peluquería y salón de belleza	200	Bodega seca para cargamento (Unidad de iluminación permanente)	10u
Sobre la persona	500	Carga y descarga de cargamento refrigerado	30u
Salones de Cocktail y Cantina	50w	Talleres	200
Salón de baile	50w	Sobre trabajo	500
Piscinas, playas interiores	100y	Escotillas de la bodega:	
Tiendas	200u	Área sobre escotilla	50
Teatros:		Área adyacente a la cubierta	30
Durante el espectáculo	1	<b>CARROS DE FF.CC. PARA CORREO</b>	
Intermedio	50	Bultos de correo y cajas para cartas	300
Gimnasios	200	Almacenaje correo	150
<b>Hospital:</b>			
Sala de operaciones	500u	<b>CARROS DE FF.CC PARA PASAJEROS</b>	
Sala dental	300u	Escritura y lectura:	
Dispensario	300u	General	200
Sala de encarnados	50v	Sobre escritorio	500
Oficina doctor	200u	Sección de baños:	
Sala de espera	100x	General:	150
<b>TIRO AL BLANCO</b>			
Sobre el blanco	500r	Espejo	300
Línea de tiro	100	Sanitario	50
Área intermedia	50	Carro comedor	150
Cabinas de radio, vestíbulo pasajeros	100x	Cantina	100
Mostrador para pasajeros oficina sobre carga	200	Áreas sociales	200
		Escalones y puertas	100
		<b>TRANVIAS Y TROLEBUSES</b>	
		<b>TIRO AL PICHON</b>	
		Blanco, a 50 Mts.	300r
		Línea de tiro, general	100
		<b>VOLLEYBALL</b>	
		Torneo	200
		Recreativo	100
		<b>WATER POLO</b>	
		Torneo	300
		Club	200
		Recreativo	100

## Notas

- a. Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos períodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.
- b. Las pinturas o cuadros con colores oscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.
- c. En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas
- d. La iluminación se puede reducir o aminorar durante el sermón, la introducción o la meditación.
- e. Si los acabados interiores son oscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de los págs. de los libros de salmos o cantos y el medio semiobsuro que lo rodea. Es esencial un deseo cuidadoso para evitar brillantez desagradable.
- f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está, siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa baja brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en vez de los luxes producidos en un punto considerado.
- g. Para Inspección minuciosa, 500 luxes.
- h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.
- i. Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.
- j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado o alguna determinada orientación del trabajo.
- k. O no menos de 1/5 del nivel, de las áreas adyacentes.
- l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.
- m. La iluminación general de estas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.
- n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.
- o. (A) Los valores recomendados con iluminación sobre mercancía o aparadores. El plano en el cual la luz sea más importante puede variar desde el horizontal al vertical, (B) Áreas específicas en las cuales se involucra una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación se puede hacer muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía.
- p. Estos valores están basados en un 25% de reflexión, ya que este es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas. Estos valores se deben ajustar para las reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener una brillantez equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistos desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistos desde áreas oscuras se pueden cuando menos a la mitad o se puedan doblar cuando se desee un efecto más dramático.

## CONCLUSIONES

El ojo humano esta diseñado para ver mejor con la luz natural, razón suficiente, para considerar a la luz solar como el mejor sistema de iluminación, sin embargo debido a las necesidades que tiene el ser humano para desarrollarse, crear, producir y trabajar, la luz solar no es suficiente, por consiguiente se usan sistemas de iluminación artificial para diferentes necesidades.

Una buena iluminación protege, sobre todo el sentido de la vista, en nuestra época es frecuente observar que el uso de los anteojos para corregir problemas visuales crece cada día mas.

Aparte de los factores hereditarios de las personas que los usan, siempre se ha creído que el exceso o escasez de iluminación artificial al realizar determinada tarea es capaz de provocar fatigas oculares, esto es que la falta de iluminación correcta repercute en el sentido de la vista, pudiendo traer consecuencias en el organismo en general; por consiguiente, tarde o temprano puede dañar también la labor que se esta desarrollando.

La necesidad de hacer un ahorro de energía en cualquier ámbito, es de suma importancia para los empresarios, y los no empresarios del país, debido a que la situación económica en México, cada vez es más difícil.

Sin embargo la planeación y el correcto calculo de sistemas de iluminación, nos permite hacer un significativo ahorro de energía en esta materia, pero para hacer este ahorro, es de suma importancia tomar en cuenta a las personas que van a permanecer mas tiempo en ese ambiente de trabajo, es decir que al hacer una propuesta de ahorro de energía, se debe hacer sin dañar la salud de los trabajadores. Por esto, existen normas y reglamentos para poner un adecuado sistema de iluminación y no afectar las condiciones de trabajo de los operadores.

El correcto diseño o mejoramiento de un sistema de iluminación, aparte de el ahorro de energía eléctrica, nos permite hacer que el trabajador desarrolle al máximo sus actividades, repercutiendo así en beneficios económicos, tanto para las empresa, como para los trabajadores, que estos los pueden ver en un mayor incremento de sus utilidades, así mismo disminuye los accidentes de trabajo y el factor de riesgo de accidente por perdida de la visibilidad alargo plazo.

Este trabajo de seminario, pretende rediseñar sistemas de iluminación actuales, y obtener nuevos que garanticen los niveles de iluminación requeridos en esa área. De tal manera que se puedan obtenerse atractivos ahorros de energía y mejorar el confort visual. Este estudio se puede hacer desde una casa habitación o un pasillo, hasta grandes empresas o naves industriales.

Los sistemas de iluminación se diseñan para diversas tareas o necesidades, pero por diferentes motivos, las áreas cambian y así pues los requerimientos de iluminación también, pero muy pocas veces se toma en cuenta las nuevas necesidades luminosas.

Desde el punto de vista del área de la Ingeniería Industrial, se sabe que el tener las condiciones adecuadas, así como las instalaciones, hace que los trabajadores logren una mejor productividad y reduce las posibilidades de tener un accidente de trabajo.

Esto es, que al invertir en un mejoramiento de sistemas de iluminación, se puede ver como un costo que se va a recuperar a largo o mediano plazo, no solamente en lo que se pueda gastar en energía eléctrica, sino también en el aumento de la productividad, la reducción de accidentes de trabajo, evitarse multas y sanciones por falta de instalaciones adecuadas de parte de las autoridades competentes. Además de que se puede contribuir a disminuir la contaminación al consumir menos energía eléctrica

Cabe hacer mención de una frase muy singular que dice "Un sistema de iluminación será más eficiente cuanto menos energía eléctrica consuma para un mismo nivel de iluminación, pero en otro aspecto, cuanto mejor reproduzca los colores, mejor será la utilidad práctica."

## BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FOTOMETRIA  
CHAPA CARREON  
EDIT. LIMUSA

INSTALACIONES ELÉCTRICAS "CONCEPTOS BÁSICOS Y DISEÑO"  
N. BRATU, E. CAMPERO  
EDIT. ALFAOMEGA

MANUAL DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS MECÁNICAS EN EDIFICIOS  
TOMO II  
WILLIAM K. Y. TAO, RICHARD R. JANIS  
EDIT. PRENTICE HALL

MANUAL DEL ALUMBRADO WESTINGHOUSE 3º EDICIÓN  
EDIT. DOSSAT S.A.

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INDUSTRIAL  
JHON P TRIER, MARY E. GAZLEY  
EDIT. LIMUSA

MANUAL DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN  
EDIT. HOLOPHANE  
<http://www.holophane.com.mx>

PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN Y NIVELES DE ILUMINACIÓN EN MÉXICO  
EDIT. HOLOPHANE

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE PROYECTO DE ILUMINACIÓN DE ZONAS  
INTERIORES Y EXTERIORES  
BLANCO PACHECO GUSTAVO  
CLAS. 001-11126-B1-1993

REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE  
TRABAJO  
(Publicado en el diario oficial de la Federación el 21 de enero de 1997)

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-SSA1-1994 BIENES Y SERVICIOS, PRÁCTICAS  
DE HIGIENE Y SANIDAD PARA EL PROCESO DE ALIMENTOS, BEBIDAS NO  
ALCÓHOLICAS Y ALCÓHOLICAS

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
<http://www.cfe.gob.mx/>

ESTADO DE GUERRERO  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
DE LA BIBLIOTECA