

29  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CAMPUS ARAGÓN**

**“ANÁLISIS Y PROPUESTA DEL SISTEMA DE  
ALUMBRADO PARA EL EDIFICO L2 DEL  
CAMPUS ARAGÓN -UNAM .”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :**

**INGENIERO MECÁNICO  
ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N :**

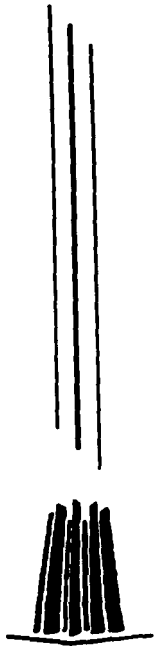
**DIÁZ CABALLERO ANTONIO  
ITURBIDE SÁNCHEZ CÉSAR**

**ASESOR : ING. RAÚL BARRÓN VERA**

**MÉXICO**

**1997**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION


ANTONIO DÍAZ CABALLERO  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 28 de enero del año en curso, presentada por César Iturbide Sánchez y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. RAÚL BARRÓN VERA pueda dirigirles el trabajo de Tesis denominado, "ANÁLISIS Y PROPUESTA DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PARA EL EDIFICIO L2 DEL CAMPUS ARAGÓN-LUNAM", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE M.  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 11 de febrero de 1991  
EL DIRECTOR

  
M. EN CLAUDIO CAMERIFIELD CASTRO

  
c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/11a.





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

CÉSAR ITURBIDE SÁNCHEZ  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 28 de enero del año en curso, presentada por Antonio Díaz Caballero y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. RAÚL BARRÓN VERA pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado, "ANÁLISIS Y PROPUESTA DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PARA EL EDIFICIO L2 DEL CAMPUS ARAGÓN-UNAM", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el pre citado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 11 de febrero de 1997  
EL DIRECTOR

~~Por CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO~~



c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/lla.



# ***AGRADECIMIENTOS***



## **AGRADECIMIENTOS**

**ANTONIO.**

**EN MEMORIA.**

***A mi padre Isaac Díaz Hernández por su apoyo y comprensión; porque este también es un logro tuyo.  
Gracias.***

**CON MUCHO CARIÑO.**

***A mi madre Gumercinda Caballero Hernández por su cariño y comprensión en los momentos más difíciles de mi existencia.***

***A mis hermanos Adela, Emeterio, Santiago y María Teresa Díaz Caballero por su apoyo y por todos esos momentos felices y tristes que hemos compartido juntos.***

**EN ESPECIAL.**

***A mi compañero de tesis César Iturbide Sánchez ya que sin su valioso apoyo no se hubiera logrado este trabajo de tesis.***

***Y a todos los que con un granito de arena contribuyeron a este trabajo .***

**CESAR ITURBIDE SANCHEZ**

Este trabajo de tesis representa el primer gran logro en mi vida; un logro que no habría podido conseguir sin la ayuda de muchas personas que, en su momento, contribuyeron a mi formación personal y académica. Es por ello que deseo agradecer y dedicar este trabajo, a todas y cada una de las personas que me ayudaron durante todo este tiempo y, que gracias a ellas, obtengo mi título profesional. Muy especialmente quiero agradecer a:

Mis padres, Leonor Sánchez Cruz y Jorge Iturbide Maldonado, a quienes amo y, para quienes no tengo palabras para agradecerles todo el amor y apoyo que me brindan; por darme la oportunidad de ser alguien y, sobre todo, por haber sido mis padres y amigos en mis aciertos y en mis errores.

A mi hermano Daniel, al que quiero y a quien le doy gracias muy significativamente, ya que su apoyo fué y es uno de los más importantes para mí; porque no sólo he compartido con él todos estos años de estudio, sino también, todos los años de mi vida.

A mis tías María de los Angeles, Rosa María y Alexandra Sánchez, quienes estuvieron conmigo desde el principio de mi vida.

A mi querido abuelo Juan Sánchez Ruiz, donde quiera que te encuentres.

A Adriana González Silva, con amor; por todo el cariño y apoyo que recibí de ella a lo largo de mi carrera.

A mi compañero y amigo, Antonio Díaz Caballero, por su experiencia y consejos que fueron muy importantes, ya que sin ellos no hubiera sido posible haber realizado este trabajo.

A Dios.



**Deseamos agradecer a:**

**La Universidad Nacional Autónoma de México y, muy especialmente a el Campus Aragón donde recibimos nuestra formación profesional y, a todos los maestros con quienes tomamos clases**

**Al Ingeniero Raúl Barrón Vera por el asesoramiento de ésta tesis, ya que su ayuda y consejos fueron esenciales para poder realizar éste trabajo.**

**A los ingenieros:**

**Pascual Rivera Muñoz**

**J. J. Ramón Mejía Roldan**

**Juan Antonio Villanueva Ortega**

**Abel Verde Cruz**

**por sus consejos que sirvieron para mejorar el presente trabajo.**

**Al Ingeniero Francisco Gutierrez Santos de la empresa Holophone, por su valiosa asesoría y consejos.**

# C O N T E N I D O

AGRADECIMIENTOS.....	V
INTRODUCCION.....	XIII

## **PRIMER CAPITULO GENERALIDADES Y CONCEPTOS BASICOS**

1.1. El ojo y la visión.....	1
1.1.1. Características de la visión del ojo humano.....	3
1.2. Aspectos físicos de la luz.....	4
1.3. Leyes fundamentales de la iluminación.....	5
1.4. Fenómenos de la luz.....	6
1.5. El color.....	8
1.5.1. Influencia psicológica de los colores.....	9
1.6. Factores que influyen en la visión.....	10

## **SEGUNDO CAPITULO FUENTES DE LUZ**

2.1. Fuentes luminosas.....	16
2.2. Eficiencia.....	17
2.3. Consideraciones para escoger una lámpara.....	17
2.3.1. Temperatura de color.....	17
2.3.2. Índice de rendimiento de color (CRI).....	19
2.4. Lámparas incandescentes.....	19
2.4.1. Elementos esenciales de la lámpara incandescente.....	19
2.4.2. Características de funcionamiento.....	23
2.4.3. Tipos de lámparas incandescentes especiales.....	23
2.4.4. Ventajas y desventajas de las lámparas incandescentes.....	24
2.5. Lámparas Halógenas.....	25
2.5.1. Ciclo del halógeno.....	25
2.5.2. Cuidados que se deben de tomar al operar una lámpara de halógeno.....	25
2.5.3. Aplicaciones de las lámparas de halógeno.....	26
2.5.4. Ventajas de las lámparas de halógeno.....	27
2.6. Lámparas Fluorescentes.....	27
2.6.1. Funcionamiento de las lámparas fluorescentes.....	27
2.6.2. Formas de tubos de las lámparas fluorescentes.....	27
2.6.3. Bases para lámparas fluorescentes.....	28
2.6.4. Tipos de lámparas fluorescentes.....	28
2.6.5. Características de funcionamiento.....	30
2.6.6. Ventajas y desventajas de las lámparas fluorescentes.....	32
2.7. Lámparas compacto fluorescentes ahorradoras de energía (CFL's).....	32
2.7.1. Construcción y funcionamiento de las lámparas CFL's.....	33
2.7.2. Ventajas de las lámparas CFL's.....	34
2.7.3. Aplicación de las lámparas CFL's.....	34

2.8. Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID).....	35
2.8.1. Mejorando la eficiencia de la iluminación.....	35
2.8.2. Funcionamiento de las lámparas HID.....	35
2.8.3. Tipos de lámparas HID.....	36
2.8.4. Avances en la tecnología HID.....	36
2.8.4.1. Beneficios de las lámparas HID.....	36
2.8.4.2. Consideraciones en diseño con sistemas HID.....	37
2.8.4.3. Aplicación de las lámparas HID.....	38
2.8.5. Lámparas de Luz Mixta (LM).....	38
2.8.5.1. Aplicaciones de las lámparas LM.....	38
2.8.6. Lámparas de Vapor de Mercurio (VM).....	39
2.8.6.1. Funcionamiento de las lámparas VM.....	39
2.8.6.2. Construcción de la lámpara VM.....	39
2.8.6.3. Aplicaciones de la lámpara VM.....	39
2.8.6.4. Recomendaciones para el uso de las lámparas VM.....	39
2.8.7. Lámparas de Aditivos Metálicos (MH).....	41
2.8.7.1. Construcción de la lámpara MH.....	41
2.8.7.2. Principios de operación de las lámparas MH.....	41
2.8.7.3. Recomendaciones de operación de las lámparas MH.....	42
2.8.8. Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión (LPS).....	42
2.8.8.1. Construcción de las lámparas LPS.....	43
2.8.8.2. Funcionamiento de las lámparas LPS.....	44
2.8.8.3. Características de iluminación con lámparas LPS.....	44
2.8.8.4. Aplicación de las lámparas LPS.....	44
2.8.9. Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS).....	44
2.8.9.1. Funcionamiento de la lámpara HPS.....	45
2.8.9.2. Recomendaciones.....	45

## **TERCER CAPITULO BALASTROS**

3.1. Generalidades.....	47
3.1.1. Definición de balastro.....	48
3.1.2. Clasificación.....	48
3.1.3. Funciones.....	48
3.1.4. Efecto de la tensión de línea.....	48
3.1.5. Factor de potencia.....	49
3.1.6. Protección térmica de los balastros (Clase P).....	49
3.1.7. Ruido.....	50
3.2. Balastros para lámparas fluorescentes.....	52
3.2.1. Balastros Electromagnéticos ahorradores de energía.....	57
3.2.2. Balastros Híbridos para lámparas fluorescentes.....	58
3.2.3. Balastros Electrónicos para lámparas fluorescentes.....	58
3.3. Balastros para lámparas HID.....	58
3.3.1. Reactor Serie.....	59
3.3.2. Autotransformador Alta Reactancia (HX).....	60
3.3.3. Autotransformador Autorregulado (CWA).....	61
3.3.4. Transformador de Potencia Constante (CW).....	62
3.4. Balastros para lámparas VM.....	62
3.5. Balastros para lámparas MH.....	63
3.6. Balastros para lámparas HPS.....	64
3.7. Balastros para lámparas LPS.....	64

## **CUARTO CAPITULO LUMINARIAS**

4.1.	Definición.....	65
4.2.	Características de diseño y construcción de una luminaria.....	65
4.2.1.	Programación y disciplinas de diseño.....	65
4.2.2.	Conceptos de diseño.....	65
4.3.	Componentes de las luminarias.....	68
4.4.	Características de construcción.....	68
4.5.	Clasificación de las luminarias por su uso.....	68
4.5.1.	Luminarias comerciales.....	68
4.5.2.	Luminarias industriales.....	69
4.5.3.	Luminarias para decoración.....	69
4.5.4.	Luminarias para alumbrado público.....	69
4.5.5.	Luminarias para exteriores.....	70
4.6.	Clasificación de acuerdo a la distribución de flujo luminoso.....	70
4.7.	Curvas fotométricas.....	72
4.7.1.	Definición.....	72
4.7.2.	Estudio de la curva fotométrica.....	72
4.7.3.	Requisitos para una curva fotométrica.....	73

## **QUINTO CAPITULO CONTROLES**

5.1.	Generalidades.....	74
5.2.	Características de los controles.....	74
5.3.	Estrategias de control.....	76
5.4.	Controles Manuales.....	78
5.4.1.	Equipos de control manuales.....	79
5.5.	Controles Automáticos.....	85
5.5.1.	Dispositivos de control automático.....	86
5.5.2.	Controles automáticos para reemplazo directo.....	90
5.5.3.	Sistemas automáticos para edificios (BAS).....	80
5.6.	Integración de las estrategias de control.....	91

## **SEXO CAPITULO TARIFAS ELECTRICAS**

6.1.	Introducción.....	93
6.1.1.	Aspecto legal.....	93
6.1.2.	Gestión comercial.....	93
6.1.3.	Solicitud y contratación del servicio.....	93
6.1.4.	Descripción.....	94
6.2.	Tarifas actuales en México.....	94
6.3.	Conceptos generales.....	95
6.4.	Control de la demanda.....	98
6.5.	Cargos por energía consumida.....	99
6.6.	Cargos por Factor de Potencia.....	99

6.7.	Ajuste por combustible.....	103
6.7.1.	Cálculo de los ajustes.....	103
6.7.2.	Facturación de los ajustes.....	104
6.8.	Regionalización de las tarifas.....	104
6.9.	Clasificación por niveles de tensión.....	105
6.10.	Periodos de facturación.....	107

## **SEPTIMO CAPITULO CALCULO DE ILUMINACION**

7.	Introducción al diseño de una instalación de alumbrado.....	108
7.1.	Método del Lúmen.....	108
7.1.1.	Cálculo de iluminación.....	108
7.1.2.	Ecuaciones de trabajo.....	110
7.1.3.	Pasos para el cálculo por el método del Lúmen.....	110
7.2.	Método de cálculo Punto por Punto.....	114
7.2.1.	Componente directa en un punto.....	115

## **OCTAVO CAPITULO METODOLOGIA PARA LA REMODELACION**

8.	Generalidades.....	121
8.1.	Cálculos.....	121
8.2.	Concentrado de cálculos.....	135
8.3.	Análisis económico.....	140
8.4.	Selección de alternativas.....	162

APENDICES	.....	165
Apéndice A.	Niveles de iluminación.....	165
Apéndice B.	Factor de Recuperación de Capital.....	171
Apéndice C.	Distribución de las luminarias.....	172

CONCLUSIONES	.....	177
--------------	-------	-----

BIBLIOGRAFIA	.....	179
--------------	-------	-----



# ***INTRODUCCION***



## I N T R O D U C C I O N

La administración y el ahorro de la energía eléctrica tienen una gran importancia en el actual mundo industrial. La energía es la fuerza que hace funcionar desde el más sencillo de los aparatos eléctricos en nuestro hogar, hasta los equipos más sofisticados en las grandes industrias. Por ello, sólo aquellos que aprovechen de la mejor manera posible el uso de la energía, podrán prosperar en un mundo cada vez más competitivo.

El desperdicio de la energía eléctrica se presenta en muchas y variadas formas, por ejemplo; al sobrecargar o sobredimensionar motores y transformadores, al tener en funcionamiento equipos de aire acondicionado en horas en que no se requiere su uso, utilizar conductores eléctricos cuyos calibres no son los adecuados, etc.; y todo esto trae como consecuencia una mala instalación eléctrica que, también podría estar afectada por mal mantenimiento.

Pero la forma en que más comúnmente se desperdicia la energía se da en el área de la Iluminación y, afortunadamente, es la más fácil de resolver. Algunas de las formas en que se presenta este desperdicio son: cuando se tienen lámparas encendidas en lugares desocupados; utilizando iluminación artificial cuando la luz natural provee la suficiente visibilidad para realizar una actividad; tener niveles de iluminación superiores a los que se requieren, lo que significa contar con un alto número de lámparas que resultan innecesarias; tener un equipo para el control de iluminación ineficiente o mal utilizado, entre otros.

En México, la importancia que ha tomado el hacer el mejor aprovechamiento de la energía en cuanto a iluminación se refiere, es tal que, se ha implantado el llamado "Horario de Verano". Esta medida que tiene por objetivo aprovechar contar con más horas de luz natural, al mismo tiempo que se ahorra una gran cantidad de energía destinada a la creación de iluminación artificial.

Hoy en día, iluminar adecuadamente un área no solo es el producir una cierta cantidad de luz, sino que además se deben de tener en cuenta una serie de parámetros para hacer más eficiente un sistema de iluminación; ya sea en un nuevo diseño o, en una remodelación. Entre dichos parámetros podemos mencionar algunos como son: las dimensiones del local, tipo de actividad a realizar, promedio de edad de los ocupantes, horas de uso del local, condiciones de mantenimiento, etc.

Como toda instalación, una sistema de iluminación debe de contar con un equipo de control que permita un control sencillo, rápido y eficaz. Actualmente, en el mercado existen una gran variedad de equipos de control, que pueden ser tan sencillos como sofisticados y, por lo tanto, el costo de los mismos puede variar mucho entre uno y otro. De aquí que, el saber elegir el equipo de control reviste de una gran importancia.

**Cabe señalar que, el aprovechar y ahorrar energía en iluminación no solo es contar con un adecuado equipo de control, sino que el saber utilizarlo y, sobre todo, tener una conciencia por utilizar de la mejor manera posible los recursos, son necesarios para que este aprovechamiento y ahorro se puedan dar.**

**El presente trabajo de Tesis tiene por objetivo hacer un análisis del sistema de iluminación actual del edificio L2, ubicado en el Campus Aragón de la Universidad Nacional Autónoma de México; además de presentar una serie de sistemas propuestos con diferentes tipos de lámparas y luminarios que puedan ofrecer el nivel de iluminación requerido. Otro de los objetivos que tiene este trabajo, es el de fomentar una conciencia por el correcto uso de la energía en iluminación artificial, ya que todos y cada uno de nosotros la utilizamos y, es por esto que, el mejor aprovechamiento de la iluminación debe de empezar desde nuestros hogares.**

**El edificio L2 está considerado como un laboratorio, pero también cuenta con áreas de oficinas y de áreas generales (sanitarios y pasillos). Esto significa que estas áreas se deben de analizar por separado, ya que las características físicas de construcción, las actividades que se desarrollan y las horas en que son utilizadas son diferentes. Por lo tanto, se requieren tener diferentes niveles de iluminación dentro del edificio; lo que significa utilizar diferentes tipos de luminarios y lámparas. Este trabajo presenta no solo el análisis y las propuestas de los sistemas para las áreas de laboratorios, sino que también se hace el estudio correspondiente a las oficinas y a las áreas generales.**

**En el Capítulo 1 se presenta el proceso de la visión que se realiza en el ojo humano, así como también, las partes que lo conforman y las principales funciones que realizan cada una de ellas. También se definen las características más importantes de la luz como son, su naturaleza, sus aspectos físicos y sus fenómenos. Existen factores externos que influyen en la visión, los cuales de igual forma son mencionados.**

**El Capítulo 2 presenta los diferentes tipos de lámparas que existen, desde las lámparas incandescentes hasta las lámparas de Alta Intensidad de Descarga; con sus respectivas características de construcción, operación y funcionamiento. Se definen los tipos de fuentes luminosas que hay y, algunas consideraciones que se deben de tomar al elegir una lámpara. Por otra parte, se presentan las nuevas tecnologías de las Lámparas Compacto Fluorescentes (CFL's) y, de las Lámparas Ahorradoras.**

**En el Capítulo 3, se estudia al Balastro, elemento que resulta indispensable para el funcionamiento de las lámparas. Se presenta su definición, clasificación, funciones y los diferentes tipos de balastos más utilizados.**

**El Capítulo 4 se dedica a la descripción de los diferentes tipos de luminarias, sus características de diseño, construcción y los componentes de las mismas. De igual forma, se da una breve explicación acerca de las curvas fotométricas.**



**El Capítulo 5 incluye los dispositivos de control de iluminación, que pueden ir desde un simple apagador hasta los sistemas de control más complejos. Se mencionan las diferentes estrategias de control que pueden ser aplicadas y la forma en que se pueden integrar entre sí para poder mejorar el sistema de iluminación.**

**El Capítulo 6 constituye la descripción de las diferentes tarifas eléctricas existentes, así como también, los cargos que en ellas son tomadas en cuenta para los cobros por consumo de energía eléctrica.**

**En el Capítulo 7 se da una introducción al cálculo de iluminación, mediante los Métodos de Lúmen y Punto por Punto; así como también el Método de Cavidad Zonal para el cálculo del Coeficiente de Utilización y, los diferentes factores de depreciación de luz.**

**En el Capítulo 8 se presenta un análisis técnico-económico de las diferentes alternativas para el edificio L2 y, se da la selección de los sistemas más viables a ser instalados en dicho edificio.**



# ***CAPITULO I***



# PRIMER CAPITULO

## GENERALIDADES Y CONCEPTOS BASICOS

### 1.1 EL OJO Y LA VISION.

La mayor parte de nuestras acciones están condicionadas totalmente, o en gran parte, por nuestro sentido visual; es decir, por nuestro ojo, que está en estrecha unión con el cerebro y, por medio de él, con el sistema nervioso.

El ojo es el órgano fisiológico mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz y color. El ojo recibe la energía luminosa y la transforma en energía nerviosa, que es conducida a través del nervio óptico hasta el cerebro. En la figura 1.1, se presenta un corte longitudinal esquemático del ojo humano en el que se aprecia su constitución anatómica.

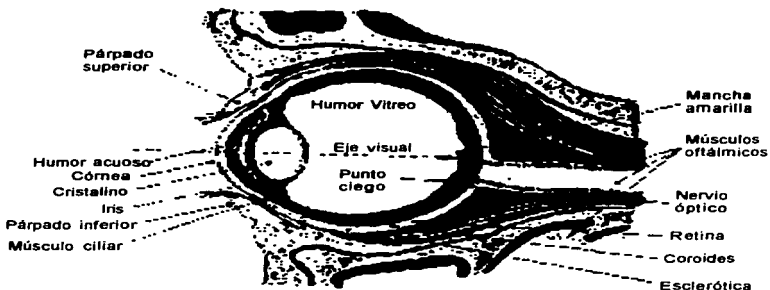
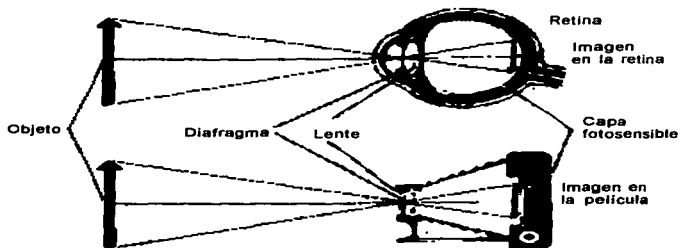


FIGURA 1.1 Constitución anatómica del ojo humano.

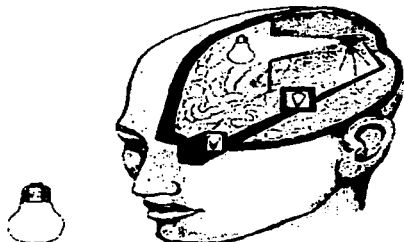
El ojo se puede comparar con una cámara fotográfica (figura 1.2), aunque es mucho más perfecto que ésta y presenta diferencias fundamentales con respecto a ella. El "objetivo" en el ojo está compuesto por la córnea, el humor acuoso y el cristalino; el "diafragma" es el iris, y la "película" fotosensible, la retina.

La retina contiene elementos foto-receptores que realizan diferentes funciones, dichos elementos, por su forma, reciben el nombre de conos y bastoncillos. Los conos y los bastoncillos son los órganos realmente sensibles a los estímulos luminosos, siendo en ellos donde se realiza la transformación de la energía luminosa en energía nerviosa. Los bastoncillos son muy sensibles a la luz y casi insensibles a los estímulos luminosos; por el contrario, los conos son muy sensibles a los colores y casi insensibles a la luz. De aquí que la función de los bastoncillos sea la de percibir la mayor o menor claridad con que están iluminados los objetos, y la de los conos el apreciar los colores de éstos.



**FIGURA 1.2** Partes ópticas del ojo humano en comparación con una cámara fotográfica.

En la visión a la luz del día o con suficiente luz artificial clara (llamada visión fotópica) intervienen los bastoncillos y los conos, mientras que en la visión nocturna o con muy poca luz (llamada visión escotópica) intervienen esencialmente los bastoncillos y, en dicha visión, no se distingue el color de los objetos. El campo visual del hombre está limitado por un ángulo de unos  $130^\circ$  en sentido vertical y de unos  $180^\circ$  en sentido horizontal. De los objetos iluminados o con luz propia situados en el campo visual parten rayos que atraviesan la córnea y el humor acuoso y llegan al cristalino, donde se refractan y van a la retina, en la cual se forma la imagen de estos objetos. Esta imagen se percibe invertida y mucho más pequeña que la natural, al igual que ocurre en la cámara fotográfica, pasando mediante el nervio óptico al cerebro que, se encarga de su interpretación y de rectificar su posición (figura 1.3).



**FIGURA 1.3** Formación de la imagen y su rectificación en el cerebro.

### 1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA VISION DEL OJO HUMANO.

**ADAPTACION:** Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes iluminaciones de los objetos. Este ajuste lo realiza la pupila en su movimiento de cierre y apertura. En las máquinas fotográficas se hace por medio del diafragma. Si la iluminación es muy intensa, la pupila se contrae reduciendo la luz que llega al cristalino, y si es escasa, se dilata para captarla en mayor cantidad, como se muestra en la figura 1.4.



FIGURA 1.4 Adaptación del ojo a distintos alumbrados.

Cuando los valores de iluminación son muy altos, la pupila se reduce a un diámetro de aproximadamente 2 mm y, en iluminaciones muy bajas, se abre hasta aproximadamente 8 mm. Otra característica peculiar se presenta cuando se pasa de un lugar bien iluminado a otro que tiene una muy baja iluminación, el ojo entonces, se somete a un proceso de adaptación para cuyo ajuste total necesita unos 30 minutos; por el contrario, si se pasa de un local a oscuros a otro bien iluminado, el periodo de ajuste es de sólo unos segundos (figura 1.5).



FIGURA 1.5 Curva de la fotosensibilidad relativa del ojo.

**ACOMODACION:** Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes distancias de los objetos y, para obtener de esta forma imágenes nítidas en la retina. Este ajuste se efectúa variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción o distensión de los músculos ciliares. La capacidad de acomodación del ojo se va reduciendo conforme a la edad, ya que el cristalino se va endureciendo.

**AGUDEZA VISUAL:** Es la capacidad que tiene el ojo de reconocer por separado, con nitidez y precisión, objetos muy pequeños y próximos entre sí. La visión nítida está delimitada en su mayor parte en la región de la fóvea central. La agudeza visual normal se considera que tiene un valor unidad, disminuyendo este valor con la edad debido a que el cristalino, endurecido con el tiempo, pierde elasticidad y no enfoca la imagen de los objetos suficientemente definida sobre la retina

## **1.2 ASPECTOS FISICOS DE LA LUZ.**

**NATURALEZA DE LA LUZ:** La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones, capaces de afectar el órgano visual. Se denomina *radiación* a la transmisión de energía a través del espacio. Comúnmente se tiene la idea de que la luz del día es blanca y que la percibimos en forma sencilla y única, pero en realidad está compuesta por un conjunto de radiaciones electromagnéticas. Experimentalmente se observa que un rayo de luz blanca, al atravesar un prisma triangular de vidrio transparente, se descompone en una banda continua de colores que contiene los fundamentales del arco iris (rojo, violeta, anaranjado, amarillo, verde, azul y añil), los cuales son radiados dentro de una determinada zona del espectro electromagnético. El espectro electromagnético es el conjunto de todas las manifestaciones de energía.

**PRODUCCION DE LA LUZ:** La luz se puede producir de varias formas. Las más importantes con relación a las lámparas eléctricas son:

- Calentando cuerpos sólidos hasta alcanzar su grado de incandescencia (principio de las lámparas incandescentes).
- Provocando una descarga eléctrica entre dos placas o electrodos situados en el seno de un gas o de un vapor metálico (principio de las lámparas de descarga).

En cualquier caso, la producción de la luz es una transformación de la energía.

**TRANSMISION DE LA LUZ:** La luz se transmite a distancia a través del espacio por medio de ondas. Las ondas luminosas se propagan en todas las direcciones del espacio (largo, ancho y alto), y sus efectos se pueden percibir a distancia; aunque no necesiten de ningún medio material para propagarse. Así, la luz que percibimos del sol en forma de ondas llega hasta nosotros atravesando el espacio vacío que existe entre los planetas y, al entrar en contacto con la atmósfera se transmite a través de los gases que la forman. Resumiendo, la luz se transmite por medio de ondas, a distancia, en el vacío y en todas direcciones.

La radiación luminosa, al igual que las otras radiaciones electromagnéticas presenta dos características físicas fundamentales por las cuales se diferencia. Estas características son:

- ⇨ La longitud de onda o distancia entre dos ondas consecutivas.
- ⇨ La velocidad de propagación (la luz se propaga a la velocidad de 300,000 kilómetros por segundo).

Además de estas características, la luz se propaga en línea recta que corresponde al eje de las ondas luminosas. La unidad de longitud de onda empleada en luminotecnia es el nanómetro, de símbolo nm.

### 1.3 LEYES FUNDAMENTALES DE LA ILUMINACION.

La ley del cuadrado inverso expresa matemáticamente la relación que existe entre luminosa e iluminación. Esta ley establece que la iluminación en un punto de una superficie es directamente proporcional a la intensidad luminosa de la luz incidente en ese punto, e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia de la fuente. Cuando el punto está sobre una superficie perpendicular con respecto a la luz incidente, se aplica la siguiente fórmula:

$$E = cd/D^2$$

En donde:

- E = Iluminación (lux o bujías-pie).
- cd = Candelas dirigidas hacia el punto de interés.
- D<sup>2</sup> = Distancia al cuadrado de la fuente de luz al punto de interés.

La ley se basa en el concepto de un punto de luz que irradia ésta en todas direcciones con la misma intensidad. En estas condiciones, la cantidad de luz proveniente de un radián sólido se difundirá sobre un área cada vez mayor, a medida que se incremente la distancia de la fuente.

Por lo tanto, la densidad del flujo o los lúmenes por metro cuadrado o por pie cuadrado disminuyen al cuadrado inverso de la distancia. Esto se muestra en la figura 1.6. A un metro de distancia de una fuente de 1 candela, la iluminación es de 1 lux por metro cuadrado; a dos metros, la iluminación es de 1/4 de lux; a tres metros es de 1/9 de lux, etc. Si la distancia de la fuente de luz es de dos veces mayor, el área cubierta por un radián sólido se cuadruplica, lo cual significa que el nivel de iluminación disminuirá a la cuarta parte.

Como ya se señaló anteriormente, la ley del cuadrado inverso se aplica cuando la superficie que se ilumina está perpendicular al rayo incidente. Cuando el rayo de luz llega a una superficie que forma un ángulo mayor o menor a 90 grados la densidad de flujo o los lúmenes por metro cuadrado en la superficie inclinada se reducen. El área abarcada por un rayo de luz que incide oblicuamente es proporcional al coseno del ángulo que forma el plano inclinado con el plano perpendicular. La ley del coseno o Ley del coseno de Lambert, establece que la iluminación de una superficie es proporcional al coseno del ángulo de incidencia del rayo de luz. Cuando la luz cae perpendicularmente sobre una superficie, el ángulo de incidencia es de cero grados, siendo 1.0 el coseno.

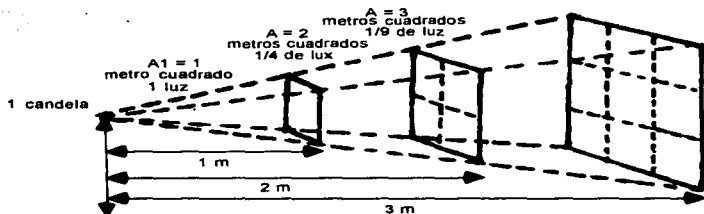


FIGURA 1.6 Ley del cuadrado inverso.

La ley del cuadrado inverso y la ley del coseno se combinan de la siguiente manera:

$$E = cd \cos \phi / D^2$$

En donde  $\phi$  representa el ángulo de incidencia. Esta fórmula se utiliza en muchos cálculos de iluminación.

#### 1.4 FENOMENOS DE LA LUZ.

**REFLEXION:** Si un rayo o un haz de luz de rayos luminosos inciden sobre una superficie especular, se refleja de tal forma que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión (figura 1.7a).

En la reflexión de la luz interviene de manera decisiva la constitución de la superficie reflectante, distinguiéndose respecto a la misma las siguientes clases de reflexión:

- » *Dirigida o especular*, producida por superficies completamente lisas y brillantes como los espejos de vidrio agozado y los metales pulimentados (figura 1.7b).
- » *Difusa*, producida por superficies rugosas y mates, como la tela blanca y el yeso (figura 1.7c). La reflexión difusa evita el deslumbramiento.
- » *Semidirigida*, que se produce por superficies rugosas y brillantes como el papel "estucado gofrado" (figura 1.7d).
- » *Semidifusa*, producida por superficies blancas y esmaltadas (figura 1.8a).



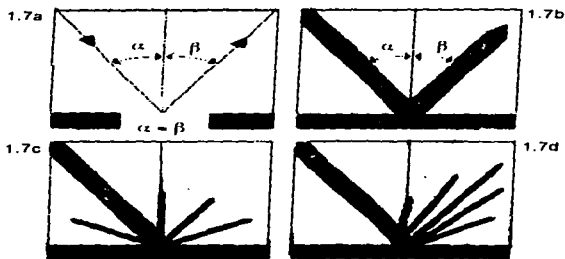


FIGURA 1.7 Reflexión de la luz.

**TRANSMISION:** Se conoce con el nombre de transmisión de la luz a su propagación a través de los cuerpos transparentes o translúcidos. En este fenómeno la dirección de los rayos luminosos cambia de dirección por refracción al pasar oblicuamente de un medio a otro de distinta densidad, como se indica en la figura 1.8b.

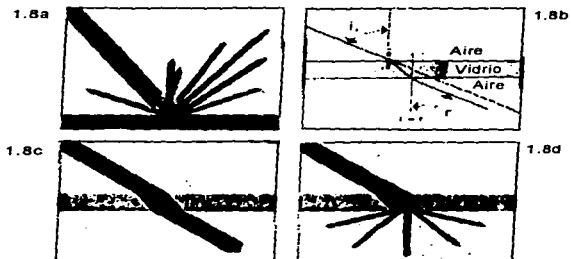


FIGURA 1.8 Transmisión de la luz.

Lo mismo que en la reflexión, la constitución de los cuerpos determina las siguientes clases de transmisión.

- » *Dirigida*, producida por los cuerpos transparentes, como el vidrio claro (figura 1.8c)

- » **Difusa**, producida por los cuerpos translúcidos muy densos, como vidrio muy opal (figura 1.8d).
- » **Semidirigida**, producida por los cuerpos menos transparentes como el vidrio mateado (figura 1.9a).
- » **Semidifusa**, que se produce por los cuerpos translúcidos menos densos, como el vidrio ligeramente opal (figura 1.9b).



FIGURA 1.9 Transmisión semidirigida y semidifusa.

**ABSORCIÓN:** En los fenómenos de reflexión y transmisión, parte de la luz que incide sobre los cuerpos es absorbida en mayor o menor proporción según la constitución de los materiales que los componen. De aquí que, los fenómenos de reflexión, transmisión y absorción tengan una estrecha relación entre sí.

La absorción juega un papel muy importante en el color de los cuerpos y, siempre representa una pérdida de luz.

## 1.5 EL COLOR.

En la técnica moderna del alumbrado, el color ha tomado una considerable importancia, que se impone por la parte que ocupa al establecer las relaciones de la luminancia ordenadas y por el plano que tratamos de asociar al confort visual.

El color solo tiene sentido por la luz y basta con definir bien estas dos nociones para conservar esta afirmación presente en el espíritu. La luz es la zona espectral a que son sensibles nuestros ojos y, el calor, es una sensación fisiológica (y no una materia colorante o una luz coloreada).

La presencia de la luz produce una serie de estímulos en nuestra retina y unas reacciones en el sistema nervioso que comunican al cerebro un conjunto de sensaciones cromáticas (colores). El color es, por lo tanto, una interpretación psicofisiológica del espectro electromagnético visible. Las sensaciones cromáticas dependen de la clase (composición espectral de la luz) y de las propiedades de reflexión y de transmisión de los cuerpos iluminados; así como también del ojo receptor del mensaje.

La luz blanca del día está compuesta por un conjunto de radiaciones electromagnéticas con diferentes longitudes de onda dentro de la zona visible de 380 a 780 nm que contiene los colores fundamentales cuyos límites aproximados de radiación pueden verse en la figura 1.10.

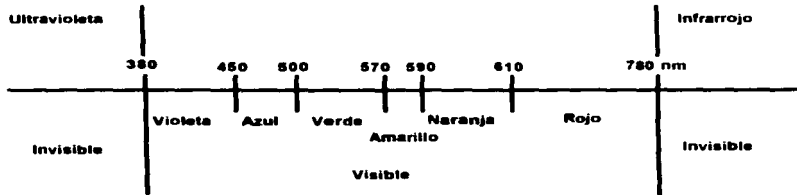


FIGURA 1.10 Límites aproximados de radiación.

Comúnmente, el color suele emplearse para señalar una propiedad de los cuerpos, y así decimos que un cuerpo tiene un determinado color, pero esto no es cierto, pues el color como tal no existe ni se produce en ellos. Los cuerpos solo tienen unas determinadas propiedades de reflejar, transmitir o absorber los colores de la luz que reciben.

En resumen, la impresión del color de un cuerpo depende, por lo tanto, de la composición espectral de la luz con que se ilumina y de las propiedades que posea de reflejarla, transmitirla o absorberla. Así pues, tenemos que si un cuerpo posee la propiedad de reflejar todos los colores del espectro visible, y se ilumina con luz blanca del día, éste aparecerá de color blanco (figura 1.11a). Asimismo, si se ilumina con luz monocromática de color amarillo, reflejará ésta luz y por consiguiente se verá de color amarillo, figura 1.11b. Si por el contrario, en lugar de poseer la propiedad de reflejar todos los colores del espectro visible, posee la de absorberlos, el cuerpo aparecerá de color negro tanto si se ilumina con luz blanca como con luz amarilla (figuras 1.11c y 1.11d).

Pero también un cuerpo puede poseer a la vez las propiedades de reflexión y absorción, en cuyo caso presentará un determinado color como puede verse en la figura 1.11e. Lo mismo ocurre con los cuerpos transparentes de la figura 1.11f.

### 1.5.1 INFLUENCIA PSICOLÓGICA DE LOS COLORES.

Este tipo de influencia de los colores puede llegar incluso a problemas de salud como ansiedad, jaqueca y profundos estados depresivos. Tal es el caso, por ejemplo, de los colores grises, negros o muy chillantes. Los colores que mayor contraste producen cuando se combinan, son el negro y el amarillo. El negro por su carencia total de cromacidad y, el amarillo, por ser el que tiene mayor respuesta a la sensibilidad del ojo. Resulta muy útil tomar en consideración estos efectos para lograr óptimos resultados ambientales.

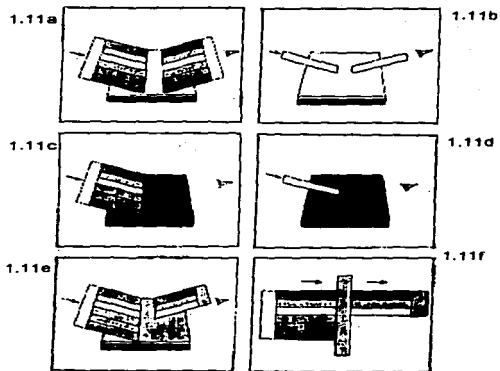


FIGURA 1.11 Reflexión, absorción y transmisión.

De acuerdo a su temperatura, los colores se dividen en *cálidos* y *fríos*. La gama de colores cálidos depende de la mayor o menor cantidad de rojo que contengan; por ello se considera al color rojo como el más cálido. El amarillo juega un papel importante dentro de esta gama, es el más luminoso del espectro solar y modifica la intensidad del color. Los colores cálidos aumentan la sensación de tamaño, parece que retroceden y se alejan en un plano. El color azul, es el más frío y estático y, a medida que intervienen en su mezcla el rojo y amarillo, éste tiende a ser azul-cálido o azul-más frío.

Como ya se señaló anteriormente, los colores aparecen de diferente manera según la luz que los ilumina. Por ello, es conveniente de que antes de dar por determinada una elección, se debe observar el color elegido tanto a la luz del día como a la artificial. Para poder determinar los cambios que se operan en el color en relación con la luz, se tendrá más posibilidad de acertar en la elección (Tabla 1.1).

#### 1.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISION.

El ojo necesita de la luz para poder transmitir información al cerebro acerca de todo cuanto nos rodea. En este proceso de transmisión de información, influyen los siguientes factores:

**TABLA 1.1 Efecto psicológico de los colores.**

<b>COLOR</b>	<b>EFEECTO QUE PRODUCE</b>	<b>APLICACION</b>
<b>Azul</b>	Friedad, ilusión de espacio y distancia.	Se utiliza en tonos claros, en decoraciones donde se requiere dar la sensación de amplitud.
<b>Verde claro</b>	Calma y reposo.	Escuelas, hospitales, sanatorios, etc.
<b>Bianco</b>	Sensación de higiene.	Carnicerías, supermercados, residencias, peluquerías, etc.
<b>Anaranjado</b>	Sensación de hambre, calidez y familiaridad.	Restaurantes y cafeterías.
<b>Rojo</b>	Excitante y estimulante.	Centros nocturnos, discotecas.
<b>Amarillo</b>	Impresiones.	Señales de peligro, líneas de demarcación en industrias, maquinaria y equipo eléctrico.

**ILUMINACION:** Después de diversas investigaciones se ha comprobado que la capacidad visual depende de la iluminación y que ésta afecta el estado de ánimo de las personas, a su aptitud para desarrollar un trabajo, a su poder de relajación, etc. Cada actividad requiere de una específica iluminación nominal que debe existir como valor medio de la zona en que se desarrolla la misma. El valor medio de iluminación para una determinada actividad está en función de diversos factores, entre los cuales están:

- » Tamaño de los detalles a captar.
- » Distancia entre el ojo y el objeto observado.
- » Factor de reflexión del objeto observado.
- » Contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que destaca.
- » Tiempo empleado en la observación.
- » Rapidez de movimiento del objeto.

**CONTRASTE:** El ojo sólo aprecia diferencias de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato, a lo anterior se le conoce como contraste. Los trabajos que requieren gran agudeza visual precisan de un mayor contraste.

Las mejores condiciones visuales se consiguen cuando el contraste de luminancia entre el objeto visual y las superficies circundantes se mantiene dentro de unos límites determinados. La relación de luminancias en el campo visual no debe ser menor de 1:3, ni mayor de 3:1.

En las figuras 1.12 se presentan tres clases de contrastes: a) Contraste débil, c) contraste equilibrado (relación 1:3 hasta 3:1), y c) contraste fuerte (mayor a 3:1). También existe un contraste de colores.

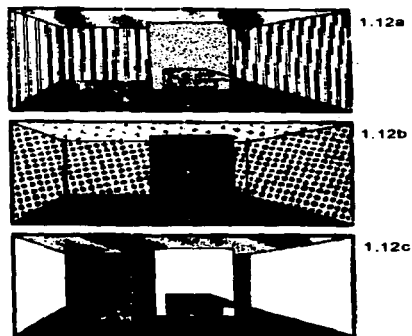


FIGURA 1.12 Tipos de contraste.

TABLA 1.2 Contrastes de colores en orden decreciente.

COLOR DEL OBJETO	COLOR DEL FONDO
Negro	Amarillo
Verde	Bianco
Rojo	Bianco
Azul	Bianco
Bianco	Azul
Rojo	Bianco
Amarillo	Negro
Bianco	Rojo
Bianco	Verde
Bianco	Negro

**SOMBRAS:** Si no tuvieramos dos ojos, no veriamos los objetos en relieve, es decir, unos más cerca que otros. Ello se debe a que en cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta y al juntarse las dos en el cerebro dan la sensación de relieve. Pero además, para poder captar el relieve de los objetos es preciso que éstos presenten unas zonas menos iluminadas que otras. Estas zonas menos iluminadas son las sombras, las cuales destacan las formas plásticas de los objetos.

Las sombras en si son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras: fuertes y suaves. Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz dirigida intensa desde un

punto determinado más o menos alejado y, se caracterizan por su profunda obscuridad y dureza con alto efecto de relieve. En contraposición a las sombras fuertes, las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con una luz difusa y se caracterizan por su suavidad y menor efecto de relieve (figuras 1.13a y 1.13b).



FIGURA 1.13 Sombra suave y fuerte.

**DESLUMBRAMIENTO:** Es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo. Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en la cual se produce una energética reacción fotoquímica, insensibilizándola durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse.

Los efectos que origina el deslumbramiento pueden ser de tipo psicológico (molesto) o de tipo fisiológico (perturbador). En cuanto a la forma de producirse puede ser directo como el proveniente de lámparas, luminarias o ventanas, que se encuentran situadas dentro del campo visual (figura 1.14a); o reflejado por superficies de gran reflectancia, especialmente superficies especulares como las del metal pulido (1.14b).



FIGURA 1.14 Deslumbramiento directo e indirecto.

Los principales factores que intervienen en el deslumbramiento son:

» La iluminancia de la fuente de la luz o de las superficies iluminadas. A mayor luminancia corresponde mayor deslumbramiento, siendo el valor máximo tolerable

para la visión directa de 7500 cd/metro cuadrado (nits).

» Las dimensiones de la fuente de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45° con respecto a la vertical.

» La situación de la fuente de luz. Cuanto más lejos se encuentre la fuente en la línea de visión, menor deslumbramiento a medida que la fuente queda más por encima del ángulo visual. Debe evitarse el deslumbramiento reflejado situando las fuentes luminosas fuera de la zona ofensiva (figura 1.15); siendo la correcta el que la luz incida lateralmente (figura 1.16).

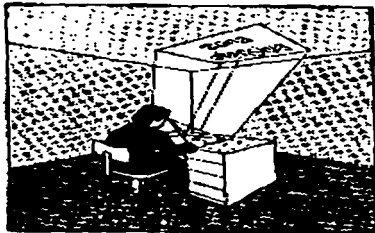


FIGURA 1.15 Zona ofensiva en el deslumbramiento reflejado.

» El contraste entre la luminancia de la fuente de luz y la de sus alrededores. A mayor contraste de luminancia, mayor deslumbramiento. Las máximas relaciones

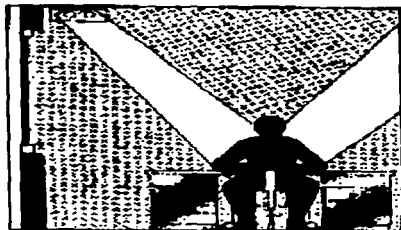


FIGURA 1.16 Iluminación correcta.



de luminancia admisibles en el campo visual del observador, al objeto de evitar el deslumbramiento, se dan en la tabla 1.3.

**TABLA 1.3 Máximas relaciones de luminancia admisibles.**

Entre la tarea visual y la superficie .....	3:1
Entre la tarea visual y el espacio circundante .....	10:1
Entre la fuente de luz y el fondo .....	20:1
Máxima relación de luminancia en el campo visual .....	4:1

» El tiempo de exposición. Una luminancia de valor bajo puede producir deslumbramiento si el tiempo de exposición es largo.

Dados los efectos tan perjudiciales que produce el deslumbramiento, deben tomarse todas las medidas posibles para evitarlo.

**AMBIENTE CROMÁTICO.-** El color de la luz y los colores sólidos existentes en el espacio facilitan el reconocimiento de todo cuanto nos rodea. Los efectos psicofísicos que producen se definen como ambiente cromático.

El ambiente cromático tiene gran influencia en el estado de ánimo de las personas, por lo que, en la iluminación de un recinto, local o habitación, las intensidades de iluminación, el color de la luz, su reproducción cromática y los colores de las superficies interiores, deben estar perfectamente armonizados y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar.

A manera de nota, si las intensidades de iluminación son bajas, los colores apropiados deben de ser cálidos; y si son mayores, blancos o luz de día.



# ***CAPITULO II***



## SEGUNDO CAPITULO FUENTES DE LUZ

### 2.1. FUENTES LUMINOSAS.

Se llama fuente luminosa al dispositivo, aparato y organo natural o artificial que emite radiaciones visibles para el ojo humano. La excitación de cuerpos luminosos puede ser de origen térmico como el Sol, que es la fuente de luz natural más importante. Otras fuentes luminosas naturales son los rayos en una tormenta o la emitida por las luciérnagas cuyo origen se debe a la luminiscencia.

En general, existen tres grandes fuentes luminosas: la *incandescencia*, la de *descarga* y la *luminiscencia*. Las lámparas modernas son fuentes luminosas de origen eléctrico. Como el Sol, las lámparas incandescentes convencionales o halógenas producen luz por incandescencia. Las lámparas de descarga como los rayos, aprovechan la luminiscencia, mientras que el diodo como las luciérnagas utiliza la fotoluminiscencia.

Además, existen lámparas de luz mixta (incandescencia + luminiscencia) y lámparas fluorescentes cuya característica es la de aprovechar tanto la luminiscencia como la fotoluminiscencia.

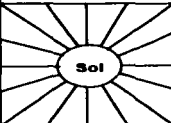






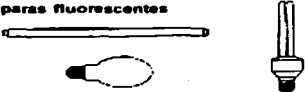
	Radiación térmica	Radiación eléctrica (Descarga)	Luminiscencia
Fuentes naturales	 <p style="text-align: center;">Sol</p>	 <p style="text-align: center;">Rayos</p>	 <p style="text-align: center;">Luciérnaga</p>
Fuentes eléctricas	<p>Lámparas incandescentes</p> 	<p>Lámparas de descarga</p> 	<p>Diodo</p> 
	<p>Lámpara de luz mixta</p> 	<p>Lámparas fluorescentes</p> 	

FIGURA 2.1 Fuentes luminosas naturales y artificiales.

## 2.2. EFICIENCIA.

La eficiencia de una fuente luminosa (su eficiencia en términos de luminotécnica) definida en lúmenes por watt (LM/W), es una medida de la razón entre la cantidad de luz producida por la lámpara y la potencia que consume. La eficiencia de diferentes fuentes de luz varía considerablemente desde 10 LM/W hasta más de 200 LM/W. Así mismo, con el uso de equipos auxiliares eficientes, es posible obtener máximos beneficios del sistema de iluminación.

### DESARROLLO DE LA EFICIENCIA DE LAS LAMPARAS DESDE 1950

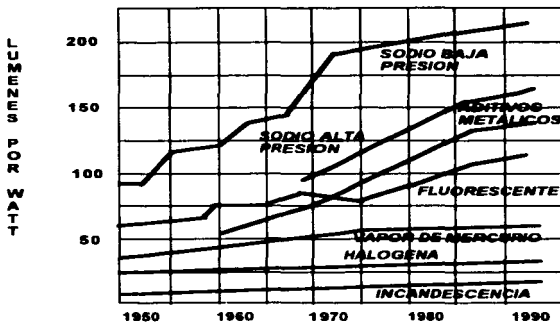


FIGURA 2.2 Eficiencia de los diferentes tipos de lámparas desde 1950.

## 2.3. CONSIDERACIONES PARA ESCOGER UNA LAMPARA.

### 2.3.1. TEMPERATURA DE COLOR.

La temperatura de color es una medida que se especifica en las lámparas y se refiere a la apariencia o la tonalidad de la luz que emite la fuente de luminosa. La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de la luz de la lámpara y es crucial para establecer una atmósfera de confort y frescura.

La temperatura de color ( $T_c$ ) es el "color aparente" de una fuente luminosa medido en grados Kelvin ( $K = ^\circ C + 273$ ) con referencia al cuerpo negro de Plank calentado hasta el punto que emita luz. Las temperaturas de color por abajo de los 3400 K son consideradas cálidas; 3500 K es considerado neutral; 3600-4900 K y por debajo de este valor son consideradas frías. Las diferentes temperaturas de color hacen que la iluminación sea

más versátil, produciendo diferentes efectos y ambientes según la aplicación de la lámpara.

### Temperatura de color

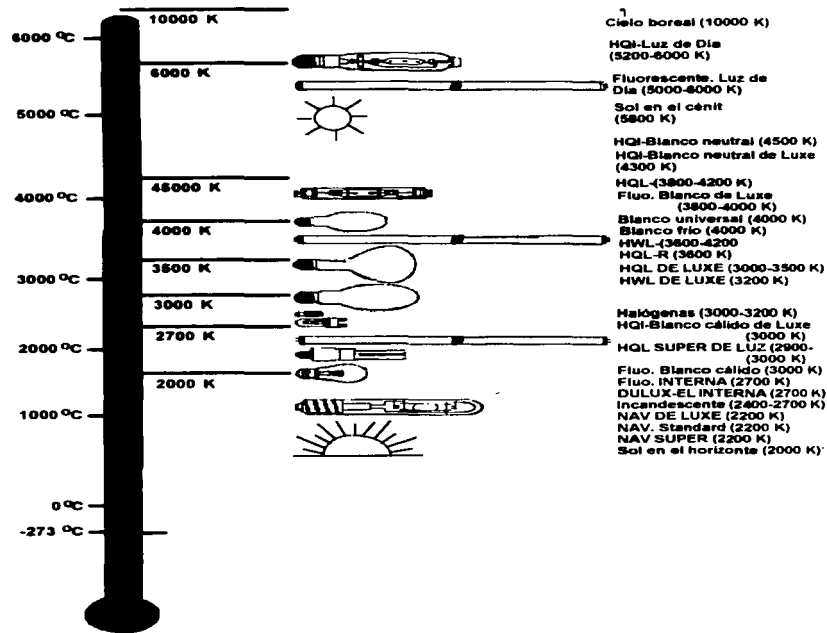


FIGURA 2.3 Temperatura de color de los diferentes tipos de lámparas.

### **2.3.2. INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (CRI).**

El rendimiento de color es una medida que describe la calidad de la luz de la lámpara y debe de ser considerada en toda aplicación de iluminación; se mide en una escala de 0 a 100. La luz del Sol y la luz incandescente tienen un CRI de 100.

Es importante saber que los objetos y personas iluminadas bajo luz con alto CRI se ven más naturales, además de que el nivel de iluminación se percibe como mayor. La aplicación de lámparas con alto CRI hacen que la mercancía sea más atractiva al cliente, la comida sea más apetitosa en los restaurantes y la gente luzca más natural. En las oficinas incrementa la productividad del trabajador, reduce el ausentismo y disminuye riesgos.

### **2.4. LAMPARAS INCANDESCENTES.**

La lámpara incandescente convencional no ha dejado de perfeccionarse en lo técnico y embellecerse en lo estético. El filamento de tungsteno es espiral simple o doble; es dos veces más fino que el cabello humano. Se necesita un metro de filamento de tungsteno para hacer una espiral de 3 cm, para una lámpara de 60 W. Esta espiral es resistente y funciona a una temperatura muy alta permitiendo obtener una luz blanca (2700 K) y una buena eficiencia durante más de 1000 hrs.

Conectada y alimentada de corriente eléctrica por dos conductores metálicos que terminan en el casquillo, descansa en dos soportes que evitan deformaciones. Además de los gases clásicos para el llenado de la lámpara como el nitrógeno y el argón, se utilizan otros como el kriptón o el xenón que producen luz viva y brillante.

#### **2.4.1. ELEMENTOS ESENCIALES DE LA LAMPARA INCANDESCENTE.**

Las tres partes principales de la lámpara incandescente son el bulbo, la base, y el filamento.

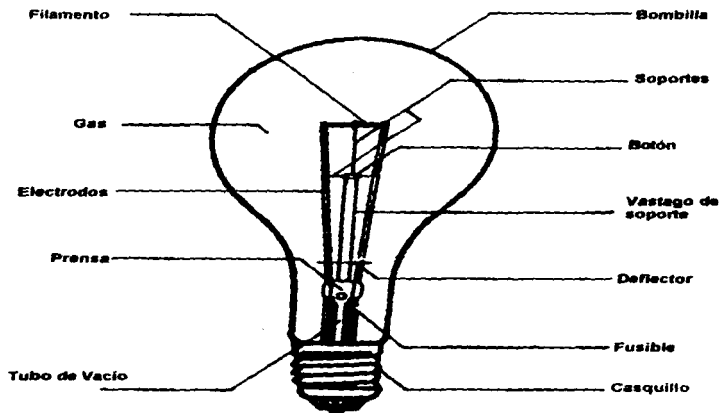
**Bulbo:** Como el filamento incandescente, tiene absoluta necesidad de funcionar en un espacio en donde se ha hecho el vacío o en una atmósfera de gas inerte para impedir su desintegración rápida debida a la oxidación, se encierra cuando se quiera fabricar una lámpara, en una especie de campana de vidrio sellada que se llama ampolla o bulbo. Se utilizan varios tipos de vidrio, que dependen del tipo de aplicación.

La mayor parte de los bulbos de lámparas de alumbrado general se hacen de vidrio blando (a la cal). Las lámparas de alumbrado especial, se hacen con bulbos de vidrio duro resistente al calor.

Algunas lámparas desarrolladas para aplicaciones especiales se hacen a base de cuarzo.

Los demás elementos esenciales de una lámpara incandescente son:

» **FILAMENTO:** Generalmente hecho de tungsteno. Puede ser un alambre en espiral sencillo o en doble espiral.



**FIGURA 2.4** Componentes de la lámpara incandescente.

- » **GAS:** Normalmente una mezcla de nitrógeno y argón para retardar la evaporación del filamento. Se usa en lámparas de 40 watts y más.
- » **ELECTRODOS:** Entre el casquillo y la prensa de cobre. Desde la prensa hasta el filamento son de níquel.
- » **PRESNA:** Los electrodos, obturados herméticamente en el vidrio, son una combinación de núcleos de aleación de hierro y níquel dentro de manguitos de cobre (hilo Dumet). Se asegura un factor de dilatación igual al del vidrio.
- » **BOMBILLA:** Casi siempre de vidrio blanco. Hay lámparas de vidrio duro para resistir intemperie y temperaturas elevadas.
- » **SOPORTES:** Sostienen y posicionan el filamento de molibdeno.
- » **BOTÓN:** Se forma con el vidrio caliente. En él se colocan los soportes.
- » **VASTAGO DE SOPORTE:** Es una varilla o tubo de vidrio que da apoyo al botón.
- » **DEFLECTOR:** Se usa en las lámparas de mayor potencia cuando es necesario reducir la circulación de los gases calientes hacia el cuello de la bombilla.

- » **FUSIBLE:** Se saltan arcos en el filamento, al hundirse protege el circuito.
- » **CASQUILLO:** Generalmente roscado. Es de latón o aluminio. Un conductor se suelda al contacto central y el otro al borde superior de la base.

La forma y el tamaño del bulbo es designado por una o varias letras seguidas de un número. La letra indica la forma del bulbo mientras que el número indica el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo, "R30" indica una forma R reflectora con un diámetro de 30 octavos de pulgada (3.75 pulg.). Las siguientes ilustraciones son las más comunes, en cuanto a forma y dimensiones del bulbo.

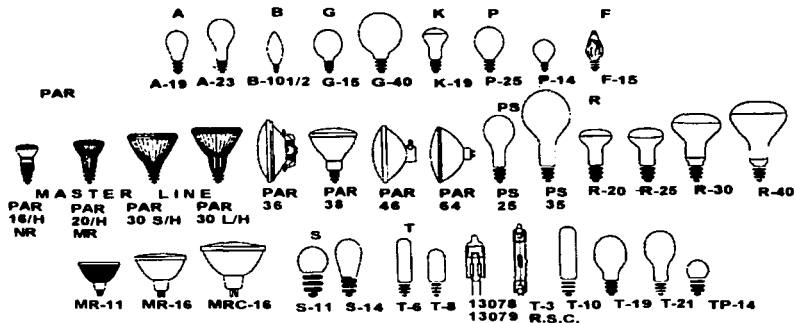


FIGURA 2.5 Tipos de bulbos para lámparas incandescentes.

**Bases y casquillos:** El casquillo es el medio por el cual el bulbo se conecta al portalámparas. Los casquillos más comúnmente utilizados son los de rosca. La mayor parte de las lámparas de alumbrado general tienen casquillos de rosca media o rosca Edison. Para potencias superiores se usa el tipo casquillo de rosca Mogul o rosca Goliath. Algunas lámparas de pequeña potencia especialmente los tipos decorativos, indicador y para señales, tienen casquillos de rosca intermedia o rosca candelabro (Mignon).

Las fuentes de luz incandescentes no pueden ser reguladas exactamente respecto a un sistema óptico mediante un casquillo de rosca. La orientación del filamento se lleva a cabo mediante el uso de distintos tipos de lámpara de casquillo especial. Los más utilizados son: prefocal, biclavillo, bayoneta, y el tipo especial de clavillos para lámparas de proyección. Un casquillo biclavillo, generalmente utilizado para lámparas de gran



potencia, consiste en dos espigas de metal empotrados en una taza de vidrio, que forma la extremidad del bulbo. La mayor parte de los casquillos de rosca y los prefocales, están unidos al bulbo por medio de un cemento especialmente proyectado para tal finalidad. Algunas lámparas de casquillo de rosca Mogul para servicios especiales y lámparas para alumbrado general de elevadas potencias, usan lo que es conocido como casquillo mecánico, que utiliza un dispositivo de presión en lugar de cemento. Otros casquillos utilizados en ciertas lámparas incluyen grapas, conductores flexibles y un gran número de otros tipos para aplicaciones específicas.

#### Bases

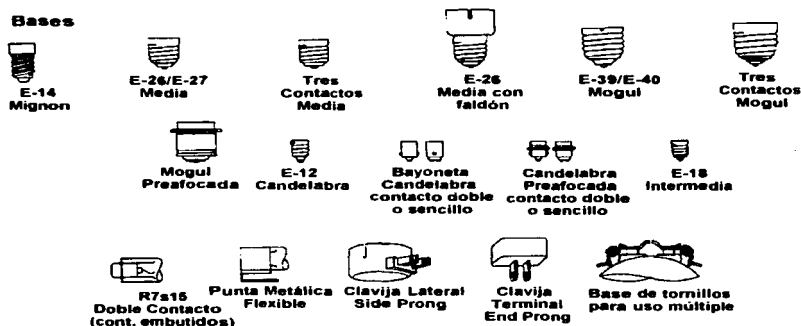


FIGURA 2.6 Tipos de bases para lámparas incandescentes.

**Filamento:** Es el elemento productor de la luz de la lámpara y las consideraciones principales al proyectarlo, se refieren a sus características eléctricas. Cuanto más elevada es la temperatura del filamento, mayor será la parte de energía radiada por él, comprendida en la región visible del espectro y mayor la eficiencia de la lámpara. El filamento usado actualmente en las lámparas incandescentes es de tungsteno.

Este tiene un alto punto de fusión y un bajo porcentaje de evaporación, por lo que permite alcanzar temperaturas de funcionamiento más alta que cualquier otro tipo de material y, por consiguiente, lograr una mayor eficiencia en la lámpara.

Mediante el arrollamiento de doble espiral del hilo de tungsteno que constituye el filamento se consigue un aumento de eficiencia luminosa.



**FIGURA 2.7** Tipos de filamentos de las lámparas incandescentes.

La designación del filamento consiste en una o varias letras que indican como el filamento está espiralizado y de un número arbitrario, a veces seguido de una letra, que indica el arreglo del mismo filamento con sus soportes. En la designación de la letra como prefijo normalmente será C (alambre doblemente espiralizado). Se ilustran algunos de los arreglos más comunes de filamentos.

**Gas de relleno:** Las lámparas incandescentes se fabrican en bulbos en los cuales se había hecho un vacío, con el objeto de eliminar oxígeno, para evitar que se quemara el filamento. Actualmente todas las lámparas menores de 40 W, suelen ser del tipo al vacío, y todas las de más potencia, son rellenas de gas. La evaporación del filamento se reduce cuando se rellena el bulbo con gas inerte.

En la actualidad, los gases más utilizados son el argón y el nitrógeno en una combinación y proporción a la potencia de la lámpara. El kriptón es un gas inerte que causa una menor pérdida de calor, pero debido a su alto costo, sólo se emplea en algunas lámparas especiales.

#### **2.4.2. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.**

Tanto la duración como el rendimiento luminoso de una lámpara depende de la temperatura del filamento. Cuando una lámpara incandescente funciona a tensión constante, el filamento se evapora, lo que da lugar a una lenta pero continua reducción de su potencia y de su emisión de luz. El término normal de la vida se alcanza cuando el filamento se rompe o se quema por su parte más débil. Una posterior reducción de la emisión de luz, tiene lugar debido a la absorción de la luz por parte del tungsteno evaporado, el cual forma un ennegrecimiento del bulbo, debido a que es depositado en la superficie interna del bulbo.

En una lámpara al vacío, dicho ennegrecimiento ocurre en forma uniforme por el interior del bulbo. En las lámparas con relleno de gas, las corrientes de convección formadas por los gases calientes conducen hacia arriba las partículas del tungsteno para ser depositadas en la parte superior del bulbo cuando la lámpara está operando con la base hacia abajo, o en el cuello cuando opera con la base hacia arriba.

Como regla general, las lámparas deben de alimentarse a su tensión nominal, ya que cualquier variación de la tensión aplicada ocasiona cambios en su funcionamiento.

#### **2.4.3. TIPOS DE LAMPARAS INCANDESCENTES ESPECIALES.**

Quando se presentan condiciones especiales, se utilizan lámparas cuya construcción y características de funcionamiento se ajustan a dichas necesidades especiales. Dentro de la variedad de lámparas incandescentes especiales que existen en el mercado se tienen las siguientes:

⇒ **Lámparas de construcción reforzada:** Estas lámparas están construidas especialmente para ser utilizadas en lugares sometidos a vibraciones o choques; por ejemplo, en algunas fábricas, en parques, etc. Por ello su filamento está apoyado sobre un gran número de soportes.

⇒ **Lámparas de horno:** Estas lámparas se construyen con filamentos reforzados y vidrio especial para su funcionamiento normal en ambientes con temperaturas elevadas; por ejemplo, hornos para panaderías, instalaciones de secado, etc.

⇒ **Lámparas azuladas:** El cristal del bulbo de este tipo de lámparas es de color azul. La lámpara emite una luz similar a la luz de día, ya que el cristal azul actúa de filtro para las radiaciones rojas que dan su color característico a las lámparas de incandescencia normales.

⇒ **Lámparas infrarrojas:** Estas lámparas emiten energía en el rango de los 760 nm a los 500 nm, en la zona infrarroja del espectro electromagnético. Son similares a las incandescentes de uso general sólo que su filamento trabaja a bajas temperaturas, lo cual trae como consecuencia una baja emisión luminosa (8 LM/W), pero en cambio una gran duración (más de 5000 hrs). El tipo de bulbo de estas lámparas es el "R" con reflector interno, bulbo transparente o bulbo tubular de cuarzo.

Las lámparas infrarrojas tienen en su interior un reflector en forma parabólica, además poseen un casquillo E-26 para facilitar su instalación, se presentan en acabado claro o rubificado. Su aplicación se da en:

- ◆ **Terapéuticas:** Reumatismo, dolores musculares, lumbago, etc.
- ◆ **Industriales:** Secado de tintas de impresiones gráficas y textiles, secado de películas y negativos, etc.
- ◆ **Peculiaris:** Cría de aves, lechones, becerros, y tiendas de mascotas.

⇒ **Lámparas halógenas y de luz mixta:** Estas lámparas son del tipo incandescente pero se tratarán posteriormente dada su importancia.

#### **2.4.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS LAMPARAS INCANDESCENTES.**

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

- ◆ Tamaño compacto.
- ◆ Bajo costo.
- ◆ 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 más los rojos, anaranjados y amarillos, dando a las cosas apariencia familiar.
- ◆ Flujo luminoso controlable en una gran variedad de distribución luminosa.
- ◆ Operación en corriente alterna y continua.

Las principales desventajas de la lámpara incandescente son:

- ◆ Corta vida (de 750 a 1000 hrs).
- ◆ Baja eficiencia (alrededor de 19 LM/W).
- ◆ Gran disipación de calor.

## **2.5. LAMPARAS HALOGENAS.**

Las lámparas halógenas son lámparas incandescentes mejoradas. La luz halógena es más blanca que la luz incandescente convencional, tiene una temperatura de color de 3000 K, mayor vida útil, bajo mantenimiento, menor consumo de energía y proporciona un mayor flujo luminoso.

### **2.5.1. CICLO DEL HALOGENO.**

En las lámparas incandescentes convencionales el filamento de tungsteno se evapora poco a poco depositándose en forma de una capa negra en el interior del bulbo. El flujo, la intensidad y la eficiencia luminosa disminuyen.

En las lámparas de halógeno se introdujo en el bulbo por primera vez en 1959. Además de los habituales gases de relleno, los halógenos yodo y bromo, los cuales captan los átomos de tungsteno desprendidos del filamento y sin dejarlos que se depositen en el interior del bulbo, los regresan al filamento. Este es el famoso ciclo del halógeno. Esta reacción halógeno-tungsteno funciona mejor si la temperatura es elevada y la distancia entre el vidrio del bulbo y el filamento se reduce. Resultando lámparas muy pequeñas que emiten una luz de calidad incomparable.

Al acumularse tanto calor en un espacio tan reducido, hace falta un vidrio capaz de resistir temperaturas de 650 °C, indispensable en el ciclo halógeno; además de una presión elevada (varias atmósferas) para limitar la velocidad de evaporación del filamento. Sólo el cuarzo cumple con estos requisitos. Para conservar sus propiedades luminosas no se debe de estar en contacto con objetos grasos, por ejemplo los dedos.

Para garantizar una hermeticidad absoluta en la zona prensada de las lámparas se han soldado unas laminillas de milibdeno al filamento, de forma tal, que permita una mayor expansión térmica entre el vidrio y los contactos eléctricos. Las lámparas tienen que aguantar grandes esfuerzos y elevadas temperaturas, por ello los pines de las lámparas de baja tensión son protegidos contra la corrosión y, los casquillos de las lámparas de alta tensión, son protegidos por piezas de cerámica. En cuanto al filamento, su pureza, su regularidad del diámetro y rigidez son factores fundamentales para lograr una larga duración.

### **2.5.2. CUIDADOS QUE SE DEBEN TOMAR AL OPERAR UNA LAMPARA DE HALOGENO.**

- a) No tocar el vidrio con los dedos.
- b) Procurar que las lámparas estén bien ventiladas en las luminarias y que no sobrepasen la temperatura máxima admisible (250 a 300 °C).
- c) Evitar el contacto con la humedad.
- d) Utilizar sólo portalámparas para temperaturas altas, adecuados a la potencia.
- e) Proteger el circuito primario del transformador con un fusible.
- f) Poner normalmente en regulador luminoso a toda potencia para permitir que el ciclo del halógeno se efectúe normalmente.
- g) Procure que la distancia entre el transformador y la lámpara sea lo más reducida posible para evitar que, las caídas de tensión en el conductor de alimentación sean mínimas.

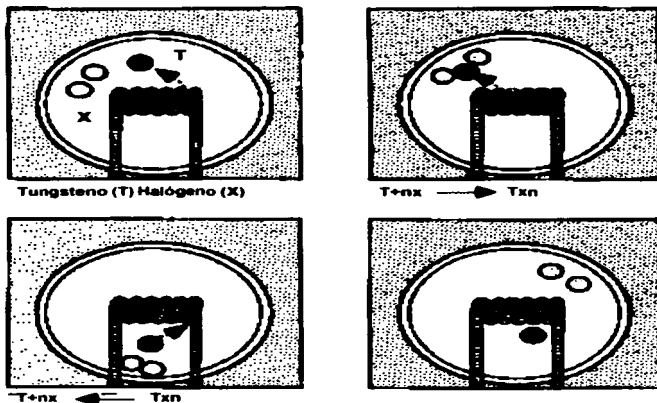


FIGURA 2.8 Ciclo Halógeno-Tungsteno.

### 2.5.3. APLICACIONES DE LA LAMPARA DE HALOGENO.

Estas lámparas son apropiadas para una infinidad de usos, debido a sus características. A continuación se mencionan algunas de sus aplicaciones:

- » **Aplicaciones industriales:** Espacios de grandes dimensiones, zonas en construcción, subestaciones al aire libre, etc.
- » **Aplicaciones deportivas:** Campos deportivos, pistas de carreras, etc.
- » **Aplicaciones en transporte:** Iluminación de aeropuertos, estaciones de ferrocarril, autopistas, puentes, etc.
- » **Aplicaciones comerciales:** Unidades móviles de T.V, restaurantes, iluminación de escaparates, etc.
- » **Aplicaciones varias:** Iluminación de estudios cinematográficos y de televisión, iluminación de monumentos y construcciones.

#### **2.5.4. VENTAJAS DE LAS LAMPARAS DE HALOGENO.**

- » Luz brillante.
- » Mayor eficiencia luminosa (25 LM/W).
- » Mejor reproducción de colores.
- » Más vida de duración (hasta 4000 hrs).

#### **2.6. LAMPARAS FLUORESCENTES.**

Las lámparas fluorescentes son unos de los tipos de lámparas más utilizadas en iluminación y, ello se debe por dos grandes razones: Su alta eficiencia luminosa y su larga vida útil. Gracias al desarrollo de nuevas sustancias fluorescentes, se ha reducido el uso de arsénico y el cadmio. El mercurio que aún sigue siendo imprescindible se ha reducido a un 50%, y se siguen incorporando nuevas técnicas que continuamente se desarrollan en laboratorios de los fabricantes de lámparas.

También con el uso de balastos electrónicos se ha experimentado un gran avance con el fin de aumentar aún más la economía de las lámparas fluorescentes. Las lámparas fluorescentes son del tipo de descarga eléctrica, en la cual la luz se produce por la fluorescencia o fosforescencia activada por la energía ultravioleta de un arco de mercurio. Consiste en un tubo que tiene prensados (saliados), en los extremos los electrodos de tungsteno; además, llevan en su interior una pequeña gotita de mercurio y un gas inerte a baja presión, o una mezcla de gases para el encendido. Las paredes del interior están cubiertas de una capa de fósforo en polvo.

##### **2.6.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.**

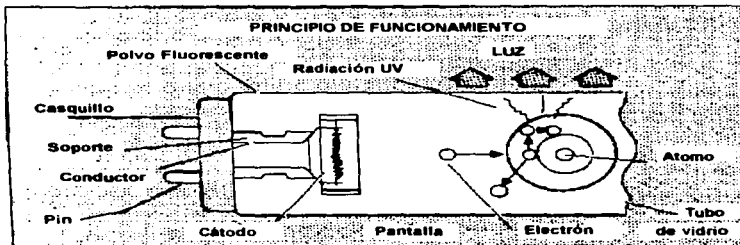
Quando se aplica una diferencia de potencial en los bornes de los electrodos, tiene lugar una descarga de electrones que atraviesa la mezcla de "resistencia negativa" argón-mercurio, que choca con los átomos de mercurio. Estos choques emiten sólo una pequeña cantidad de radiaciones visibles ultravioleta. Estos rayos invisibles y nocivos, son convertidos en luz visible e inofensiva al pasar a través de los polvos de fósforo fluorescente colocados en la pared interna del tubo. En las lámparas fluorescentes, el 95% de la luz se produce por fluorescencia y el resto por las radiaciones del arco de mercurio.

##### **2.6.2. FORMAS DE TUBOS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.**

En la eficacia y en la economía, el tubo fluorescente ocupa uno de los primeros puestos: hasta 20000 hrs. de utilización y hasta 93 LM/W de eficacia luminosa. Con la misma potencia y el mismo consumo de energía, un tubo fluorescente produce 6 veces más luz y dura 20 veces más que una lámpara incandescente tipo standar y además, emite muy poco calor.

**Tubos rectilíneos:** 38mm (T-12), este diámetro es el que más se utilizó originalmente en los primeros años y, abarcan todavía un importante mercado que rápidamente se está sustituyendo por tubos T-8. Con 26mm de diámetro se ofrece al mercado una nueva generación con mayor flujo luminoso y hasta un 40% menos de consumo de energía; además, tiene menos peso y facilitan su manejo y almacenamiento.

Para usos normales, se dispone de una amplia gama de tonos de luz. Con el empleo de polvos fluorescentes de 3 bandas, existen los tubos que proporcionan una alta eficiencia luminosa y además, una excelente reproducción cromática.



**FIGURA 2.9** Funcionamiento de la lámpara fluorescente.

**Tubos en forma de U y circular:** Estos tubos fueron los primeros intentos para hacer tubos fluorescentes de tamaño reducido, actualmente se han desarrollado innovaciones en estos productos hasta llegar a las modernas curvalume T-8 de 6" y 15/8" y las lunapet.

### 2.6.3. BASES PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

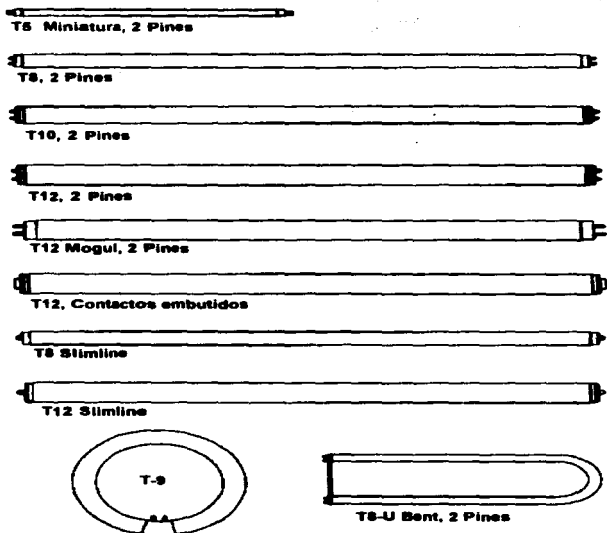
**Bases:** Para las lámparas de precalentamiento y de arranque rápido, se necesitan cuatro contactos eléctricos, dos de cada extremo de la lámpara. Esto se realiza usando una base con dos espigas en cada extremo. Existen tres tamaños: miniatura, mediana y mogul.

En las lámparas circulares, los cátodos van conectados a una base con cuatro espigas ubicada entre la unión de los extremos de la lámpara. Las lámparas fluorescentes de alta y muy alta emisión luminica, tienen bases embutidas de doble contacto. Las lámparas simline (de arranque instantáneo) requieren solamente una espiga en cada extremo de la lámpara.

### 2.6.4. TIPOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES.

Las lámparas fluorescentes pueden ser clasificadas en dos grupos:

- a) **Lámparas que utilizan arrancador para su encendido,** llamadas también lámparas precalentadas o de encendido con interruptor.
- b) **Lámparas sin dispositivo de encendido.** En este tipo de lámpara, el balastro o reactor es el único equipo auxiliar utilizado para proporcionar la tensión y la corriente adecuada para encender la lámpara. Se subdividen a su vez en:



**FIGURA 2.10** Tipos de bulbos para lámparas fluorescentes.

- Lámparas slimline.
- Lámparas de encendido instantáneo.
- Lámparas de encendido rápido.
- Lámparas de precalentamiento de encendido rápido.
- Lámparas de alta emisión.
- Lámparas power groove.
- Lámparas circline (circulares).



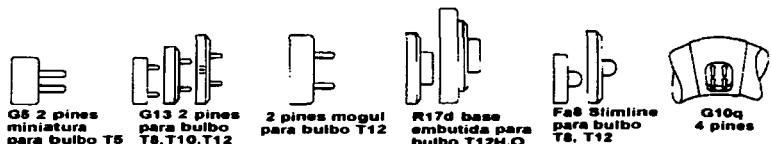


FIGURA 2.11 Bases para lámparas fluorescentes.

En las lámparas tipo slimline se emplean balastos de alto voltaje, de manera que son encendidas instantáneamente. Los cátodos de estas lámparas están diseñados especialmente para soportar el alto voltaje de arranque. Los electrodos de estas lámparas están en corto circuito, de manera que no pueden utilizar el circuito de precalentamiento de las lámparas del primer grupo.

Al igual que las lámparas slimline, las de encendido instantáneo requieren de un balastro que les proporcione relativamente el alto voltaje para su encendido. Las lámparas de encendido rápido tienen sus electrodos (cátodos) conectados al circuito de caldeo del balastro durante el período de encendido y de operación de la lámpara. Las lámparas de precalentamiento o de encendido rápido pueden usarse con o sin arrancador, es decir, por medio de circuitos de precalentamiento o de arranque rápido.

Las lámparas de alta emisión operan igual que las anteriores, pero relativamente a altas corrientes. La base de doble contacto retardado fue especialmente diseñada para esta lámpara.

En cuanto a las lámparas power groove, son las de mayor potencia fabricadas hasta ahora. También operan con el principio de las de encendido rápido, se caracterizan por las típicas curvas con muescas en su longitud, de manera que el arco que se forma dentro de la lámpara es forzado a seguir una trayectoria ondulada, lo que equivale a tener una lámpara más larga. Se utiliza donde se requiere de altos niveles de iluminación a bajo costo. También utilizan la base de doble contacto retardado y se fabrican en tamaños de 2.44 m, 1.22 m, y 1.83 m. Las lámparas circline utilizan bases de cuatro clavillos y trabajan también con el principio de las de arranque rápido.

### 2.6.5. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

La lámpara fluorescente tiene una larga vida promedio. Durante el ciclo de arranque y el período de funcionamiento; el material emisivo es expulsado de los cátodos. El final de la vida se alcanza cuando no queda material emisivo suficiente en ninguno de los cátodos para formar el arco; por este motivo, la vida promedio nominal de las lámparas se basa generalmente en un ciclo de encendido.

• **Efecto de la tensión:** Tanto las tensiones altas como las bajas, respecto a la tensión nominal de trabajo, perjudican enormemente el buen funcionamiento y duración de la lámpara. Con tensiones bajas el arranque ofrece mayor dificultad, desprendiéndose más cantidad de material emisivo que recubre los cátodos, lo que origina una combustión prematura de los mismos que acorta la vida de la lámpara, y también una disminución apreciable del flujo luminoso a causa de un aumento de la temperatura interior del tubo. Con altas tensiones las lámparas arrancan con mayor facilidad y el flujo luminoso es mayor, pero su vida se extingue mucho más rápido.

• **Efecto de la temperatura:** El rendimiento lumínico de las lámparas fluorescentes varía considerablemente con la temperatura de la pared del bulbo. La temperatura afecta la presión del vapor de mercurio, la cual depende del punto más frío existente en la pared del bulbo. La variación de la presión del vapor de mercurio cambia la emisión lumínica de la lámpara. Puesto que los cambios producidos en la temperatura ambiente, van acompañados de cambios en la pared del bulbo, la emisión lumínica se ve afectada por las variaciones en la temperatura ambiente. Los valores nominales se miden a una temperatura ambiente de 25°C.

Al aumentar la temperatura el rendimiento luminoso decrece, y a temperaturas menores la cantidad de luz depende de la temperatura que alcanza el tubo. Esta temperatura varía de acuerdo al tipo de lámpara que se usa.

• **Efecto de la humedad:** La carga electrostática sobre la parte externa del bulbo de una lámpara fluorescente afecta la tensión requerida para que salte el arco. El aire húmedo alrededor de la lámpara forma una película de humedad sobre el bulbo al que afecta esta carga y, hace necesarias tensiones de arranque mucho más altas.

Las lámparas utilizadas en circuitos de arranque rápido e instantáneo, se fabrican con un revestimiento exterior de sílicona que dispersa la película de humedad y asegura el arranque bajo cualquier condición de humedad. En los tipos de circuitos precalentados la tensión de arranque es suficiente para que salte el arco, incluso cuando hay un alto grado de humedad.

• **Efecto de la frecuencia:** Las características limitadoras de corriente de una reactancia dependen directamente de la frecuencia de la red y por esta razón las reactancias deben emplearse únicamente en las redes de frecuencia para las que fueron proyectadas. Con una frecuencia inferior, una reactancia inductiva se reduce y circula mayor corriente a través de la lámpara, lo que provoca un acortamiento de la vida de ésta y un calentamiento excesivo de la reactancia .

Con una frecuencia superior a la proyectada, se reduce la corriente de la lámpara, con el consiguiente acortamiento de su vida y disminución de su emisión lumínica. El funcionamiento de las lámparas fluorescentes a altas frecuencias por ejemplo 400 hz, aumenta la eficacia de la lámpara y hace posible la reducción del tamaño, peso y pérdidas de la reactancia. La utilización práctica de las ventajas mencionadas, dependen del desarrollo de equipo eficiente y económico para obtener dichas frecuencias.

• **Efecto estroboscópico:** Se conoce como efecto estroboscópico a la variación de la emisión lumínica debida a la variación cíclica de la corriente alterna. El arco de mercurio de una lámpara fluorescente que trabaja con una corriente alterna de 60 Hz, se enciende y se apaga 120 veces por segundo; la luz de la lámpara también se apagaría si no fuera por los fósforos que tienen "continuidad" o acción fosforescente. Es decir, que continúan brillando por un corto periodo de tiempo después de cortar las radiaciones existentes.

Las rápidas fluctuaciones de las fuentes luminosas pueden originar el efecto estroboscópico o sea, la tendencia a ver los objetos móviles como resultado de instantáneas repetidas en posiciones sucesivas. Cuando en ocasiones excepcionales en que se da una determinada combinación de circunstancias esto puede ser un problema, el uso de reactancias dobles lead-lag reducirá el efecto estroboscópico, por que las dos lámparas funcionan "defasadas" con lo que alcanzan sus máximos de emisión luminosa en instantes diferentes. En los casos que se exige una reducción aún mayor, el funcionamiento de lámparas conectadas a las diferentes fases de un sistema trifásico, se reducirá en un parpadeo inapreciable comparable a las lámparas de filamento.

En la actualidad el efecto estroboscópico, r ra vez ocasiona problemas en las lámparas fluorescentes, pues los fósforos modernos tienen periodos de continuidad relativamente largos.

• *Interferencia de radio:* Todas las lámparas de descarga pueden producir interferencia en los radioreceptores cercanos, debido a la radiación electromagnética producida en las lámparas; esta interferencia se manifiesta en forma de ruidos molestos. La interferencia de radio se puede suprimir mediante el uso de capacitores en los balastos de arranque rápido y de arranque instantáneo y en los arrancadores de los circuitos de precalentamiento.

Es posible que una lámpara fluorescente cause interferencia de radio de tres formas:

- » Por radiación directa desde la lámpara hasta el circuito de antena del aparato de radio.
- » Transmitiendo la interferencia por los conductores eléctricos hasta la proximidad del circuito de antena.
- » Transmitiendo la perturbación desde la lámpara a través de la línea de energía eléctrica hasta el aparato radioreceptor.

En los primeros casos, el problema se resuelve si los elementos (lámpara-conductor), se alejan como a tres metros de distancia del radioreceptor. Cuando la interferencia es producida a través de la línea de alimentación, se puede suprimir conectando un filtro en la línea de la luminaria.

#### **2.6.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES.**

Las desventajas de este tipo de lámparas son:

- » Su gran tamaño en relación con su potencia.
- » La necesidad de un reactor o balastro que le proporcione una corriente y un voltaje de acuerdo, y una reducción a bajas temperaturas del flujo luminoso.

Sus ventajas son:

- » Alta eficiencia luminosa (más de 67 LM/W).
- » Realce de los colores azul, violeta, verde, y opacamiento del rojo y el anaranjado, lo cual también puede ser una desventaja.
- » Gran duración (1200 hrs. en comparación con las 750-1000 hrs. de las lámparas incandescentes).

#### **2.7. LÁMPARAS COMPACTO FLUORESCENTES. AHORRADORAS DE ENERGIA (CFL's).**

Como su nombre lo indica, son lámparas que funcionan bajo el principio de generación de luz fluorescente y que requieren de equipo adicional como un arrancador, un balastro o un adaptador para poder ser instaladas y funcionar adecuadamente. Desde el nacimiento de las lámparas fluorescentes compactas (CFL's), éstas no han dejado de aportar éxitos al mundo de la iluminación. La razón de mantenerse en constante actualidad se debe a sus ventajosas innovaciones que hacen cada vez más rentable su utilización.

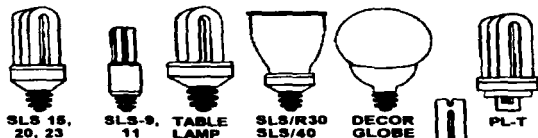
Las lámparas CFL's son un buen sustituto permanente de las lámparas incandescentes debido a su alta eficiencia. Su excelente rendimiento de color y amplia variedad de tamaños, formas y potencias que las hace factibles para innumerables aplicaciones nuevas y remodelaciones.

Las CFL's fueron introducidas a inicios de la década de los ochentas como una económica alternativa a la sustitución de lámparas incandescentes. Comparándolas con las incandescentes, las CFL's son una opción más eficiente ya que ahorran hasta un 75% de energía eléctrica por cada lámpara y con una vida útil de 10 veces más, proporcionando una atractiva recuperación de la inversión.

#### Lámparas EARTH LIGHT SL



#### Lámparas EARTH LIGHT SL-S



#### PL integrados con adaptador

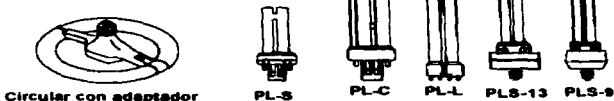


FIGURA 2.12 Tipos de lámpara CFL'S.

#### 2.7.1. CONSTRUCCION Y FUNCIONAMIENTO DE LAS CFL'S.

Las CFL's tienen una sola terminal y poseen un tubo de diámetro reducido el cual se dobla para disminuir su tamaño. Al tener un tubo de menor diámetro hace necesario el uso de fósforos de alta calidad mejorando la emisión luminica y el rendimiento de color.

Como todas las lámparas de descarga, las CFL's necesitan de un balastro para su encendido y regulación de corriente eléctrica durante su operación. Muchas CFL's usan balastros magnéticos, a pesar de que los balastros electrónicos, que son más ligeros y

operan a las lámparas más eficientemente. Actualmente se encuentran en el mercado balastos dimmeables para cierto tipo específico de CFL's.

Las CFL's se encuentran en una amplia variedad de tamaños y formas que pueden ser agrupadas en tres categorías que son:

a) **T-4 (diámetro de 1/2")**: Lámparas de encendido por precalentamiento con dos y cuatro tubos, son una alternativa económicamente viable para substituir a las incandescentes. A pesar de que las lámparas T-4 tienen cuatro pines, arrancador en su base y usan balastos magnéticos, las lámparas T-4 especiales con dos pines, sin arrancador pueden ser utilizadas con algunos balastos electrónicos o dimmeables.

b) **T-5 (diámetro de 5/8")**: Lámparas de tubo gemelo, generalmente empleadas para substituir lámparas fluorescentes convencionales en nuevas construcciones o grandes remodelaciones. Están diseñadas para operar con balastro magnético ó electrónico. Con balastro electrónico se pueden lograr eficiencias de 88 LM/W.

c) **Lámparas autobalastradas**: Consisten de una lámpara y un balastro magnético o electrónico, unida a una base que se puede introducir prácticamente en cualquier spot para lámparas incandescentes convencionales. Se puede encontrar en doble, triple, y cuádruple tubo, así como, de forma circular. Por la combinación de la lámpara y balastro en un sólo módulo, la instalación por substitución es muy sencilla. Sin embargo, los costos de mantenimiento por substitución son un poco mayores pues cuando la lámpara deja de operar es necesario cambiar la unidad completa. Existen, sin embargo, lámparas fluorescentes de tamaño compacto con las circulares que se pueden aplicar apropiadamente en ciertas situaciones.

## 2.7.2. VENTAJAS DE LAS CFL'S.

- » Mayor eficiencia comparada con las lámparas incandescentes.
- » Larga vida: 10000 horas de la lámpara y 40000 del adaptador mientras que una lámpara incandescente normal sólo dura 750-1000 horas.
- » Excelente rendimiento de color: prácticamente similar a las lámparas incandescentes. Además, están disponibles en diversas temperaturas de color para lograr varios efectos.
- » Flexibilidad: Se ofrecen en el mercado en una variedad de potencias que van de 5 a 40 watts.
- » Reducción de la carga térmica: reduciendo la carga por concepto de alumbrado.
- » Encendido rápido sin parpadeos.
- » Ahorros: Dinero ahorrado por la reducción en el consumo de energía, en la cantidad de lámparas reemplazadas y, en los costos por reemplazo de lámparas, puede permitir el rápido retorno de la inversión y proveer constantes ahorros en costos operativos.

## 2.7.3. APLICACIONES DE LAS CFL'S.

Las lámparas T-4 de baja potencia son un buen substituto para lámparas incandescentes en remodelaciones. Las lámparas de tubo gemelo se pueden usar tanto en iluminación de acento como para dar el nivel de iluminación recomendado para una tarea particular. Debido a su elevada emisión luminica las lámparas de triple y cuádruple tubo se emplean generalmente en luminarios empotrables y baños de pared.

En nuevas construcciones las CFL's T-5 de alta potencia se emplean en luminarios de 60x60 cm, y pueden reemplazar a los tubos convencionales logrando una similar iluminación empleando la mitad de espacio. Las CFL's no son recomendables para instalarse en techos con más de 4 metros de altura ni cuando se necesita un haz de luz

muy cerrado. Debido a que muy pocas lámparas compactas son dimmeables, se tienen límites en éste aspecto.

Las CFL's bipin y autobalastadas requieren de 1 a 3 segundos para encender. Si se necesita iluminación instantánea se recomienda el uso de balastos electrónicos o magnéticos para encendido rápido. El encendido en lámparas de baja potencia (menos de 10 watts) puede anularse cuando la temperatura ambiente está por debajo de 4 °C, limitando algunas aplicaciones en exteriores.

La posición en la cual se operan las CFL's también afecta su emisión luminica, la emisión luminica se mide con la base hacia arriba pero cuando operan con la base hacia abajo se presenta una reducción típicamente del 15 al 20% en la emisión de luz. Algunas CFL's nuevas usan una amalgama de mercurio que minimiza los impactos de temperatura y la posición de operación en la cantidad de luz que emiten las lámparas.

## **2.8. LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID).**

Las lámparas de alta intensidad de descarga son generalmente la fuente de luz más efectiva para interiores y exteriores con alturas de montaje superiores a los 5 metros. El uso de lámparas de descarga en aplicaciones especiales ha tomado mucha importancia ya que representa otra opción a la iluminación incandescente y fluorescente. En el campo de las lámparas de descarga se ofrece una amplia gama que abarca toda clase de aplicaciones posibles.

Las nuevas versiones de lámparas de alta intensidad de descarga pueden:

- › Producir luz de alta calidad.
- › Ofrecer alta eficiencia.
- › Dar al diseñador de sistemas de iluminación en interiores, alternativas para proveer al cliente con la fuente de luz más eficiente.

### **2.8.1. MEJORANDO LA EFICIENCIA DE LA ILUMINACION.**

EL consumo eléctrico de los sistemas de iluminación representa del 30 al 35% el sector comercial y el 10% el el sector industrial. La iluminación es uno de los consumidores más grandes de energía eléctrica en los negocios. Ofreciendo alta emisión luminica y uso eficiente de la energía, las tecnologías de alta intensidad de descarga (HID), presentan una oportunidad para ahorrar gran parte de esta energía consumida.

Aún más, debido a que permiten el diseño de sistemas de iluminación que requieren menos lámparas y menos energía eléctrica, las lámparas de HID proveen la iluminación más efectiva económicamente en muchas aplicaciones industriales y comerciales.

### **2.8.2. FUNCIONAMIENTO DE LAS LAMPARAS HID.**

El funcionamiento se basa en el fenómeno de la radiación eléctrica, todo ocurre entre los electrodos dentro de un tubo de descarga o "quemador" lleno de una mezcla de gases y de substancias metálicas. Para aislar la lámpara térmicamente y facilitar su manejo, el tubo de descarga está protegido por una envoltura de vidrio. En el encendido, después de aproximadamente 3 minutos en frío y 5 en caliente, aumenta la presión en el tubo, bajo el efecto de descarga iniciado por el arancador, y aumenta el metal, comienza a evaporarse mientras que sus átomos liberan electrones. Esta excitación de los átomos en el vapor metálico es origen del arco eléctrico y de la luz producida. Un condensador compensa el sistema y asegura que no haya interferencias.

Estas lámparas funcionan durante más de 10,000 horas con una buena producción luminosa de hasta 200 LM/W. Una óptima eficacia luminosa y una muy alta duración que garantiza un importante ahorro económico.

### **2.8.3. TIPOS DE LAMPARAS HID.**

A diferencia de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo, las lámparas de descarga emiten radiación a "rayas" variables según la naturaleza física de las sustancias excitadas. La calidad de una lámpara de descarga, esto es, su eficiencia luminosa y su capacidad de reproducir colores, varía en función de los vapores metálicos y los gases utilizados.

Polvos fluorescentes, tierras raras y gases halógenos completan al mercurio o al sodio para ofrecer una gama completa de temperatura de color. La eficiencia luminosa y la reproducción cromática dependen también de la presión. Dentro de los tipos de fuentes de luz de descarga en gas encontramos las siguientes lámparas.

- > Lámparas de luz mixta (LM).
- > Lámparas de vapor de mercurio (VM).
- > Lámparas de aditivos metálicos (MH).
- > Lámparas de vapor de sodio a baja presión (LPS).
- > Lámparas de vapor de sodio a alta presión (HPS).

### **2.8.4. AVANCES EN LA TECNOLOGIA HID.**

Nuevas técnicas de fabricación ofrecen beneficios en el color y la eficiencia de las lámparas de aditivos metálicos (MH), en tamaños compactos y las lámparas de vapor de sodio a alta presión (HPS), sodio blanco proveen luz con un color y una calidad prácticamente equivalentes a las lámparas incandescentes. Estas mejoras incrementan el campo de aplicación de las lámparas HID en instalaciones comerciales e industriales.

#### **2.8.4.1. BENEFICIOS DE LAS LAMPARAS HID.**

Al remplazar sistemas incandescentes o de vapor de mercurio por sistemas HPS o MH se ofrecen ahorros sustanciales de energía.

- ⇒ Las lámparas HID compactas son más eficientes que las incandescentes.
- ⇒ Las lámparas MH y HPS convencionales son aproximadamente 3 veces más eficaces que las lámparas VM.
- ⇒ Empleando menos energía, los sistemas HID generan menos calor, reduciendo la carga de aire acondicionado.
- ⇒ Las lámparas HID proveen de una ventaja adicional; estas compactas fuentes de luz producen más lúmenes que otras fuentes. Como resultado, los sistemas de iluminación de HID emplean menos lámparas y luminarios, disminuyendo los costos de instalación al mismo tiempo que producen un diseño más ordenado y atractivo.

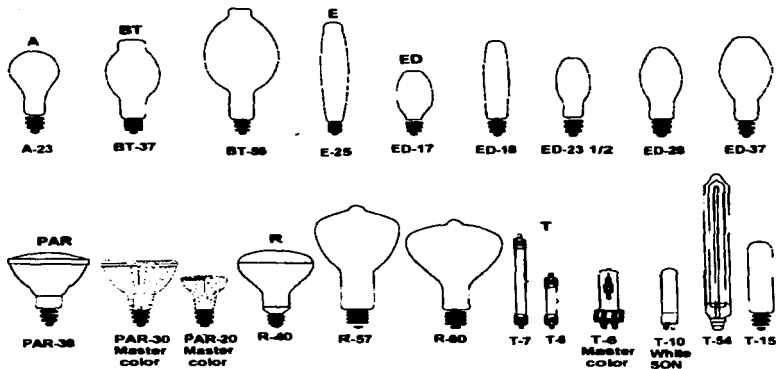


FIGURA 2.13 Tipos de bulbos para lámparas de HID.

#### 2.8.4.2. CONSIDERACIONES EN DISEÑO CON SISTEMAS HID.

Los diseñadores en iluminación consideran muchos factores al seleccionar el tipo de lámpara, su tamaño, tipo de luminario y espaciamiento entre luminarios. El IES Applications Handbook y muchos manuales de los fabricantes son importantes publicaciones de consulta durante la realización de un diseño.

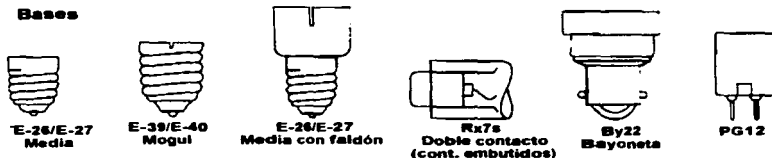


FIGURA 2.14 Tipos de bases o casquillos para lámparas de HID.



#### **2.8.4.3. APLICACION DE LAS LAMPARAS HID.**

Las lámparas HID son más apropiadas para instalaciones nuevas y con remodelaciones con varias horas de operación y, en áreas con techos superiores a los 5 metros o, en instalaciones que cuentan con iluminación incandescente de más de 150 watts. En estas condiciones, usar fuentes de MH y HPS en lugar de lámparas incandescentes o de VM, permiten ahorros de energía del 50% al 80%.

Aún más, las lámparas HID permiten ahorros en la instalación al reemplazar sistemas fluorescentes en aplicaciones con gran altura de montaje.

Para evaluar la factibilidad del uso de lámparas HID se debe hacer un estudio de costo del proyecto, de la tarifa eléctrica aplicable y un análisis de la recuperación de la inversión..

Las aplicaciones sugeridas para las lámparas HID son:

- Tiendas de departamentos.
- Salas de exposición.
- Almacenes.
- Aeropuertos.
- Lobbies de bancos y hoteles.
- Instalaciones deportivas.
- Centros de convenciones.
- Fábricas.

#### **2.8.5. LAMPARAS DE LUZ MIXTA.**

Lámparas de luz mixta (LM), son una combinación de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión (VM), y las lámparas incandescentes, corrigiendo la luz azulada de las lámparas de VM. En estas lámparas la carencia de radiaciones rojas del mercurio, se suple con la adición de un filamento incandescente en el mismo bulbo.

Este tipo de lámpara se construye de la siguiente manera: dentro del mismo bulbo exterior se sitúa un tubo de descarga, fabricado de cuarzo y relleno de vapor de mercurio y argón, y un filamento de tungsteno conectado en serie con el tubo. Las características técnicas de este filamento son calculadas de tal manera que su resistencia ohmica, puede estabilizar la descarga eléctrica en el tubo de descarga. De esta manera, se evita la utilización de balastro, por lo que este tipo de lámparas puede conectarse directamente a la línea de alimentación. Se diseña para operar a 120 ó 220/240 volts.

Las lámparas de luz mixta son menos eficientes y de menor duración que las de VM que funcionan con balastro separado. Ello es debido a la baja eficiencia del filamento de tungsteno; este filamento es de larga duración (6000 hrs).

##### **2.8.5.1. APLICACIONES DE LAS LAMPARAS DE LUZ MIXTA (LM).**

Las lámparas de LM se utilizan en instalaciones interiores y exteriores. En interiores para alumbrado de naves de fábricas, talleres, salas de máquinas y otros lugares de trabajo.

En alumbrado exterior se utilizan en calles, plazas, vías de comunicación, etc. Al ser conectadas directamente a la red, pueden substituir con ventaja a las lámparas incandescentes en instalaciones ya existentes.

## **2.8.6. LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO (VM).**

La primera lámpara de vapor de mercurio (VM) de uso práctico, fué construida por Peter Cooper Hewitt en el año de 1901; éra de forma tubular y media 1.22 metros. Producía una luz de un color característico verde azulado de gran eficiencia, en comparación con las lámparas incandescentes de aquellos días. La primera lámpara de vapor de mercurio de alta presión, similar a las actuales, hizo su aparición en el año de 1934 en la potencia de 400 watts. La potencia de las lámparas actuales varía de 40 a 1800 watts.

### **2.8.6.1. FUNCIONAMIENTO DE LA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO (VM).**

La lámpara de vapor de mercurio (VM) consiste en una bombilla exterior llena de gas inerte (generalmente nitrógeno) que forma un envase protector para el tubo de arco interior. El tubo de arco contiene mercurio puro; como el mercurio no ejerce mucha presión al vaporizarse a la temperatura ambiente también se agraga gas argón para facilitar el encendido. Cuando se cierra el circuito se aplica voltaje de arranque al electrodo principal y al arranque. Esto inicia el arco de argón, el cual a su vez calienta al mercurio hasta vaporizarlo. Las partículas ionizadas de mercurio reducen la resistencia entre los electrodos principales hasta el punto en que el arco principal ya puede iniciarse.

Cuando todo el mercurio dentro del tubo del arco se ha vaporizado, se dice que la lámpara ya está en condición estable. Como la resistencia del arco principal es mucho más baja que la del circuito de arranque, el arco de arranque cesa. Estas lámparas tardan de 3 a 5 minutos para alcanzar el 80% de su luminosidad total, este periodo puede prolongarse más cuando hace frío.

### **2.8.6.2. CONSTRUCCION DE LA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO (VM).**

La bombilla de la lámpara de VM puede ser de cristal transparente o estar cubierta en su interior de fósforo. Los dos tipos son intercambiables, siempre y cuando tengan la misma potencia en watts; no obstante, si se cambian las bombillas exteriores, la distribución fotométrica de la lámpara será diferente. El fósforo convierte la radiación ultravioleta en luz visible y proporciona un mejor balance de luz, desde el punto de vista del color.

### **2.8.6.3. APLICACIONES DE LA LAMPARA DE VM.**

La posibilidad de aplicación de la lámpara de VM son muchas. La economía que representan por su rendimiento luminoso y su larga vida permite realizar iluminaciones en las que se requiere una luz abundante con una aceptable reproducción cromática.

Se usa para alumbrado exterior en: alumbrado público, estacionamientos, obras, etc. En interiores se utilizan para iluminar naves industriales, salas de ventas, lobbies, etc.

### **2.8.6.4. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE LAMPARAS DE VM.**

a) La lámpara de VM debe usarse solamente en luminarios con circuitos equipados apropiadamente.

b) La operación con equipo incompatible, puede causar la destrucción de la lámpara pudiendo producir daños físicos a personas o al equipo.

c) A pesar de que la lámpara de VM de base media puede usarse en portalámparas ordinarias (base media), nunca deberá instalarse en tales portalámparas sin el balastro adecuado para la operación de lámparas de VM.

d) Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara.

e) Si el bulbo exterior se rompe, deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de los rayos ultravioleta.

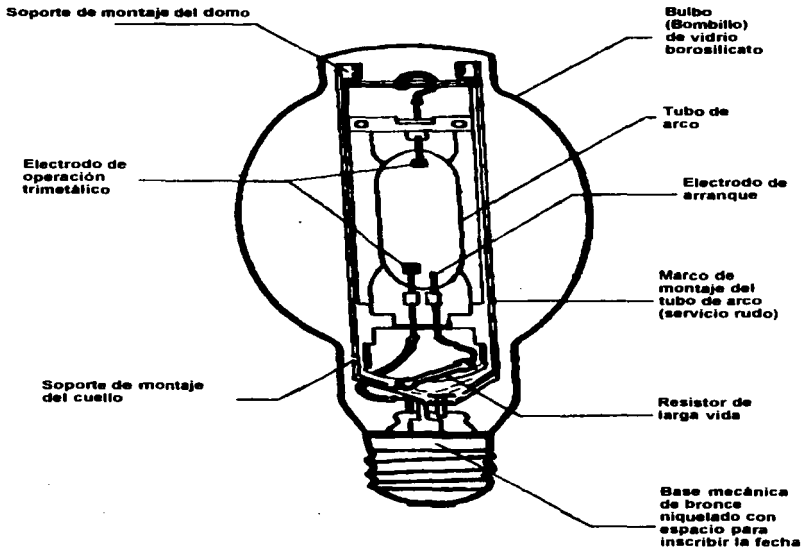


FIGURA 2.15 Partes de la lámpara de Vapor de Mercurio (VM).

### **2.8.7. LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.**

Las lámparas de aditivos metálicos (MH), corresponden a la familia de las lámparas HID y es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. Además, incorpora todas las características deseables de otras fuentes de luz:

- Alta eficiencia.
- Largo periodo de vida (hasta 20,000 horas).
- Excepcional rendimiento de color.
- Buen mantenimiento de lúmenes.

Las lámparas de MH se encuentran en el mercado para capacidades de consumo de entre 70 y 1500 watts. El diseño de una lámpara de MH es similar al de una de VM y tiene las mismas dimensiones y tamaño para la misma potencia.

#### **2.8.7.1. CONSTRUCCION DE LA LAMPARA MH.**

Las lámparas de MH están construidas de un bulbo exterior con un tubo de arco interior hecho de cuarzo; el tubo de arco opera a alta presión a muy altas temperaturas (aprox. 1100 °C). El tubo de arco y el bulbo exterior podrían romperse debido a diversas causas internas o externas tales como una falla en la alimentación o en su aplicación.

#### **2.8.7.2. PRINCIPIOS DE OPERACION DE LAS LAMPARAS MH.**

Los yoduros aditivos, en el sistema de aditivos metálicos, tienen el punto de ebullición considerablemente más alto que la temperatura de las paredes del tubo del arco; por lo tanto, algunos materiales permanecen condensados en estado sólido. Las cantidades de yoduros metálicos vaporizados se rigen por la temperatura del punto más frío de la superficie interior del tubo del arco, esto ejerce gran influencia sobre algunas de sus características.

La lámpara de MH hace uso del mismo principio de operación de las lámparas de VM pero difiere en características y requerimientos de arranque. Cuando el voltaje se aplica a la lámpara se inicia la ionización en el espacio existente entre el electrodo de operación adyacente. Debido a la presencia de yoduros metálicos, en el tubo de arco, el voltaje de operación requerido para la ionización es mucho más alto en la lámpara de MH. Cuando existe suficiente ionización se establece un flujo de electrones en los electrodos principales; una vez establecido el arco de la lámpara empieza a calentarse. Conforme la temperatura se va incrementado, los yoduros metálicos van integrándose al flujo del arco, emitiendo su radiación característica. Debido a la naturaleza del sistema de yoduros metálicos, las exigencias básicas del balastro son más severas que en las requeridas en el balastro de las lámparas de VM.

Cuando la lámpara ha logrado su estabilización y los aditivos metálicos se encuentran en el arco en concentración apropiada, sus efectos se notan claramente. La emisión espectral de la lámpara tiene todas las longitudes de onda a las cuales responde el ojo humano y adicionalmente, mucha de la energía radiada se desplaza en áreas del espectro donde la lámpara de VM. es deficiente.

Las lámparas de MH son lámparas de descarga y requieren de tiempo para su reencendido y para alcanzar su máxima luminosidad después de una falla en el suministro. Para obtener el consumo eléctrico total (watts), agrage el consumo de los equipos auxiliares utilizados. En operación, la variación en el color de la lámpara es una característica propia del tipo de lámpara; sin embargo, puede ser influenciada por variaciones en las condiciones de operación; esto no significa que el sistema o la

lámpara fallen. Además, es normal que con el tiempo de operación, la lámpara cambie gradualmente su color a uno más calido.

### **2.8.7.3. RECOMENDACIONES DE OPERACION DE LA LAMPARA MH.**

a) La lámpara debe ser solamente operada en la posición de operación especificada con el equipo eléctrico compatible y en luminarios adecuados según su aplicación. Los luminarios utilizados deberán contar con un difusor o lente protector de un material que soporte fragmentos de cuarzo o vidrio a alta temperatura (1100 °C).

b) Aíste eléctricamente cualquier soporte metálico que este en contacto con el bulbo exterior para evitar una descomposición del vidrio.

c) En operación continua la lámpara deberá apagarse una vez por semana por lo menos 15 minutos, de lo contrario se incrementará el riesgo de una falla prematura o ruptura.

d) Proteja la lámpara de cualquier contacto con líquidos (tales como lluvia, rocío, o nieve.) para evitar una fractura causada por choque térmico.

e) Enrosque la lámpara firmemente (sin forzarla) a su base para asegurar un buen contacto eléctrico y así también evitar que se afloje por la vibración. NO aplique una fuerza excesiva al enrosclarla ya que podría ocasionar que se rompiera el bulbo exterior.

f) El bulbo exterior no deberá estar raspado, ya que podría romperse durante su instalación u operación.

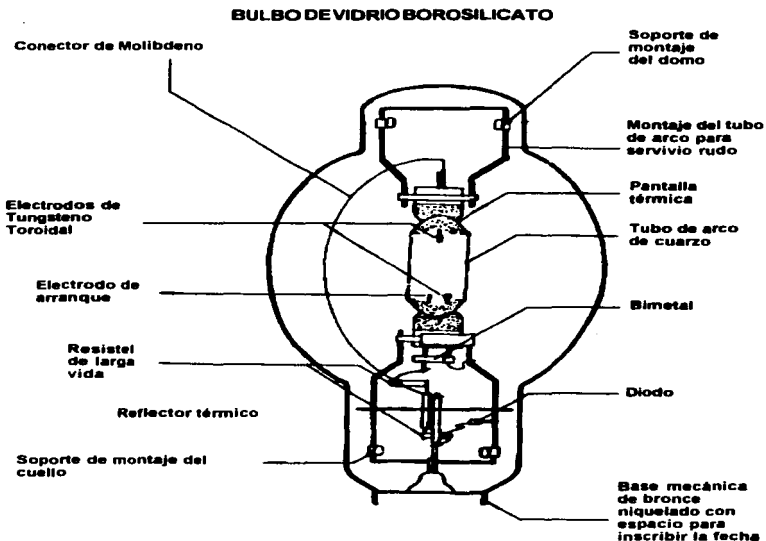
g) Desconecte la lámpara y dejela enfriar antes de cambiarla para evitar quemaduras o alguna descarga eléctrica.

h) Cambie las lámparas cuando cumplan su vida de operación. Después de la vida especificada, la luz emitida disminuye mientras que el consumo eléctrico y el riesgo de una fractura aumentan.

i) Si se llegara a romper el bulbo exterior y la lámpara continua operando, inmediatamente desconecte la energía y cambie la lámpara después de que se enfríe; ya que de no hacerlo, está puede causar serias quemaduras e inflamación en los ojos por la emisión de rayos ultravioleta.

### **2.8.8. LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION.**

Para iluminación de seguridad, las lámparas de vapor de sodio a baja presión (LPS) ofrecen la mayor eficiencia luminosa. debido a que el espectro de frecuencia que emite esta lámpara, está presente únicamente el color amarillito. Se puede aplicar en lugares con mucha niebla y lugares con contaminación visual, ya que el ojo es más sensible a este color y facilita su vision. Las lámparas LPS tienen una eficiencia luminosa de hasta 183 LM/W. Aunque la lámpara LPS es de baja presión será tratada junto con las lámparas de alta intensidad de descarga.



**FIGURA 2.16** Partes de la lámpara de Aditivos Metálicos (MH).

### **2.8.8.1. CONSTRUCCIÓN DE LA LAMPARA LPS.**

Este tipo de lámpara está construida principalmente por un tubo de vidrio en forma de "U" en el cual se realiza la descarga. Este tubo se encuentra alojado dentro de un bulbo tubular también de vidrio, que sirve de protección mecánica y térmica; reforzada esta última por el vacío que se hace del espacio interior entre el tubo y el bulbo. Como el sodio ataca el vidrio ordinario, la pared interna del tubo de descarga se protege con una capa de bórax.

En la actualidad a las lámparas LPS se les ha incluido en la pared interna del bulbo exterior una delgada capa de óxido de estaño o de óxido de indio, lo cual actúa como reflector infrarrojo y mantiene así la pared del tubo de descarga a la temperatura correcta de funcionamiento (270°C). En los extremos de los tubos de descarga se encuentran dos electrodos formados por un filamento de wolframio en espiral doble o triple, en cuyos extremos se deposita un material emisor de electrones (generalmente óxido de torio o de tierras raras).

El interior del tubo contiene, además, un gas noble (generalmente neón), que favorece el encendido de la lámpara y la cantidad de sodio en forma de gotas que se deposita en forma regular, una vez condensado después de la descarga en pequeñas cavidades existentes en la periferia del tubo.

#### **2.5.5.2. FUNCIONAMIENTO DE LA LAMPARA LPS.**

La tensión de encendido de la lámpara LPS es de 480 y 600 volts según los tipos y, como la tensión de la red suele ser de 220 volts, se necesita de un aparato de alimentación con autotransformador que eleve la tensión de la red al valor necesario para el encendido. Al conectar la lámpara se produce una descarga a través del gas neón que rellena el tubo, emitiendo una luz rojiza característica de este gas.

El calor generado por el paso de corriente en el tubo de descarga, vaporiza el sodio progresivamente hasta convertirlo en el soporte principal de la descarga. En el período de arranque, el color de la luz emitida por la descarga va variando paulatinamente del color rojo al color amarillo. El flujo luminoso en un principio es muy escaso y aumenta con lentitud, solamente cuando la descarga se hace a través del vapor de sodio, comienza un rápido incremento del mismo.

#### **2.5.5.3. CARACTERISTICAS DE ILUMINACION CON LAMPARAS LPS.**

Debido a la luz monocromática de la lámpara LPS, la deformación de los colores de los objetos iluminados es muy notoria; por esta razón, este tipo de lámpara no se utiliza muy frecuentemente en iluminación de interiores. Pero a causa de su luminancia y del tono amarillo de la luz, pueden verse los objetos con todos sus detalles, por ello, esta lámpara es muy apropiada para la iluminación en aquellos lugares donde la agudeza visual es muy indispensable, sin que sea indispensable la perfecta visión de los colores.

#### **2.5.5.4. APLICACION DE LA LAMPARA LPS.**

- En fábricas industriales como fundiciones, etc.
- Iluminación de monumentos, edificios, etc.
- En carreteras, calles, parques, autopistas, etc.

#### **2.5.9. LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION.**

La lámpara de vapor de sodio a alta presión (HPS), es la lámpara más eficiente de las lámparas de alta intensidad de descarga (HID). La luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través del vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura. Sus características físicas y fotométricas son diferentes a otros tipos de lámparas HID.

El desarrollo de una lámpara que tuviera características de larga vida para uso de iluminación general, requirió del descubrimiento en el campo de la tecnología de materiales. El desarrollo de una nueva cerámica, el óxido de aluminio policristalino (polycrystalline aluminum oxide), fué la clave para poder fabricar lámparas de vapor de

sodio a alta presión. Para usos prácticos, este material es extremadamente resistente al ataque del vapor de sodio y puede soportar las altas temperaturas de operación que requiere el logro de una gran eficiencia y, adicionalmente cuenta con excalantes características para la transmisión de luz visible.

#### **2.8.9.1. FUNCIONAMIENTO DE LA LAMPARA HPS.**

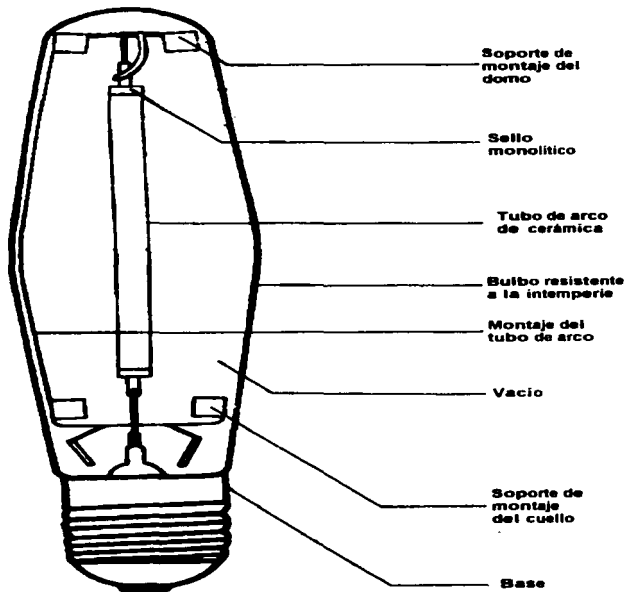
Para su ignición, la lámpara requiere voltajes extremadamente altos debido a la geometría del tubo de arco, el cual deberá de ser largo y estrecho, a fin de lograr la máxima eficiencia y, además, el hecho de no usar electrodos de arranque sino únicamente gas xenón que facilita la ignición inicial. La función de arranque se logra por medio de un circuito electrónico (ignitor), que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El ignitor provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad de ciclo de voltaje de alimentación. El pulso tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y de esta forma, iniciar la secuencia de la lámpara.

La lámpara HPS se fabrica con exceso de sodio, en forma de amalgama con mercurio, ya que después de un periodo de operación de la lámpara, parte del vapor de sodio se pierde en el flujo del arco y absorción de las paredes, y el exceso de sodio sirve para compensar las pérdidas. La lámpara HPS requiere un periodo de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez. Durante el periodo de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz, inicialmente existe un débil resplandor azul, típico de la luz de mercurio. Con incremento en la brillantez, se efectúa un cambio al amarillo monocromático, característico del sodio a baja presión. Así, cuando la presión en el vapor del arco se incrementa, la lámpara logra su completa brillantez, produciendo una luz blanca dorada. Si existe una interrupción de la energía, el tiempo de reencendido será de aproximadamente un minuto.

#### **2.8.9.2. RECOMENDACIONES .**

- a) Las lámparas HPS deben usarse solamente en luminarios con circuito apropiadamente equipado. La operación con equipo que no sea compatible, puede causar daños en la lámpara, heridas personales o daños a equipo.
- b) Se recomienda desconectar el circuito al quitar o colocar la lámpara.
- c) Si el bulbo exterior se rompe, deberá desconectarse inmediatamente al circuito de la lámpara para evitar la exposición a los rayos ultravioleta, que son dañinos a los ojos y a la piel.
- d) Debido a que el bulbo exterior de la lámpara se encuentra al vacío, puede explotar si se rompe. Por lo que no debe someterse al bulbo a ninguna presión.
- e) No debe existir ningún metal exterior en contacto con el bulbo exterior de la lámpara, y debe de estar eléctricamente aislado para evitar la descomposición del vidrio.
- f) A pesar de que el bulbo de la lámpara se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere una protección externa para la lámpara, con el objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar el contacto con el agua durante la operación.

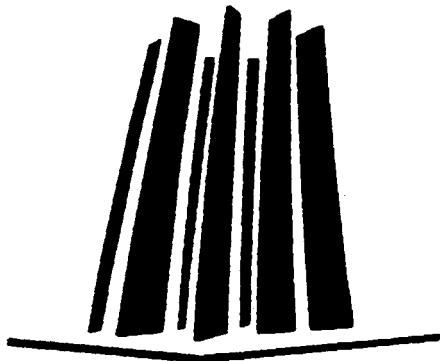




**FIGURA 2.17** Componentes básicos de la lámpara de VSAP.



# ***CAPITULO III***



## **TERCER CAPITULO BALASTROS**

### **3.1. GENERALIDADES.**

Todas las lámparas que producen luz por medio de un arco eléctrico en un ambiente gaseoso requieren de un dispositivo externo que limite la corriente de operación. Debido a que el tubo de descarga de este tipo de lámparas tiene una impedancia negativa, si esta corriente no se controla seguirá incrementándose hasta destruir la lámpara. Este dispositivo externo se llama *balastro*.

Las lámparas compacto fluorescentes (CFL's) son lámparas de descarga en gas que requieren de un balastro para arrancar y operar adecuadamente. Todos los balastros consumen cierta cantidad de energía que debe siempre de considerarse cuando se determine la eficacia de un sistema.

Todos los sistemas modulares como los integrales combinan una base tipo Edison y un balastro para la instalación directa en los luminarios para lámparas incandescentes. Todas las otras CFL's están diseñadas para operar con un balastro externo que debe ser específico para cada tipo de lámpara y potencia. Las opciones de balastros para CFL's son las siguientes:

- ① **BALASTROS TIPO SERIE CON FACTOR DE POTENCIA NORMAL.** Estos balastros son comunes en las lámparas pequeñas de dos alfileres. Tienen generalmente factor de potencia muy bajo (0.45 para 120 V y 0.25 para 277 V), por lo que es importante calcular cuidadosamente la carga real de los circuitos cuando se diseña el sistema eléctrico.
- ② **BALASTROS TIPO SERIE DE ALTO FACTOR DE POTENCIA.** También diseñados para lámparas pequeñas de precalentamiento, estos balastros tienen capacitores para elevar el factor de potencia de 0.9 mínimo. Son más caros y más grandes que los de bajo factor, pero permiten reducir los costos de los circuitos de alimentación.
- ③ **BALASTROS ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.** Las lámparas de mayor potencia diseñadas para bases ZG11 de 4 alfileres pueden generalmente operar con balastros similares a los usados con las lámparas fluorescentes estándar. La mayor parte son del tipo ahorradores de energía y cumplen con las normas americanas de balastros.
- ④ **BALASTROS PARA VARIAR LA POTENCIA DE LAS LAMPARAS (DIMMEABLES).** Las lámparas de 4 alfileres sin arrancador pueden usarse tanto con un balastro electromagnético dimmeable que incluye una caja de control en pared, como por un dimmer electrónico o un balastro electrónico dimmeable. Se recomienda consultar la información técnica de los fabricantes.
- ⑤ **BALASTROS ELECTRONICOS.** Existen muchos productos integrales disponibles actualmente que combinan una lámpara de tubo gemelo doble o sencillo con un balastro electrónico. Esta combinación elimina el flicker indeseable que se presenta durante el arranque en las CFL's con arrancador integrado en la base.

### **3.1.1. DEFINICION DEL BALASTRO.**

De acuerdo con las normas nacionales, un balastro "Es un dispositivo que, por medio de inductancias, capacitancias o resistencias solas o en combinación, limita la corriente de las lámparas al valor requerido para su operación correcta y también cuando es necesario suministra la tensión y corriente de arranque; en el caso de balastros para lámparas fluorescentes de arranque rápido, también se encarga de suministrar la tensión para calentamiento de cátodos.

### **3.1.2. CLASIFICACION.**

Los balastros se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Para lámparas fluorescentes.
- b) Para lámparas de alta intensidad de descarga (HID).
- c) Para lámparas de baja intensidad de descarga (LID).

También pueden clasificarse de acuerdo con su factor de potencia. Los hay de factor de potencia bajo o normal (menor de 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor de potencia (mayor de 0.9).

### **3.1.3. FUNCIONES.**

El balastro en general tiene como funciones:

- a) Proporcionar la tensión o tensiones de encendido y operación de la lámpara.
- b) Limitar la corriente de operación de la lámpara.
- c) Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.
- d) Corregir el factor de potencia (en los tipos de factor corregido y alto factor).
- e) Amortiguar las variaciones de la tensión de línea.
- f) En algunos tipos reducir la radiointerferencia producida normalmente por el conjunto lámpara-balastro.
- g) En circuitos de encendido rápido (ER) proveer un calentamiento continuo a los filamentos de la lámpara.

### **3.1.4. EFECTO DE LA TENSION DE LINEA.**

Si la tensión de línea es mayor o menor que aquella para la que el balastro ha sido diseñado, esta condición puede afectar la vida de la lámpara, la vida del balastro y la cantidad de luz producida.

Generalmente los balastros no se ven afectados seriamente cuando la tensión en la instalación es menor que la mínima recomendada para su operación óptima. Sin embargo, se tendrá una vida más corta en las lámparas y menor producción de luz. Además el encendido de las lámparas se dificultará.

Tensiones de alimentación superiores a las de diseño del balastro, disminuirán su vida útil, aunque se aumente la cantidad de luz producida. Generalmente también se reducirá la vida de la lámpara. En las lámparas en que se precalientan los electrodos antes de producirse el arco (precalentado y arranque rápido), puede producirse un arranque instantáneo que perjudicará a los cátodos. Otro efecto que se produce al tenerse una tensión de alimentación superior a la nominal es una elevación de la temperatura de operación del balastro, lo cual disminuye su vida. En general, los balastros para lámparas fluorescentes deben operarse dentro de un rango de  $\pm 7\%$  de la tensión nominal.

### **3.1.5. FACTOR DE POTENCIA.**

El factor de potencia puede definirse como la eficiencia relativa en el uso de la energía eléctrica (no significa necesariamente mayor potencia). Por lo tanto, el factor de potencia es la relación entre la potencia (watts) entregada al conjunto balastro-lámpara y la magnitud de la tensión multiplicada por la corriente, suministradas por la línea de alimentación.

Específicamente los balastos de alto factor de potencia son aquellos que tienen una relación entre los watts entregados al conjunto balastro-lámpara y los volts-amperes suministrados por la línea de alimentación de más de 0.9 ó 90%. Cuando un balastro no indica que es de alto factor de potencia, se considera que opera por debajo de dicho límite. Un bajo factor de potencia menor que la unidad produce los siguientes casos indeseables:

a) Se requiere una mayor corriente para obtener cierto valor dado de potencia. Un aumento en la corriente produce mayores pérdidas de potencia ( $I^2R$ ) y una mayor caída de tensión ( $IZ$ ) en todos los conductores por los que circula. Para compensar estos efectos se requieren conductores de mayor calibre, lógicamente más costosos.

b) Las cargas que exigen corriente atrasada (inductiva) obligan a los transformadores a trabajar con una mala regulación de tensión. En otras palabras, la tensión en las terminales de los alternadores y transformadores disminuye conforme el factor de potencia tiene un valor atrasado o si se tiene una mayor corriente de carga, aunque el alternador opere a velocidad constante, o el transformador reciba una tensión constante. Para compensar este efecto se puede utilizar equipo que estabilice la tensión, con un costo adicional.

Los balastos requieren una cantidad específica de potencia. Esta cantidad puede suministrarse a un nivel menor de corriente de línea si se utiliza equipo de "alto factor de potencia". Por el contrario, el equipo de "factor de potencia normal" requiere mayor nivel de corriente eléctrica y, por lo tanto, se sobrecargan los circuitos.

Los balastos de "alto factor de potencia" muestran las siguientes ventajas:

- 1.- Evitan posibles recargos en las cuentas por concepto de energía eléctrica.
- 2.- Los costos de alambrado son menores ya que los balastos de bajo factor de potencia requieren alrededor del doble de corriente de línea que los balastos de alto factor de potencia y, por lo tanto, exigen conductores de mayor calibre para conducir la energía eléctrica.
- 3.- Al utilizar balastos de alto factor de potencia, se pueden instalar más luminarios por circuito y se simplifica el equipo de protección.

### **3.1.6. PROTECCION TERMICA DE LOS BALASTROS (CLASE P).**

Los balastos protegidos térmicamente (opcional) contra sobrecalentamientos por medio de un protector sensible a la temperatura de los devanados y a la magnitud de la corriente eléctrica, deben prevenir que la temperatura de su caja metálica exceda 110°C, de acuerdo con los últimos requisitos de prueba de Underwriter's Laboratories, Inc. (UL). El protector debe permitir que la temperatura mínima de los devanados llegue a 105°C bajo condiciones normales, a temperatura ambiente de 40°C sin desconectar el circuito del devanado primario, y después de abrirse, no debe volver a cerrarse por encima de los 85°C. Los luminarios deben estar diseñados de manera que la temperatura en los devanados del balastro no exceda el límite de 105°C (UL) y la temperatura en la caja

metálica del balastro no exceda 90°C. Los balastros que cumplen estas especificaciones según UL se conocen como "balastros clase P".

El protector térmico (figura 3.1) es un dispositivo bimetalico que abre y cierra el circuito de operación del balastro. Se coloca cerca de las bobinas y en serie con la corriente de línea del balastro. Es sensible a la corriente y a la temperatura. Reacciona a cada una por separado o a ambas juntas. Si se presenta una falla que incremente el valor de la corriente de línea o el montaje del balastro haga que éste eleve indebidamente su temperatura, el protector térmico actuará desconectando al balastro del circuito. Cuando la temperatura del compuesto de encapsulado llega a los 105°C (aproximadamente 120°C en las bobinas), el protector térmico se abre; y cuando la temperatura desciende a 83°C, se cierra. El ciclo se repite indefinidamente hasta que la causa de la elevación de la temperatura es corregida.

**NOTA:** Para que el protector térmico no actúe frecuentemente, es necesario que los luminarios estén diseñados e instalados de manera que la temperatura en los devanados no exceda el límite de 105°C y la temperatura en la caja metálica del balastro no exceda de 90°C. Un luminario mal diseñado o instalado obligará al termoprotector a actuar.

### 3.1.7. RUIDO.

Se puede clasificar el ruido producido por los balastros en dos grupos:

- a) El que se presenta con una frecuencia entre 100 y 500 Hz.
- b) El que se manifiesta a 1000 ó más hertz.

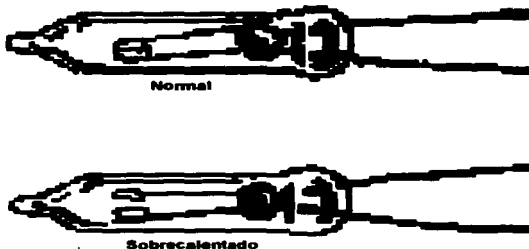


FIGURA 3.1 Protectores Térmicos.

El primero es causado por la vibración del núcleo de acero y la caja del balastro bajo la influencia de las fuerzas ejercidas sobre ellos por el campo magnético. El segundo es producido por las armónicas elevadas de la corriente de la lámpara. Hay tres formas posibles en que este ruido puede ser amplificado:

- Método inadecuado de montaje del balastro en el luminario. Se recomienda que todos los agujeros de la base del balastro se utilicen para fijar firmemente el balastro al luminario.
- Luminario mal diseñado. Si el luminario no está bien diseñado, tiene partes sueltas o su construcción y montaje no son rígidos, provocará una amplificación de ruido.
- Características resonantes del techo, piso, paredes y muebles.

El nivel de ruido ambiente en el interior también es muy importante y debe ser cuidadosamente considerado. Resulta obvio que el ruido producido por el balastro es más importante en una estación de radiodifusión que en una tienda.

La elección del balastro para lámparas fluorescentes debe hacerse en base al nivel sonoro del lugar en que ha de instalarse. Los balastros están clasificados según grupos dependientes del nivel de intensidad sonora ambiente. En la Tabla 3.1 se muestra esta clasificación.

**1a. ELECCION:** El uso de los balastros en esta clasificación será satisfactoria para el nivel de ruido ambiente.

**2a. ELECCION:** En esta clasificación, el uso de los balastros será satisfactorio, pero debe montarse bien en el luminario y, deben considerarse las características resonantes del techo, piso, paredes y muebles.

**3a. ELECCION:** El uso de los balastros en esta clasificación exige un buen montaje del balastro, luminario bien diseñado, poca resonancia de techo, piso, paredes y muebles; y no deben esperarse periodos de silencio excepcional.

En las tablas de características de operación de los balastros, se incluye su clasificación por sonido recomendable para su instalación. Para tener criterio de elección, se incluye la Tabla 3.2.

**TABLA 3.1 CLASIFICACION POR SONIDO Y APLICACIONES.**

EJEMPLOS DE APLICACION	PROMEDIO DE RUIDO EN DECIBELIOS EN EL MEDIO AMBIENTE	CLASIFICACION POR SONIDO
Residencias (1) Bibliotecas (1) Estaciones de Radio y TV Iglesias	20 A 24	A
Residencias (2) Bibliotecas (2) Escuelas Salas de lectura	25 A 30	B
Edificios Oficinas(1) Almacenes(1)	31 A 36	C
Tiendas (1) Oficinas (2) Salas de clase	37 A 42	D
Tiendas (2) Almacenes Industria Ligera Alumbrado exterior	43 A 49	E
Industria pesada Alumbrado público Parque de diversiones	49 en adelante	F

**TABLA 3.2 CLASIFICACION POR SONIDO.**

NIVEL DE RUIDO AMBIENTE EN EL RECINTO	1a. ELECCION	2a. ELECCION	3a. ELECCION
20 - 24 DECIBELIOS	A	B	C
25 - 30 DECIBELIOS	B	C	D
32 - 36 DECIBELIOS	C	D	
37 - 42 DECIBELIOS	D		

### 3.2. BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

Los sistemas fluorescentes se dividen en tres grandes categorías de acuerdo a su encendido:

a) **ENCENDIDO PRECALENTADO (EP).** El diseño de este tipo de lámpara requiere que sus electrodos sean calentados antes del arranque. En serie con los filamentos y en paralelo con la lámpara debe colocarse un dispositivo arrancador (conocido también como cebador) que puede ser manual o automático (figura 3.2). Al energizar el circuito, la corriente pasa a través del balastro, de los electrodos y del arrancador. Al calentarse los electrodos, emiten electrones que ionizan el gas que rodea a los electrodos hasta que enciende. Durante este periodo de encendido, el balastro limita el flujo de corriente a un



valor adecuado para precalentar los electrodos, los cuales, después de algunos segundos, alcanzan su temperatura apropiada y en ese momento, el interruptor de arranque se abre ocasionando la desconexión de la trayectoria paralela de flujo de corriente, quedando el gas de la lámpara como único medio conductor, el cual, ayudado por la potencia que le suministra el balastro, logra el arco a través del tubo.

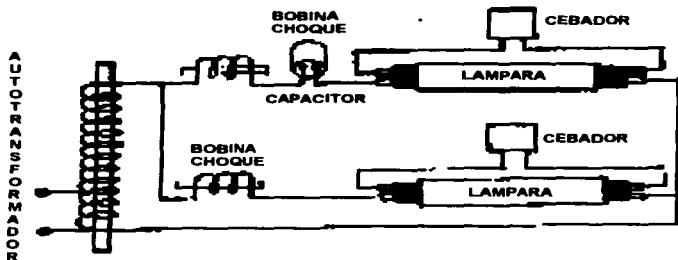


FIGURA 3.2 Circuito con dispositivo arrancador (precalentado).

En este encendido se usan tres tipos principales de circuitos:

» **Reactor serie:** Este circuito es utilizado cuando el voltaje de encendido de la lámpara es igual o menor al voltaje de línea. Debido a la alta inductancia, este circuito es de bajo factor de potencia, pero con un capacitor apropiado se puede hacer la corrección al valor deseado. Debido al costo adicional del capacitor, el reactor serie de alto factor de potencia se recomienda cuando el número de lámparas es grande, de modo que pueda afectar al factor de potencia de toda la instalación.

» **Autotransformador de alta reactancia para una lámpara:** Se usa cuando se quieren aprovechar las ventajas de un reactor serie, pero la tensión de alimentación al balastro es diferente a la de arranque de la lámpara. Este circuito es de bajo factor de potencia, pero al igual que en el reactor serie, es posible hacer la corrección mediante un capacitor de valor adecuado.

» **Autotransformador para dos lámparas (Atras-adelante):** Para este arreglo se combina la primera sección del circuito con reactancia inductiva  $XL1$  y la segunda sección con reactancia inductiva  $XL2$  conectada en serie con una reactancia capacitiva  $XC1$  predominando esta última. En serie con esta segunda sección se conecta un devanado auxiliar de compensación con  $XL3$  para proveer de una corriente mayor en el arranque, lográndose un encendido más satisfactorio y una duración mayor en las lámparas. Este circuito es de alto factor de potencia y disminuye el efecto estroboscópico (figura 3.3).

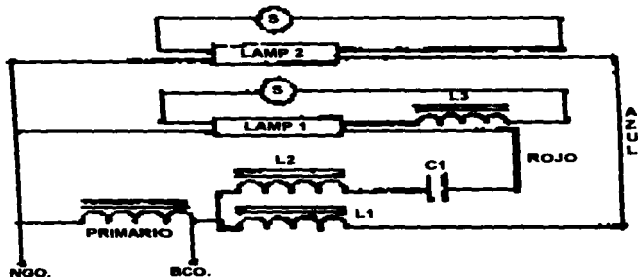


FIGURA 3.3 Autotransformador para dos lámparas (atras-adelante).

b) **ENCENDIDO INSTANTANEO (Ei).** En este sistema de encendido (figura 3.4), se inicia el arco por medio de la aplicación de un voltaje alto sin que los electrodos hayan sido precalentados, es decir; no requieren la ayuda de un arrancador (con lo cual se reduce el mantenimiento). Por esta razón, los balastos de encendido instantáneo son de mayor tamaño y son económicamente recomendables sólo en el caso de usarse para encender dos lámparas, aunque desde luego existen circuitos para una lámpara.

En este encendido se usan tres tipos de circuitos principales:

- ◊ **Autotransformador para una lámpara:** Se usa cuando se requiere encender una sola lámpara con un factor de potencia corregido.
- ◊ **Atras-Adelante (Secuencia Serie):** En este circuito las lámparas encienden siguiendo un orden prefijado. Primero se efectúa el encendido de una de las lámparas aplicando tensión y corriente y una vez que esto se ha llevado a cabo se aplica tensión y corriente a la segunda lámpara.

Los circuitos con lámparas de Ei son recomendables para lugares donde hay problemas de variaciones de tensión o en lugares fríos, ya que las limitaciones de voltajes de encendido no son muy estrechas y los balastos se diseñan para tener tensiones de circuito abierto (OCV) muy altas.

- ◊ **Adelantado-Atrasado (Lead-Lag):** En este circuito las lámparas operan independientemente una de la otra. Se emplean principalmente en lugares donde la temperatura es muy baja. Este tipo de balastos son de mayor tamaño y mayor peso en comparación con los de secuencia serie (figura 3.5).

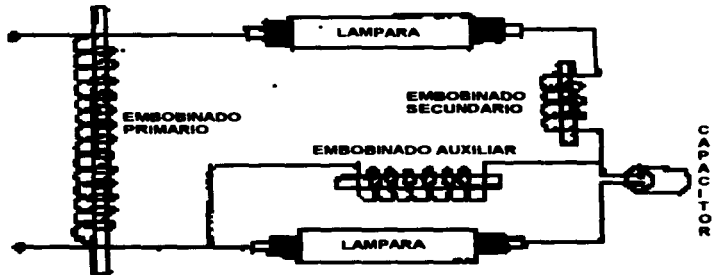


FIGURA 3.4 Circuito de arranque instantáneo.

c) **ENCENDIDO RÁPIDO.** Las lámparas de arranque rápido poseen cátodos menores, de baja tensión, que son precalentados por el balastro, eliminándose también la necesidad de un arrancador; dichos cátodos son precalentados por medio de devanados interconstruidos con el balastro que continúan provveyendo corriente a la lámpara después de su encendido (figura 3.5). El continuo calentamiento de los electrodos permite el arranque de estas lámparas a menor tensión que la requerida para encender las de arranque instantáneo. El reflector debe estar aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque.

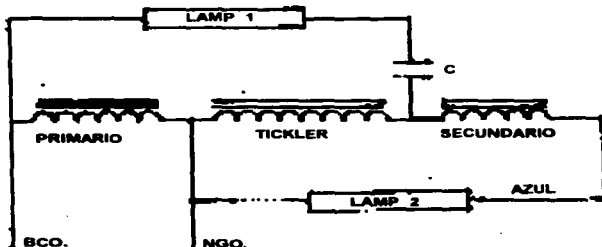


FIGURA 3.5 Circuito Adelantado-Atrasado.

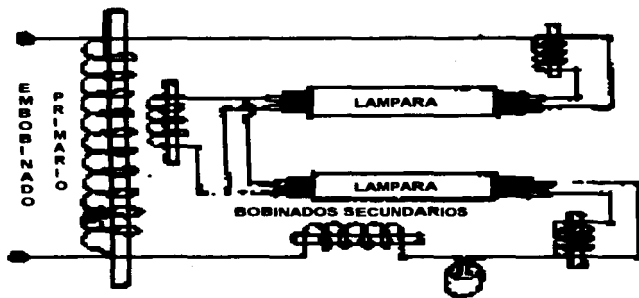


FIGURA 3.6 Circuito de arranque rápido.

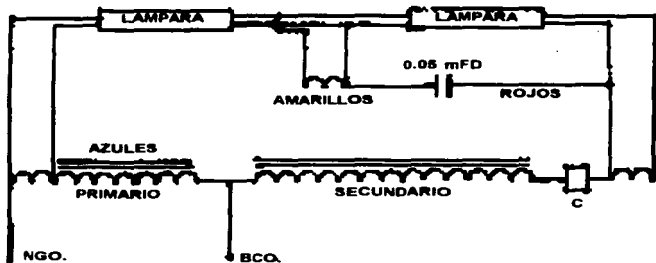
Los circuitos más usados para este tipo de encendido son:

- ① **Autotransformador para una lámpara:** El circuito es similar al de encendido precalentado, excepto por la inclusión de dos devanados que suministran un voltaje entre 2.5 y 4 voltos para calentar los electrodos. El OCV es de tal valor que enciende la lámpara sólo cuando los electrodos están calientes. Si se aumentara el valor del OCV para asegurar el encendido, la lámpara arrancarías como si fuera del tipo E1 y su vida se acortaría notablemente.
- ② **Autotransformador para dos lámparas (Secuencia Serie):** En este circuito las lámparas encienden una después de la otra. Tiene la ventaja de que con sólo proporcionar un OCV 25% mayor que el requerido para encender una sola lámpara es suficiente para encender las dos. Los balastos con este circuito tienen factor de potencia corregido, bajas pérdidas, bajo costo y producen menor interferencia debido a que los filamentos siempre están calientes (figura 3.7).

Dentro de las desventajas de los circuitos de ER está la dificultad de arranque con frío y humedad, la necesidad de una tierra física para aterrizar el reflector, la limitación para instalar los balastos remotos y los falsos contactos en las bases principalmente.

### 3.2.1. BALASTROS ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.

Son fabricados con alta tecnología y mejores materiales que los normales, con el objeto de reducir pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos.



**FIGURA 3.7 Autotransformador para dos lámparas.**

pero generalmente tienen la ventaja de contar con un termoprotector que evita sobrecalentamientos internos. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida.

Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Ahorran directamente 10% en promedio con respecto a los normales, además de que reducen la carga térmica. Por trabajar a temperaturas menores que los normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que pueden vivir entre 10 y 12 años. Para cálculos prácticos se acostumbra considerar una vida útil de 50,000 horas. Se encuentran disponibles en el mercado, aunque no ampliamente; esto se debe a que la demanda ha sido limitada y actualmente no representan más que el 1.32% del mercado total nacional en 1984.

El ahorro de energía es atractivo, con Factor de Balastro (FB) similar a los normales y Factor de Eficacia de Balastro superior. Al reducir la carga térmica se ahorra también en el equipo de acondicionamiento ambiental. Como son balastros termoprottegidos no desalojan compuesto asfáltico ni humos.

Deben acoplarse a lámparas compatibles con ellos y se debe tener cuidado de la procedencia ya que han llegado al mercado productos de origen oriental que no cumplen con los requisitos mínimos de calidad ni seguridad. Es recomendable comprobar que ostenten el sello CBM (Asociación de fabricantes de balastros en los E. U. que cumplen con las especificaciones ANSI-C82.1, C82.2 y C83.3) y UL.

### **3.2.2. BALASTROS HIBRIDOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.**

En general, se puede decir que los balastros híbridos son aquellos que combinan un conjunto núcleo-bobinas con un dispositivo de estado sólido. Existen dos tipos principalmente:

a) Con ayuda de arranque.- Son balastos de ER que no proveen calentamiento continuo a los cátodos. El encendido se logra por medio de una tensión transitoria proporcionada por el dispositivo de estado sólido, similar al ignitor para lámparas de VSAP. Con esto se logra reducir la potencia de línea sin disminución apreciable de la emisión luminosa. Se requiere de un cuidadoso diseño para evitar disminuir la vida de las lámparas.

b) Con cortador de filamentos.- Son balastos de ER que proveen durante el arranque de un calentamiento normal a los filamentos. Una vez encendida y estabilizada la lámpara, el dispositivo de estado sólido reduce gradualmente el calentamiento hasta eliminarlo por completo. Con esto se abate notablemente la potencia de línea sin una disminución apreciable de emisión luminosa ni de la vida de la lámpara.

### **3.2.3. BALASTROS ELECTRONICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.**

Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos o integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (4 ó 6 watts promedio), ayudando a mejorar la eficacia de la lámpara. Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable (dimmeables). A su vez, los de potencia variable puede tener dos o tres escalones definidos o bien los hay que pueden controlar la potencia en pasos discretos, en forma similar al dimmer de una lámpara incandescente.

En combinación con lámparas ahorradoras permiten ahorros de hasta 35% si se comparan con balastos y lámparas normales. El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los normales. Algunos modelos importados son muy eficientes y cuestan entre 4 y 5 veces más que los normales. Se recomienda su uso en lugares con buena ventilación, que no tengan temperaturas y vibración excesiva y, que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que su tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México y también es recomendable que ostenten el sello UL y CMB. Su vida útil es uno de los parámetros más difíciles de evaluar, se estima una vida útil de 20 años, pero esto depende del fabricante y de las condiciones de operación. Para fines prácticos, generalmente se consideran 50,000 horas.

Como trabajan con máximo Factor de Eficacia de Balastro (BEF), a alta frecuencia, con factor de cresta idóneo, excelente regulación, mínimo nivel de ruido, termoprotector integrado, pérdidas reducidas y otras cualidades, presentan una serie de beneficios técnicamente insuperables para el usuario, a un costo alto que en las condiciones actuales tendrá que evaluarse para decidir su aplicación.

### **3.3. BALASTROS PARA LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID).**

Las lámparas de alta intensidad de descarga (HID) son lámparas de descarga en gas que se han aplicado típicamente en aplicaciones exteriores. Son lámparas con un tubo de arco en el que se lleva a cabo la descarga de alta densidad, que opera a presiones y densidades de corriente suficientes para generar la radiación visible deseable para proporcionar luz.

Las lámparas de HID se han vuelto populares principalmente por tres razones.

- a) Alta eficiencia; más lúmenes por watt de potencia consumida.
- b) Fuentes de luz compactas; permiten un buen control de la luz con el uso de reflectores y refractores.
- c) Larga vida y mantenimiento de lúmenes; se reducen los costos de operación.

Estos balastos operan a las lámparas de Vapor de Mercurio en Alta Presión (VMAP), de Vapor de Aditivos Metálicos (VAM) y de Vapor de Sodio en Alta Presión (VSAP), aunque en esta categoría suele incluirse a las lámparas de Vapor de Sodio en Baja Presión (VSBP) que estrictamente pertenecen a las lámparas de Baja Intensidad de Descarga (LID).

Los balastos para lámparas de HID se diseñan y fabrican con una clasificación térmica mayor que la de los balastos fluorescentes (típicamente Clase H ó 180°C aunque los hay también clase C ó 200°C) y con núcleos magnéticos de materiales que soportan densidades típicas de saturación magnética (1.7 a 1.85 Teslas). Además, como su aplicación es predominantemente en exteriores se diseñan para ser más resistentes al medio ambiente.

Se encuentran generalmente en tres presentaciones: desnudo, en caja y en bote. Los primeros se montan directamente dentro de la carcasa de un luminario usando los orificios que se encuentran en las laminaciones del núcleo o por medio de los herrajes soldados al propio balastro. Los de tipo caja (similar a los fluorescentes) operan en interiores y están contenidos en un material asfáltico para favorecer la transmisión del calor y para reducir el ruido. Dentro de la caja se aloja el conjunto núcleo-bobinas, el capacitor y en su caso el Ignitor. Pueden tener también termoprotector integrado. Los de tipo bote se usan para montaje exterior remoto. Pueden instalarse en la punta o sobre las caras de los postes o también en la base. Las distancias a las cuales se pueden instalar estos balastos depende del tipo y potencia de la lámpara y del calibre del conductor. Como las lámparas de VSAP requieren de un ignitor que genere un pulso de voltaje alto pero con poca energía, las distancias son menores que para otros balastos, pero pueden llegar hasta 15 metros. Los fabricantes proporcionan información sobre los calibres y las distancias recomendadas para cada tipo de lámpara de modo que se garantice que la tensión de lámpara no caiga más del 1%.

Otra forma de clasificar a los balastos de HID es de acuerdo con la relación de fase. Cuando la corriente en la lámpara va atrasada con respecto al voltaje, se trata de un balastro atrasado. Cuando en serie con la lámpara está conectado un capacitor la corriente está adelantada con respecto al voltaje y entonces el balastro es adelantado.

Los circuitos más comunes son:

- a) Reactor serie
- b) Autotransformador Alta Reactancia
- c) Autotransformador Autorregulado
- d) Potencia Constante

### 3.3.1. REACTOR SERIE.

Es el tipo más sencillo y consta básicamente de una inductancia (reactancia inductiva) formada por una bobina en un núcleo de hierro con una pequeña interrupción o entrehierro en la trayectoria magnética. La función del entrehierro es obtener un cierto grado de linealidad, lo que mejora considerablemente la regulación.

Este balastro, también llamado bobina de choke se puede usar únicamente cuando la tensión de línea es mayor que la tensión de encendido de la lámpara. Como el circuito es muy inductivo, el factor de potencia es muy bajo (50%), pero puede corregirse si se conecta en paralelo un capacitor (el precio aumenta 20%). Por su simplicidad de construcción es el balastro más pequeño, más barato, más ligero y más eficiente a tensión nominal (figura 3.8). Sin embargo, su regulación deja mucho que desear:  $\pm 5\%$  de variación en la tensión de línea provoca  $\pm 12\%$  en la potencia de la lámpara, lo que repercute en la vida de ésta última y en la potencia de la línea y las pérdidas del balastro. Esto condiciona su uso a redes con excelente regulación.

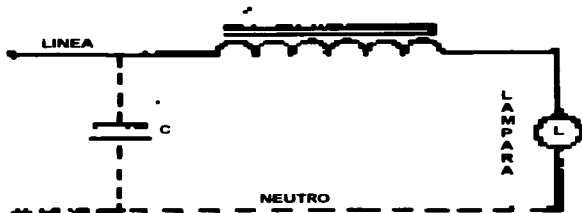


FIGURA 3.8 Reactor Serie.

El factor de cresta en la corriente de la lámpara es generalmente bajo (1.45 a 1.55), pero tiene el inconveniente de que la corriente de arranque es mayor que la corriente nominal, lo que debe tomarse en cuenta para el cálculo de las protecciones. El voltaje de extinción, que es la tensión con la que la lámpara se apaga es muy alto (75% del nominal), lo cual es otra deficiencia que debe considerarse. A pesar de sus inconvenientes, el reactor serie, si es adecuadamente utilizado, puede funcionar en una instalación de bajo costo con la suficiente confiabilidad.

### 3.3.2. AUTOTRANSFORMADOR ALTA REACTANCIA (HX).

Cuando el voltaje de línea es menor que el voltaje de lámpara se utiliza un autotransformador para elevar la tensión de entrada. El autotransformador de alta reactancia consiste de un autotransformador más un reactor serie combinados en una sola estructura (figura 3.9). Aunque el devanado primario y el secundario comparten un cierto número de vueltas, estrictamente se tienen dos bobinas. Las características de operación son similares a las del balastro serie, pudiéndose también corregir el factor de potencia por medio de un capacitor (50% más caro que el reactor serie bajo factor). Tiene además la desventaja de ser más grande y más caro (20% a 30% más que el reactor equivalente) y, con mayores pérdidas.



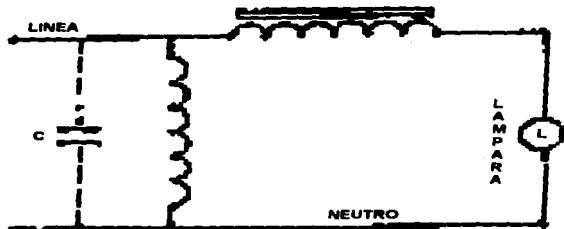


FIGURA 3.9 Autotransformador de alta reactancia.

### 3.3.3. AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO (CWA).

El balastro autotransformador autorregulado combina un transformador y una bobina de chokes en un sólo núcleo, lo que disminuye el tamaño y costo, aumentando la eficiencia. El circuito magnético está diseñado de modo que sólo parte del flujo magnético del primario enlaza al secundario; el resto del flujo es derivado de regreso al primario. El núcleo en el lado secundario puede o no tener una restricción magnética que modifique la forma de onda del voltaje inducido en el secundario.

Tanto en circuito abierto como en operación, los flujos primario y secundario son diferentes. En serie con la lámpara se conecta un capacitor, por lo que el circuito trabaja en adelanto. Controlando la corriente a través del primario en atraso, se obtiene fácilmente un alto factor de potencia (figura 3.10).

El contar con una capacitancia en combinación con una inductancia provee al circuito de mejor control sobre la operación de la lámpara. En este circuito, que siempre es de alto factor de potencia, las características en general son mejores que en los circuitos atrasados. Con  $\pm 10\%$  de variación en la tensión de línea se obtiene  $\pm 5\%$  en la potencia de lámpara. La corriente de encendido es menor que la corriente nominal y el voltaje de extinción es más bajo que en los circuitos atrasados (60% a 70% del nominal) mientras que las pérdidas son de valor medio si se las compara con otros tipos de circuitos a tensión nominal.

El precio es típicamente 50% mayor que el de reactor serie de bajo factor. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 aunque típicamente no rebasa el 1.85.

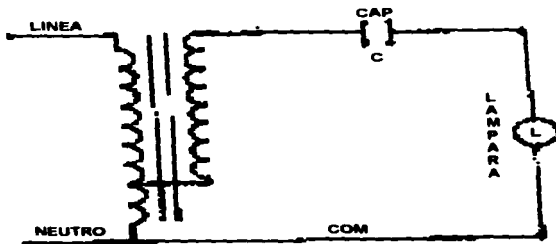


FIGURA 3.10 Autotransformador Autorregulado.

### 3.3.4. TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (CW).

Tiene el mismo circuito eléctrico que un transformador común, con una bobina primaria y otra secundaria aisladas eléctricamente entre sí y con respecto al núcleo, lo que se deriva en una condición de seguridad para el usuario. La diferencia con un transformador reside en el núcleo, el cual contiene un fuerte puente magnético entre primario y secundario (figura 3.11), que da en principio una distribución del flujo semejante a la de un autotransformador. La bobina secundaria cierra el circuito de la lámpara por medio de un capacitor, por lo que el secundario opera en adelanto.

En circuito abierto, el conjunto se comporta en forma similar a un transformador, con la diferencia de que el voltaje inducido en el secundario es menor que el correspondiente a la relación de vueltas de las bobinas, debido al campo magnético derivado por los puentes magnéticos. En operación la bobina secundaria trabaja en una condición cercana a la de resonancia y en un punto próximo al nivel de saturación magnética del núcleo (1.7 - 1.85 Teslas). Debido a esto el secundario se convierte en una fuente regulada de amperaje, prácticamente insensible a los cambios de voltaje de la línea de alimentación en un amplio rango  $\pm 13\%$  en la tensión de línea repercute en  $\pm 3\%$  de la potencia de la lámpara, lo que hace idóneo para usarse en redes con regulación pobre.

Por otro lado, la corriente de línea durante el encendido es mucho mayor que la nominal, y su voltaje de extinción es tan bajo (50% del nominal) que prácticamente elimina el problema de lámparas apagadas por variaciones severas en la tensión de línea. El factor de cresta puede variar de 1.8 a 2.0 con pérdidas mayores que en los demás circuitos a tensión nominal, con un costo de unas 3 veces más que el reactor serie de bajo factor.

### 3.4. BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

Estos balastros pueden fabricarse con cualquiera de los circuitos mencionados. En general, la tensión de la lámpara es casi constante a lo largo de su vida, pero depende del tipo de balastro que la potencia de la lámpara varíe con la tensión de la lámpara.

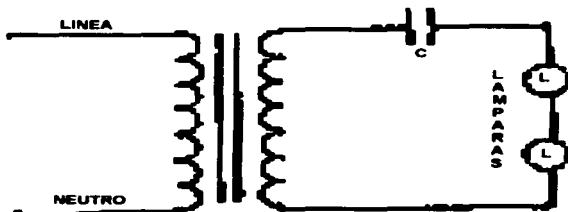


FIGURA 3.11 Transformador de Potencia Constante.

### 3.5. BALASTROS PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.

Las lámparas de VAM son muy parecidas a las de VMAP. Su tensión y corriente son muy similares para potencias iguales. Sin embargo, los aditivos metálicos que contiene la primera presentan, debido a su comportamiento durante la ionización, dos requisitos que deben ser satisfechos por los balastros:

- a) Se requiere de una elevada tensión de circuito abierto (OCV) para que se inicie el arco, a una temperatura determinada.
- b) Durante el ciclo de calentamiento se presenta un periodo de baja conducción eléctrica en el plasma del tubo de arco, en donde la lámpara requiere de una tensión de reignición en cada medio ciclo que no puede proporcionar un balastro de VMAP.

De usarse un balastro para VMAP en el momento de presentarse el fenómeno de reignición, la lámpara se apagaría, se enfriaría para reencender nuevamente, y el ciclo se repetiría indefinidamente. Esta condición se agrava conforme la lámpara envejece, y aunque el balastro de VMAP sea en ocasiones capaz de encender una lámpara nueva, generalmente se presentan problemas después de unas cuantas horas de operación.

Para evitar estas deficiencias se desarrolló el balastro autotransformador autorregulado con pico, diseñado específicamente para lámparas de VAM. El circuito de este balastro es idéntico al CWA para VMAP, pero conen algunas diferencias en el secundario. Una parte del núcleo que está bajo el devanado secundario tiene uno o más entrehierros que proveen una restricción magnética y una saturación localizada. Estos entrehierros producen un OCV de gran factor de cresta si se le compara con el del OCV de un balastro para mercurio, lo que ayuda al encendido de la lámpara; también provee una tensión de sostenimiento que permite a la lámpara superar el periodo crítico de la reignición.

Este balastro generalmente provee una buena regulación, que se encuentra entre la del CWA y la del R:  $\pm 10\%$  en la tensión de línea provocará  $\pm 10\%$  en la potencia de la lámpara. El resto de sus características son tan buenas como las del autorregulado: elevado factor de potencia, baja corriente de encendido, y voltaje de extinción bajo (70% del nominal). Su circuito eléctrico es igual al CWA típico.

### 3.6. BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION.

A diferencia de las lámparas de VMAP y VAM, las lámparas de VSAP no pueden alojar en su interior un electrodo de arranque. Por ello, los balastros para lámparas de VSAP cuentan con un circuito electrónico auxiliar que genera pulsos de tensión elevada (2500 - 3500 V) durante el periodo de encendido. Este dispositivo llamado IGNITOR es de estado sólido y se polariza a través de uno de los devanados del balastro. Los circuitos disponibles para estas lámparas pueden ser de los 4 tipos mencionados, con algunas variantes:

- a) *Circuitos atrasados.*- Como el reactor serie común.
- b) *Alta reactancia.*- Equivalente a los tipos mencionados.
- c) *Autotransformador adelantado regulado.*- Es similar a los circuitos para VMAP, pero cuenta con entrehierros especiales para generar una mayor reactancia de dispersión.
- d) *Atrasado regulado.*- Es similar en comportamiento al CW para VMAP, pero su circuito es un transformador de tres devanados: el primero sirve para alimentar al balastro, el segundo es un secundario auxiliar que incluye al capacitor y actúa junto al primario para regular el voltaje del tercer devanado, el cual se conecta en serie con la lámpara funcionando como un choke.

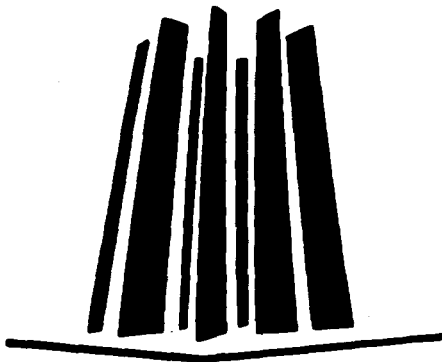
### 3.7. BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESION.

Debido a la baja presión en el tubo de arco las lámparas VSBP requieren necesariamente de un balastro tipo autorregulado. En estas lámparas la potencia se mantiene prácticamente constante, por lo que el balastro debe ser capaz de mantener a la corriente sin variaciones a pesar de los cambios en la tensión de línea. El más usado es el autotransformador alta reactancia con alto factor de potencia. La regulación se mide comparando los valores de corriente contra variaciones de tensión de  $\pm 5\%$  medidos en proporción inversa para mantener constante la potencia.

Al igual que en el caso de los balastros fluorescentes, existen balastros de HID de bajas pérdidas. Por ejemplo, un balastro normal para una lámpara de 160 W de VSAP tiene 35 watts de pérdidas. Un balastro ahorrador de la misma potencia consume sólo 22 watts, es decir 38% menos. Tiene además las siguientes ventajas: a) operan a una temperatura considerablemente menor a las normales y b) mantienen la potencia de la lámpara en sus rangos nominales.



# ***CAPITULO IV***



# CUARTO CAPITULO

## LUMINARIAS

### 4.1. DEFINICION.

La palabra "luminaria" es el término para describir lo que comúnmente se conoce como "accesorio de iluminación" (lighting fixture). Una luminaria es un aparato de iluminación que está compuesto de un gabinete o armadura, el cual está diseñado para que en su interior, se aloje un reflector y accesorios necesarios para fijar, proteger y conectar la(s) lámpara(s) al circuito de alimentación; así como un refractor, para que éste conjunto pueda proporcionar la mejor distribución de una fuente de luz artificial.

### 4.2. CARACTERISTICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA LUMINARIA.

#### 4.2.1. PROGRAMACION Y DISCIPLINAS DE DISEÑO.

Las disciplinas de diseño pueden ser catalogadas en cuatro principales puntos:

- 1) **Diseño industrial:** La visualización de un diseño adecuado para mejorar la eficiencia de los medios de fabricación con un bajo costo, consistente con la calidad y expectación del mercado.
- 2) **Diseño óptico:** Los medios para modificar y redireccionar la luz desde la fuente, en un diseño controlado de una manera más eficiente.
- 3) **Diseño mecánico:** La combinación de los diseños industrial y óptico, requieren de soluciones prácticas y factibles.
- 4) **Técnicas de diseño:** Los conocimientos de materiales, procesos, métodos de producción y limitaciones, deben ser usados para llevar a cabo el diseño mecánico.

#### 4.2.2. CONCEPTOS DE DISEÑO.

Es esencial que el diseñador tenga una idea clara del propósito o razón de la nueva luminaria, si el proyecto es para seguir con la mínima pérdida de tiempo o de recursos. Esto puede ser útil para examinar las mayores estimulaciones para el desarrollo de una nueva luminaria.

Otro estímulo para un nuevo diseño, es una clara necesidad de mercadotecnia. Una situación que la mercadotecnia necesita, es donde se tomen en cuenta opiniones especiales hechas por diferentes clientes, para desarrollar un producto estándar.

Una razón adicional que resulta obvia para desarrollar un producto, es la clara necesidad de producir algo que compita directamente con lo que los competidores ofrecen.

Finalmente, aunque en la mayoría de las compañías, el diseño del producto es usualmente un esfuerzo conjunto para obtener un programa de mutuo acuerdo y, ahí surge poco a poco un producto acertado, el cual es basado pura y simplemente en la intuición de un sólo diseñador.

Tipicamente, un resumen de diseño contendrá cuatro principales secciones:

- a) **Objetivo:** El objetivo define los parámetros generales del producto, facilitando un método de diseño lógico para ser aplicado.
- b) **Especificación técnica:** Requerimientos fotométricos, condiciones del medio ambiente, lámparas y el control del equipo para ser usado en una etapa breve. Esto es particularmente importante para que la información técnica disponible sea evaluada y estudiada en orden para definir el grado de riesgo en la producción de un diseño incorrecto.
- c) **Normas:** Todas las luminarias deben de cumplir con normas adecuadas (propias y del mercado).
- d) **Especificaciones del mercado:** Los métodos de producción y de diseño son en gran parte dictados por los costos y la cantidad de especificaciones.

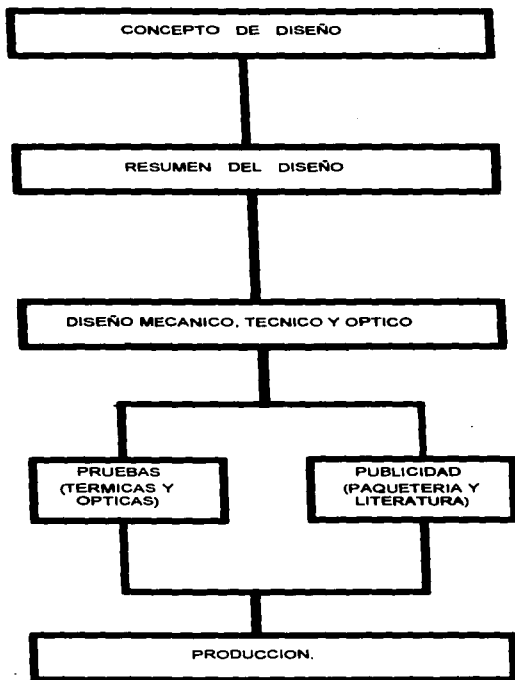
Siguiendo el establecimiento de un resumen de diseño, viene el desarrollo de ingeniería de la luminaria. En esta etapa de cooperación con la producción, la ingeniería se vuelve esencial, en paralelo con las posteriores etapas del trabajo de diseño. Las siguientes actividades son necesarias desde el punto de vista de la producción:

- » Consulta dentro de los posibles métodos de producción y materiales.
- » Consideraciones iniciales de los requisitos de la herramienta.
- » Costos iniciales.
- » Planeación de la producción.
- » Diseño y fabricación de los instrumentos.
- » Costos finales.
- » Pruebas a los productos.

#### **4.3. COMPONENTES DE LAS LUMINARIAS.**

Una luminaria es una unidad de iluminación completa, consistiendo de una o más partes con algunos o con todos los componentes siguientes:

- Porta-lámparas y socket para posesionar y conectar las lámparas a la fuente.
- Balastos para encender y operar las lámparas.
- Reflectores para dirigir la luz en la dirección deseada.
- Componentes difusores y escudo, tales como lentes, difusores, y louvers para disminuir la luz y evitar el reflejo.
- Housings para proteger los componentes mencionados junto con las conexiones y otros equipos eléctricos.



**FIGURA 2.1** Programa del diseño de una luminaria.



Las componentes de una luminaria trabajan para determinar el funcionamiento de la misma. Se usan dos medidas para estimar el funcionamiento de una luminaria.

- a) Eficiencia de la luminaria.
- b) Coeficiente de utilización de la luminaria.

#### **4.4. CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION.**

Cualquier tipo de luminaria es un conjunto armonioso que integra cuatro aspectos :

- 1) Mecánico.
- 2) Eléctrico.
- 3) Óptico.
- 4) Estético.

Además de satisfacer los siguientes aspectos:

- + Distribuir el flujo luminoso emitido por la lámpara para obtener resultados óptimos.
- + Controlar el flujo luminoso de tal forma que la brillantez sea mínima y, con esto obtener un máximo confort visual.
- + Tener propiedades mecánicas, eléctricas y ópticas que la hagan adecuada para el propósito para el que fué diseñada.
- + Qué la lámpara, el sistema eléctrico y óptico queden protegidos contra la acción de los agentes externos que se encuentran en el medio ambiente que rodea a la luminaria y puede afectar la eficiencia de la misma.

#### **4.5. CLASIFICACION DE LUMINARIAS POR SU USO.**

Las luminarias de acuerdo a su uso se clasifican en:

- 1) Comerciales.
- 2) Industriales.
- 3) Decorativas.

Existen también las de:

- 4) Alumbrado Público.
- 5) Exteriores.

##### **4.5.1. LUMINARIAS COMERCIALES.**

Debido a que las luminarias de tipo comercial son instaladas en interiores como son aulas escolares, oficinas, tiendas, salas de exposición, etc.; éstas deben de proporcionar las siguientes características:

- ⊙ Buena difusión de luz.
- ⊙ Baja brillantez.
- ⊙ Alta eficiencia.
- ⊙ Ocultamiento de las lámparas.
- ⊙ Apariencia distinguida y moderada.
- ⊙ Facilidad de montaje y limpieza.

#### **4.5.2. LUMINARIAS INDUSTRIALES.**

Este tipo de luminarias trabajan normalmente en naves industriales con alturas de montaje altas o medias, por lo que se requiere que éstas sean capaces de alojar lámparas de alta emisión luminosa y reflectores especiales. En términos generales, éstas luminarias deben de tener las siguientes características:

- ◆ Buena difusión de luz.
- ◆ Curva de distribución adecuada a la altura de montaje.
- ◆ Alta eficiencia.
- ◆ Resistencia mecánica.
- ◆ Construcción de un material adecuado a su función.
- ◆ Fácil mantenimiento.

#### **4.5.3. LUMINARIAS PARA DECORACION.**

Este tipo de luminarias deben de ayudar a crear un ambiente agradable al integrarse al conjunto arquitectónico decorativo del interior a iluminar; encendidas o apagadas deben de crear la misma apariencia. Las luminarias para decoración deben de tener las siguientes características:

- ◆ Iluminación uniforme.
- ◆ Apariencia agradable y moderna.
- ◆ Construcción de un material adecuado a su función.
- ◆ Fáciles de limpiar.

#### **4.5.4. LUMINARIAS PARA ALUMBRADO PUBLICO.**

Estas luminarias están diseñadas para difundir el flujo luminoso de la lámpara o lámparas en una dirección específica deseada y se usan para iluminar avenidas, autopistas, cruces de vías de comunicación, etc. En áreas para peatones como estacionamientos, jardines, parques de diversión, o zonas residenciales, se usan luminarias del tipo punta de poste; éstas luminarias encuentran su aplicación en alturas de más de cuatro metros. En muchos casos, están rematadas con un casquete metálico para conseguir una iluminación difusa.

Las luminarias para alumbrado público, deben de tener las siguientes características:

- » Iluminación uniforme.
- » Baja brillantez.
- » Construcción sólida.
- » Facilidad de instalación.
- » Diseñadas para trabajar a la intemperie.

#### **4.5.5. LUMINARIAS PARA EXTERIORES.**

Existen un gran número de luminarias para exteriores entre las que se encuentran las siguientes: reflectores, arbotantes, las tipo jardín, etc. Se utilizan para iluminar fachadas, monumentos, campos deportivos, terrazas, estacionamientos, iluminación decorativa para jardines, para señalización, etc.

Las lámparas utilizadas en éstas luminarias son, por lo regular, incandescentes o de alta intensidad de descarga. Las luminarias de este tipo deben de tener las siguientes características:

- ⊕ Iluminación uniforme.
- ⊕ Alta eficiencia.
- ⊕ Facilidad de montaje e inspección periódica.
- ⊕ Diseñadas para trabajar a la intemperie.

#### **4.6. CLASIFICACION DE ACUERDO A LA DISTRIBUCION DEL FLUJO LUMINOSO.**

Las luminarias se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso (o curva de distribución), que sale de la luminaria tomando en cuenta el porcentaje de luz emitida sobre y abajo de la horizontal (figura 2.2). Esta clasificación consiste en cinco grupos:

##### **① DIRECTA.**

Son los que dirigen del 90 al 100% de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal y del 0 al 10% hacia arriba. Estas luminarias son las que proveen iluminación más eficiente en las superficies de trabajo. Dentro de estas luminarias, también tenemos cinco tipos de clasificación en términos de la relación de espaciamiento permisible con la altura de montaje como se muestra en la tabla 2.

##### **② SEMI-DIRECTA.**

Las luminarias dentro de esta clasificación se definen como aquellas que dirigen del 60 al 90% de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal de la luminaria. La utilización de la luz de estas luminarias depende en gran parte de la reflectancia del techo.







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 %	
SEMI-INDIRECTA	60 - 90 %	10 - 40 %	
INDIRECTA	90 - 100 %	0 - 10 %	

FIGURA 2.2 Clasificación de luminarias de acuerdo a su curva de distribución.

Tabla 2.1

Relación Espaciamiento a la altura de montaje arriba del plano de trabajo.	Clasificación de luminaria.
Hasta 0.5	Altamente concentrada
0.5 - 0.7	Concentrada
0.7 - 1.0	Intensiva
1.0 - 1.5	Extensiva
Arriba de 1.5	Super extensiva

### ③ GENERAL DIFUSA O DIRECTA-INDIRECTA.

Esta clasificación se refiere a las luminarias en las cuales las componentes del flujo luminoso hacia arriba y hacia abajo del centro focal de la luminaria, son aproximadamente las mismas; cada una del 40 al 60% del flujo luminoso total de la luminaria.

Las luminarias directa-indirecta emiten luz en menor cantidad en ángulos cercanos a la horizontal. Las luminarias semi-indirectas dirigen del 60 al 90% de su flujo luminoso total

hacia arriba del centro focal de la luminaria. La mayor parte de la luz alcanza el plano de trabajo por reflexión en el techo y, la parte alta de las paredes. Es por lo tanto imperativo que las reflectancias sean mantenidas tan alto como sea posible.

#### ④ **INDIRECTA.**

Las luminarias de este tipo emiten del 90 al 100% de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal de la luminaria. La utilización de la luz de este tipo depende en su totalidad de las reflectancias del techo y de la parte alta de las paredes.

### **4.7. CURVAS FOTOMETRICAS.**

#### **4.7.1. DEFINICION.**

Las curvas fotométricas son gráficas polares que se elaboran según las características de las fuentes luminosas. Proporcionan información en relación con la distribución de la luz que suministran en diversas zonas anulares a distintos ángulos sólidos y, son muy útiles en los proyectos de iluminación.

Si la luminaria se encuentra en el centro de una esfera de radio R, entonces la curva de distribución fotométrica de dicha luminaria se puede determinar realizando mediciones de intensidad luminosa en diversos ángulos, siguiendo la superficie de la esfera. Las mediciones pueden realizarse de diez en diez grados, utilizando un fotómetro o un luxómetro y multiplicando los valores por el radio al cuadrado.

$$E = \frac{I}{R^2} \quad \therefore I = E \times R^2$$

De esta manera, se obtienen los lúmenes/estereorradián en cada dirección.

Las curvas de distribución fotométricas se toman en un sólo plano, ya sea vertical (transversal o longitudinal al eje de la lámpara), u horizontal (diagrama isocandela o isolux). Cuando la forma de la fuente es asimétrica se construye una en cada eje de la lámpara y/o una horizontal.

#### **4.7.2. ESTUDIO DE LA CURVA FOTOMETRICA.**

La curva fotométrica de una luminaria es una gráfica representativa de la emisión de la luz del mismo, por lo cual, es un elemento indispensable en el diseño de cualquier sistema de alumbrado; es decir, de acuerdo con este dato deben de calcularse las necesidades del proyecto de alumbrado, tales como nivel de iluminación, uniformidad sobre el plano de trabajo, altura de montaje, iluminación sobre superficies verticales, etc. Todas estas condiciones nos obligan a utilizar las curvas fotométricas. Es usual que el fabricante de la luminaria proporcione esta curva únicamente como un valor indicativo de la distribución del flujo.

Esto en realidad no es ninguna ayuda, ya que no es un elemento de cálculo. Únicamente se deben de utilizar curvas con datos tabulados por el fabricante. Los valores en la columna de control representan la potencia medida en candelas a los ángulos

correspondientes, por lo que son los únicos valores confiables para el cálculo. La curva fotométrica normalmente se analiza de la siguiente manera:

En la parte central, sobre el sistema de coordenadas polares se encuentra dibujado el contorno de la curva; ésta es obtenida en el laboratorio del fabricante y, es la representación gráfica del comportamiento de la luminaria. Si la unidad tiene distribución simétrica solo necesitamos un solo plano, pero si es de distribución asimétrica entonces necesitaremos curvas fotométricas en todos los planos para poder obtener el funcionamiento de la luminaria.

En la columna de la derecha, están las lecturas reales en candelas con intervalos de 5° a partir de 0° hasta 180°. Con estos valores es posible calcular el rendimiento luminoso en lúmenes de la luminaria como un total del porcentaje de lúmenes emitidos por las lámparas, o bien, para cada zona en particular. Estos datos se encuentran en la parte inferior izquierda.

El porcentaje de flujo luminoso en la zona de 0°-180° nos da el valor de la eficiencia total de la luminaria. El flujo de 90°-180° nos indica el porcentaje de la luz transmitida arriba de la horizontal; el porcentaje de 0°-90° nos indica el flujo luminoso transmitido hacia abajo de la horizontal. El flujo emitido en la zona de 0°-60° indica el porcentaje útil del flujo luminoso sobre el plano de trabajo.

En áreas donde las luminarias están montadas a bajas alturas, un mayor porcentaje del flujo luminoso en la zona de 30°-60° llega a las paredes; de manera que, para alturas de montaje de 4.50 a 7.50 metros, solamente el flujo en la zona de 0°-45 nos da una indicación de la luz útil hacia abajo y, para alturas de montaje mayores de 7.5 metros, debemos de considerar únicamente el flujo en la zona de 0°-30° como luz útil. La porción del flujo luminoso en la zona de 60°-90° debe ser estudiada cuidadosamente porque ésta es la luz que llega a nuestros ojos directamente y nos produce deslumbramiento.

En la parte inferior derecha se encuentran las constantes de zona. Estas son obtenidas en los laboratorios y son utilizadas para obtener la emisión luminosa de la luminaria en diferentes zonas. Las luminarias deben ser diseñadas para usarse con espaciamientos perfectamente definidos para áreas interiores o exteriores y es importante no exceder el espaciamiento máximo para una altura de montaje dada, pues de otra manera no se obtiene una iluminación uniforme sobre el plano de trabajo.

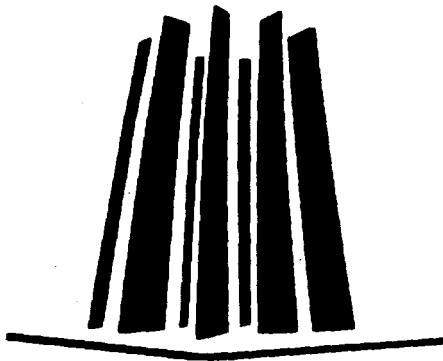
Una luminaria debe ser diseñada partiendo de la curva fotométrica de la distribución deseada y, por esta razón, todas las unidades de iluminación manufacturadas deben de producir curvas de distribución muy aproximadas a las curvas fotométricas ideales a fin de proporcionar una distribución luminica adecuada. Las luminarias deben de localizarse dentro de su máxima relación de "espaciamiento-altura de montaje".

#### **4.7.3. REQUISITOS PARA UNA CURVA FOTOMETRICA.**

- a) Asegure que la curva tenga una escala numerada con valores de bujías.
- b) Asegure que el rendimiento lumínico de la lámpara de pruebas este indicado.
- c) Investiguese si la curva fotométrica representa la característica total lumínica de la unidad, en lugar de un plano específico únicamente.
- d) Cerciórese de que la curva fotométrica represente una unidad de iluminación adecuada para el espaciamiento y altura de montaje de la instalación en cuestión.
- e) Cuando se trate de distribuciones concentradas o asimétricas, investiguese la dirección de la potencia.



# ***CAPITULO V***



## **QUINTO CAPITULO CONTROLES**

### **5.1. GENERALIDADES.**

La habilidad para manejar la operación de una instalación en su sistema de iluminación, propiamente es el factor más importante para determinar la energía consumida por dicho sistema. Desde la creación de diseños uniformes de iluminación, hasta la tarea de desarrollar sistemas más sofisticados, hacen que los proyectos para el control se vuelvan más complejos. Su importancia requiere de una cantidad importante de tiempo en ingeniería para el análisis de los sistemas de control.

Los componentes eficientes ahorran energía utilizando tecnologías avanzadas para reducir el consumo eléctrico. Sin embargo, la eficiencia de un sistema de iluminación no termina con la instalación de estos componentes. Los controles para iluminación ofrecen un ahorro potencial igual o mayor que los luminarios y lámparas eficientes.

Una estimación conservadora nos sugiere que puede existir un ahorro del 30% en el consumo de un edificio comercial utilizando una estrategia de control adecuada. Los costos del consumo de energía utilizada para iluminación puede ser calculada de la siguiente forma:

$$\text{COSTO DE LA ENERGIA} = (\text{POTENCIA})(\text{TIEMPO DE USO})(\text{COSTO PROMEDIO DE LA ELECTRICIDAD AL AÑO})$$

Las lámparas y luminarios eficientes pueden reducir la potencia del sistema de iluminación; por otra parte, los controles pueden reducir el tiempo de uso de esa potencia, así como la potencia misma. Cuando se quitan los picos de la curva de carga, los controles pueden llegar a afectar el costo mismo de la energía eléctrica.

### **5.2. CARACTERISTICAS DE LOS CONTROLES.**

> **Alimentación y control:** La alimentación de una instalación de iluminación, se refiere al circuito derivado por el que se envía energía eléctrica a cada unidad de iluminación. El tipo de conexión utilizado es el que se conoce como alimentador con cargas distribuidas. La alimentación a cargas de alumbrado se hace casi siempre en forma radial.

Por control de alumbrado se entiende las provisiones necesarias para lograr encender y apagar las unidades de alumbrado. Este control se puede realizar de distintas maneras, tomando en cuenta al área por controlar, las actividades desarrolladas, los requerimientos de control y facilidad y comodidad de acceso.

Las naves industriales y los alumbrados exteriores (cercas perimetrales, estacionamientos, accesos, patios de maniobra, etc.), se acostumbra controlar directamente desde el tablero o centro de carga que los alimenta a través de los interruptores correspondientes o a los termomagnéticos que protegen los circuitos.

> **Definición de dispositivo de control:** Es un componente que regula el funcionamiento de un aparato, equipo, mecanismo o sistema. Los controles para iluminación pueden ser manuales o automáticos y locales o centralizados.



➤ **Características físicas:** Pueden ser estáticos o dinámicos, a través de sensores de presencia con rayos infrarrojos o ultrasonido, con fotoceldas o a través de un equipo de comunicaciones por hilo piloto o inalámbrico.

➤ **Aplicación:** Depende de variables tanto técnicas como económicas. La elección depende tanto de características físicas de instalación (Factor de aportación de luz natural), como de hábitos de consumo (Factor de ocupación (FO)).

➤ **Ahorro de energía típico:** La estimación de los ahorros de energía puede hacerse en base a "reglas de dedo" establecidas con la experiencia o con algoritmos que incluyen variables determinables por encuesta, censo y medición directa. Los ahorros potenciales fluctúan entre el 12% y 86%.

➤ **Costo:** Los costos dependen del país de procedencia y de la tecnología usada. Para productos avanzados, un interruptor cuesta unos \$40 USD y un sensor de presencia \$120 USD en promedio.

➤ **Beneficios para el usuario:** Cuando la selección y la aplicación se realizan adecuadamente, el uso de controles incide favorablemente sobre el consumo, la demanda máxima, la carga térmica, el mantenimiento, etc.

➤ **Disponibilidad:** La disponibilidad actual no es amplia, pero es posible tener acceso a productos importados. Los productos nacionales están apareciendo también en el mercado, con equipos diseñados para las condiciones existentes en México y con precios más accesibles.

➤ **Recomendaciones:** La estimación de los ahorros potenciales por concepto de control, es una cuestión compleja, porque requiere de conocimientos muy especializados, por lo que es aconsejable asesorarse con un especialista en la materia.

Los posibles ahorros en términos económicos o de energía que se esperan obtener a través del cambio de equipo, se calculan fácilmente en función de la variación de densidades de carga, la tarifa contratada y las horas de operación en un periodo determinado. Existen acciones adicionales entre las que se encuentran las siguientes:

- ➔ Optimización de luz natural.
- ➔ Adecuación de iluminancias.
- ➔ Revaloración de reflectancias.
- ➔ Apego a densidades de carga.
- ➔ Mantenimiento.

En cuanto a la aplicación del software, se requiere de un cuidadoso análisis para determinar la filosofía de operación del hardware. Se tienen dos estrategias fundamentales: si el edificio tiene un factor de ocupación alto (FO), el uso de equipo ahorrador tiene más peso; si el FO es bajo, tiene más justificación el control automático.

Las soluciones prácticas generalmente involucran a las dos estrategias, pero el peso de cada una depende de cada caso en particular. Establecer los ahorros potenciales a partir del control ya sea localizado o centralizado, es una cuestión más compleja. En base a la experiencia, se pueden establecer "reglas de dedo" o bien, se puede recurrir a auxiliares para determinar dichos ahorros de energía y establecer así la factibilidad de su aplicación.

Con el propósito de promover la utilización de equipos y sistemas de control de iluminación como una alternativa que propicie el uso eficiente de la energía en sistemas de iluminación, se establecen las bonificaciones de potencia con base a los factores indicados en la tabla 5.1 aplicables a los diferentes equipos de control más comúnmente utilizados en nuestro país. Estas bonificaciones de potencia influirán en el cálculo de la carga conectada para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA).

**TABLA 5.1**

<b>TIPO DE CONTROL</b>		<b>FACTOR</b>
<b>SENSORES DE PRESENCIA (CON SENSOR INDEPENDIENTE PARA CADA ESPACIO)</b>		
Cualquier espacio menor de 25 mts. cuadrados sin participaciones de piso a techo.		0.20
Bodegas o áreas de almacenamiento		0.50
Cualquier espacio mayor de 25 mts. cuadrados.		0.10
<b>ATENUADORES (DIMMERS)</b>		
Manual para lámparas fluorescentes		0.05
Programable centralizado para lámparas fluorescentes.		0.20
<b>SENSORES DE LUZ NATURAL (DAYLIGHT)</b>		
Zona perimetral de interiores distante de ventanas hasta 5 mts.		0.10
<b>TEMPORIZADORES (TIMMERS)</b>		
Cualquier espacio menor de 25 mts. cuadrados sin participaciones de piso a techo		0.40
Alumbrado exterior		0.50
<b>CONTROLES COMBINADOS</b>		
Sensor de ocupación en combinación con atenuador programable centralizado.		0.50

### **5.3. ESTRATEGIAS DE CONTROL.**

Los controles para iluminación han sufrido un desarrollo dramático en los últimos 25 años, debido principalmente a la preocupación por el uso eficiente de la energía y al avance de la electrónica de estado sólido. A su vez, el aumento del costo de la energía y la disponibilidad de dispositivos electrónicos de bajo costo y alta confiabilidad han estimulado un gran número de innovaciones en los controles para sistemas de iluminación.

Dentro de los sistemas de control actuales podemos encontrar desde dispositivos integrales y de tamaño reducido, hasta sistemas que utilizan computadoras centrales y cuentan con funciones de manejo de energía.

Es importante mencionar que aún con el desarrollo de estos sistemas de control, existen otros dispositivos tan simples como el apagador de pared que pueden proporcionarnos un ahorro significativo de energía, siempre y cuando sea utilizado apropiadamente.

Existen seis estrategias principales en el control de sistemas de iluminación para la reducción del consumo de energía y la demanda pico, como se explica a continuación:

① **PROGRAMACION:** En los lugares en que las actividades se realizan en un mismo horario y diariamente, los niveles de iluminación y distribución se pueden programar y operar automáticamente. Por ejemplo, los horarios de entrada y salida de empleados,

horas de comida y limpieza pueden ser predeterminados durante los días laborables, fines de semana y días festivos en lugares tales como fábricas, escuelas, bibliotecas públicas y tiendas departamentales, tienden a tener una buena programación ya que dichas actividades, se realizan en un mismo intervalo de tiempo cada día.

La estrategia de programación es particularmente efectiva, cuando la duración del trabajo es corto y, por ello podemos eliminar el desperdicio de la luz en alumbrados que se dejan encendidos en espacios desocupados. La programación automática de la iluminación provee la conveniencia de relevar al personal encargado de la operación de los controles de iluminación, así como también, de señalar los tiempos de actividades particulares tales como los horarios de abrir y cerrar tiendas departamentales.

Por otro lado, existen muchas actividades que son impredecibles (puestos desocupados por enfermedad del empleado, asambleas, viajes de negocios, etc.), y no pueden ser programados. Áreas de centros de copiado, salas de archivos, salas de conferencia y tocadores en tiendas entre otras, son esporádicamente usadas y no son tan fáciles de programar y, aunque estas áreas pueden presentar ésta dificultad; algunas técnicas automáticas pueden ser más costo-efectivas que la operación usual del control manual de iluminación.

Esto es importante para poder determinar el porciento de tiempo en que el área está desocupada antes de implementar el sistema automático. Posteriormente a la instalación de dicho sistema, se debe considerar que el encendido y apagado de las luces puede ser alterado por personas que se encuentran adyacentes al área.

Para cuestiones de diseño, un diseñador puede preferir por razones estáticas y de seguridad, implementar un interruptor para disminuir el nivel de iluminación, que un interruptor de apagado total.

② **UTILIZACION DE LA LUZ NATURAL:** La iluminación artificial puede ser regulada o incluso apagada, en ciertas áreas de edificios, cuando las ventanas y domos proporcionan un nivel suficiente de iluminación natural. En dichas áreas, al ajustar la iluminación eléctrica en proporción a la cantidad de luz natural disponible, se puede reducir el consumo de energía por el sistema de iluminación, particularmente durante las horas pico de demanda.

El ahorro de energía realizado por la luz natural, depende de varios factores: condiciones climáticas, de la forma, orientación y diseño del edificio; así como también, de las actividades que se realizan en el edificio. Por ello es esencial que el control de la iluminación eléctrica sea integrada correctamente con el patrón de la iluminación natural para mantener una cantidad y calidad adecuada de iluminación.

Los controles de este tipo requieren de algún tipo de fotosensor y generalmente se utilizan en combinación con un sistema para el mantenimiento del nivel de lúmenes como una estrategia de ahorro, ya que ambas técnicas reducen la iluminancia en los espacios que se encuentran sobre iluminados.

③ **MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES:** Los sistemas de iluminación, usualmente son diseñados para mantener un nivel mínimo de iluminación, independiente del tiempo y tomando en cuenta los factores de depreciación del sistema. Como resultado de lo anterior, estos sistemas producen un nivel superior al necesario hasta que, con el tiempo y la depreciación, se alcanza el nivel deseado.

Mientras ocurre la depreciación de lúmenes, más energía es aplicada y mantenida hacia las lámparas para compensar las pérdidas de las lámparas, luminarias y otras luces. Así, toda la fuerza es aplicada sólo cerca del fin del período de la depreciación del lumen. El uso de esta estrategia, también puede servir como un incentivo económico

para mantener la programación y distribución de los sistemas de iluminación, desde sistemas bien mantenidos que usarán menos poder y reducirán los costos de operación.

Los controles automáticos que mantienen el nivel de lúmenes constante, utilizan fotoceldas para monitorear los niveles de iluminación e incrementar la potencia entregada a la lámpara durante su ciclo de vida. Con este procedimiento, las lámparas nuevas utilizan una potencia parcial, mientras que las demás reciben la potencia nominal. Así, los niveles de iluminación permanecen constantes y el consumo eléctrico total es menor.

④ **AJUSTE:** La estrategia de ajuste disminuye el nivel del sistema de iluminación al mínimo, pero sin afectar la calidad. Esta estrategia es efectiva para sistemas de iluminación que están diseñados para proporcionar más luz de la que realmente se necesita.

⑤ **ADAPTACION-COMPENSACION:** Esta estrategia tiene la función principal de disminuir la variación de la iluminación en el campo de la visión. El desarrollo de tareas visuales donde se tiene una gran variación de iluminación entre el plano de trabajo y los alrededores, puede producir molestias y disminución del desempeño de la tarea. Si la variación entre las iluminancias de estas dos áreas, no es amplia, la adaptación a ellas es más fácil. Los niveles de iluminación pueden ser disminuidos en áreas tales como pasillos y salas de recepción, o pueden ser aumentados en áreas donde la visibilidad para realizar una específica tarea necesite ser más alta.

En muchas aplicaciones, especialmente en aquellas con grandes aportaciones de luz natural, el sistema de iluminación, se diseña para proveer altos niveles de iluminación en los días soleados. Por otra parte, durante los días nublados o por la noche, los niveles se disminuyen por medio de controles.

A pesar de que el objetivo de esta estrategia es la de aumentar la visibilidad en el plano de trabajo, se han obtenido beneficios adicionales al reducir el consumo de energía eléctrica.

⑥ **REDUCCION DEL PICO DE DEMANDA:** Algunos estudios realizados demuestran que, pequeñas variaciones en los niveles de iluminación no afectan el desempeño de la tarea visual. El pico de la demanda de la mayoría de los edificios se presenta generalmente en la tarde, con la combinación de cargas como procesos, HVAC, iluminación y elevadores. Por lo tanto, el control de cargas de un edificio en su sistema de iluminación, es efectivo para reducir su pico de demanda por cortos periodos de tiempo, aparte de reducir selectivamente los niveles de iluminación en áreas en las cuales la dificultad para realizar las actividades es menor; manteniéndose al mismo tiempo la productividad.

La estrategia para la reducción de este pico se basa en la detección del mismo, para reducir lentamente la potencia que se proporciona al sistema de iluminación (las potencias de otras cargas pueden reducirse también). Esta reducción paulatina mediante dimmers, tiene un efecto mínimo en los ocupantes ya que, la mayoría nunca detecta el cambio del nivel de iluminación. Con este procedimiento, se puede reducir el pico de un 5% a un 10%.

#### **5.4. CONTROLES MANUALES.**

El diseño de los controles manuales afecta el gasto de la energía de un edificio. Aunque al final, el resultado depende del uso individual del sistema y de la flexibilidad del control disponible que, últimamente dicta la extensión de cualquier ahorro de energía desde la misma colocación del interruptor. Por lo tanto, las provisiones generales que a continuación se presentan, deben ser consideradas:

## **ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- a) Cada sala o área aislada, debe tener su propio control de interruptor(es).
- b) Dentro de amplios espacios abiertos, las áreas de trabajo deben ser agrupadas y controladas independientemente.
- c) Cuando una o dos luminarias son usadas, las lámparas adyacentes deben ser conectadas dentro de circuitos alternados.
- d) Cuando tres lámparas fluorescentes son usadas, las lámparas del centro deben ser conectadas en un circuito separado desde el exterior de las lámparas.
- e) Las áreas de trabajo que requieran niveles especiales de iluminación, deben de estar en circuitos separados.
- f) Las luminarias a lo largo de las ventanas en los muros, deben ser conectadas en grupos independientes de interruptores.

Cuando la energía era más abundante y económica, las primeras consideraciones del costo fueron a favor de los amplios bloques de interruptores y de la máxima carga en los circuitos de interruptores; ahora el ahorro de la energía llevado a cabo a través de interruptores, debe ser la consideración inicial en el plan de desarrollo para circuitos de iluminación.

### **5.4.1. EQUIPOS DE CONTROL MANUALES.**

La forma más simple de mejorar la eficiencia en los sistemas de iluminación es apagarlos cuando se necesita. Los interruptores pueden ser tan simples como los de pared, o tan complicados como los sistemas digitales que controlan a todo un edificio, incluyendo la seguridad y los HVAC. Los interruptores son la base de cualquier estrategia de programación; también pueden ser utilizados para esquemas de adaptación-compensación y de luz natural. Los interruptores pueden ser manuales o automáticos.

1) *Interruptores manuales:* El dispositivo de control más sencillo y barato es el interruptor de pared. Aunque muchas de las estrategias para el ahorro de energía se basan en el uso de equipo de control muy sofisticado, la mayoría de las instalaciones cuentan con sistemas de iluminación controladas manualmente. Son de bajo costo y alta confiabilidad, lo que los convierte en una importante opción para cualquier instalación.

La mayoría de los reglamentos exigen controles accesibles a los ocupantes, o en su defecto, sensores de presencia. Lo anterior significa que todos los cuartos de un edificio deben tener su propio interruptor, lo que los hace el fundamento para el ahorro de energía. Muchas de las instalaciones permanentes cuentan con un interruptor de encendido-apagado cerca de la puerta; los cuartos con dos o más entradas pueden tener dos o más controles para el mismo circuito. Las alturas más recomendadas para la colocación de este tipo de interruptores son: 102, 112 y 137 cm, de las cuales, la menor es accesible para las personas que utilizan silla de ruedas y para niños pequeños.

Los interruptores se describen eléctricamente por el número de conductores que se conmutan y el número de posiciones que puede tomar el interruptor. Las palabras que se usan para describir estas características del interruptor son polo y tiro. Estas palabras provienen del tipo más sencillo de apagador, el interruptor de cuchilla. El número de terminales que se pueden conmutar es el número de polos; el número de posiciones hacia las que se puede llevar el apagador es el número de tiros.

a) *Un polo-un tiro (SPST)*: Es el interruptor más sencillo y que más se utiliza (figura 5.1). El interruptor estándar de volquete para montar en la pared que se usa en las instalaciones residenciales es un interruptor SPST. Este tipo de interruptor controla un circuito y permite apagarlo o encenderlo manualmente. El interruptor está marcado con las posiciones ON (ENC) y OFF (APAG) y tiene terminales para tres alambres.

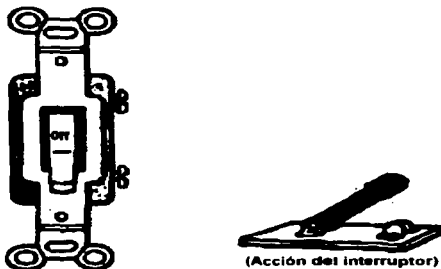
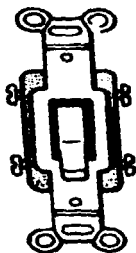


FIGURA 5.1 Interruptor de un polo, un tiro.

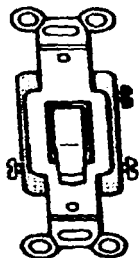
b) *Dos polos-un tiro (DPST)*: Este interruptor permite el control simultáneo de dos circuitos (figura 5.2). Se utiliza cuando la carga eléctrica que opera un interruptor excede de 20 A, por lo que se recomienda dividir al circuito principal en dos. El interruptor tiene cuatro terminales y están marcadas las posiciones de OFF (APAG) y ON (ENC).

c) *Un polo-dos tiros (SDPT)*: Otro tipo de interruptor tiene dos posiciones en las que se hacen las conexiones. Este interruptor se conecta en pares para circuitos especiales de iluminación, y nos permite un control del circuito desde dos puntos diferentes (figura 5.3). El alambrado del circuito es tal que cuando se mueva cualquiera de los interruptores de una posición a otra, se cambia la condición de la luz apagada a encendida, o de encendida a apagada. Como consecuencia, estos interruptores no tienen marcados sobre ellos las posiciones de encendido y apagado.



(Acción del interruptor)

FIGURA 5.2 Interruptor de dos polos, un tiro.

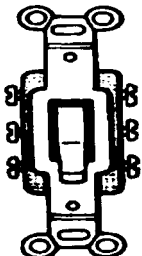


(Acción del interruptor)

FIGURA 5.3 Interruptor de un polo, dos tiros.

*d) Dos polos-dos tiros (DPDT):* Este interruptor tiene dos posiciones y tampoco tiene marcadas las posiciones de encendido o apagado, debido a que las dos en realidad son ambas de encendido (figura 5.4). Estos interruptores se usan en aquellos lugares en los que se debe controlar la iluminación desde tres o más ubicaciones.

2) *Tipos de interruptores:* Dentro de los más conocidos y usados están los siguientes:



(Acción del interruptor)

FIGURA 5.4 Interruptor de dos polos, dos tiros.

a) **Apagadores de volquete:** El tipo de apagador que se usa con mayor frecuencia es el de volquete. El sencillo mecanismo con movimiento manual hacia arriba y hacia abajo proporciona una buena conmutación mecánica, por lo general casi sin mantenimiento (figura 5.5). En un tiempo, los interruptores se diseñaron para operar tanto en CA como en CC. Estos interruptores hacían contacto por medio del movimiento de una armadura con forma de L. El frotamiento producido al moverse la armadura a través de las terminales, ayudaba a mantener limpia el área de contacto y, como consecuencia, eléctricamente eficiente. En circuitos de CC, la acción de ruptura se producía con el auxilio de un resorte: cuando el disparador se encontraba cerca de la posición central, se liberaba el resorte, el cual impulsaba al apagador hacia la posición de encendido o apagado, con un ruido característico que mucha gente encontraba molesto. Esto condujo al desarrollo del apagador silencioso.

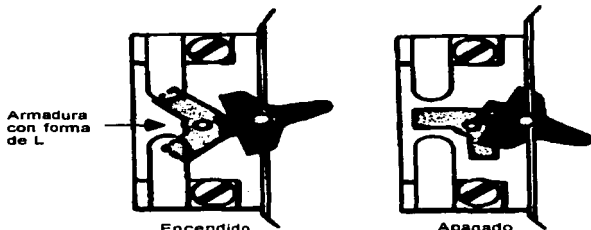


FIGURA 5.5 Interruptor de volquete CA-CC.



b) **Apagador silencioso:** Debido a que en la actualidad casi todo el servicio eléctrico residencial es de CA, se han introducido este tipo de interruptores y por mucho, son del tipo más comúnmente usado (figura 5.6). La naturaleza de la CA hace que la formación de arcos sea menor problema cuando los interruptores se usan únicamente para CA. Nos es necesario que los contactos del interruptor se abran o cierren con tanta rapidez como en los circuitos de CC. En los interruptores de CA, tan sólo se empujan los contactos para separarlos o para cerrarlos. Esta acción es mucho más silenciosa que la del resorte en los interruptores de CA-CC.

c) **Interruptor reductor:** Estos interruptores controlan el nivel de iluminación en un cuarto, a la vez que proporcionan un medio para encender y apagar las luces (figura 5.7). Los más modernos utilizan dispositivos de estado sólido que controlan el tiempo que fluye la corriente durante cada ciclo. Para obtener la iluminación máxima, se coloca la perilla de control de modo que la corriente fluya continuamente durante cada ciclo. Cuando se gira la perilla para reducir la iluminación, el dispositivo de estado sólido atrasa el arranque de flujo de corriente en cada medio ciclo. De esta manera, el flujo promedio de corriente se reduce y, de manera correspondiente, se disminuye el nivel de iluminación. Se fabrican interruptores reductores para lámparas incandescentes y fluorescentes. Cualquiera de los dos tipos se puede instalar en cualquier ubicación seca y, se encuentran en modelos para sustituir a cualquier apagador normal de encendido-apagado, o bien, de 3 vías.

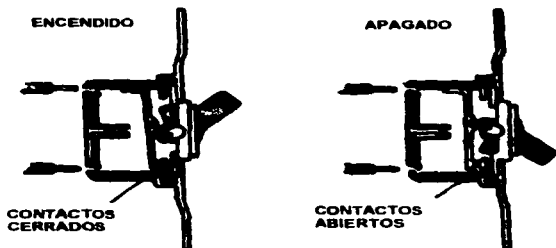


FIGURA 5.6 Interruptor silencioso de CA.

d) **Interruptor de retardo:** En áreas en que, por razones de seguridad se requiere la iluminación durante un corto tiempo después de que el interruptor se puso en la posición de apagado (escaleras, sótanos, cocheras, etc.), se utilizan los que tienen integrado un retardo. El retardo normal es de 30 a 45 segundos. No hay retardo cuando se pone en la posición de encendido. Los interruptores de retardo son ligeramente más grandes que los estándar de volquete, pero se instalan exactamente de la misma forma.

e) **Interruptor con luz de noche:** Los apagadores de volquete con disparadores iluminados se encuentran fácilmente en la oscuridad. Un pequeño bulbo de neón que se encuentra en el disparador suministra la iluminación. El bulbo está alambrado internamente en paralelo con los contactos del interruptor. Cuando el interruptor está en apagado, el bulbo se ilumina. El bulbo tiene una resistencia alta que limita la cantidad de potencia usada; su valor típico es de 1/25 watts.

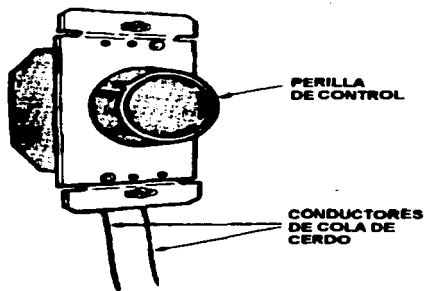
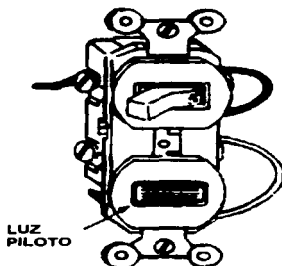


FIGURA 5.7 Interruptor reductor.

d) **Interruptores de luz piloto:** Con frecuencia se usa otro tipo de interruptor iluminado, cuando la luz controlada por el interruptor no es visible desde la ubicación de este. En general, se encuentran dos tipos: uno de ellos tiene un disparador iluminado, como una luz de noche; el otro tipo tiene una lámpara separada montada debajo del interruptor (figura 5.8). La lámpara debe estar en paralelo con la luz que controla. Para conectar la lámpara piloto en paralelo con la carga, en la caja que se va a montar el interruptor de luz piloto, debe existir un conductor de tierra de la energía eléctrica con aislamiento blanco o gris.

e) **Interruptores de mercurio:** Si se requiere un silencio completo al momento de controlar la iluminación, se deben utilizar los interruptores de mercurio. Estos interruptores tienen una ampollita sellada que contiene una pequeña cantidad de mercurio, montada dentro de ellos de tal forma que el movimiento del disparador del apagador hace girar la ampollita (figura 5.9). Los contactos del apagador consisten en dos piezas de metal que se proyectan hacia la ampollita. Al hacer girar la ampollita, los contactos se sumergen en el mercurio y la corriente puede fluir entre ellos. Debido a la fuerza de gravedad, el mercurio permanece en el fondo de la ampollita y estos apagadores se deben montar verticalmente, con el lado apropiado hacia arriba, para que trabajen correctamente.

**f) Contactores:** Se utilizan para encender grandes cargas de iluminación centralizadas; por ejemplo, un contactor puede controlar todas las luces de una torre de iluminación de un estadio. Este tipo de interruptores se utiliza generalmente para grandes grupos de carga de iluminación exterior.



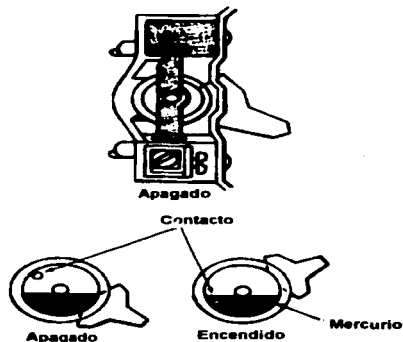
**FIGURA 5.8** Interruptor de luz piloto.

#### **5.5. CONTROLES AUTOMATICOS.**

Los controles automáticos pueden eliminar muchos problemas en el manejo de la energía a causa del descuido de los ocupantes para usar apropiadamente los controles de iluminación. Algunas de las técnicas de control automático son:

- a) El tiempo de los interruptores para apagar toda o parte de la iluminación en un horario determinado. Por ejemplo, el tiempo del interruptor puede ser usado para limitar la cantidad de iluminación para los conserjes en la noche.
- b) Los timers pueden ser instalados para apagar la iluminación después de un tiempo específico. Por ejemplo, la iluminación en un almacén puede ser puesto para que automáticamente se apage después de 10 minutos de haberse encendido.
- c) Los detectores de presencia apagan la iluminación automáticamente cuando no hay nadie en un área y, la enciende nuevamente cuando el trabajador regresa al área de trabajo.

- d) **Controles fotosensibles para regular la iluminación en conjunción con la luz del día disponible. También están disponibles sistemas de control que mantienen un nivel de luz específico; ahorrando energía cuando las lámparas son nuevas y la depreciación es mínima.**



**FIGURA 5.9** Interruptor de mercurio.

- e) **Relevadores que pueden ser instalados en lámparas para permitir la operación selecta de lámparas individuales o grupos de lámparas.**
- f) **Computadoras o microprocesadores para resolver los variados y complejos problemas de iluminación. Pueden ser colocados para manejar los sistemas de iluminación y, en adición, otras funciones para el manejo de energía en edificios, tales como calefacción, aire acondicionado y horarios de elevadores que pueden ser incluidos en el sistema computarizado.**

#### **5.5.1. DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICO.**

Dentro de ellos encontramos a los sensores de presencia, relojes (timers), fotoceldas y otros. Estos dispositivos deben ser utilizados en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un gran número de lámparas.

**1. Sensores de luz:** También llamado fotosensor o fotocelda. Estos dispositivos sensores el nivel de iluminancia y generan una señal proporcional a este, que se procesa en la unidad de control, para después mandar una señal a los interruptores o dispositivos de dimmeo. Con esto se puede ajustar el nivel de iluminancia de acuerdo a las condiciones que perciba el control.

La ubicación de los fotosensores es un aspecto importante para determinar la correcta operación del sistema de control, por lo que el diseñador deberá decidir si se controla el nivel de iluminancia en el plano de trabajo (manteniendo el nivel de lúmenes) o desde la fuente de luz natural (uso de luz natural y estrategia de adaptación-compensación).

**2. Relojes (Timers):** La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. La aplicación más sencilla es la de encender y apagar las luces a una hora determinada, como en sistemas de iluminación para exteriores. Existen unidades complejas que permiten la programación para los 365 días del año con ajustes para cada estación. Existen dos tipos básicos de relojes:

» Relojes que operan eléctricamente y accionan el interruptor mecánicamente. Estos dispositivos mecánicos tienen versiones de 24 horas y de 7 días, otros tienen ajustes astronómicos para compensar las variaciones en la duración del día y la noche de acuerdo a la estación del año.

Otros tienen un mecanismo de cuerda como respaldo a la energía eléctrica:

» Relojes electrónicos que utilizan circuitos integrados, de bajo costo, alta precisión y que incorporan funciones como calendarios y ajustes astronómicos para 365 días. Estos dispositivos controlan la energía de los circuitos por medio de relevadores. Algunos tienen la posibilidad de manejar dos o más relevadores con diferentes horarios, por lo general, tienen una batería de respaldo por si falla el suministro de energía eléctrica.

**3. Atenuador (Dimmer):** Estos dispositivos disminuyen la potencia que se entrega a la lámpara, lo que ocasiona una salida de lúmenes menor. Generalmente se utilizan para crear ambientes o efectos especiales, pero tienen una importancia relevante en el ahorro de energía eléctrica. Pueden reducir la iluminancia en el área controlada al nivel mínimo necesario, aunque en muchos casos, el nivel puede ser ajustado automáticamente de acuerdo a la aportación de luz natural o de otras fuentes.

Los dimmers pueden afectar el funcionamiento de algunas lámparas, por lo que no se recomienda su uso en determinadas circunstancias. La primera versión de los dimmers fué completamente resistiva (de ahí que se les llamara reóstatos), con lo que se lograba el efecto deseado, pero como es de suponerse, las pérdidas en forma de calor éran excesivas.

Muchos de los dimmers actuales utilizan dispositivos de estado sólido, como triacros para modificar el flujo de potencia que se entrega a la lámpara. Estos dimmers encienden y apagan las lámparas 120 veces por segundo. La proporción de tiempo que se mantienen encendidas las lámparas determina el consumo en watts y el brillo aparente. Los componentes más utilizados son los SCR (rectificadores controlados de silicio) y los triacs.

Su aplicación es amplia, desde los manuales que tienen un control sencillo y barato, hasta los de control sofisticado que utilizan sistemas BAS. Los dimmers manuales se utilizan generalmente para instalaciones permanentes de lámparas incandescentes, de bajo voltaje, neón y de cátodo frío. Una aplicación interesante de los dimmers es en aquellos circuitos que tienen interruptores de 3 ó 4 vías, para controlar un circuito desde varios puntos, donde se puede colocar un dommer normal o uno que tenga los interruptores interconstruidos; la conexión en serie de dos o más dimmers no se recomienda.

Una innovación relativamente reciente, es un sistema programable que permite al usuario controlar varios circuitos de iluminación simultáneamente. El diseño más complejo de un dimmer es el que incluye un tablero central para el control de toda una casa o edificio. Los dimmers tienen una gran flexibilidad, ya que pueden utilizarse manual o automáticamente, interactuar con dispositivos como fotosensores, relojes, ajustadores astronómicos, alarmas y otros. Requieren de un complejo alambrado, utilizan dimmers inductivos de alta calidad y son de costo elevado (aún así, son mejores que los sistemas PLC), por lo que se recomiendan preferentemente para instalaciones nuevas.

**4. SENSORES DE PRESENCIA:** Fueron desarrollados en un principio para la industria de la seguridad, ya que son de alta confiabilidad en la detección de personas en el lugar de su instalación (figura 5.10).

La principal ventaja que tienen es que, mientras no detecta movimiento, no hay motivo alguno para encender las luces. La mayoría pueden ser calibrados para determinar el tiempo entre la última detección y el apagado de iluminación. Los modelos más eficientes requieren de que el usuario encienda las luces en el área controlada, mientras que la función de apagado es automática. Estos controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25 y 50% y funcionan con alguna de las tres técnicas explicadas a continuación:

a) **Detectores PIR (passive infrared):** Perciben y responden a los patrones de calor del movimiento. Los patrones de calor del cuerpo de los animales puede ser diferenciado fácilmente de otras fuentes de calor. Esta tecnología es la que se utiliza para los sistemas de seguridad residenciales y comerciales.

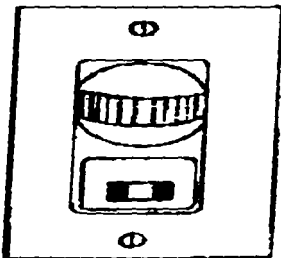


FIGURA 5.10 Sensor de presencia.

**b) Detectores ultrasónicos:** Son de tipo activo, ya que emiten y reciben una señal producida por la oscilación de un cristal de cuarzo, la cual es inaudible. Responden al cambio en el tiempo de retorno de la señal, producido por el movimiento de los ocupantes.

**c) Detectores por microondas:** También son de tipo activo y trabajan en forma similar a los anteriores, pero responden a un cambio en la frecuencia de la señal, también causada por el movimiento de los ocupantes. Hasta este momento, su uso se limita a aplicaciones de seguridad.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en los siguientes lugares:

» En el techo; para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencias. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de Clase. Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas e iglesias.

» En la pared; este tipo de sensores sustituyen directamente a interruptores de pared (retrofit) y los mejores incluyen un interruptor manual. Algunos se diseñan con un sensor fotoeléctrico incorporado, lo cual evita que las luces se enciendan cuando existe una suficiente aportación de la luz natural; sin embargo, han sido fuertemente criticados, ya que no detectan el nivel de iluminación en el plano de trabajo.

Existen factores importantes para la adecuada utilización de estos dispositivos, tales como la selección correcta del sensor, su calibración, el lugar de la instalación (techo, pared, etc.) y activación por falsas señales. Un sensor PIR puede operar inadecuadamente cuando no tiene filtros especiales para las radiaciones infrarrojas de la luz natural. Un sensor ultrasónico puede responder a la vibración, como la del aire acondicionado, o al paso de corrientes de aire; los sensores de microondas pueden atravesar la paredes y detectar presencia en el área equivocada.

Otra precaución que se debe de tomar es el tiempo de reencendido de algunas lámparas, como las de HID. Existen balastos especiales que pueden operar la lámpara con una potencia reducida (por ejemplo, 35%) cuando el sensor no indica presencia y entrega potencia plena en el momento en que se requiera. Es importante mencionar que lo anterior puede afectar la consistencia en el color de las lámparas de aditivos metálicos.

En general, se deben considerar los siguientes aspectos para cualquier proyecto que considere sensores de presencia.

- ⓧ Considerar la posibilidad de ciclos frecuentes de encendido-apagado, especialmente en sistemas fluorescentes.
- ⓧ Tiempo que opera el sistema de iluminación innecesariamente.
- ⓧ Forma y dimensiones del área a controlar.
- ⓧ Presencia de barreras u obstáculos.
- ⓧ Ubicación del sensor.
- ⓧ Tipo de sensor (PIR, ultrasónico, etc.).
- ⓧ Ajuste de sensibilidad y tiempo.
- ⓧ Mantenimiento (reemplazo de lámparas).

**5.5.2. CONTROLES AUTOMATICOS PARA REEMPLAZO DIRECTO:** Estos controles tienen el sensor, la unidad de control y el dispositivo de interrupción (generalmente un relevador) en la misma unidad, por lo que reemplazan a los interruptores manuales sin la necesidad de cambiar la instalación.

**5.5.3. SISTEMAS AUTOMATICOS PARA EDIFICIOS (BAS):** Llamados también Sistemas Administradores de energía (EMS), son sistemas de programación muy sofisticados que utilizan una central computarizada para regular las operaciones de un edificio

Algunos EMS manejan sensores de presencia, fotosensores y controles de tiempo para escoger la combinación más adecuada para el manejo de la energía del sistema de iluminación. A pesar de que estos sistemas son particularmente efectivos para el control de la iluminación, están diseñados para controlar todas las cargas del edificio.

*a) Sweeping:* Es una estrategia de control que manejan los sistemas BAS para apagar el sistema de iluminación del edificio a una hora determinada, requiriendo una acción manual para encender las áreas necesarias. Esta estrategia es especialmente útil para grandes edificios donde hay pocas personas trabajando fuera del horario o cuadrillas de limpieza y mantenimiento.

Existen dos tipos de sistemas BAS para control de iluminación, los que trabajan con relevadores de bajo voltaje y aquellos que utilizan una onda portadora por la línea de alimentación (PLC, power line carrier).

*b) Sistemas de interrupción con relevadores de bajo voltaje:* Esta opción es útil cuando se requiere instalar un sistema de control poco a poco. Estos relevadores pueden ser elementos de interrupción principales en los sistemas BAS/EMS, ya que se pueden conectar directamente a las computadoras, controles electrónicos de tiempo, interruptores manuales y otros dispositivos. Algunos sistemas utilizan la línea telefónica para tener un manejo a control remoto.

Estos sistemas utilizan circuitos de bajo voltaje (generalmente 24 V) para mandar los pulsos de control a los relevadores, los cuales abren o cierran el circuito de alimentación de la iluminación. Los sistemas de bajo voltaje tienen varias ventajas, como la capacidad de interconexión con otros dispositivos, flexibilidad para el reacondo si cambia la distribución del edificio, fácil manejo y permiten un control manual; sin embargo, su mayor desventaja es el alto costo inicial del equipo y de la instalación.

Existen dos tipos de instalación para estos sistemas:

- » Gabinetes centrales que contienen a todos los relevadores del sistema, uno para cada zona o circuito. La ventaja principal de ésta instalación es la facilidad de mantenimiento, separación de circuitos y cambio de configuración. Su costo inicial es elevado y el alambrado es complicado.
- » Relevadores locales, cerca de la carga. El alambrado de cada relevador se simplifica, pero se debe tener cuidado en la correcta comunicación con la computadora central.



**c) Sistemas PLC:** Estos sistemas utilizan la línea de alimentación del edificio para transmitir las señales de control, que por lo general provienen de computadoras centrales, sensores u otros dispositivos. La principal ventaja del sistema es la eliminación de una instalación especial, ya que los relevadores y dimmers se conectan directamente a las tomas de corriente. Existen limitaciones prácticas que evitan la obtención de señales de control limpias o sin distorsión, lo que afecta la confiabilidad del sistema.

Los sistemas PLC trabajan con señales de control codificadas y transmitidas en radio frecuencia a través de la instalación eléctrica del edificio. Los códigos son comunes para todos los receptores, pero son transmitidos en diferentes frecuencias o canales para evitar el accionamiento de relevadores en zonas vecinas. La mayoría de los sistemas comerciales trabajan con 16 códigos transmisibles en 16 canales, para un total de 256 líneas de control.

Los sistemas PLC son baratos y poderosos, pero como se mencionó anteriormente, su efectividad depende del ruido de la línea. Otras desventajas son la incompatibilidad con algunos balastos electrónicos y la necesidad de dimmers locales conectados en serie con los PLC para poder ser controlados por transmisores remotos.

#### **5.6. INTEGRACION DE LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL.**

A continuación se examina la forma en que se integran los componentes de un sistema de iluminación con las estrategias de control.

**a) Establecimiento del área a controlar:** Las dimensiones y la adecuada selección de cada área controlada es de crítica importancia. En general, el área no debe de exceder los límites de cada cuarto. La practica generalizada de controlar los sistemas de iluminación en grandes bloques (todo un piso de un edificio, por ejemplo) es inadecuada, siendo la más efectiva la de seleccionar un área, lo más grande posible, de la cual se deberán conocer los patrones de uso y presencia. Lo anterior es aplicable a edificios que tienen horarios perfectamente definidos y respetados, aún para el mantenimiento y limpieza.

En edificios que tengan patrones de actividad diferentes para cada área, se recomienda el uso de controles en zonas reducidas. Por ejemplo, los ahorros potenciales que se presentan en una oficina pequeña es mayor que los que se presentan en una oficina grande dentro de un mismo edificio; ya que en la oficina pequeña trabajan menos personas y existe una mayor probabilidad de que se utilice la iluminación por un tiempo menor. Las oficinas pequeñas presentan la ventaja de determinar sus necesidades de iluminación más fácilmente que las grandes, lo que las hace más adaptables a los controles.

**b) Aplicación de controles manuales:** Este tipo de dispositivos son la base de los controles de iluminación; su efectividad depende del grado de concientización del usuario y de la facilidad de operación. El diseño de un dispositivo de control sencillo y conveniente puede ser una de las tareas más difíciles. Las estrategias que involucran controles manuales están diseñados para asegurarse de que los ocupantes realmente los utilicen, para lo cual se siguen las siguientes reglas, que aunque sencillas son de gran importancia:

- Los controles deberán estar ubicados en lugares accesibles, y deberán ser de fácil operación.
- La cantidad de controles deberá ser la menor posible, ya que el ocupante no los usará si existen demasiadas alternativas que lo confundan.

Los dimmers son accesibles al usuario y son otra oportunidad para el ahorro, pero esto depende de la facilidad de uso de los dispositivos.

**c) Uso de la luz natural:** Las estrategias para el aprovechamiento de la luz natural controlan a las fuentes artificiales, reduciendo la potencia de estas a medida que la luz natural aumenta, e incrementandola cuando la aportación natural disminuye. Existen tres estrategias principales que utilizan luz natural como medio de ahorro de energía:

- Utilizando dimmers continuos para grandes áreas, donde una fotocelda sensa la aportación natural de luz y manda una señal a la unidad central con lo que se trata de mantener un nivel minimo necesario.

Esta estrategia utiliza dimmers especiales, diseñados para balastos de lámparas fluorescentes estándares, con lo que se obtiene un rango de operación del 15 al 100%.

- Utilizando dimmers individuales para áreas reducidas, o utilizando un banco de balastos electrónicos dimmeables controlados por una fotocelda. El funcionamiento esta estrategia es similar a la anterior, aunque los ahorros son mayores debido a las dimensiones del área controlada.
- Utilizando controles manuales o separación de circuitos, donde por ejemplo, se manejan las lámparas o luminarios cercanos a las ventanas de forma independiente. También se recomienda el uso de balastos multinivel. Esta estrategia requiere de un ajuste especial en la fotocelda para evitar ciclos de encendido y apagado repetitivos, que pueden provocar la distracción del personal. A pesar de los problemas potenciales que encierra esta estrategia, es la más útil, debido a su bajo costo.

**d) Mantenimiento del nivel de lúmenes:** El equipo y funcionamiento de esta estrategia, son muy parecidos a aquellos de un sistema que aprovecha la luz natural, por lo que generalmente se utilizan en forma paralela. Dependiendo del uso del edificio y del diseño del sistema, se pueden obtener ahorros de hasta un 15%. Las mejores aplicaciones de estos sistemas se logran en áreas grandes, como tiendas o industrias de ensamble, y en donde se tienen factores de pérdida de luz del orden de 0.7 ó menores.

**e) Adaptación-compensación:** Estos sistemas utilizan dimmers o interruptores en combinación de relojes. Generalmente, el sistema se programa de tal forma que se obtiene un nivel de iluminancia promedio o elevado durante el día, y niveles muy bajos durante la noche. En aplicaciones especiales, como un supermercado que trabaja las 24 horas, puede utilizarse este sistema para reducir el consumo hasta en un 80%, por un periodo de 10 a 12 horas de día.

**f) Reducción del pico de demanda:** Esta estrategia utiliza dimmers continuos para ajustar el nivel deseado. La señal de control se manda desde el equipo de medición del consumo, una vez que se alcanza una demanda predeterminada. En el momento en que se tiene la señal de control, se reduce paulatinamente la potencia del sistema de iluminación por medio de dimmers.



# ***CAPITULO VI***



## **SEXTO CAPITULO TARIFAS ELECTRICAS**

### **6.1. INTRODUCCION.**

La relación comercial entre los usuarios de los servicios de energía eléctrica y las empresas suministradoras, se rigen básicamente por el contrato de suministro y, el costo del servicio a su vez, por la aplicación de las tarifas eléctricas.

A continuación se pretende mostrar de una manera sencilla las tarifas que actualmente están en vigor en México, la forma general en que se facturan los servicios de energía eléctrica y los parámetros que influyen en el monto de la misma, de cuyas magnitudes y arreglos, dependerá en forma sustancial el costo resultante.

El sistema eléctrico nacional es atendido por dos grandes empresas suministradoras: La Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro, que atienden al 76.3 % y al 23.7 % de los usuarios respectivamente. Las ventas son 20.7 % para Luz y Fuerza del centro y, 76.3 % para la Comisión Federal de Electricidad.

#### **6.1.1. ASPECTO LEGAL.**

De acuerdo al artículo 31 de la ley del servicio público de energía eléctrica, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con la participación de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal y de Comercio y Fomento Industrial, y a propuesta de la Comisión Federal de Electricidad, fijará las tarifas, su ajuste o reestructuración, de manera que tienda a cubrir las necesidades financieras y las de ampliación del servicio público y el racional consumo de energía eléctrica.

Asimismo y a través de los procedimientos señalados, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público podrá fijar tarifas especiales en horas de demanda máxima, demanda mínima o en una combinación de ambas.

#### **6.1.2. GESTION COMERCIAL.**

La gestión comercial para los servicios de energía eléctrica consta básicamente de los siguientes aspectos :

- ⦿ Solicitud y contratación del servicio.
- ⦿ Facturación del servicio.

#### **6.1.3. SOLICITUD Y CONTRATACION DEL SERVICIO.**

El primer paso para la solicitud del servicio y contratación de un servicio de energía eléctrica, consiste en determinar si para proporcionar el servicio, el suministrador requiere construir, ampliar o modificar sus instalaciones, en cuyo caso se requeriría un presupuesto y proyecto para efectuar dichos trabajos.

Los servicios individuales en baja tensión con carga menor a 20 kW se pueden contratar directamente en las unidades comerciales y no requieren de la tramitación de una solicitud de presupuesto a menos que se encuentren ubicados en una zona en la que no exista red de baja tensión o no exista capacidad para proporcionarlo. Todos los demás casos, requieren de la tramitación de un presupuesto y proyecto para suministrarlos, previo a su contratación.

#### 6.1.4. DESCRIPCIÓN.

Las tarifas de energía eléctrica son las disposiciones específicas, que contienen las cuotas y condiciones que rigen para los suministros de energía eléctrica agrupados en cada clase de servicio. En el actual sistema tarifario de acuerdo a su aplicación las tarifas se clasifican en dos tipos:

- Tarifas específicas.
- Tarifas generales.

#### 6.2. TARIFAS ACTUALES EN MÉXICO.

En términos generales, las tarifas se aplican dependiendo de las características particulares del servicio que se considera, como se muestra en la tabla 6.1.

TABLA 6.1 Tarifas actuales en México.

TARIFA	DESCRIPCIÓN	TIPO	APLICACIÓN
1	SERVICIO DOMESTICO	ESPECIFICA	USO DOMESTICO, BAJA TENSION.
1-A	SERVICIO DOMESTICO	ESPECIFICA	IGUAL QUE LA ANTERIOR PERO PARA TEMPERATURA DE 25°C.
1-B	SERVICIO DOMESTICO	ESPECIFICA	IGUAL QUE LA ANTERIOR PERO PARA TEMPERATURA DE 28°C.
1-C	SERVICIO DOMESTICO	ESPECIFICA	IGUAL QUE LA ANTERIOR PERO PARA TEMPERATURA DE 30°C.
1-D	SERVICIO DOMESTICO	ESPECIFICA	IGUAL QUE LA ANTERIOR PERO PARA TEMPERATURA DE 31°C.
1-E	SERVICIO DOMESTICO	ESPECIFICA	IGUAL QUE LA ANTERIOR PERO PARA TEMPERATURA DE 32°C.
2	S E R V . GRAL. HASTA 25 kW	GENERAL	SERV. GRAL. EN BAJA TENSION HASTA 25 kW DE DEMANDA.
3	SER. GRAL. MAS DE 25 kW.	GENERAL	SERV. GRAL. EN BAJA TENSION MAS DE 25 kW DE DEMANDA.
5	SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO	ESPECIFICA	SE APLICA AL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA EN BAJA Y MEDIA TENSION EN LAS ZONAS CONURBADAS DEL D.F, MONTERREY Y GUADALAJARA.
5-A	S E R V . ALUMBRADO PUBLICO	DE	ESPECIFICA IGUAL QUE LA ANTERIOR PERO PARA EL RESTO DEL PAIS.
6	BOMBEO AGUAS POTABLES	ESPECIFICA	SER. PUBLICO DE BOMBEO DE AGUAS POTABLES Y NEGRAS.

7	SERVICIO TEMPORAL	GENERAL	SERV. TEMPORAL EN BAJA TENSION PARA CUALQUIER USO.
9	RIEGO AGRICOLA	ESPECIFICA	BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO AGRICOLA EN BAJA TENSION.
9-M	RIEGO AGRICOLA	ESPECIFICA	BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO AGRICOLA EN MEDIA TENSION.
0-M	ORDINARIA MEDIA TENSION	GENERAL	SERV. GRAL. MEDIA TENSION, DEMANDA MENOR A 500 kW.
H-M	HORARIA MEDIA TENSION	GENERAL	HORARIA EN MEDIA TENSION, DEMANDA DE 500 kW O MAS.
H-S	HORARIA ALTA TENSION	GENERAL	HORARIA ALTA TENSION, NIVEL SUBTRANSMISION 35 A 220 kv.
H-T	HORARIA ALTA TENSION	GENERAL	HORARIA ALTA TENSION, NIVEL TRANSMISION 230 Y 400 kv.
H-T	HORARIA ALTA TENSION	GENERAL	HORARIA ALTA TENSION, NIVEL TRANSMISION 230 Y 400 kv.
H-T	HORARIA ALTA TENSION.	GENERAL	HORARIA ALTA TENSION, NIVEL TRANSMISION 230 kv O MAS.

TABLA 6.1 (Continuación)

### 6.3. CONCEPTOS GENERALES.

a) **CARGA:** Es la potencia entregada en un punto dado, expresada en watts, u en otras unidades convenientes (W, kW, mW, qW, etc ).

b) **CARGA TOTAL CONECTADA O INSTALADA:** Es la suma de las capacidades de las lámparas, aparatos, motores, y equipos que consumen energía eléctrica, considerados individualmente en watts, que se encuentren instalados y puedan ser susceptibles de conectarse al sistema del suministrador.

c) **DEMANDA:** Es la carga promedio funcionando en una instalación eléctrica o sistema en un tiempo especificado, se expresa en kilowatts (kW).

d) **DEMANDA CONTRATADA:** Es la que el suministrador y el usuario del servicio convienen en el contrato de suministro. Generalmente se la considera como el porcentaje, no inferior al 80%, de la carga instalada, en caso de que la carga exceda el 60%, no será menor al 90% de la capacidad de la subestación (en su caso), ni menor que la capacidad del aparato o equipo más grande que conforma la carga instalada.

e) **DEMANDA FACTURABLE:** Es el resultado de sumar a la demanda máxima media en periodo de punta , la quinta parte de la diferencia de las demandas.

Ejemplo:

$$DF = DP + 0.2X\max(DI - DP, 0) + 0.1X\max(DB - DPI, 0)$$

SI DEM PUNTA > DEM BASE → DF = DEM PUNTA

Donde:

**DF** = Demanda facturable.

**DP** = Es la demanda máxima medida en el periodo de punta.

**DI** = Es la demanda máxima medida en el periodo intermedio.

**DPI** = Es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio.

**max** = Significa máximo, si la diferencia entre demanda es negativo valdrá cero.

Cualquier fracción de kW de demanda facturable se tomará como kW completo.

f) **DEPOSITO DE GARANTIA:** Los depósitos de garantía de las tarifas horarias será igual a 2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

g) **DEMANDA MÁXIMA:** La demanda máxima medida se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indican la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Entre más alta es la demanda de energía en un momento dado por un periodo de 15 minutos, más alto será también el cargo por demanda. Entre más uniformemente se pueda repartir el consumo de energía eléctrica en una planta más bajo será el cargo por demanda, como se muestra en la figura 6.1.

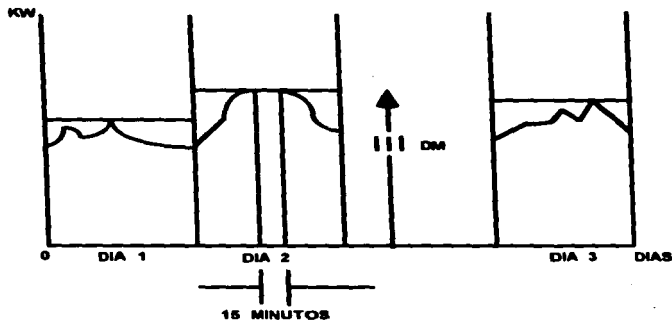


FIGURA 6.1 Demanda Máxima Medida.

h) **FACTOR DE CARGA:** El factor de carga ( $F_c$ ) es la relación entre la demanda media ( $D_m$ ) y la demanda máxima ( $DM$ ) de una curva de carga, durante un periodo de tiempo dado (día, semana, mes, etc.), como se muestra en la figura 6.3.

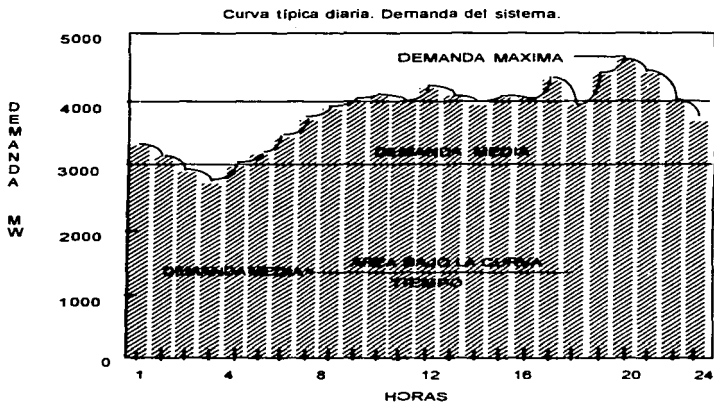


FIGURA 6.2 Comportamiento del sistema nacional .

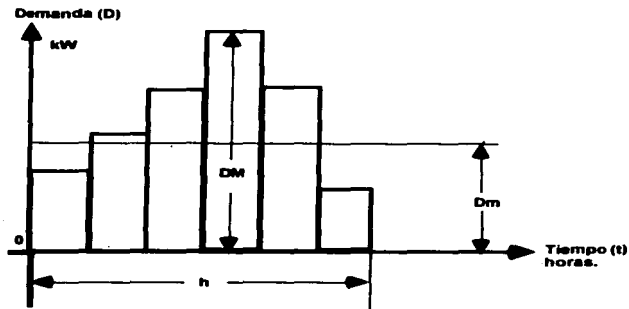


FIGURA 6.3 Factor de carga.



**Formulas para el cálculo del factor de carga:**

$$D_m = \frac{h \sum_{t=1}^h D}{h} = \frac{\text{CONSUMO}}{h}$$

$$F_c = \frac{D_m}{DM} = \frac{\text{CONSUMO}}{DM \times h}$$

#### **6.4. CONTROL DE LA DEMANDA.**

Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga. De ésta forma se logra la tarifa más baja por kilowatt-hora. Sin embargo, si el ritmo de operación de la planta decrece, los cargos por la demanda se reparten entre unos cuantos kilowatts-hora y por tal motivo estos cargos se elevan para cada kilowatt-hora.

Los consumidores que presentan altos factores de carga propician una mayor eficiencia en la utilización de las instalaciones, por lo cual es recomendable estimular dicho comportamiento y para tal efecto es pertinente fijar tarifas especiales para aquellos usuarios de alta tensión que presenten demandas superiores o iguales a los 20,000 kW y factores de carga mayores o iguales a 0.7.

Al analizar las curvas de demanda podrá determinarse cuando ocurren las demandas máxima y las causas de las mismas y entonces se estará en posibilidad de adoptar las medidas adecuadas. Estas pueden ser las siguientes:

- » Evitar la energización simultánea de equipos y cargas eléctricas cuyas corrientes de arranque sean altas.
- » Establecer un programa de operación de equipo que permita defasarlos sin afectar la producción.
- » Instalar un sistema de control automático que vigile el comportamiento de la demanda y realice desconexión o limitación de cargas según un programa preestablecido de acuerdo con las funciones propias de la empresa en cuestión.

El control de la demanda automático debe de ser considerado cuando la demanda es muy variable y su control sea factible debido a la existencia de cargas controlables. Este tipo de control puede ser aplicado a los grandes consumidores industriales, comerciales y de servicios.

El primer paso en la aplicación de control de demanda automático, es establecer el límite de demanda. Este debe ser basado en las lecturas actuales de demanda o en un análisis de la misma. El segundo paso consiste en identificar las cargas controlables, las cuales pueden ser: hornos eléctricos, compresores, aire acondicionado, ventiladores de calefacción y ventilación, enfriadores, alumbrado, etc.

Dados los elevados cargos por concepto de demanda, vale la pena hacer un esfuerzo por parte de los consumidores con el objetivo de reducir la demanda máxima y tratar de utilizar la energía fuera de las horas de punta. La estructura de las tarifas penaliza el uso de la energía en los periodos de punta y alienta a los consumidores para hacer uso de la misma durante los periodos de base. Esta estructura favorece económicamente a los usuarios y permite a las compañías de energía eléctrica explotar con mayor eficiencia sus instalaciones.

Para poder reducir y controlar su demanda, los usuarios deben reorganizar sus operaciones según el proceso se los permita para distribuir su demanda fuera de las horas pico; o bien limitar en forma automática la demanda mediante algún sistema controlador. En ambos casos, el primer paso consiste en hacer un análisis que permita conocer las características de la demanda durante un período dado. En este análisis se deben considerar los siguientes factores:

- ↳ Factor de carga.
- ↳ Valor y duración de los picos de demanda.
- ↳ Valor y duración de los valles.
- ↳ Horario de los picos de demanda.
- ↳ Causas de los picos de demanda.

#### **6.5. CARGOS POR ENERGIA CONSUMIDA.**

Los costos de operación de la porción de la factura de consumo de energía eléctrica, se basan en el número de kilowatts-hora registrados en el término de cierto período, normalmente un mes y dos meses. Para establecer comparaciones, se debe tomar un período de facturación. El número de días de trabajo y el número de días cubiertos tendrán diferencias.

Existen cuatro situaciones en las que se deben considerar las pérdidas en un transformador, las cuales son:

- ↳ Si el usuario tiene su contratación en baja tensión, las pérdidas en los transformadores las absorbe la compañía que presta el servicio.
- ↳ Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión, y su medidor de consumo se encuentra en el secundario del transformador, la compañía que suministra el servicio efectúa un cargo del 12% por concepto de las pérdidas en el transformador.
- ↳ Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión, y su medidor de consumo se encuentra en el primario del transformador, no se realiza cargo ya que las pérdidas del transformador quedan incluidas en el medidor.
- ↳ Si el suministrador del servicio tiene disponible solo baja tensión y el usuario requiere aumentar su voltaje a media o alta tensión mediante la instalación de un transformador, el suministrador del servicio le bonifica el 2% al usuario o se recurre a otro convenio para hacerse cargo de las pérdidas del transformador.

#### **6.6. CARGOS POR FACTOR DE POTENCIA.**

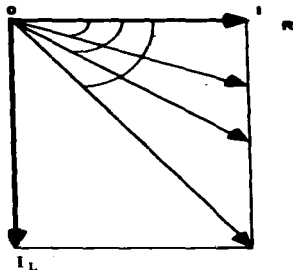
Las cargas eléctricas pueden consumir potencia reactiva en tal magnitud, que afectan al factor de potencia de una instalación. El factor de potencia se determina por el coseno del ángulo de defasamiento que se forma entre la corriente y el voltaje, y para poder determinarlo se instalan los medidores de KVARh.

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\text{KVARh}}{\text{KWh}}$$

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \left[ \frac{\text{KVARh}}{\text{KWh}} \right]$$

$$\text{FP} = \cos \left[ \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\text{KVARh}}{\text{KWh}} \right) \right]$$

A medida que tenemos mayor consumo de KVARh aumenta el ángulo de defasamiento, disminuyendo el valor del factor de potencia, como se muestra en la figura 6.4.



**FIGURA 6.4** Disminución del factor de potencia  $\cos \theta$  al incrementarse la corriente reactiva  $I_L$ .

Esto trae serios problemas tanto para el usuario como para la compañía de suministro de energía eléctrica, como se describe a continuación.

- » *Disminución de la capacidad de los equipos de generación, distribución y, maniobra de la energía eléctrica.*

El tamaño de los conductores y otros componentes de los equipos mencionados, se diseñan para un cierto valor de corriente y, para no dañarlos se deben de operar sin que éste se rebasa, a riesgo de sufrir algún desperfecto. El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia, puede obligar a utilizar conductores de mayor calibre y por lo tanto más caros; e incluso en la necesidad de invertir en nuevos equipos de generación y transformación si la corriente demandada llega a sobrepasar la capacidad de los equipos existentes. En la figura 6.5, se muestra la curva típica de un transformador de distribución en donde se pueden observar cómo su capacidad depende directamente del factor de potencia.

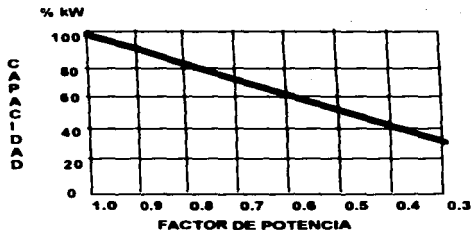


FIGURA 6.5 Influencia del factor de potencia en la capacidad de transformadores.

• *Incremento en las pérdidas por calentamiento.*

La potencia que se pierde por calentamiento está dada por la siguiente expresión  $I^2R$ , donde  $I$  es la corriente total y  $R$  es la resistencia eléctrica de los equipos: bobinados en generadores y transformadores, conductores de los circuitos de distribución, etc.

Como el factor de potencia implica un incremento en la corriente total, debido al aumento de su componente reactiva, las pérdidas pueden aumentar de manera significativa. En la figura 6.6, se muestra el efecto del factor de potencia en las pérdidas de un circuito alimentador de 100 m de longitud, conductores de calibre 2/0 AWG, 440 V y una corriente de 150 A cuando trabaja con un factor de potencia unitario. Donde se observa que se incrementan las pérdidas cuando disminuye el factor de potencia. La variación es exponencial ya que las pérdidas dependen del cuadrado de la corriente.

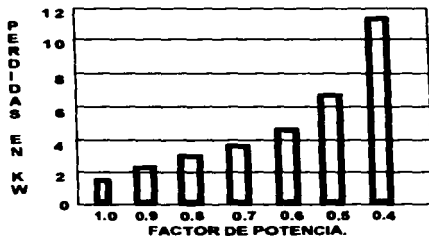


FIGURA 6.6 Pérdidas de un circuito alimentador de 100 m, conductor 2/0 AWG, 440 V, y corriente de 150 A.

» Deficiente regulación de voltaje.

Un factor de potencia reducido ocasiona un abatimiento del voltaje de alimentación de las cargas eléctricas (motores, lámparas, etc.) que pueden experimentar una reducción sensible en su potencia de salida. Esta reducción de voltaje se debe en gran medida, a la caída que se experimentan en los conductores de transformadores y circuitos por la corriente en exceso que circula por ellos. Para el circuito anterior, en la figura 6.7, se muestra gráficamente la pérdida de voltaje que se presenta al reducirse el factor de potencia.

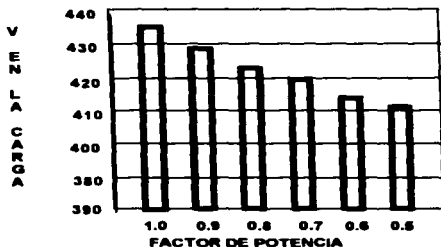


FIGURA 6.7 Efecto del F.P. en la regulación de voltaje.

» Incremento en la facturación de energía eléctrica.

Un bajo factor de potencia significa energía desperdiciada y afecta a la adecuada utilización del sistema eléctrico. Por esta razón en las tarifas eléctricas, se ofrece una reducción en la factura de electricidad en instalaciones con un factor de potencia mayor al 90% y también se imponen cuotas a manera de multas si el factor de potencia es menor de 90%.

**FORMULA DE RECARGO:**

$$\text{Porcentaje de recargo} = 3/5 \times ((90/FP)-1) \times 100$$

**FORMULA DE BONIFICACION:**

$$\text{Porcentaje de bonificación} = 1/4 \times (1 - (90/FP)) \times 100$$

Donde FP es el factor de potencia expresado en por ciento.

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores al 120%, ni porcentajes de bonificación superiores a 2.6%.

**TABLA 6.2 Recargos en la factura por factor de potencia menor de 90%.**

F.P. ACTUAL	% DE RECARGO	F.P. ACTUAL	% DE RECARGO
89	0.67	74	12.97
88	1.36	73	13.97
87	2.07	72	15.00
86	2.79	71	16.06
85	3.53	70	17.14
84	4.29	69	18.26
83	5.06	68	19.41
82	5.85	67	20.60
81	6.67	66	21.82
80	7.50	65	23.08
79	8.35	64	24.38
78	9.23	63	25.71
77	10.13	62	27.10
76	11.05	61	28.52
75	12.00	60	30.00

**TABLA 6.3 Bonificación por factor de potencia mayor del 90%.**

F.P. ACTUAL	% DE BONIFICACION	F.P. ACTUAL	% DE BONIFICACION
91	0.27	96	1.56
92	0.54	97	1.90
93	0.81	98	2.04
94	1.08	99	2.27
95	1.32	100	2.50

### 6.7. AJUSTE POR COMBUSTIBLE.

Las variaciones de los precios del combustible utilizado para generar energía eléctrica será aplicado a las facturas de las tarifas 07,0-M, H-M, H-S, H-T, H-TL, Y H-SL.

#### 6.7.1. CALCULO DE LOS AJUSTES.

Para cada mes del calendario el monto de los ajustes expresados en pesos, se calculará multiplicando el total de energía consumida en dicho mes expresado en kilowatts-hora, por los factores mensuales de ajuste que se expresan en pesos por kilowatts-hora.

Los factores de ajuste del mes se calcularán mediante la siguiente fórmula para cada nivel de tensión de suministro:

**FACTORES DE AJUSTE:**

$$J = Ft_j \sum_{i=1}^n a_i (P_i - P_{Bi})$$

Donde:

- "J" expresa cada uno de los 4 valores, para los 4 niveles de tensión de suministro: 1) Alta Tensión Nivel Transmisión, tarifas ( H-T-HTL); 2) Alta Tensión Nivel Subtransmisión, tarifas (H-S, H-SL); 3) Media Tensión, tarifas (OM, y HM); 4) Baja Tensión, tarifas (07, a partir del 01/ 01/ 97 este factor no aplica a las tarifas 02 y 03).

- "I" expresa cada uno de los 5 valores, para los 5 combustibles que se someten al ajuste mensual: 1) Combustóleo importado, cotización Pemex, puesto en Manzanillo; 2) Combustóleo Nacional, cotización Pemex, centro productor; 3) Gas Natural, cotización Pemex zona centro; 4) Diesel N°. 1 cotización Pemex, única a nivel Nacional; 5) Carbón, cotización MICARE que incluye manejo de cenizas, única a nivel Nacional.

- "PBi" expresa el precio base (sin IVA) para cada combustible.

- "Pi" es el precio (sin IVA) para cada combustible, vigente en la quincena anterior al mes del calendario del cálculo del monto del ajuste.

- "ai" corresponde a los coeficientes de ajuste para cada combustible y tienen los siguientes valores: a1 = 0.031744; a2 = 0.104201; a3 = 0.044212; a4 = 0.003048 y a5 = 0.038062.

- "FTj" representa un factor aplicable a cada uno de los cuatro niveles de tensión de suministro y tiene los siguientes valores: FT1 = 1.0029; FT2 = 1.042; FT3 = 1.067 y FT4 = 1.104.

#### **6.7.2. FACTURACION DE LOS AJUSTES.**

El monto del ajuste se sumará o se restará, según sea el caso, a la factura de cada usuario, siempre antes de impuestos y considerando la parte proporcional de cada mes calendario que corresponda al período de facturación.

#### **6.8. REGIONALIZACION DE LAS TARIFAS.**

La estructura de las tarifas de energía eléctrica se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se han tomado en cuenta las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de tensión de suministro y demanda, con el objeto de reflejar el costo real del servicio. Por lo anterior CFE ha dividido el territorio nacional en regiones, principalmente para diferenciar el uso de la energía eléctrica en media y alta tensión.

A continuación se detallan los municipios y estados de la república mexicana que corresponden a cada zona. Se formaron 8 regiones en el país:

1) **REGION BAJA CALIFORNIA.** Todos los municipios del estado de Baja California. Municipios del estado de Sonora: San Luis Rio Colorado.

2) **REGION BAJA CALIFORNIA SUR.** Todos los municipios del estado de Baja California Sur.

3) **REGION NOROESTE.** Todos los municipios del estado de Sonora, excepto San Luis Rio Colorado. Todos los municipios del estado de Sinaloa.

4) **REGION NORTE.** Todos los municipios del estado de Chihuahua y Durango. Municipios del estado de Zacatecas: Chalchihuites, Jiménez del Teúl, Sombrerete, Saín Alto, Jeréz, Juan Aldama, Rio Grande, General Francisco Murgía, Mazapil, Melchor

Ocampo. Municipios del estado de Coahuila: San Pedro de las Colonias, Matamoros, Viesca, Parras de la Fuente, Francisco I. Madero y Torreón.

**5) REGION NORESTE.** Todos los municipios de los estados de Nuevo León y Tamaulipas. Municipios del estado de Chihuahua, excepto los comprendidos en la Región Norte. Municipios del estado de Zacatecas: Concepción del Oro y El Salvador. Municipios del estado de San Luis Potosí: Venegas, Cedral, Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Río Verde, San Cirio de Acosta, Legunillas, Santa Catarina, Rayón, Cárdenas, Atiquines, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquismón, Atlix de Terrazas, Tamazunchale, Huehuetlán, Tamuín, Tancahuitz, Taniajas, San Antonio, Cosatlán, Tampamolón, San Vicente Tancuayalab, Ebano, Xilitia, Tampacan, Tanquian de Escobedo. Municipios del estado de Veracruz: Pánuco, Tempoal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama de Mazcارةñas, El Higo, Huayacocotla.

**6) REGION CENTRAL.** Todas las delegaciones del Distrito Federal. Municipios del Estado de México: Tultepec, Tutitlán, Ixtapaluca, Chalco de Díaz Covarrubias, Huixquilucan de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Santa Cruz Atizapán, Cuautitlán, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tlanepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Chimalhuacán, Chocomaipan, Texcoco, Ciudad Nezahualcóyotl, Los Reyes La Paz. Municipios del estado de Morelos: Cuernavaca.

**7) REGION SUR.** Todos los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacan, Aguascalientes, Guanajuato, Queretaro, Hidalgo, Guerrero, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Tabasco. Todos los municipios de los estados de Zacatecas, San Luis Potosí y Veracruz no comprendidos en la Región Norte, o en la Región Noroeste. Todos los municipios de los estados de Morelos y el Estado de México no comprendidos en la Región Central.

**8) REGION PENINSULAR.** Todos los municipios de los estados de Yucatan, Campeche y Quintana Roo.

La zona de influencia de la CLFC está comprendida dentro de la región central y sur que abarca los siguientes:

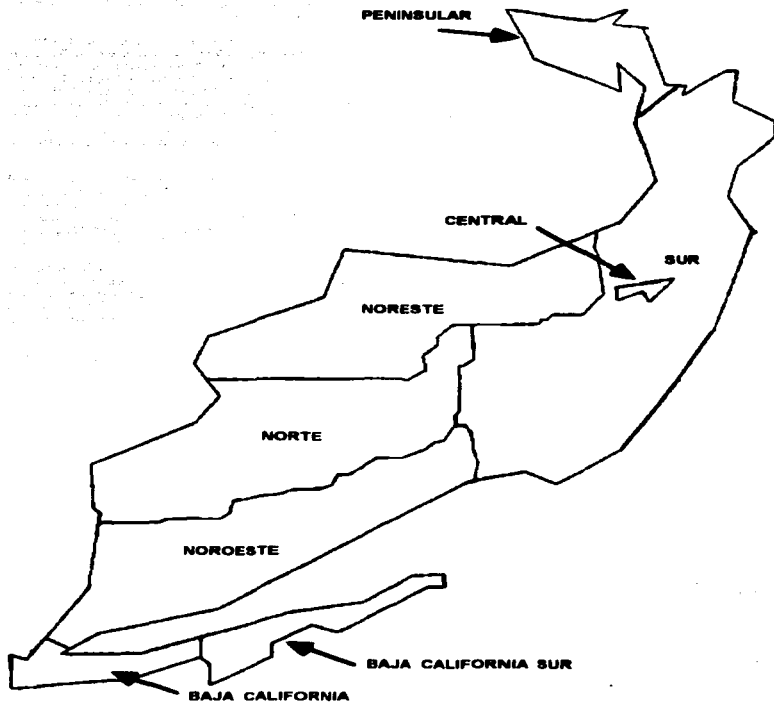
- > Distrito Federal.
- > 80 Municipios del Estado de México.
- > 45 Municipios del Estado de Hidalgo.
- > 3 Municipios del Estado de Puebla.
- > 2 Municipios del Estado de Morelos.

#### **6.6. CLASIFICACION POR NIVELES DE TENSION.**

Para la aplicación interpretación de las tarifas se considera que:

- a) Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kV.
- b) Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 kV pero menores o iguales a 35 kV.





**FIGURA 6.8** Regionalización Tarifaria.

- c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra a niveles de tensión mayores a 35 kV, pero menores a 220 kV.
- d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra a niveles de tensión iguales o mayores a 220 kV.

#### **6.10. PERIODOS DE FACTURACION.**

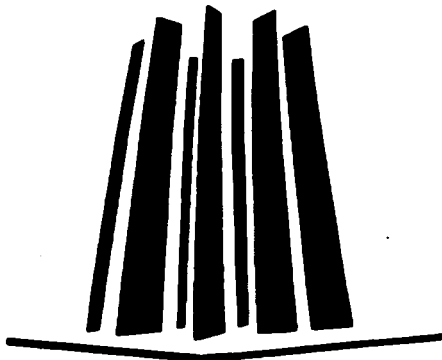
El suministrador facturará mensualmente los servicios en donde intervenga el elemento demanda máxima medida y bimestralmente aquellos servicios en donde no intervenga dicho elemento. Para la facturación mensual el suministrador leerá los aparatos de medición normalmente una vez dentro de un período que puede variar entre 29 y 33 días y, para la facturación bimestral, entre 57 y 64 días.

Las cuotas mensuales de las tarifas se aplicarán por mes calendario. Cuando el período de facturación no coincida con mes calendario, de modo que tengan que aplicarse cuotas mensuales de las tarifas de diferente monto, se determinará el promedio diario de energía para aplicar la tarifa vigente en cada día del período. Tratándose de la demanda máxima medida, las cuotas correspondientes se aplicarán a aquellas proporcionalmente a los días del período de facturación que estuvieron vigentes.

Cuando en un período de facturación ocurran averías o fallas del medidor de demanda máxima, el suministrador determinará el valor de la demanda máxima, para fines de facturación, con base en la energía registrada en el mismo período y el promedio aritmético de los tres últimos factores de carga del respectivo servicio. En ningún caso, el valor determinado será superior a los valores históricos de la demanda máxima medida que en sus registros conserve el suministrador.



# ***CAPITULO VII***



## SEPTIMO CAPITULO CALCULO DE ILUMINACION

### 7. INTRODUCCION AL DISEÑO DE UNA INSTALACION DE ALUMBRADO.

El estudio de cualquier instalación de alumbrado lleva consigo el considerar una serie de variables: ¿Cuál es la instalación a proyectar?, ¿se trata de alumbrado para visión propiamente dicha, para ventas o para decoración?, ¿cómo es de dura la tarea visual y cuánto tiempo va a durar?, ¿cuales son las exigencias arquitectónicas y decorativas, junto a las limitaciones constructivas del lugar de emplazamiento?, ¿que consideraciones económicas hay que tener en cuenta?.

Las respuestas a tales preguntas, determinan la cantidad de luz necesaria y los mejores medios para conseguirla. Puesto que los gustos personales y las opiniones varían, especialmente en materias de apariencia externa, ninguna solución para problemas de alumbrado podrá servir para toda clase de circunstancias. Sin embargo, existen ciertas reglas básicas, para determinar la cantidad adecuada y la buena calidad, que deben observarse siempre.

#### 7.1. METODO DE LUMEN.

El método de Lúmen fue desarrollado por la Sociedad de Ingeniería en Iluminación (IES), para determinar los niveles de iluminación promedio y/o cantidad de luminarios, para un nivel deseado localizado en un espacio cerrado. Este método es preferido sobre otros no porque sea más exacto, sino porque es relativamente más flexible. Sus resultados son generalmente más representativos de una situación de iluminación real y puede ser aplicado a cualquier tipo de sistema de iluminación en locales rectangulares o de formas especiales.

#### 7.1.1. CALCULO DE ILUMINACION.

El cálculo de iluminación está basado en la definición de la unidad de iluminancia, el Lux:

$$\text{LUXES} = \frac{\text{LUMENES}}{\text{AREA (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

En esta ecuación se asume que toda la luz generada por la lámpara se vuelve iluminación sobre el plano de trabajo. En realidad, lo anterior no se cumple ya que existen un gran número de parámetros que impiden un completo aprovechamiento de la luz emitida por la lámpara. Este método de iluminación los compensará mediante la aplicación de factores adicionales en la ecuación (1) y que se explicaran a continuación:

#### a) Coeficiente de Utilización (CU).

Las lámparas de un luminario generan una cantidad conocida de lúmenes, pero únicamente una porción de esos lúmenes sale del luminario. El resto es absorbido por el luminario mismo (al porcentaje que es emitido se le denomina la "eficiencia" del luminario). La luz que escapa sufre pérdidas posteriores debidas a la geometría del local y a la reflectancia inicial de sus superficies. Entonces, el CU es el porcentaje de luz generada por la lámpara que finalmente incide en el plano de trabajo. Es un factor que

tiene en cuenta la eficacia y la distribución del luminario, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y piso. El CU viene dado en tablas que relacionan cada uno de los aspectos antes mencionados. Así la ecuación (1) queda:

$$\text{LUXES} = \frac{\text{LUMENES(CU)}}{\text{AREA}} \quad (2)$$

**b) Factor de Pérdida de Luz (FPL).**

El tiempo impone una reducción gradual de iluminación. Los lúmenes de salida de la lámpara disminuyen. La suciedad de lámparas y luminarios reduce la eficiencia. La suciedad del local atenúa la reflectividad. Debido a que el nivel de iluminación usualmente es calculado como un valor mantenido (un nivel recomendado), el diseño de iluminación requiere un nivel inicial mayor, por tanto, la ecuación (2) debe ser modificada incluyendo "Factores de Depreciación" compensadores. Dentro de los factores más importantes tenemos a los siguientes:

- » Depreciación de los Lúmenes de la Lámpara (DLL).

Es un valor proporcionado por el fabricante, que compensa las pérdidas de los lúmenes de salida de la lámpara conforme esta envejece.

- » Depreciación por Polvo en el Luminario (DPL).

Compensa las pérdidas ocasionadas por la acumulación de polvo en lámparas y luminarios. El valor depende del diseño del luminario y de las condiciones ambientales: por ejemplo, la pérdida es mayor en una fundición que en una oficina con aire acondicionado y filtrado. El factor DPL se determina con exactitud aproximada mediante el empleo de tablas apropiadas o gráficas.

- » Depreciación por Suciedad del Local (DPSL).

Compensa las pérdidas que ocasiona la suciedad en la reflectividad de las superficies del local. El DPSL se determina mediante tablas.

Incluyendo todos estos factores en la ecuación (2), tenemos:

$$\text{LUXES} = \frac{(\text{LUMENES(CU)} \times \text{DLL}) \times \text{DPL} \times \text{DPSL}}{\text{AREA}} \quad (3)$$

La multiplicación de los tres factores de depreciación, da como resultado el denominado Factor de Pérdida de Luz (FPL):

$$\text{FPL} = (\text{DLL}) \times \text{DPL} \times \text{DPSL} \quad (4)$$

Entonces, la ecuación (3) puede ser expresada como:

$$\text{LUXES} = \frac{(\text{LUMENES(CU)} \times \text{FPL})}{\text{AREA}} \quad (5)$$

### 7.1.2. ECUACIONES DE TRABAJO.

Las ecuaciones de trabajo son las expresiones matemáticas previamente determinadas. Estas son las fórmulas desarrolladas, las cuales se utilizan para los cálculos.

El diseño de iluminación implica determinar el número total de lúmenes (por tanto, el número de luminarios) requeridos para producir un nivel específico de luxes el cuál es un valor conocido. Otros factores de la ecuación (6) son determinables. Entonces, conviene transformar la ecuación para determinar el total de lúmenes desconocidos.

$$\text{LUMENES TOTALES} = \frac{(\text{LUXES})(\text{AREA})}{\text{CU}(\text{FPL})} \quad (6)$$

Cada luminario tiene un número conocido de lámparas, cada lámpara genera una cantidad conocida de lúmenes; por lo tanto, la cantidad de lúmenes producidos dentro de cada luminario es:

$$\begin{aligned} \text{LUMENES POR} \\ \text{LUMINARIO} &= (\text{No. DE LAMP.})(\text{LUMENES POR LAMP.}) \quad (7) \end{aligned}$$

El paso final consiste en determinar el número requerido (N) de luminarios:

$$N = \frac{\text{LUMENES TOTALES}}{\text{LUMENES POR LUMINARIO}} \quad (8)$$

Es sin duda mejor, para el principiante usar las ecuaciones (6), (7) y (8) en secuencia. Sin embargo, estos pasos pueden ser combinados en una sola ecuación:

$$N = \frac{(\text{LUXES})(\text{AREA})}{(\text{CU})(\text{FPL})(\text{LU})(\text{LUMENES / LAMP})} \quad (9)$$

Una vez determinado "N", el diseñador de iluminación tratada esta información al "arreglo de luminarios". La geometría del local y, las condiciones mecánicas pueden requerir ligeras modificaciones a la cantidad de luminarios.

### 7.1.3. PASOS PARA EL CALCULO POR EL METODO DE LUMEN.

#### a) Determinación del nivel de iluminación.

Este valor se obtiene de las tablas publicadas por la Sociedad de Ingeniería de Iluminación (IES) y de la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A. C. o Illuminating Engineering Society-Mexico Chapter. Es conveniente aclarar que algunos de los altos niveles recomendados en las publicaciones antes mencionadas, no tienen que aplicarse sobre áreas completas. Estos niveles están diseñados para producir un rendimiento máximo visual cuando se aplican a la tarea propiamente dicha.

#### b) Elección del tipo de lámpara y luminario.

El planteamiento de un sistema de iluminación presupone que el diseñador ha estudiado el problema y ha determinado al menos una selección tentativa de la combinación lámpara-luminario, los parámetros que deberá haber considerado previamente incluyen:

- > Funciones y/o actividades en el local.
- > Iluminación mantenida recomendada.
- > Geometría del local y reflectancias de las superficies.
- > Economía de energía y de pesos.
- > Consideraciones estructurales.

La selección del luminario debe ser previa a la investigación del CU en tablas (las cuales, como anteriormente ya se señaló, están calculadas para luminarios específicos). Al mismo tiempo, es ventajoso determinar los lúmenes de salida de la lámpara propuesta, lo cual se obtiene de datos proporcionados por el fabricante de la lámpara.

*c) Determinación de la altura de montaje.*

La altura de suspensión de los luminarios es una característica fundamental en todo proyecto de iluminación. En locales de altura normal, tales como oficinas, salas de clase, habitaciones, etc.; la tendencia actual es situar los aparatos de alumbrado tan altos como sea posible, de esta manera se disminuye considerablemente el riesgo de deslumbramiento y se pueden separar más los luminarios y por consiguiente se disminuye el número de éstos.

A veces, sobre todo en interiores industriales, los locales son de gran altura. Por ejemplo, en las naves en que deban instalarse grúas puente. También cuando las dimensiones verticales de los aparatos fabricados o de las máquinas herramientas sean muy grandes. En estos locales los luminarios se sitúan a grandes alturas, por encima del plano de trabajo (7 metros o más). Es aconsejable en estos casos adoptar la altura mínima compatible con las condiciones del local, sin tener en cuenta la altura del techo y las claraboyas existentes.

*d) Cálculo del número de luminarios.*

El número de luminarios puede calcularse aplicando la fórmula (9). Para determinar los valores de las relaciones de cavidad (techo, pared y piso), y el valor del coeficiente de utilización (CU), se utilizará el Método de Cavidad Zonal.

• *Determinación de las Relaciones de Cavidad.*

El método de Cavidad Zonal se basa en la suposición de tres cavidades horizontales como máximo, que componen el espacio a iluminar y, cada una limitada verticalmente por las paredes:

- (1) *Cavidad de techo:* Es el área medida desde el plano del luminario al techo. Para luminarios colgantes, existirá una cavidad de techo; para luminarios colocados directamente en el techo o empotrados en el mismo, no existirá cavidad de techo.
- (2) *Cavidad de cuarto:* Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior del luminario. El plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel de piso, el espacio desde el luminario al piso se considera como cavidad de cuarto.
- (3) *Cavidad de piso:* Se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo, o bien, el nivel donde se realiza la tarea específica. Si el trabajo o tarea se desarrolla en el piso, no existe cavidad de piso.

En la figura 7.1 se muestra el espaciamiento relativo de las cavidades del local, techo y piso.

Las relaciones de cavidades se calculan con las siguientes fórmulas:

$$\text{Relación de cavidad de techo (CCR)} = \frac{5 \text{ CCH} (L + A)}{L * A}$$

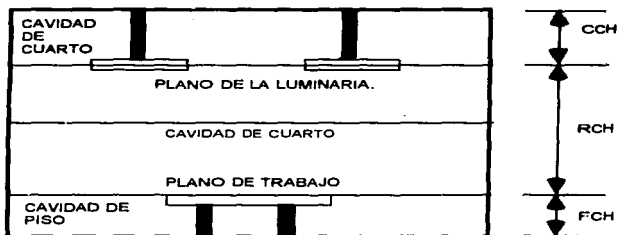
$$\text{Relación de cavidad de cuarto (RCR)} = \frac{5 \text{ RCH} (L + A)}{L * A}$$

$$\text{Relación de cavidad de piso (FCR)} = \frac{5 \text{ FCH} (L + A)}{L * A}$$

Donde:

L = Largo del local.

A = Ancho del local.



CCH = ALTURA DE LA CAVIDAD DE TECHO.  
RCH = ALTURA DE LA CAVIDAD DE CUARTO.  
FCH = ALTURA DE LA CAVIDAD DE PISO.

FIGURA 7.1 Cavidades Zonales.

- *Determinación de las Reflectancias estimadas del local (techo, pared y piso).*

En la mayoría de los casos es suficiente estimar la reflexión. Sin embargo, en un diseño que exija un alto grado de precisión, ésta debe ser medida, incluyendo los promedios compensados de paredes, ventanas y puertas. Si se desea, se puede incluir en los cálculos de reflexión del suelo alguna compensación por el mobiliario.

- *Determinación de las Reflectancias efectivas de la cavidad de techo y piso.*

Es importante distinguir entre las reflectancias reales de una superficie y las reflectancias efectivas de la cavidad. Cuando la luz sale del luminario, lo hace en varias



direcciones; cualquier rayo de luz rebota considerablemente de una superficie a otra. Cada rebote causa algunas pérdidas (por absorción) y la posterior dispersión de la porción no absorbida en más rayos en muchas otras direcciones; este es el proceso de interreflexión que produce reflectancias en las cavidades, las cuales pueden diferir de las observadas en las superficies básicas (techo o piso) de las cavidades respectivas.

La reflexión de la cavidad de techo (pct), se obtiene de tablas que proporcionan la información necesaria para obtener la reflectancia de cavidad de techo bajo cualquier condición.

La reflectancia de la cavidad de piso (pcp), también se obtiene de tablas y en la mayoría de las ocasiones, las tablas muestran solamente un valor típico para esta reflectancia de cavidad de piso. Este valor es del 20% y es considerado generalmente como un valor normal. Sin embargo, cuando se trata de cuartos muy oscuros o de grandes dimensiones, esta reflectancia puede diferir ampliamente del 20% y afectar el resultado de los cálculos; por lo tanto, este valor debe corregirse.

• **Determinación del CU.**

Como ya se señaló anteriormente, el CU es el porcentaje de luz generada por un sistema de iluminación, que alcanza finalmente el plano de trabajo. Este valor depende de las siguientes consideraciones:

- ◆ La eficiencia del luminario y su característica de distribución de luz.
- ◆ Las proporciones geométricas del local: la relación de superficies verticales y horizontales.
- ◆ Longitud limitada de los soportes de las lámparas colgantes.
- ◆ Alturas diferentes de los planos de trabajo.
- ◆ Las reflectancias de las superficies del local y las interreflexiones dentro de "cavidades zonales" definidas.
- ◆ Obstrucciones en la cavidad de techo y en el espacio por debajo de los luminarios.

El CU adecuado se obtiene de las tablas proporcionadas por el fabricante del luminario (cada luminario tiene su propia tabla de CU). Antes de que el CU se pueda extraer, es necesario determinar varios factores de entrada. Estos involucran cálculos preliminares y/o referencia a otras tablas.

Las "reflectancias efectivas" se extraen de otras tablas y son una modificación de las reflectancias reales de la superficie del local. Estas últimas son especificadas, medidas y, en ocasiones estimadas. Sin embargo, es necesario primero determinar las relaciones de cavidad.

• **Calcular los Factores de Depreciación.**

Empleando tablas o gráficas que son proporcionados por los fabricantes para obtener el Factor de Pérdida de Luz (FPL).

• **Calcular el número de luminarios necesarios para proporcionar el total de lúmenes determinados en el punto anterior, tomando en cuenta la producción lumínica de cada lámpara y el número de lámparas por luminario.**

- Número de lámparas por luminario: "A".
- Lúmenes por lámpara: "B".
- Lúmenes por luminario: "A x B" = "C" lm.

En cualquier caso que se tenga un número fraccionario de luminarios, se deberá tomar el entero inmediato superior.

• **Distribución y espaciamento de los luminarios.**

**DISTRIBUCION DE LOS LUMINARIOS:** El plano definitivo de la distribución de un sistema de iluminación se lleva a cabo tomando en cuenta los siguientes puntos:

- El número de luminarios requeridos.
- Separación máxima entre luminarios.
- Dimensiones del cuarto y su forma (rectangular, cuadrada, irregular, etc.).
- Ubicación de vigas, columnas y obstáculos.
- Dimensiones del luminario.

Algunas veces el número de luminarios puede aumentar si la distribución de los mismos así lo requiere.

**DETERMINACION DEL ESPACIAMIENTO MAXIMO:** La separación máxima (medida entre centros de los luminarios) entre luminarios se obtiene de la relación S/M.H. que proporciona el fabricante para cada luminario y nos garantiza la uniformidad en la iluminación. En la expresión anterior S es la separación recomendable entre luminarios y M.H. es la altura de montaje (medida a partir del plano de trabajo, M.H. = rch). Es conveniente mencionar que, la distancia que generalmente se adopta entre luminarios y paredes o muros, es la mitad de la separación máxima entre luminarios.

## 7.2. METODO DE CALCULO "PUNTO POR PUNTO".

El método de "punto por punto", se basa en la cantidad real de luz que se ha producido en cada punto del área iluminada. Este método se utiliza para determinar la iluminación (lux) producida por una o varias lámparas en un punto de la superficie iluminada. Su uso está restringido al cálculo de la iluminación con proyectores.

Esto requiere un conocimiento de la manera según la cual la luz se distribuye desde fuentes de luz de diversas formas y tamaños. Existen las siguientes relaciones fundamentales:

1) **Fuentes puntuales:** La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y directamente proporcional a la intensidad de iluminación, al coseno del ángulo  $\theta$  formado entre el rayo de luz y la normal a la superficie.

Una lámpara incandescente, sola o en un globo cerrado, puede generalmente ser tratada como una fuente de luz puntiforme.

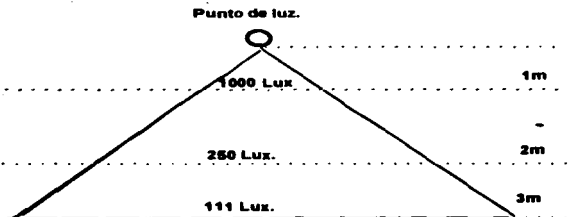


FIGURA 7.2 Fuente de luz puntual.

### 7.2.1. COMPONENTE DIRECTA EN UN PUNTO.

La componente directa de iluminación horizontal y vertical en un punto determinado, con una fuente puntual única (figura 2), está dada por las siguientes ecuaciones:

$$E_{\text{Horizontal}} = \frac{I \cos \theta}{D^2} \quad E_{\text{Vertical}} = \frac{I \sin \theta}{D^2}$$

Y como,  $\text{sen} \theta = \frac{R}{D}$  y,  $\text{cos} \theta = \frac{H}{D}$ , las fórmulas pueden escribirse de la siguiente forma:

$$E_P = \frac{I \cos^3 \theta}{H^2} \quad \text{Componente horizontal.}$$

$$E_P = \frac{I \cos^2 \theta \text{ sen} \theta}{H^2} \quad \text{Componente vertical.}$$

Donde:

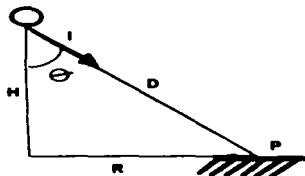
- E = Nivel luminoso en lux.
- I = Intensidad luminosa en candelas.
- D = Distancia de la fuente de luz al lugar iluminado en metros.
- H = Altura de montaje de la fuente de luz en metros.
- θ = Angulo formado entre el rayo luminoso y la vertical de la luminaria.

Este cálculo debe hacerse para cada luminaria y la suma :

$$E_{P(\text{tot})} = E_{P1} + E_{P2} + E_{P3} + \dots$$

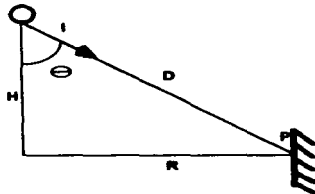
dá el valor de la componente directa total.

Fuente de luz.



(a) COMPONENTE HORIZONTAL

Fuente de luz.



(b) COMPONENTE VERTICAL

Figura 7.3 Componente directa de la iluminancia horizontal (a) y vertical (b) en un punto bajo una fuente de luz.

2) fuentes de luz lineales de longitud infinita: La iluminación es inversamente proporcional a la distancia y directamente proporcional a la intensidad luminosa.

Una fila continua de lámparas fluorescentes o incluso una lámpara fluorescente a corta distancia, se aproximan a una fuente de luz lineal, a distancias suficientemente cortas de cualquier fuente lineal, se verá que los valores del nivel luminoso varían más próximamente con las relaciones de las distancias que con los cuadrados de éstas.

La iluminancia en un punto debido a una fuente de luz lineal puede expresarse mediante fórmulas sencillas, si dicha fuente está irradiando difusamente y su longitud es por lo menos varias veces la altura de montaje.

Las componentes horizontal y vertical en un punto están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$E_P = \frac{\pi i \cos^2 \theta}{2H} \quad \text{Componente horizontal.}$$

$$E_P = \frac{\pi i \sin^2 \theta}{2R} \quad \text{Componente vertical.}$$

Donde  $i$  es la intensidad luminosa de la fuente de luz para un ángulo  $\theta$ .

El valor  $I$  se puede obtener del diagrama de la intensidad luminosa de la luminaria, pero referido a un metro de longitud de la fuente de luz. En el caso de un tubo fluorescente desnudo,  $I$  puede calcularse de flujo  $\Phi$  por metro de longitud según la fórmula:

$$I = \frac{\Phi}{9.25}$$

Debajo de los extremos de una larga hilera de luminarias la iluminancia será la mitad del valor dado por la fórmula arriba indicada.

4) Fuente superficial de área infinita.: La iluminancia es directamente proporcional a la luminancia o brillo fotométrico ( figuras 7.5 y 7.6).

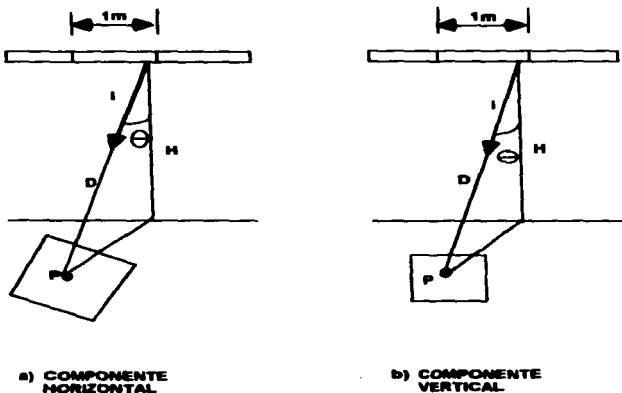


Figura 7.4 Componente horizontal (a) y vertical (b) de la iluminancia en un punto bajo una fuente de luz lineal.

Las fuentes superficiales como los plafones luminosos no siguen la proporcionalidad inversa del cuadrado de la distancia, ya que el flujo luminoso no varía con el ángulo sólido y en todo caso la intensidad es proporcional al brillo y a la superficie.

Sea  $B$  la densidad de intensidad iluminación o brillo fotométrico en  $\frac{cd}{m^2}$  y  $dA$  un elemento diferencial de Área, los cuales producen un diferencial de intensidad en el punto  $P$  que vale :  $dI = B \cdot dA = B \cdot R \cdot d\beta \cdot dR$ .

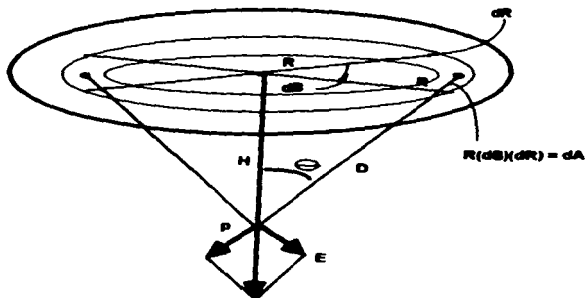


Figura 7.5 Deducción de la fórmula para el cálculo de la iluminación a partir de la figura.

La iluminación en  $P$  debida al elemento diferencial  $dI$  es:

$$dE = \frac{dI \cos \theta}{D^2} = \frac{B \cdot R \cdot d\beta \cdot dR}{D^2} \cos \theta$$

$$\therefore \int_0^{2\pi} \int_0^R \frac{B \cdot R \cdot d\beta \cdot dR}{D^2} \cos \theta \dots (1).$$

Por otra parte:

$$D^2 = H^2 + R^2 \quad \cos \theta = \frac{H}{\sqrt{H^2 + R^2}}$$

Sustituyendo en (1), la iluminación total debida a la fuente luminosa superficial es:

$$E = B \int_0^{2\pi} \int_0^R \frac{R \cdot d\beta \cdot dR \cdot H}{(H^2 + R^2)\sqrt{H^2 + R^2}} = B 2\pi H \int_0^R \frac{R \cdot dR}{(H^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$= 2\pi BH \left[ \frac{-1}{\sqrt{H^2 + R^2}} \right]_0^R = 2\pi BH \left[ \frac{-1}{\sqrt{H^2 + R^2}} + \frac{1}{H} \right]$$

$$= 2\pi B \left( 1 - \frac{H}{\sqrt{H^2 + R^2}} \right) = 2\pi B(1 - \cos\theta)$$

Si  $\theta = 90^\circ$ , la superficie es infinita y  $E = 2\pi B(1 - 0) = 2\pi B$ . Es decir, la iluminación es directamente proporcional a la luminancia o brillo de las luminarias.

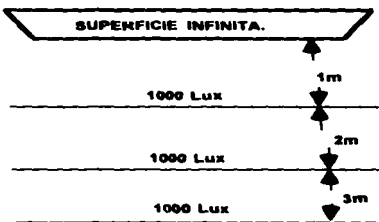


Figura 7.6 Fuente superficial de área infinita.

4) *Haz paralelo de luz.*- La iluminación es directamente proporcional a la luminancia y no cambia con la distancia (figura 7.7).

Una fuente puntual dentro de un reflector parabólico cae dentro de este caso. Podemos considerar que todo el flujo luminoso de la fuente se proyecta hacia el plano de trabajo, es decir:

$$\Phi = 4\pi I$$

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{4\pi I}{A}$$

$$\therefore E = 4\pi B$$

#### PUNTO DE LUZ EN REFLECTOR PARABOLICO.

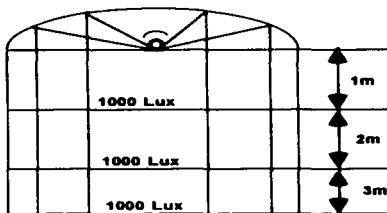


Figura 7.7 Haz paralelo de luz.

La ley de la inversa de los cuadrados se puede usar para calcular la iluminación de proyectores, focos concentradores y otras luminarias productoras de haces, más allá de una cierta distancia mínima, determinada por el diámetro y la distancia focal del reflector, y el tamaño de la fuente de luz. A pesar de que la inversa del cuadrado de las distancias de los equipos productores de haces, es sustancialmente mayor que la considerada como adecuada para fuentes de luz difusoras, ellas están aún generalmente dentro de las distancias para las que se usan estas unidades.

La tendencia citada hacia fuentes lineales y hacia líneas continuas de luz, es el resultado del aumento del uso de lámparas fluorescentes, al igual que la popularidad creciente de elementos arquitectónicos iluminados, subraya la necesidad de conocer las limitaciones de la ley de la inversa de los cuadrados y reconocer las condiciones bajo las cuales no puede ser usada.

Teóricamente, la ley de la inversa de los cuadrados está basada en una fuente de luz puntual que radia uniformemente en todas direcciones. Así, donde la fuente de luz es grande y extensa, sea una línea de luz o un área de gran superficie, no podrá generalmente usarse el método de punto por punto para calcular la iluminación para distancias normales de trabajo. Se podría usar en todo caso para cualquier fuente de luz, a condición de que la distancia entre la fuente y la superficie iluminada sea suficientemente grande con respecto al tamaño de la fuente. Con fuentes difusoras de luz, se acepta generalmente como distancia mínima, para poder calcular con exactitud razonable la iluminación, cinco veces la dimensión mayor de la fuente.





# ***CAPITULO VIII***



## **OCTAVO CAPITULO METODOLOGIA PARA LA REMODELACION**

### **8. GENERALIDADES.**

El laboratorio L2 está formado por diversas áreas de trabajo, las cuales requieren un diferente nivel de iluminación y, utilizan diferentes tipos de lámparas y luminarios. Estas áreas son las siguientes:

- a) Areas de laboratorios.
- b) Areas de oficinas.
- c) Areas generales (baños y pasillos).

La determinación del número de luminarios y del nivel de iluminación obtenido por cada uno de los sistemas propuestos, se llevó a cabo por medio del Método del Lúmen; de igual manera, se utilizó el Método de Cavidad Zonal para determinar el Coeficiente de Utilización (CU) y la Relación de Cavidad de Techo (RCR) de los locales.

En el presente capítulo se presentan los cálculos correspondientes a cada área, así como también el análisis económico, con el cual, se realizó la selección de las mejores alternativas.

### **8.1. CALCULOS.**

A pesar de que los pasos a seguir en el cálculo son los mismos para todas las áreas y, debido a que dichas áreas tienen diferencias como son las dimensiones, tipo de actividad que se desarrolla, horas de uso, mantenimiento, etc.; los cálculos en algunas ocasiones, se vuelven más largos que otros.

Por lo anterior, a continuación se muestra un cálculo paso por paso, desde la determinación del nivel de iluminación recomendado, hasta la definición del número de luminarios que se requiere. Esto con el fin de presentar todos los pasos matemáticos que se realizaron en cada uno de los cálculos para todas y cada una de las áreas que conforman al edificio L2.

Posteriormente, se presentan unos formatos donde se pueden apreciar los datos más importantes que se deben tener presentes en el cálculo (relaciones de cavidad, reflectancias, CU, FPL, condición del local, tipo de lámpara y luminario, número de luminarios, nivel de iluminación, etc.).

LABORATORIO DE TERMODINAMICA (AREA 1).

NIVEL DE ILUMINACION RECOMENDADO (Apéndice A, Tabla B).

EDADES DE LOS OCUPANTES.	MENOS DE 40 AÑOS	-1
RAPIDEZ Y EXACTITUD DE LA ACTIVIDAD.	NO IMPORTANTE	-1
REFLECTANCIA	30 A 70%	0
TOTAL		-2

∴ Se toma -1.

El nivel recomendado por IESNA (Apéndice A, Tabla C), para un laboratorio de ciencias es:

E Nivel recomendado (Apéndice A, Tabla A).

Rango de iluminación: 500 - 750 -1000

∴ Se toman 500 luxes.

$$\text{De: } E = \frac{I}{H^2} \Rightarrow I = EH^2$$

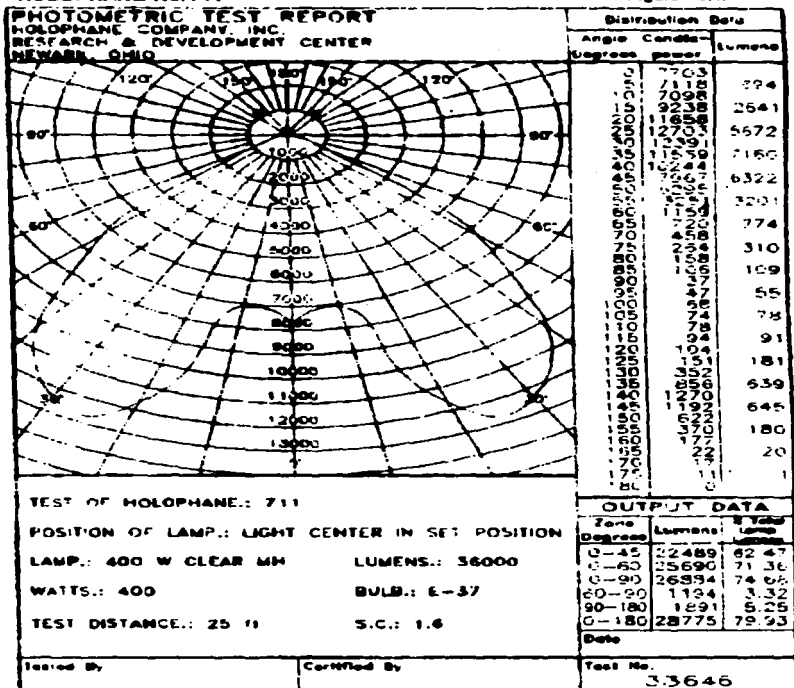
$$\therefore I = (500)(4.1)^2 = 8405 \text{ Candelas.}$$

De los datos del fabricante Holophane (figura 8.1), tenemos que, el luminario Prismpack V, catálogo 711, MH 400 W claro, nos da 7703 candelas a 0°.

Las reflectancias estimadas para el local son:

$$\rho_{\text{pared}} = 50\% \quad \rho_{\text{Techo}} = 70\% \quad \rho_{\text{Piso}} = 20\%$$

Los cálculos se harán en forma aproximada entrando directamente con los datos de las reflectancias estimadas y con el cálculo de la relación de cavidad del cuarto RCR.



### METODO DE CAVIDAD ZONAL.

PISO TECHO PARED	20%						0%
	50%	70%	10%	50%	30%	10%	0%
	30%						
<b>RCR</b>	<b>COEFICIENTES DE UTILIZACION.</b>						
0	0.92	0.91	0.91	0.81	0.81	0.81	0.74
1	0.82	0.80	0.78	0.74	0.72	0.71	0.66
2	0.74	0.70	0.66	0.67	0.64	0.62	0.58
3	0.66	0.61	0.57	0.60	0.57	0.54	0.51
4	0.60	0.54	0.50	0.55	0.51	0.47	0.45
5	0.54	0.48	0.44	0.50	0.45	0.42	0.39
6	0.49	0.43	0.38	0.45	0.41	0.37	0.35
7	0.44	0.34	0.41	0.36	0.33	0.31	0.28
8	0.40	0.35	0.30	0.38	0.33	0.30	0.28
9	0.37	0.31	0.27	0.35	0.30	0.27	0.25
10	0.34	0.28	0.25	0.32	0.27	0.24	0.23

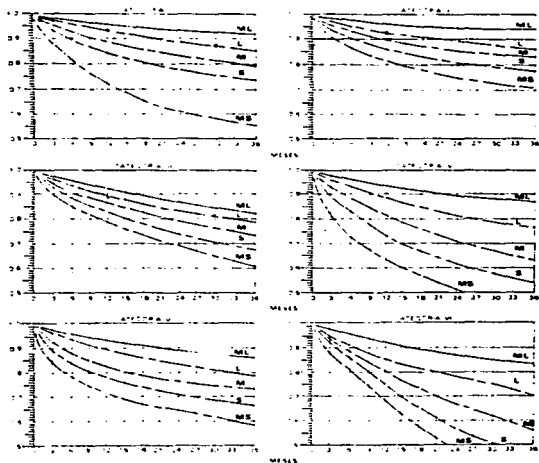
Cálculo del C.U. de la tabla de coeficientes del fabricante tenemos que:

Para	<b>RCR - 3.98</b>	$\int$ <b>Techo - 70%</b>	$\int$ <b>Piso - 20%</b>	$\int$ <b>Pared - 50%</b>
<b>3</b>	<b>0.66</b>			
<b>3.98</b>		<b>C.U. = <math>\frac{0.60 - 0.66}{4 - 3} (3.98 - 3) + 0.66 - 0.601</math></b>		
<b>4</b>	<b>0.60</b>			

**D.P.L.** Sabiendo que la categoría de mantenimiento es III (tabla 8.1) y, de la curva de degradación por suciedad en el luminario (figura 8.2), tenemos que :

**D.P.L. = 0.89**

## CURVAS DE DEGRADACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO



ML = MUY LIMPIO  
 L = LIMPIO  
 M = MEDIO  
 S = SUCIO  
 MS = MUY SUCIO

Figura 8.2

Tabla 8.1. Categorías de Mantenimiento.

Los luminarios se dividen en seis categorías de mantenimiento. A continuación se dan las características principales de cada categoría.

CATEGORÍA DE MANTENIMIENTO	CARACTERÍSTICAS.
I	Las lámparas se muestran desnudas y no utilizan reflector.
II	Las lámparas se muestran desnudas y son del tipo fluorescente, utilizan reflector. A este tipo de luminario se le denomina industrial fluorescente.
III	Este tipo de luminarios utilizan un reflector que distribuye más del 70% del flujo luminoso hacia la superficie por iluminar; normalmente se utilizan a alturas de montaje altas y medias.
IV	Son luminarios que alojan en su interior lámparas fluorescentes; pueden ser del tipo de empotrar o sobreponer; su característica principal es que utilizan rejillas para evitar que las lámparas sean vistas directamente, bajo un determinado ángulo.
V	Estos luminarios son como los de la categoría IV, pero utilizan difusores en lugar de rejillas a fin de obtener un mejor control de la luz.
VI	En esta categoría se encuentra el plafón luminoso y la iluminación por medio de cornisas. Su característica principal es que son elementos de iluminación que están interconstruidos, como parte de la estructura arquitectónica del local iluminar.

D.L.L. De datos de lámparas (tabla 8.2) tenemos que:

$$D.L.L. = 0.75$$

D.P.S.L. De la figura 8.3 de depreciación por suciedad esperada y sabiendo que el luminario es sistema directo tenemos que:

$$3 \quad 0.98$$

$$3.98 \quad D.P.S.L. = \frac{0.97 - 0.98}{4 - 3} (3.98 - 3) + 0.98 = 0.9702$$

$$4 \quad 0.97$$

$$D.P.S.L. = 0.9702.$$

De datos de la curva fotométrica (figura 8.1) tenemos que:

$$S_{\text{máx}} = 1.6 \text{ (NCL)} = 1.6(4.1) = 6.56 \text{ m.} \quad S_{\text{Real}} = \sqrt{\frac{113.16}{4}} = 5.31 \text{ m}$$

como  $S_{\text{Real}} < S_{\text{máx}}$ , por lo tanto cumple con el espaciamiento requerido.

### DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

WATTS	ACABADO	LUMENES	VIDA EN	EFICIENCIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
		INICIALES	HORAS					
100	BLANCO DE LUJO	4,400	24,000	44	0.82	MOGUL	BT-25	19.10
175	BLANCO DE LUJO	8,500		49	0.89		E-28	21.00
250	BLANCO DE LUJO	12,775		51	0.84		E-28	21.00
400	BLANCO DE LUJO	23,000		58	0.86		BT-37	29.20
1000	BLANCO DE LUJO	63,000		63	0.77		BT-56	39.00

### DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS

70	CLARO	5,200	15,000V - 10,000H	74	0.81	E-26	ED-17	14.60
70	FOSFORADO	4,800	15,000V - 10,000H	74	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	CLARO	7,600	10,000V - 7,500H	78	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	FOSFORADO	8,000	15,000V - 10,000H	78	0.73	E-26	ED-17	14.60
175	CLARO	14,000	10,000V - 7,500H	80	0.77	MOGUL	BT-28	21.10
175	FOSFORADO	13,000	10,000V - 7,500H	80	0.73		BT-28	21.10
250	CLARO	22,000V 20 000H	10,000	82	0.83		BT-28	21.10
250	FOSFORADO	22,000V 20 000H	10,000	82	0.78		BT-28	21.10
400	CLARO	38,000V 32 000H	20,000V - 15,000H	90	0.75		BT-37	29.20
400	FOSFORADO	38,000V 32 000H	20,000V - 15,000H	90	0.72		BT-37	29.20
400	CLARO	40,000	20,000	100	0.80		BT-37	29.20*
1000	CLARO	110,000V 107 000H	12,000V - 9,000H	110	0.80		BT-56	39.00
1000	FOSFORADO	105,000 V 100 000H	12,000V - 9,000H	105	0.78		BT-56	39.00
1500	CLARO	155,000V	3,000	103	0.92		BT-56	39.00*
1500	CLARO	99,000 V 150 000H	3,000	103	0.92	BT-56	39.00**	

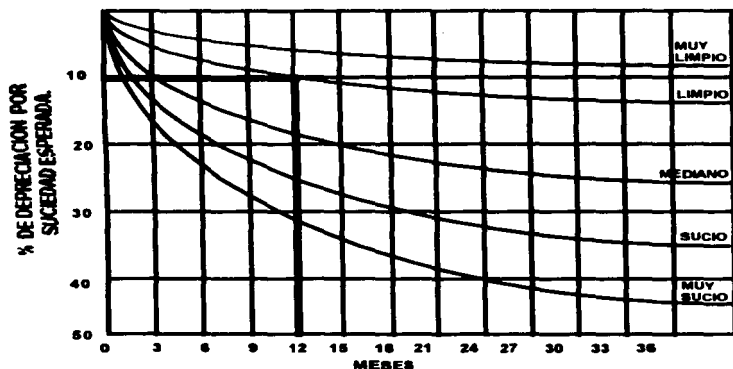
### DATOS DE LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS "H.Q.I."

70	BLANCO CALIDO	5,200	10,000	74	0.80	G-12	SINGLE ENDED 'T'	8.40
70	BLANCO FRIO	5,500	10,000	79	0.80	RX-75	DOUBLE ENDED 'TS'	11.42
70	BLANCO CALIDO	5,000	10,000	71	0.80	RX-75	DOUBLE ENDED 'TS'	11.42
150	BLANCO CALIDO	12,000	10,000	80	0.80	G-12	SINGLE ENDED 'T'	8.40
150	BLANCO FRIO	12,500	10,000	83	0.80	G-12	SINGLE ENDED 'T'	8.40
150	BLANCO CALIDO	11,000	10,000	73	0.80	RX-75	DOUBLE ENDED 'TS'	13.20
150	BLANCO FRIO	11,250	10,000	75	0.80	RX-75	DOUBLE ENDED 'TS'	13.20
250	LUZ DE DIA	19,000	10,000	78	0.80	MOGUL	T-14	22.50
400	LUZ DE DIA	33,000	10,000	83	0.80	MOGUL	T-14	28.50

\* BASE ARRIBA

\*\* BASE ABAJO





FACTORES DE DEPRECIACION POR SUCIEDAD ACUMULADA EN LAS SUPERFICIES DEL CUARTO.

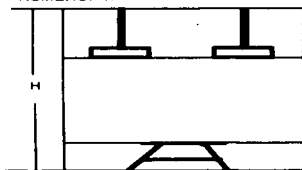
MESES	TIPO DE DISTRIBUCION DE LUMINARIOS																			
	DIRECTO				SEMI-DIRECTO				DIRECTO-INDIRECTO				SEMI-INDIRECTO				INDIRECTO			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
1	.98	.98	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.80	.73	.90	.80	.70	.60
2	.98	.98	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.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	.85	.79	.73	.94	.85	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.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	.75	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.75	.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	.87	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

Figura 8.3.

1 - DIMENSIONES DEL LOCAL

LARGO = 13.80 m.  
 ANCHO = 8.20 m.  
 ALTURA = 8.50 m.  
 AREA = 113.16m<sup>2</sup>  
 PERIMETRO =

AREA NUMERO. 1.



Hct =  
 Hcl = 4.1 m.  
 Hcp = 0.9m

2 - REFLECTANCIAS(%)      TECHO = 70% ; PAREDES = 50% ; PISO = 20%

3 - RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO:

AREAS REGULARES:

$$RCR = \frac{5Hcl(L+A)}{L \cdot A} = \frac{5 \times 4.1 (13.8 + 8.20)}{13.80 \times 8.20} = 3.98$$

AREAS IRREGULARES

$$RCR = \frac{2.5 \cdot Hcl \cdot PERIMETRO}{AREA} = 2.5 \times \left( \frac{\quad}{\quad} \right)$$

4 - COEFICIENTE DE UTILIZACION : 0.601

6 - LUMINARIO: 711      SEPARACION      CATEGORIA      CICLO DE  
 ALTURA DE M      DE MANTO: III      LIMPIEZA      12 meses.

7 - TIPO DE      LAMPARAS      LUMENES:      LAMPARAS      LUMENES  
 LAMPARA: MH400/U      LUMENES: 38000      LUMINARIO 1      LUMINARIO 38000

8 - FACTORES DE PERDIDA DE LUZ:

$DLL = 0.75$  ;  $DPL = 0.89$  ,  $DPLS = 0.9702$   
 $FPL = DLL \times DPL \times DPLS = 0.75 \times 0.811 \times 0.9702 = 0.647$

9 - NIVEL DE ILUMINACION: 500 Luxes. RECOMENDADO.

$$\frac{NUMERO DE LUMINARIOS \times LUMENES}{LUMINARIO} = \frac{LUXES \cdot AREA}{CU \times FLP} = \frac{500 \times 113.16}{38000 \times 0.601 \times 0.647} = 4.04$$

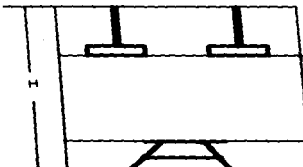
No DE LUMINARIOS: 4.

$$LUXES = \frac{No. DE LUMINARIOS \times LUMENES}{AREA} \times C. U \times FLP = \frac{4 \times 38000 \times 0.601 \times 0.647}{113.16} = 494 \text{ luxes.}$$

1- DIMENSIONES DEL LOCAL.

LARGO =  
 ANCHO =  
 ALTURA = 8.50 m.  
 AREA = 102 m<sup>2</sup>  
 PERIMETRO = 41.19 m

AREA NUMERO 2



Hct =  
 Hcl = 4.1 m  
 Hcp = 0.9 m

2.- REFLECTANCIAS(%) TECHO = 70% ; PAREDES = 50% . PISO = 20%  
 3.- RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO:

AREAS REGULARES:

$$RCR = \frac{5400(L+A)}{L \times A} \times SX ( + )$$

AREAS IRREGULARES

$$RCR = \frac{2.5 \times Hcl \times PERIMETRO}{AREA} = \frac{2.5 \times 4.1 (41.19)}{102} = 4.13$$

4.- COEFICIENTE DE UTILIZACION : 0.592

6.- LUMINARIO: 711 SEPARACION 1.6 CATEGORIA DE MANTO: III CICLO DE LIMPIEZA 12 meses.  
 ALTURA DE M

7.- TIPO DE LAMPARA: MH400/U. LUMENES: 36000. LAMPARAS LUMINARIO 1. LUMENES LUMINARIO 36000.

8.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ:

$$DLL = \underline{0.75} ; DPL = \underline{0.89} ; DPLS = \underline{0.97}$$

$$FPL = DLL \times DPL \times DPLS = 0.75 \times 0.811 \times 0.97 = 0.647.$$

9.- NIVEL DE ILUMINACION: 500 Luxes. RECOMENDADO.

$$\frac{NUMERO DE LUMINARIOS}{LUMENES LUMINARIO} = \frac{LUXES \times AREA}{C.U \times FLP} = \frac{500 \times 102}{36000 \times 0.592 \times 0.647} = 3.69$$

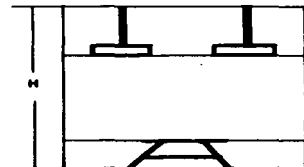
No. DE LUMINARIOS: 4.

$$LUXES = \frac{No. DE LUMINARIOS \times LUMENES LUMINARIO}{AREA} \times C.U \times FLP = \frac{4 \times 36000 \times 592 \times 0.647}{113.16} = 540 \text{ luxes.}$$

1.- DIMENSIONES DEL LOCAL

LARGO = 10.26 m.  
 ANCHO = 9.60 m.  
 ALTURA = 5.60 m.  
 AREA = 98.49 m<sup>2</sup>.

AREA NUMERO: 3.



Hct =  
 Hcl = 4.1 m.  
 Hcp = 0.9 m

PERIMETRO =

2.- REFLECTANCIAS(%)

TECHO = 70% ; PAREDES = 90% ; PISO = 20%

3.- RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO:

AREAS REGULARES:

$$RCR = \frac{5Hcl(L+A)}{L \times A} = \frac{5 \times 4.1(10.26 + 9.60)}{10.26 \times 9.60} = 4.13$$

AREAS IRREGULARES

$$RCR = \frac{2.5 \times Hcl \times PERIMETRO}{AREA} = \frac{2.5 \times ( )}{( )}$$

4.- COEFICIENTE DE UTILIZACION : 0.992

6.- LUMINARIO: 711 SEPARACION DE MANTO: 1.8 CATEGORIA DE MANTO: III CICLO DE LIMPIEZA: 12 meses  
 ALTURA DE MANTO: 1.8

7.- TIPO DE LAMPARA: MH400/U LUMENES: 36000 LAMPARAS LUMINARIO: 1 LUMENES LUMINARIO: 36000

8.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ:

DLL = 0.75 ; DPL = 0.89 ; DPLS = 0.97

FPL = DLL X DPL X DPLS = 0.75 X 0.811 X 0.9702 = 0.647.

9.- NIVEL DE ILUMINACION: 500 Luxes RECOMENDADO.

$$\frac{NUMERO DE LUMINARIOS}{LUMINARIO} = \frac{LUXES \times AREA}{LUMENES \times CU \times FLP} = \frac{500 \times 98.49}{36000 \times 0.992 \times 0.647} = 3.57$$

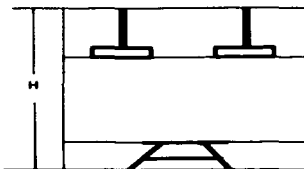
No DE LUMINARIOS: 4.

$$LUXES = \frac{No. DE LUMINARIOS \times LUMENES}{AREA} \times C. U \times FLP = \frac{4 \times 36000 \times 0.601 \times 0.647}{98.49} = 560 \text{ Luxes.}$$

1.- DIMENSIONES DEL LOCAL

LARGO =  
 ANCHO =  
 ALTURA = 8.50 m.  
 AREA = 72.45 m<sup>2</sup>.  
 PERIMETRO = 35.50 m.

AREA NUMERO: 4.



Hct =  
 Hcl = 4.1 m.  
 Hcp = 0.9m

2- REFLECTANCIAS(%) TECHO = 70% ; PAREDES = 50% ; PISO = 20%

3- RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO.

AREAS REGULARES

$$RCR = \frac{5Hcl(L+A)}{L \cdot A} \cdot 5X \left( \frac{+}{+} \right)$$

AREAS IRREGULARES

$$RCR = \frac{2.5 \times Hcl \times PERIMETRO}{AREA} = \frac{2.5 \times 4.1 \times (35.50)}{72.45} = 5.02$$

4-COEFICIENTE DE UTILIZACION : 0.539

6- LUMINARIO: 711      SEPARACION      CATEGORIA      CICLO DE  
 ALTURA DE M      DE MANTO:      LIMPIEZA 12  
 meses.

7- TIPO DE LAMPARA: MH400/U.      LUMENES: 36000.      LAMPARAS LUMINARIO 1.      LUMENES LUMINARIO 36000.

8- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ

DLL = 0.75 ; DPL = 0.89 ; DPLS = 0.97.

FPL = DLL X DPL X DPLS = 0.75 X 0.811 X 0.9702 = 0.647.

9- NIVEL DE ILUMINACION: 500 Luxes RECOMENDADO

$$\frac{NUMERO DE LUMINARIOS}{LUMINARIO} = \frac{LUXES \times AREA}{LUMENES \times CU \times FLP} = \frac{500 \times 72.45}{36000 \times 0.539 \times 0.647} = 2.88$$

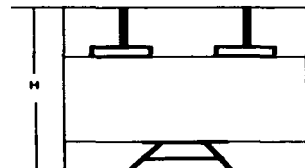
No DE LUMINARIOS : 4.

$$LUXES = \frac{No.DE LUMINARIOS \times LUMENES}{AREA} \times C.U \times FLP = \frac{4 \times 36000 \times 0.539 \times 0.647}{72.45} = 693 \text{ luxes.}$$

AREA NUMERO: 5.

1.- DIMENSIONES DEL LOCAL

LARGO =  
 ANCHO =  
 ALTURA = 8.50 m.  
 AREA = 117 m<sup>2</sup>.  
 PERIMETRO = 47.20 m.



Hct =  
 Hcl = 4.1 m.  
 Hcp = 0.9 m

2 - REFLECTANCIAS(%)    TECHO = 70% ; PAREDES = 50% ; PISO = 20%

3 - RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO:

AREAS REGULARES:

$$RCR = \frac{5Hcl(L+A)}{L \times A} \times 5X \left( \frac{\quad}{\quad} \right)$$

AREAS IRREGULARES

$$RCR = \frac{2.5 \times Hcl \times PERIMETRO}{AREA} = \frac{2.5 \times 4.1 \times (47.20)}{117} = 4.13$$

4.-COEFICIENTE DE UTILIZACION : 0.592

6 - LUMINARIO: 711     $\frac{SEPARACION}{ALTIMA DE M} = 1.6$     CATEGORIA III    CICLO DE LIMPIEZA

12 meses

7 - TIPO DE LAMPARA: MH400/U    LUMENES: 36000    LAMPARAS LUMINARIO 1    LUMENES LUMINARIO 36000

8.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ:

DLL = 0.75 ; DPL = 0.89 ; DPLS = 0.97

FPL = DLL X DPL X DPLS = 0.75 X 0.811 X 0.9702 = 0.647

9 - NIVEL DE ILUMINACION: 500 Luxes RECOMENDADO.

$$\frac{NUMERO DE LUMENES \times AREA}{LUMINARIOS \times LUMENES \times CU \times FLP} = \frac{500 \times 117}{36000 \times 0.592 \times 0.647} = 4.24$$

No DE LUMINARIOS: 4.

$$LUXES = \frac{No.DE LUMINARIOS \times LUMENES}{LUMINARIO} \times C.U \times FLP = \frac{4 \times 36000 \times 0.592 \times 0.647}{117} = 693 \text{ luxes.}$$

AREA

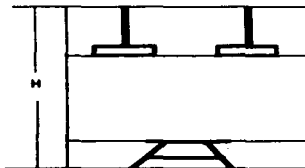
117

1.- DIMENSIONES DEL LOCAL

LARGO = 18.95 m.  
 ANCHO = 2.0 m.  
 ALTURA = 6.80 m.  
 AREA = 37.90 m<sup>2</sup>.

PERIMETRO =

AREA NUMERO: 6.



Hct =

Hcl = 4.1 m.

Hcp = 0.9m

2.- REFLECTANCIAS(%)      TECHO = 70% ; PAREDES = 60% ; PISO = 20%

3.- RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO:

AREAS REGULARES:

$$RCR = \frac{5 \times H \times (L + A)}{L \times A} = \frac{5 \times 4.1 (18.95 + 2.0)}{18.95 \times 2.0} = 11.33$$

AREAS IRREGULARES

$$RCR = \frac{2.5 \times H \times \text{PERIMETRO}}{\text{AREA}} = \frac{2.5 \times ( \quad )}{\quad}$$

4.- COEFICIENTE DE UTILIZACION : 0.340

6.- LUMINARIO: 711      SEPARACION ALTURA DE M = 1.6      CATEGORIA DE MANTO: III      CICLO DE LIMPIEZA: 12 meses.

7.- TIPO DE LAMPARA: 001400/U      LUMENES: 36000      LAMPARAS LUMINARIO 1      LUMENES LUMINARIO 36000

8.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ:

DLL = 0.75 ; DPL = 0.89 ; DPLS = 0.95

FPL = DLL X DPL X DPLS = 0.75 X 0.811 X 0.9702 = 0.640.

9.- NIVEL DE ILUMINACION : 300 LUXES RECOMENDADO.

$$\frac{\text{NUMERO DE LUMENES} \times \text{AREA}}{\text{LUMENES LUMINARIO} \times \text{CU} \times \text{FLP}} = \frac{300 \times 37.90}{36000 \times 0.601 \times 0.647} = 4.04$$

No DE LUMINARIOS: 2.

$$\text{LUXES} = \frac{\text{No. DE LUMINARIOS} \times \text{LUMENES LUMINARIO} \times \text{C.U} \times \text{FLP}}{\text{AREA}} = \frac{2 \times 36000 \times 0.340 \times 0.640}{37.90} = 413 \text{ luxes.}$$

## 8.2. CONCENTRADO DE CALCULOS.

Los sistemas señalados como primeros (1), se refieren a los sistemas actuales.

### 1. AREA DE LABORATORIOS.

Para áreas de laboratorios la IES (Illuminating Engineering Society), recomienda un nivel de iluminación de 500 luxes. El luminario que se utiliza es el Industrial, tipo Gavilán de 2 X 75 W. Las reflectancias del local son: techo = 70 %, pared = 50 % y piso = 20 %. La altura de montaje de los luminarios, que se citan para cada caso, es el medido desde el nivel de piso hasta el luminario.

a) Sistema No. 1 : La altura de montaje de los luminarios es de 3.5 m.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Lab. 1	Fluorescente, 75 W, Luz de Día	2.53	0.52	0.51	12	440
Lab. 2	Fluorescente, 75 W, Luz de Día	2.62	0.51	0.51	9	362
Lab. 3	Fluorescente, 75 W, Luz de Día	2.62	0.51	0.51	9	327
Lab. 4	Fluorescente, 75 W, Luz de Día	3.18	0.48	0.51	6	310
Lab. 5	Fluorescente, 75 W, Luz de Día	2.62	0.51	0.51	10	244
Pasillo	Fluorescente, 75 W, Luz de Día	9.67	0.26	0.79	6	220

b) Sistema No. 2: La altura de montaje de los luminarios es de 5 m.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Lab. 1	Aditivos Metálicos 400 W, Claro	3.98	0.60	0.65	4	494.82
Lab. 2	Aditivos Metálicos 400 W, Claro	4.13	0.59	0.65	4	540.74
Lab. 3	Aditivos Metálicos 400 W, Claro	4.13	0.59	0.65	4	560.01
Lab. 4	Aditivos Metálicos 400 W, Claro	5.02	0.54	0.65	4	693.13
Lab. 5	Aditivos Metálicos 400 W, Claro	4.13	0.59	0.65	4	471.41
Pasillo	Aditivos Metálicos 400 W, Claro	11.3	0.34	0.64	2	413.38



c) Sistema No. 3: La altura de montaje de los luminarios es de 3.5 m.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Lab. 1	Fiuorescente, 59 W 4100 K	2.52	0.52	0.74	12	476.51
Lab. 2	Fiuorescente, 59 W 4100 K	2.62	0.51	0.74	12	523.53
Lab. 3	Fiuorescente, 59 W 4100 K	2.62	0.51	0.74	12	542.13
Lab. 4	Fiuorescente, 59 W 4100 K	3.18	0.48	0.74	9	516.77
Lab. 5	Fiuorescente, 59 W 4100 K	2.62	0.51	0.74	12	456.41
Pasillo	Fiuorescente, 59 W 4100 K	9.67	0.26	0.72	5	294.66

d) Sistema No. 4 (actual calculado): La altura de montaje de los luminarios es de 3.5 m.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Lab. 1	Fiuorescente, 75 W, Blanco Frio	2.53	0.52	0.81	12	541.40
Lab. 2	Fiuorescente, 75 W, Blanco Frio	2.62	0.51	0.81	10	495.68
Lab. 3	Fiuorescente, 75 W, Blanco Frio	2.62	0.51	0.81	10	513.35
Lab. 4	Fiuorescente, 75 W, Blanco Frio	3.18	0.48	0.81	9	587.28
Lab. 5	Fiuorescente, 75 W, Blanco Frio	2.62	0.51	0.81	12	518.56
Pasillo	Fiuorescente, 75 W, Blanco Frio	9.67	0.26	0.79	5	336.10

e) Sistema No. 5 : La altura de montaje de los luminarios es de 3.5 m.

Lab. 1	Fiuorescente, 60 W Blanco Frio	2.52	0.52	0.75	15	551
Lab. 2	Fiuorescente, 60 W Blanco Frio	2.62	0.51	0.75	12	485
Lab. 3	Fiuorescente, 60 W Blanco Frio	2.62	0.52	0.75	12	502
Lab. 4	Fiuorescente, 60 W Blanco Frio	3.18	0.48	0.75	9	479
Lab. 5	Fiuorescente, 60 W Blanco Frio	2.62	0.52	0.75	15	525
Pasillo	Fiuorescente, 60 W Blanco Frio	9.67	0.26	0.73	5	274

f) Sistema No. 5: La altura de montaje de los luminarios es de 3.5 m.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Lab. 1	Aditivos Metálicos 175 W, Claro	2.53	0.65	0.67	10	538.79
Lab. 2	Aditivos Metálicos 175 W, Claro	2.51	0.61	0.67	10	518.27
Lab. 3	Aditivos Metálicos 175 W, Claro	2.62	0.64	0.67	10	609.46
Lab. 4	Aditivos Metálicos 175 W, Claro	3.04	0.62	0.67	8	556.37
Lab. 5	Aditivos Metálicos 175 W, Claro	2.62	0.64	0.60	12	551.38
Pasillo	Aditivos Metálicos 175 W, Claro	9.67	0.35	0.67	4	336.59

#### II. LABORATORIO DE DINAMICA.

El luminario que se utiliza en este laboratorio es de la división fluorescente, tipo cajón o para empotrar de 2 X 40 W. Las reflectancias del local son: techo = 80%, pared = 50% y piso = 20%. En este laboratorio, la altura de montaje es la misma para todos los casos (2.70 m).

a) Sistema No. 1.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Laboratorio Dinámica	Fluorescente, 40 W, Blanco Frio.	2.69	0.55	0.65	8	294.78

b) Sistema No. 2.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Laboratorio Dinámica	Fluorescente, 32 W, 4100 K.	2.69	0.55	0.65	12	449.48

c) Sistema No. 3.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Laboratorio Dinámica	Fluorescente, 30 W, Blanco Frio.	2.69	0.55	0.65	17	501.05

#### III. LABORATORIO DE OPTICA.

El luminario utilizado es el de división fluorescente, tipo cajón o para empotrar de 2 X 75 W. La altura de montaje es la misma para todos los casos (2.53 m). Las reflectancias del local son: techo = 80%, pared = 50% y piso = 20%.

a) Sistema No. 1.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Laboratorio de Optica	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	4.74	0.44	0.77	1	335.98

b) Sistema No. 2.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Laboratorio de Optica	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	4.74	0.44	0.71	2	548.60

c) Sistema No. 2.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Laboratorio de Optica	Fluorescente, 89 W, Blanco Frio.	4.74	0.44	0.70	2	590.98

**IV. AREA DE OFICINAS.**

Para áreas de oficinas la IES recomienda un nivel de iluminación de 300 luxes. El luminario que se utiliza es el de división fluorescente, tipo de cajón o para empotrar de 2 X 74 W. La altura de montaje es la misma en todos los casos (2.22 m). Las reflectancias de los locales son, techo: 80 %, pared: 50 % y piso: 20 %.

a) Sistema No. 1.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Cubiculo 1	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	4.49	0.45	0.70	2	668.93
Cubiculo 2, 3, 4, 5 y 6	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	5.69	0.40	0.70	1	489.40
Cubiculo 7	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	4.38	0.45	0.70	2	634.16
Cubiculo 8	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	3.51	0.5	0.70	3	665.45
Cubiculo 9	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	3.59	0.49	0.70	3	602.08
Cubiculo 10	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	4.79	0.44	0.70	1	464.76
Cubiculo 10 (Baño)	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	5.71	0.40	0.70	1	379.17
Pasillo	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	9.91	0.27	0.70	2	342.28

b) Sistema No. 2.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Cubiculo 1	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	4.49	0.48	0.68	1	380.68
Cubiculo 2, 3, 4, 5 y 6	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	5.69	0.40	0.68	1	439.38
Cubiculo 7	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	4.38	0.48	0.68	1	284.82
Cubiculo 8	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	3.51	0.6	0.68	2	398.44
Cubiculo 9	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	3.59	0.49	0.68	2	413.00
Cubiculo 10	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	4.79	0.44	0.68	1	340.72
Cubiculo 10 (Baño)	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	5.71	0.40	0.68	1	417.41
Pasillo	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	9.91	0.27	0.68	2	204.96

c) Sistema No. 3.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Cubiculo 1	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	4.49	0.45	0.60	1	264.96
Cubiculo 2, 3, 4, 5 y 6	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	5.69	0.40	0.60	1	405.59
Cubiculo 7	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	4.38	0.45	0.60	1	262.87
Cubiculo 8	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	3.51	0.60	0.60	2	367.79
Cubiculo 9	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	3.59	0.49	0.60	2	381.23
Cubiculo 10	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	4.79	0.44	0.60	1	314.51
Cubiculo 10 (Baño)	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	5.71	0.40	0.60	1	385.31
Pasillo	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	9.91	0.27	0.60	2	220.70

V. PASILLO PRINCIPAL.

El nivel que recomienda la IES es de 200 luxes. El luminario es el mismo que se utilizó para el área del Laboratorio de Dinámica. La altura de montaje es de 2.22 m.

a) Sistema No. 1 (actual).

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Pasillo principal	Fluorescente, 40 W, Blanco Frio.	4.98	0.43	0.65	6	232.43

b) Sistema No. 2.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Pasillo principal	Fluorescente, 32 W, 4100 K.	4.98	0.43	0.65	6	236.30

c) Sistema No. 3.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Pasillo principal	Fluorescente, 30 W, Blanco Frio.	4.98	0.43	0.65	6	185.96

VI. BAÑOS.

Para áreas de sanitarios (considerados como áreas generales), la IES recomienda un nivel de iluminación de 100 luxes. El luminario es el mismo que se utilizó para el Laboratorio de Optica. La altura de montaje es de 2.53 m.

a) Sistema No. 1 (actual).

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Baño	Fluorescente, 75 W, Blanco Frio.	7.16	0.35	0.77	1	262.82

b) Sistema No. 2.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Baño	Fluorescente, 60 W, Blanco Frio.	7.16	0.35	0.71	1	222.48

c) Sistema No. 3.

AREA	TIPO DE LAMPARA	RCR	CU	FPL	NUMERO DE LUMINARIOS (N)	NIVEL DE LUXES
Baño	Fluorescente, 59 W, Blanco Frio.	7.16	0.35	0.70	1	231.10

8.3. ANALISIS ECONOMICO.

Se presentan los cálculos económicos de los sistemas actuales y propuestos.

# ANALISIS ECONOMICO PARA SISTEMAS DE ILUMINACION.

## CAMPUS ARAGON-UNAM. AREA DE LABORATORIOS.

144

		SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4
<b>PARAMETROS DE DISEÑO.</b>					
1 - AREA POR ILUMINAR		541	541	541	541
2 - ALTURA DE MONTAJE		3.5	5	3.5	3.5
3 - NIVEL PROMEDIO EN LUXES		336	551	502	530
4 - TIPO DE AREA		LABORATORIO	LABORATORIO	LABORATORIO	LABORATORIO
5 - REFLECTANCIAS %					
A - TECHO		70	70	70	70
B - PARED		50	50	50	50
C - PISO		20	20	20	20
6 - METODO DE CALCULO		LUMEN	LUMEN	LUMEN	LUMEN
<b>TIPO DE LUMINARIO.</b>					
7 - MARCA		HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE
8 - MODELO		HIL-274	711	HIL-259-EI	HIL-274
9 - LAMPARAS X LUMINARIO		2	1	2	2
10 - IMPORTE DE LUMINARIA CON BALASTRA.		1097.25	1370	1500	1097.25
11 - IMPORTE DE LUMINARIA SIN BALASTRA				890	890
12 - IMPORTE X BALASTRA M N				610	
<b>TIPO DE LAMPARA.</b>					

13 - MODELO		F96T12/D	MH400/J	F96T8/TL841	F96T12/CW
14 - LUMENES INICIALES		5200	36000	5900	6100
15 - VIDA NOMINAL (HORAS)		12000	20000	15000	12000
16 - COSTO M N		12 92	156 74	90	12 92
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>					
17 - NUMERO DE LUMINARIOS		52	20	62	58
18 - WATTS X LUMINARIO		180 97	455	120	180 97
19 - CARGA TOTAL KW. 17X18		9 41044	9 1	7 44	10 49626
20 - HORAS DE USO AL AÑO		1920	1920	1920	1920
21 - KWH TOTALES AL AÑO. 19X20		18068 0448	17472	14284 8	20152 8192
22 - COSTO POR KWH M N		0 29866	0 29866	0 29866	0 29866
23 - VOLTAJE DE OPERACION		127	220	127	127
24 - COSTO DE INSTALACION, ALAMBRADO Y CONEXION POR LUMINARIO			350	350	350
25 - NUMERO DE LAMPARAS		104	20	124	116
26 - LUMENES TOTALES		540800	720000	731600	707600
<b>INVERSION TOTAL</b>					
27 - IMPORTE X LUMINARIAS M N			27400		
28 - IMPORTE X BALASTRAS M N				37820	
29 - No DE LUMINARIAS ADICIONALES				10	6
30 - IMPORTE X LUMINARIAS ADICIONALES M N				8900	6583 5
31 - IMPORTE X LAMPARAS M N		1343 68	3134 8	11160	1498 72
32 - COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACION M N			7000	21700	20300
33 - INVERSION TOTAL M N		1343 68	37534 8	79580	28382 22
<b>MANTENIMIENTO</b>					
34 - MANO DE OBRA X LIMPIEZA DE LUMINARIO M N		30	100	30	30
35 - MANO DE OBRA X REPOSICION DE LAMPARA M N		3 75	50	3 75	3 75
<b>COSTO DE OPERACION ANUAL</b>					
36 - COSTO TOTAL DE LA ENERGIA CONSUMIDA M N 21X22		5396 20226	5218 18752	4266 298368	6018 840982
37 - PROMEDIO DE LAMPARAS REMPLAZADAS 25X20/15		16 64	1 92	15 872	18 56
38 - COSTO X LAMPARAS REPUESTAS 37X16		214 9888	300 9408	1428 48	239 7952
39 - COSTO DE OPERACION ANUAL M N 36*38		5611 19106	5519 12832	5694 778368	6256 636182

COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL					
40 - FACTOR DE LIMPIEZA (VECES AL AÑO)		2	1	2	2
41 - COSTO DE LIMPIEZA X LUMINARIO 17X34X40		3120	2000	3720	3480
42 - COSTO X REPOSICION DE LAMPARAS 37X35		824	98	59 52	69 6
43 - COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL M N 41+42		31824	2098	3779 52	3549 6
44 - COSTO DE OPERACION Y MANT. ANUAL M N 39+43		8793 59106	5519 12832	9474 298368	9808 236182
COSTO DE SISTEMAS					
45 - RELACION DE LA INVERSION X LUX MANTENIDO 33/3/1.		0 007391955	0 125917253	0 293023838	0 098985875
46 - RELACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 44/3/1.		0 048375974	0 018514911	0 03488559	0 098985875
ANUAL X LUX MANTENIDO					

143

**IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS:**

**SISTEMA 1: LUMNARIO HIL-274, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/D, 76 W, LUZ DE DIA.**

**SISTEMA 2: LUMNARIO PRISMPACK V, LAMPARA ADITIVOS METALICOS, MH480/U, 480 W, CLARO.**

**SISTEMA 3: LUMNARIO HIL-269-EI, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T8/TL841, 80 W, TEMPERATURA DE COLOR 4100 K.**

**SISTEMA 4: LUMNARIO HIL-274, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/D, 76 W, BLANCO FRIO.**



# ANALISIS ECONOMICO PARA SISTEMAS DE ILUMINACION.

## CAMPUS ARAGON-UNAM. AREA DE LABORATORIOS.

(Continuación).

144

		SISTEMA 1	SISTEMA 5	SISTEMA 6
<b>PARAMETROS DE DISEÑO</b>				
1 - AREA POR ILUMINAR		541	541	541
2 - ALTURA DE MONTAJE		3.5	3.5	3.5
3 - NIVEL PROMEDIO EN LUXES		336	509	554
4 - TIPO DE AREA		LABORATORIO	LABORATORIO	LABORATORIO
5 - REFLECTANCIAS %				
A - TECHO		70	70	70
B - PARED		50	50	50
C - PISO		20	20	20
6 - METODO DE CALCULO		LUMEN	LUMEN	LUMEN
<b>TIPO DE LUMINARIO</b>				
7 - MARCA		HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE
8 - MODELO		HIL-274	HIL-260-MI	1905
9 - LAMPARAS X LUMINARIO		2	2	1
10 - IMPORTE DE LUMINARIA CON BALASTRA		1097.25	1200	1465
11 - IMPORTE DE LUMINARIA SIN BALASTRA			890	
12 - IMPORTE X BALASTRA M N			310	

TIPO DE LAMPARA						
13 - MODELO.				F96T12D	F96T12/CW/E	MH175/U/M
14 - LUMENES INICIALES				5200	5400	14000
15 - VIDA NOMINAL (HORAS)				12000	12000	10000
16 - COSTO M N				12.92	18.7	153.09
SISTEMA ELÉCTRICO						
17 - NUMERO DE LUMINARIOS.				52	68	45
18 - WATTS X LUMINARIO				180.97	125	210
19 - CARGA TOTAL KW. 17X18				9.41044	8.5	9.45
20 - HORAS DE USO AL AÑO.				1820	1920	1920
21 - KWH TOTALES AL AÑO. 18X20.				18068.0448	16320	18144
22 - COSTO POR KWH. M.N.				0.29866	0.29866	0.29866
23 - VOLTAJE DE OPERACION.				127	220	127
24 - COSTO DE INSTALACION, ALAMBRADO Y CONEXION POR LUMINARIO.					350	350
25 - NUMERO DE LAMPARAS				104	136	45
26 - LUMENES TOTALES				540800	734400	630000
INVERSION INICIAL						
27 - IMPORTE X LUMINARIAS M.N.						65925
28 - IMPORTE X BALASTRAS M.N.					21080	
29 - No DE LUMINARIAS ADICIONALES					16	
30 - IMPORTE X LUMINARIAS ADICIONALES M.N.					14240	
31 - IMPORTE X LAMPARAS M.N.				1343.68	2543.2	6889.05
32 - COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACION M.N.					23800	15750
33 - INVERSION TOTAL M.N.				1343.68	61663.2	88564.05
MANEJO DE OBRA						
34 - MANO DE OBRA X LIMPIEZA DE LUMINARIO M.N.				30	30	50
35 - MANO DE OBRA X REPOSICION DE LAMPARA M.N.				3.75	3.75	6
COSTO DE OPERACION ANUAL						
36 - COSTO TOTAL DE LA ENERGIA CONSUMIDA M.N. 21X22.				5398.20226	4874.1312	5418.88704
37 - PROMEDIO DE LAMPARAS REMPLAZADAS 25X20/15.				18.64	21.76	8.64
38 - COSTO X LAMPARAS REPUESTAS. 37X16.				214.9888	406.912	1322.6976

39 - COSTO DE OPERACION ANUAL M N 36+38			5611.19106	5281.0432	6741.58464
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>					
40 - FACTOR DE LIMPIEZA (VECES AL AÑO)			2	2	1
41 - COSTO DE LIMPIEZA X LUMINARIO 17X34X40			3120	4080	2250
42 - COSTO X REPOSICION DE LAMPARAS 37X35			62.4	81.6	51.84
43 - COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL M N 41+42			3182.4	4161.6	2301.84
44 - COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ANUAL M N 39+43			8793.59106	9442.6432	9043.42464
<b>RELACION DE INVERSION</b>					
45 - RELACION DE LA INVERSION X LUX MANTENIDO 33/3/1			0.007391955	0.22392935	0.29549521
46 - RELACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 44/3/1			0.048375674	0.03429087	0.29549521
ANUAL X LUX MANTENIDO					

104

**IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS:**

**SISTEMA 1: LUMINARIO HL-274, LAMPARA FLUORESCENTE, F86T12/D, 76 W, LUZ DE DIA.**

**SISTEMA 5: LUMINARIO HL-266-M, LAMPARA FLUORESCENTE F86T12/CW/EW, 66 W, BLANCO FRIO.**

**SISTEMA 8: LUMINARIO PETROLUX, LAMPARA ADITIVOS METALICOS, MH175/2K/BU, 175 W, CLARO.**

# ANALISIS ECONOMICO PARA SISTEMAS DE ILUMINACION.

## CAMPUS ARAGON-UNAM. LABORATORIO L-2. OFICINAS PLANTA ALTA.

147

				OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
<b>PARAMETROS DE CÁLCULO</b>						
1 - AREA POR ILUMINAR				105 51	105 51	105 51
2 - ALTURA DE MONTAJE				2 22	2 22	2 22
3 - NIVEL PROMEDIO EN LUXES				602	332	362
4 - TIPO DE AREA				OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS
5 - REFLECTANCIAS %						
A - TECHO				80	80	80
B - PARED				50	50	50
C - PISO				20	20	20
6 - METODO DE CALCULO				LUMEN	LUMEN	LUMEN
<b>TIPO DE LUMINARIOS</b>						
7 - MARCA				HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE
8 - MODELO				HIL-274	HIL-259-EI	HIL-260MI
9 - LAMPARAS X LUMINARIO				2	2	2
10 - IMPORTE DE LUMINARIA CON BALASTRA				948 6	1470	1025
11 - IMPORTE DE LUMINARIA SIN BALASTRA					742	742
12 - IMPORTE X BALASTRA M/N					610	251 9

TIPO DE LAMPARA						
13 - MODELO				F96T12/CW	F96T8/TL641	F96T12/CW/EW
14 - LUMENES INICIALES				6100	5900	5400
15 - VIDA NOMINAL (HORAS)				12000	15000	12000
16 - COSTO M.N.				12.92	90	18.7
INVERSION FINANCIERA						
17 - NUMERO DE LUMINARIOS				20	11	11
18 - WATTS X LUMINARIO				180.97	120	125
19 - CARGA TOTAL KW 17X18				3.6194	1.32	1.375
20 - HORAS DE USO AL AÑO				1280	1280	1280
21 - KWH TOTALES AL AÑO 19X20				4632.632	1689.6	1760
22 - COSTO POR KWH M.N.				0.29866	0.29866	0.29866
23 - VOLTAJE DE OPERACION				127	127	127
24 - COSTO DE INSTALACION ALAMBRADO Y CONEXION POR LUMINARIO						350
25 - NUMERO DE LAMPARAS				40	22	22
26 - LUMENES TOTALES				244000	129800	118800
COSTOS DE OBRAS						
27 - IMPORTE X LUMINARIAS M.N.						
28 - IMPORTE X BALASTRAS M.N.					6710	2770.9
29 - No DE LUMINARIAS ADICIONALES						
30 - IMPORTE X LUMINARIAS ADICIONALES M.N.					0	0
31 - IMPORTE X LAMPARAS M.N.				516.8	1980	411.4
32 - COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACION M.N.					0	0
33 - INVERSION TOTAL M.N.				516.8	8690	3182.3
MANO DE OBRAS						
34 - MANO DE OBRA X LIMPIEZA DE LUMINARIO M.N.				30	30	30
35 - MANO DE OBRA X REPOSICION DE LAMPARA M.N.				3.75	3.75	3.75
COSTO DE OPERACION ANUAL						
36 - COSTO TOTAL DE LA ENERGIA CONSUMIDA M.N. 21X22				1383.641605	504.615936	525.6416
37 - PROMEDIO DE LAMPARAS REMPLAZADAS 25X20/15				4.286866667	1.877333333	2.346666667
38 - COSTO X LAMPARAS REPUESTAS 37X18				55.12533333	168.96	43.88266667

39 - COSTO DE OPERACION ANUAL M N 36+38			1438 766938	673 575936	569 5242667
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL</b>					
40 - FACTOR DE LIMPIEZA (VECES AL AÑO)			2	2	2
41 - COSTO DE LIMPIEZA X LUMINARIO. 17X34X40			1200	660	660
42 - COSTO X REPOSICION DE LAMPARAS. 37X35			16	7.04	8.8
43 - COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL M N 41+42			1216	667.04	668.8
44 - COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ANUAL M N 33+43			2654 766938	1340 615936	1238 324267
<b>ANALISIS DE SISTEMAS</b>					
45 - RELACION DE LA INVERSION X LUX MANTENIDO 33/3/1			0 008136402	0 248077896	0 083318017
46 - RELACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 44/3/1			0 041796151	0 038271252	0 083318017
ANUAL X LUX MANTENIDO					
47 - AHORRO EN COSTOS DE OPERACION				1314 151002	1416 442672
SISTEMA ACTUAL- SISTEMA NUEVO.					
48 -PERIODO DE RECUPERACION (AÑOS)				6 612634304	2 246684644

#### IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS:

**SISTEMA 1: LUMINARIO HL-274, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/D, 76W, LUZ DE DIA.**

**SISTEMA 2: LUMINARIO PRISMPACK V, LAMPARA ADITIVOS METALICOS, MH400/U, 400W, CLARO.**

**SISTEMA 3: LUMINARIO HL-259-EI, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T8/TL841, 59W, TEMPERATURA DE COLOR 4100K.**

**SISTEMA 4: LUMINARIO HL-274, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/D, 76W, BLANCO FRIO.**

# ANALISIS ECONOMICO PARA SISTEMAS DE ILUMINACION.

## CAMPUS ARAGON-UNAM. LABORATORIO L2 LABORATORIO DE DINAMICA.

180

				OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
PARAMETROS DE DISEÑO						
1 - AREA POR ILUMINAR				58 22	58 22	58 22
2 - ALTURA DE MONTAJE				2 8	2 8	2 8
3 - NIVEL PROMEDIO EN LUXES				294 76	449 48	501 06
4 - TIPO DE AREA				LABORATORIO	LABORATORIO	LABORATORIO
5 - REFLECTANCIAS %						
A - TECHO				80	80	80
B - PARED				50	50	50
C - PISO				20	20	20
6 - METODO DE CALCULO				LUMEN	LUMEN	LUMEN
TIPO DE LUMINARIO						
7 - MARCA				HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE
8 - MODELO				6800-238	6800-232-EI	6800-230-MI
9 - LAMPARAS X LUMINARIO				2	2	2
10 - IMPORTE DE LUMINARIA CON BALASTRA				510	845	568
11 - IMPORTE DE LUMINARIA SIN BALASTRA						
12 - IMPORTE X BALASTRA M N					340	180 2
TIPO DE LAMPARA						

13 - MODELO			F48T12/CW	F32T8/TL/830	F48T12/CW/EW
14 - LUMENES INICIALES			3000	3050	2400
15 - VIDA NOMINAL (HORAS)			9000	20000	9000
16 - COSTO M N			10 19	23 33	11 47
<b>ENERGIA ELÉCTRICA</b>					
17 - NUMERO DE LUMINARIOS			8	12	18
18 - WATTS X LUMINARIO			100 13	72	61
19 - CARGA TOTAL KW 17X18			0 80104	0 864	1 098
20 - HORAS DE USO AL AÑO			960	960	960
21 - KWH TOTALES AL AÑO 19X20			768 9984	829 44	1054 08
22 - COSTO POR KWH M N			0 29866	0 29866	0 29866
23 - VOLTAJE DE OPERACION			127	127	127
24 - COSTO DE INSTALACION, ALAMBRADO Y CONEXION POR LUMINARIO					250
25 - NUMERO DE LAMPARAS			16	24	36
26 - LUMENES TOTALES			48000	73200	86400
<b>INVERSION INICIAL</b>					
27 - IMPORTE X LUMINARIAS M N					
28 - IMPORTE X BALASTRAS M N				4080	3243 6
29 - No DE LUMINARIAS ADICIONALES				4	10
30 - IMPORTE X LUMINARIAS ADICIONALES M N				3380	5680
31 - IMPORTE X LAMPARAS M N			163 04	559 92	412 92
32 - COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACION M N				0	2500
33 - INVERSION TOTAL M N			163 04	8019 92	11836 52
<b>MANUTENCION</b>					
34 - MANO DE OBRA X LIMPIEZA DE LUMINARIO M N			15	15	15
35 - MANO DE OBRA X REPOSICION DE LAMPARA M N			3 75	3 75	3 75
<b>COSTO DE OPERACION ANUAL</b>					
36 - COSTO TOTAL DE LA ENERGIA CONSUMIDA M N 21X22			229 6690621	247 7205504	314 8115328
37 - PROMEDIO DE LAMPARAS REMPLAZADAS 25X20/15			1 706666667	1 152	3 84
38 - COSTO X LAMPARAS REPUESTAS 37X16			17 39093333	26 87616	44 0448
39 - COSTO DE OPERACION ANUAL M N 36+38			247 0599955	274 5967104	358 8563328



COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL					
40 - FACTOR DE LIMPIEZA (VECES AL AÑO)			2	2	2
41 - COSTO DE LIMPIEZA X LUMINARIO 17X34X40			240	360	540
42 - COSTO X REPOSICION DE LAMPARAS 37X35			6.4	4.32	14.4
43 - COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL M N 41+42			246.4	364.32	554.4
44 - COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ANUAL M N 39+43			493 4599955	638 9167104	913 2563328
ANALISIS DE SISTEMAS					
45 - RELACION DE LA INVERSION X LUX MANTENIDO 33/3/1			0 009500652	0 306469643	0 405753338
46 - RELACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 44/3/1			0 028754856	0 024415278	0 405753338
ANUAL X LUX MANTENIDO					
47 - AHORRO EN COSTOS DE OPERACION				-145 4567149	-419 7963373
SISTEMA ACTUAL- SISTEMA NUEVO					
48 -PERIODO DE RECUPERACION (AÑOS)				-55 13612764	-28 19586296

#### IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS:

SISTEMA 1: LUMINARIO 6800-238, LAMPARA FLUORESCENTE F48T12/CW, 40 W, BLANCO FRIO.

SISTEMA 2: LUMINARIO 6800-232-ER, LAMPARA FLUORESCENTE, F3278/TL830, 32 W, TEMPERATURA DE COLOR 3000 K.

SISTEMA 3: LUMINARIO 6800-230-MI, LAMPARA FLUORESCENTE, F48T12/CW/EW, 30 W, BLANCO FRIO.

# ANALISIS ECONOMICO PARA SISTEMAS DE ILUMINACION.

## CAMPUS ARAGON-UNAM. LABORATORIO L2 LABORATORIO DE OPTICA

153

				SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
<b>PARAMETROS DE DISEÑO</b>						
1 - AREA POR ILUMINAR				12.3	12.3	12.3
2 - ALTURA DE MONTAJE				2.8	2.8	2.8
3 - NIVEL PROMEDIO EN LUXES				335	590.96	548.6
4 - TIPO DE AREA				LABORATORIO	LABORATORIO	LABORATORIO
5 - REFLECTANCIAS %						
A - TECHO				80	80	80
B - PARED				50	50	50
C - PISO				20	20	20
6 - METODO DE CALCULO				LUMEN	LUMEN	LUMEN
<b>TIPO DE LUMINARIO</b>						
7 - MARCA				HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE
8 - MODELO				HIL-274	HIL-259-E	HIL-260M
9 - LAMPARAS X LUMINARIO				2	2	2
10 - IMPORTE DE LUMINARIA CON BALASTRA				948.6	1470	1025
11 - IMPORTE DE LUMINARIA SIN BALASTRA					742	742
12 - IMPORTE X BALASTRA M N					610	251.9

<b>TIPO DE LAMPARA</b>						
13 - MODELO				F96T12/CW	F96T8/TL841	F96T12/CWIEW
14 - LUMENES INICIALES				6100	5900	5400
15 - VIDA NOMINAL (HORAS)				12000	15000	12000
16 - COSTO M N				12 92	90	18 7
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>						
17 - NUMERO DE LUMINARIOS				1	2	2
18 - WATTS X LUMINARIO				180 97	120	125
19 - CARGA TOTAL KW 17X18				0 18097	0 24	0 25
20 - HORAS DE USO AL AÑO				480	480	480
21 - KWH TOTALES AL AÑO 19X20				86 8656	115 2	120
22 - COSTO POR KWH M N				0 29866	0 29866	0 29866
23 - VOLTAJE DE OPERACION				127	127	127
24 - COSTO DE INSTALACION, ALAMBRADO Y CONEXION POR LUMINARIO					250	250
25 - NUMERO DE LAMPARAS				2	4	4
26 - LUMENES TOTALES				12200	23500	21600
<b>INVERSION INICIAL</b>						
27 - IMPORTE X LUMINARIAS M N						
28 - IMPORTE X BALASTRAS M N					1220	503 8
29 - No DE LUMINARIAS ADICIONALES					1	1
30 - IMPORTE X LUMINARIAS ADICIONALES M N					1470	1025
31 - IMPORTE X LAMPARAS M N				25 84	360	74 8
32 - COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACION M N					250	250
33 - INVERSION TOTAL M N				25 84	3300	1853 6
<b>MANTENIMIENTO</b>						
34 - MANO DE OBRA X LIMPIEZA DE LUMINARIO M N				30	30	30
35 - MANO DE OBRA X REPOSICION DE LAMPARA M N				3 75	3 75	3 75
<b>COSTO DE OPERACION ANUAL</b>						
36 - COSTO TOTAL DE LA ENERGIA CONSUMIDA M N 21X22				25 9432801	34 405632	35 8392
37 - PROMEDIO DE LAMPARAS REPLAZADAS 25X20/15				0 08	0 128	0 16
38 - COSTO X LAMPARAS REPUESTAS 37X16				1 0336	11 52	2 992

39 - COSTO DE OPERACION ANUAL M N 36*38			26 9768801	45 925632	38 8312
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL</b>					
40 - FACTOR DE LIMPIEZA (VECES AL AÑO)			2	2	2
41 - COSTO DE LIMPIEZA X LUMINARIO 17X34X40			60	120	120
42 - COSTO X REPOSICION DE LAMPARAS 37X35			0 3	0 48	0 6
43 - COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL M N 41*42			60 3	120 48	120 6
44 - COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ANUAL M N 39*43			87 2768801	166 405632	159 4312
<b>ANALISIS DE SISTEMAS</b>					
45 - RELACION DE LA INVERSION X LUX MANTENIDO 33/3/1			0 006271084	0 453994658	0 274697752
46 - RELACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 44/3/1			0 021181138	0 022893111	0 274697752
ANUAL X LUX MANTENIDO					
47 - AHORRO EN COSTOS DE OPERACION				-79 1287519	-72 1543199
SISTEMA ACTUAL- SISTEMA NUEVO					
48 -PERIODO DE RECUPERACION (AÑOS)				-41.70418363	-25 68938357

185

**IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS:**

**SISTEMA 1: LUMINARIO 6000-274, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/CW, 75 W, BLANCO FRIO.**

**SISTEMA 2: LUMINARIO 6000-259, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T8/TL841, 59 W, TEMPERATURA DE COLOR 4100 K.**

**SISTEMA 3: LUMINARIO 6000-260-MI, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/CW/EW, 60 W, BLANCO FRIO.**

# ANALISIS ECONOMICO PARA SISTEMAS DE ILUMINACION.

## CAMPUS ARAGON-UNAM. LABORATORIO L2 PASILLO (PLANTA BAJA-ENTRADA).

				SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
<b>PARAMETROS DE DISEÑO</b>						
1 - AREA POR ILUMINAR				43 29	43 29	43 29
2 - ALTURA DE MONTAJE				2 8	2 8	2 8
3 - NIVEL PROMEDIO EN LUXES				232 43	236 31	185 95
4 - TIPO DE AREA				PASILLO	PASILLO	PASILLO
5 - REFLECTANCIAS %						
A - TECHO				80	80	80
B - PARED				50	50	50
C - PISO				20	20	20
6 - METODO DE CALCULO				LUMEN	LUMEN	LUMEN
<b>TIPO DE LUMINARIO</b>						
7 - MARCA				HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE
8 - MODELO				6800-238	6800-232-EI	6800-230-MI
9 - LAMPARAS X LUMINARIO				2	2	2
10 - IMPORTE DE LUMINARIA CON BALASTRA				510	845	568
11 - IMPORTE DE LUMINARIA SIN BALASTRA						
12 - IMPORTE X BALASTRA M N					340	180 2

<b>TIPO DE LAMPARA</b>						
13 - MODELO				F48T12/CW	F32T8/TL/L830	F48T12/CW/EW
14 - LUMENES INICIALES				3000	3050	2400
15 - VIDA NOMINAL (HORAS)				9000	20000	9000
16 - COSTO M N				10 19	23 33	11 47
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>						
17 - NUMERO DE LUMINARIOS				6	6	6
18 - WATTS X LUMINARIO				100 13	72	61
19 - CARGA TOTAL KW 17X18				0 60078	0 432	0 366
20 - HORAS DE USO AL AÑO				1280	1280	1280
21 - KWH TOTALES AL AÑO 19X20				768 9984	552 96	468 48
22 - COSTO POR KWH M N				0 29866	0 29866	0 29866
23 - VOLTAJE DE OPERACION				127	127	127
24 - COSTO DE INSTALACION, ALAMBRADO Y CONEXION POR LUMINARIO					250	250
25 - NUMERO DE LAMPARAS				12	12	12
26 - LUMENES TOTALES				36000	36600	28800
<b>INVERSION INICIAL</b>						
27 - IMPORTE X LUMINARIAS M N						
28 - IMPORTE X BALASTRAS M N					2040	1081 2
29 - No DE LUMINARIAS ADICIONALES					0	0
30 - IMPORTE X LUMINARIAS ADICIONALES M N					0	0
31 - IMPORTE X LAMPARAS M N				122 28	279 96	137 64
32 - COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACION M N					1500	0
33 - INVERSION TOTAL M N				122 28	3819 96	1218 84
<b>MANUTENCION</b>						
34 - MANO DE OBRA X LIMPIEZA DE LUMINARIO M N				15	15	15
35 - MANO DE OBRA X REPOSICION DE LAMPARA M N				3 75	3 75	3 75
<b>COSTO DE OPERACION ANUAL</b>						
36 - COSTO TOTAL DE LA ENERGIA CONSUMIDA M N 21X22				229 6690621	165 1470336	139 9162368
37 - PROMEDIO DE LAMPARAS REMPLAZADAS 25X20/15				1 706666667	0 768	1 706666667
38 - COSTO X LAMPARAS REPUESTAS 37X16				17 39093333	17 91744	19 57546667

39 - COSTO DE OPERACION ANUAL M N 38+38			247 0599955	183 0644736	159 4917035
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL</b>					
40.- FACTOR DE LIMPIEZA (VECES AL AÑO)			2	2	2
41.- COSTO DE LIMPIEZA X LUMINARIO: 17X34X40			180	180	180
42.- COSTO X REPOSICION DE LAMPARAS 37X35			6.4	2.88	6.4
43.- COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL M N 41+42			186.4	182.88	186.4
44.- COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ANUAL M N 39+43			433 4599955	365 9444736	345 8917035
<b>ANALISIS DE SISTEMAS</b>					
45.- RELACION DE LA INVERSION X LUX MANTENIDO 33/3/1.			0 012152781	0 373412739	0 151412918
46.- RELACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 44/3/1.			0 043079361	0 035772188	0 151412918
ANUAL X LUX MANTENIDO					
47.- AHORRO EN COSTOS DE OPERACION				67 51552188	87 56829201
SISTEMA ACTUAL- SISTEMA NUEVO.					
48.-PERIODO DE RECUPERACION (AÑOS)				56 57898945	13 9187367

188

**IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS:**

**SISTEMA 1: LUMNARIO 6800-238, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/CW, 40 W, BLANCO FRIO.**

**SISTEMA 2: LUMNARIO 6800-232, LAMPARA FLUORESCENTE, F32T8/TL830, 32 W, TEMPERATURA DE COLOR 3000 K.**

**SISTEMA 3: LUMNARIO 6800-230, LAMPARA FLUORESCENTE, F48T12/CW/EW, 30 W, BLANCO FRIO.**

# ANALISIS ECONOMICO PARA SISTEMAS DE ILUMINACION.

## CAMPUS ARAGON-UNAM. LABORATORIO L-2. BAÑO PLANTA BAJA

				OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
PARAMETROS DE DISEÑO:						
1 - AREA POR ILUMINAR				12.51	12.51	12.51
2 - ALTURA DE MONTAJE				2.8	2.8	2.8
3 - NIVEL PROMEDIO EN LUXES.				262.82	231.1	222.48
4 - TIPO DE AREA				BAÑO	BAÑO	BAÑO
5 - REFLECTANCIAS %						
A - TECHO				80	80	80
B - PARED				50	50	50
C - PISO				20	20	20
6 - METODO DE CALCULO				LUMEN	LUMEN	LUMEN
TIPO DE LUMINARIOS:						
7 - MARCA				HOLOPHANE	HOLOPHANE	HOLOPHANE
8 - MODELO				HIL-274	HIL-259-EI	HIL-260MI
9 - LAMPARAS X LUMINARIO				2	2	2
10 - IMPORTE DE LUMINARIA CON BALASTRA				948.6	1470	1025
11 - IMPORTE DE LUMINARIA SIN BALASTRA					742	742
12 - IMPORTE X BALASTRA M N					610	251.9
TIPO DE LAMPARA:						



13 - MODELO			F96T12/CW	F96T8/TLB41	F96T12/CW/EW
14 - LUMENES INICIALES			6100	5900	5400
15 - VIDA NOMINAL (HORAS)			12000	15000	12000
16 - COSTO M N			12.92	90	18.7
<b>SISTEMA ELECTRICO:</b>					
17 - NUMERO DE LUMINARIOS			1	1	1
18 - WATTS X LUMINARIO			180.97	120	125
19 - CARGA TOTAL KW 17X18			0.18097	0.12	0.125
20 - HORAS DE USO AL AÑO			400	400	400
21 - KWH TOTALES AL AÑO 19X20			72.388	48	50
22 - COSTO POR KWH M N			0.29866	0.29866	0.29866
23 - VOLTAJE DE OPERACION			127	127	127
24 - COSTO DE INSTALACION, ALAMBRADO Y CONEXION POR LUMINARIO					
25 - NUMERO DE LAMPARAS			2	2	2
26 - LUMENES TOTALES			12200	11800	10800
<b>INVERSION SOCIAL:</b>					
27 - IMPORTE X LUMINARIAS M N					
28 - IMPORTE X BALASTRAS M N				610	251.9
29 - No DE LUMINARIAS ADICIONALES					
30 - IMPORTE X LUMINARIAS ADICIONALES M N				0	0
31 - IMPORTE X LAMPARAS M N			25.84	180	37.4
32 - COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACION M N				0	0
33 - INVERSION TOTAL M N			25.84	790	289.3
<b>MANTENIMIENTO:</b>					
34 - MANO DE OBRA X LIMPIEZA DE LUMINARIO M N			30	30	30
35 - MANO DE OBRA X REPOSICION DE LAMPARA M N			3.75	3.75	3.75
<b>COSTO DE OPERACION ANUAL:</b>					
36 - COSTO TOTAL DE LA ENERGIA CONSUMIDA M N 21X22			21.61940008	14.33568	14.933
37 - PROMEDIO DE LAMPARAS REMPLAZADAS 25X20/15			0.066666667	0.053333333	0.066666667
38 - COSTO X LAMPARAS REPUESTAS 37X16			0.861333333	4.8	1.246666667
39 - COSTO DE OPERACION ANUAL M N 36+38			22.48073341	19.13568	16.17966667

COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL					
40 - FACTOR DE LIMPIEZA (VECES AL AÑO)			2	2	2
41 - COSTO DE LIMPIEZA X LUMINARIO. 17X34X40			60	60	60
42 - COSTO X REPOSICION DE LAMPARAS 37X35			0 25	0 2	0 25
43 - COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL M N 41+42			60 25	60 2	60 25
44 - COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ANUAL M N 39+43			82 73073341	79 33568	78 42966667
ANALISIS DE INVERSION					
45 - RELACION DE LA INVERSION X LUX MANTENIDO 33/3/1			0 007859172	0 273256081	0 103944173
46 - RELACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 44/3/1			0 025162347	0 027441718	0 103944173
ANUAL X LUX MANTENIDO					
47 - AHORRO EN COSTOS DE OPERACION				3 395053413	6 301066747
SISTEMA ACTUAL- SISTEMA NUEVO.					
48 -PERIODO DE RECUPERACION (AÑOS)				232 691479	45 91286073

#### IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS;

**SISTEMA 1: LUMINARIO 6800-274, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/CW, 78 W, BLANCO FRIO.**

**SISTEMA 2: LUMINARIO 6800-259-EI, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T8/TLB41, 69 W, TEMPERATURA DE COLOR 4100 K.**

**SISTEMA 3: LUMINARIO 6800-260, LAMPARA FLUORESCENTE, F96T12/CW/EW, 68 W, BLANCO FRIO.**

#### 8.4. SELECCION DE ALTERNATIVAS.

##### 8.4.1. Costo total del ciclo de vida de los sistemas.

La fórmula que se utiliza para obtener este costo, es:

$$\text{COSTO TOTAL DEL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA} = (\text{NPV} \times \text{CRF}) + \text{OM}$$

Donde:

- NPV = Inversión inicial.  
CRF = Factor de recuperación de capital = 0.1175 (20 años).  
(Apéndice B, Tabla A).  
OM = Costo de operación y mantenimiento anual.

Se utilizó una tasa de interés del 10 % anual.

A continuación se resúmen los costos de vida de los sistemas calculados.

**NOTA:** Todas las cantidades están expresadas en pesos (M. N.).

##### a) Area de Laboratorios.

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5	SISTEMA 6
Inversión inicial	1343,68	37534,80	79580	28382,22	61663,20	88564,05
Costo de OM	8793,59	5519,13	9474,29	9808,24	9442,64	9043,42
Costo del ciclo de vida	8951,47	9929,47	18824,94	13143,14	16888,07	19449,69

##### b) Area de Oficinas.

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
Inversión inicial	516,80	8690,00	3182,30
Costo de OM	2684,77	1340,62	1238,32
Costo del ciclo de vida	2718,49	2381,70	1612,24

##### c) Laboratorio de Dinámica:

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
Inversión inicial	163,04	8019,92	11836,62
Costo de OM	493,46	638,92	913,26
Costo del ciclo de vida	512,50	1581,26	2304,05

d) Laboratorio de Optica.

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
Inversión inicial	25,84	3300	1853,60
Costo de OM	67,28	166,41	169,43
Costo del ciclo de vida	90,32	644,16	377,23

e) Pasillo.

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
Inversión inicial	122,26	3819,96	1216,64
Costo de OM	433,46	368,94	346,89
Costo del ciclo de vida	447,83	614,79	469,10

f) Baño (planta baja).

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
Inversión inicial	25,84	790	289,30
Costo de OM	82,73	79,34	76,43
Costo del ciclo de vida	88,77	172,17	118,42

Por lo tanto, las opciones elegidas son:

- Laboratorios: Sistema 2, aditivos metálicos 400 W, claro.
- Oficinas: Sistema 3, 2 x 60 W, fluorescente blanco frío.
- Laboratorio de Dinámica: Sistema 2, 2 x 32 W, fluorescente 4100 K.
- Laboratorio de Optica: Sistema 3, 2 x 60 W, fluorescente blanco frío.
- Pasillo (planta baja): Sistema 3, 2 x 30 W, fluorescente blanco frío.
- Baño (planta baja): Sistema 3, 2 x 60 W, fluorescente blanco frío.

**RESUMEN DE LOS COSTOS DE LOS SISTEMAS ACTUALES.**

AREAS	INVERSION INICIAL	COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
OFICINAS.	518.80	2884.77
LAB. DINAMICA.	163.04	493.46
LAB. OPTICA.	25.84	87.28
BAÑO P.B.	28.84	82.73
PASILLO P.B.	122.28	433.46
LABORATORIOS	1343.68	8793.59
<b>TOTALES</b>	<b>2197.48</b>	<b>12545.29</b>

**RESUMEN DE LOS COSTOS DE LOS SISTEMAS ELEGIDOS.**

AREAS	INVERSION INICIAL	COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
OFICINAS.	3182.30	1238.32
LAB. DINAMICA.	8019.92	638.92
LAB. OPTICA.	1853.60	189.43
BAÑO P.B.	289.30	76.43
PASILLO P.B.	1218.84	345.89
LABORATORIOS	37534.80	6519.13
<b>TOTALES</b>	<b>52098.76</b>	<b>7978.12</b>

El costo total del ciclo de vida de los sistemas a 20 años, son los siguientes:

a) *Sistemas actuales:*

Costo del ciclo de vida =  $(2197.48 \times 0.1175) + 12545.29 = 12803.49$  pesos.

b) *Sistemas propuestos:*

Costo del ciclo de vida =  $(52098.76 \times 0.1175) + 7978.12 = 14099.72$  pesos.

A pesar de que los sistemas actuales tienen un costo del ciclo de vida más bajo que el de los sistemas propuestos; los sistemas actuales, en general, no cumplen con los niveles de iluminación que se requieren para cada una de las áreas del edificio L2.

En el apéndice C, se presentan las distribuciones de las luminarias para cada una de las áreas del laboratorio L2.



# ***APENDICE***



## APENCIDE A

### NIVELES DE ILUMINACION.

**TABLA A.**

Categorías y tipos de valores genéricos de iluminación para actividades en interiores.

TIPO DE ACTIVIDAD.	CATEGORIA DE ILUMINACION	RANGOS DE ILUMINACION LUXES FOOTCANDLES	REFERENCIA DEL PLANO DE TRABAJO.
AREAS PUBLICAS CON ALREDEDORES OSCUROS.	A	20-30-50	2-3-5
ÁREAS DE ORIENTACION PARA VISITANTES DE CORTA TEMPORADA.	B	50-75-100 10	5-7-5
AREAS DE TRABAJO DONDE LAS TAREAS VISUALES SE REALIZAN OCACIONALMENTE	C	100-150-200 20	10-15
REALIZACION DE TAREAS VISUALES DE ALTO CONTRASTE O GRAN RANGO.	D	200-300-500 30-50	20-
REALIZACION DE TAREAS VISUALES DE MEDIANO CONTRASTE O RANGO PEQUEÑO.	E	500-750-1000 100	50-75
REALIZACION DE TAREAS VISUALES DE BAJO CONTRASTE O MUY PEQUEÑO RANGO.	F	1000-1500-2000 150-200	100-
REALIZACION DE TAREAS VISUALES DE BAJO CONTRASTE Y MUY PEQUEÑO RANGO POR UN PERIODO PROLONGADO.	G	2000-3000-5000 300-500	200-
			ILUMINACION EN LA ZONA DE ACTIVIDAD OBTENIDA MEDIANTE UNA COMBINACION GENERAL LOCALIZADA (ILUMINACION SUPLEMENTARIA).

**TABLA B.**

**Factores que deben de ser considerados en la selección específica de iluminación dentro de los rangos de valor por cada categoría.**

<b>a.- Para categorías de iluminación de la A a la C.</b>			
<b>Características del local y de los ocupantes.</b>	<b>Factor</b>		
	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Edad de los ocupantes</b>	<b>Abajo de 40</b>	<b>40-55</b>	<b>Arriba de 55</b>
<b>Reflectancias de las superficies del local.</b>	<b>Arriba de 70%</b>	<b>30% - 70%</b>	<b>Abajo de 30%</b>
<b>b.- Para categorías de iluminación de la D a la I.</b>			
<b>Características de las tareas y del trabajador.</b>	<b>Factor</b>		
	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Promedio de edad de los trabajadores.</b>	<b>Abajo de 40</b>	<b>40 - 55</b>	<b>Arriba de 55</b>
<b>Velocidad necesaria y/o precisión de la actividad.</b>	<b>No es importante.</b>	<b>Importante.</b>	<b>Critica.</b>
<b>Reflectancias del piso en la zona de actividades.</b>	<b>Arriba de 70%</b>	<b>30% - 70%</b>	<b>Abajo de 30%</b>



**TABLA C.**

Comercial, institucional, y congresos publicos en locales cerrados.

<b>TIPO DE ACTIVIDAD.</b>	<b>NIVEL DE ILUMINACION (LUXES) O CATEGORIA.</b>
<b>AUDITORIOS</b>	
Congresos.	C
Actividades sociales.	B
<b>BANCOS</b>	
Lobby general.	C
Areas de maquinas de oficina y contabilidad.	D
Areas de cajas.	E
<b>SALAS DE CONFERENCIAS</b>	
Areas de conferencistas (visión critica se refiere a trabajos individuales).	D
Corredores.	C
<b>AREAS DE DIBUJOS.</b>	
Trazos hechos en papel brillante o en piel pulida (alto contraste).	E
Bajo contraste.	F
Impresión en color azul.	C
Sala de exhibición.	
<b>LIBRERIAS</b>	
Ataqueles de libros - activos.	D
Areas audio - visuales.	D
<b>AREAS DE MERCADOTECNIA.</b>	
Circulación :	300
Alta actividad.	200
Actividad media.	100
Actividad baja.	
<b>AREA DE ACTIVIDADES COMERCIALES.</b>	
Actividad alta.	1150
Actividad media.	1000
Actividad baja.	300

**1.- OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS.**

<b>TIPO DE ACTIVIDAD</b>	<b>NIVEL DE ILUMINACION (LUXES) O CATEGORIA.</b>
<b>OFICINAS</b>	
Oficinas generales ( ver lectura) privados, vestibulos y areas de recepci3n.	C
<b>CONTROL DE CALIDAD E IMPRESION</b>	
Xerografia, mimeografia	D
C.R.T. pantallas	B
Lápices N° 3 y lineas suaves	E
Lápices N° 4 y lineas fuertes	F
Botafuero	D
8 y 10 Tipo de puntos	D
Revistas brillantes	D
Nuevas impresiones	D
<b>ESCUELAS</b>	
Sal3n de clases (ver lectura)	
Laboratorios cientificos	E
Talleres (ver parte III)	
Escaleras	C

**2°- AREAS INDUSTRIALES INTERIORES.**

<b>TIPO DE ACTIVIDAD</b>	<b>NIVEL DE ILUMINACION (LUXES) O CATEGORIA.</b>
<b>MANTENIMIENTO DE AVIONES:</b>	
General	750
Instrumentos, radio y sistema eléctrico	1500
Tapizado	1000
Inspección de partes	1000
Taller de pintura	1000
<b>FABRICACION DE AVIONES:</b>	
Trabajo pesado de banco	500
Taladros, ramachadoras	
Roscadora, cerrojos	750
Trabajo mediano de banco	1000
Ensamble final	1000
<b>ENSAMBLE</b>	
Simple	D
Moderadamente difícil	D
Difícil	F
Muy difícil	G
<b>FABRICACION DE AUTOMOVILES</b>	
Ensamblado de carrocería.	
Ensamblado y componentes del cuerpo del chasis.	500
Ensamble final.	1000
	2000
<b>PANADERIAS-GENERAL</b>	
	D
<b>CERVECERIAS</b>	
	D
<b>ELABORACION Y PRESENTACION DE CONSERVAS:</b>	
Banda continua en la elaboración de conservas.	
Llenado de conservas.	E
Empaque a mano.	E
Inspección.	D
	F

**PLANTAS QUIMICAS ( VER PETROLEO Y  
PLANTAS QUIMICAS).**

**PRODUCTOS DE TELA (VER FABRICA DE  
MLADOS Y TEJIDOS).**

Corte y costura.  
Planchado.  
Pasillos.

G  
F  
B

**MANUFACTURA DE EQUIPO ELECTRICO:**

Impregnación.  
Aislados: Enrollado de bobinas.

D  
E

**ESTACIONES INTERIORES GENERADORAS  
DE ELECTRICIDAD (VER PLANTAS DE  
ENERGIA NUCLEAR)**

Plataformas de escaleras.  
Plataformas del quemador.  
Sistema para manejar el carbón.  
Pulverizador de carbón.  
Condensadores, evaporadores de piso y  
calentadores de piso.

B  
D  
D  
C  
B

**SALAS DE CONTROL**

D

Tableros de control principal.  
Tableros de control auxiliar.  
Estación de operadores.  
Túneles o galerías y tuberías eléctricas.  
Edificios de turbinas y pisos de operación.  
Abajo del piso de operación.  
Área de tratamiento de agua.

D  
D  
E  
B  
D  
C  
D

**MOLINOS DE HARINA:**

Tamboleo, molido y purificación.  
Empaquetado.  
Control de producción.

E  
D  
F

**TALLERES DE FORJA**

E

## APENDICE B.

### TABLA A.

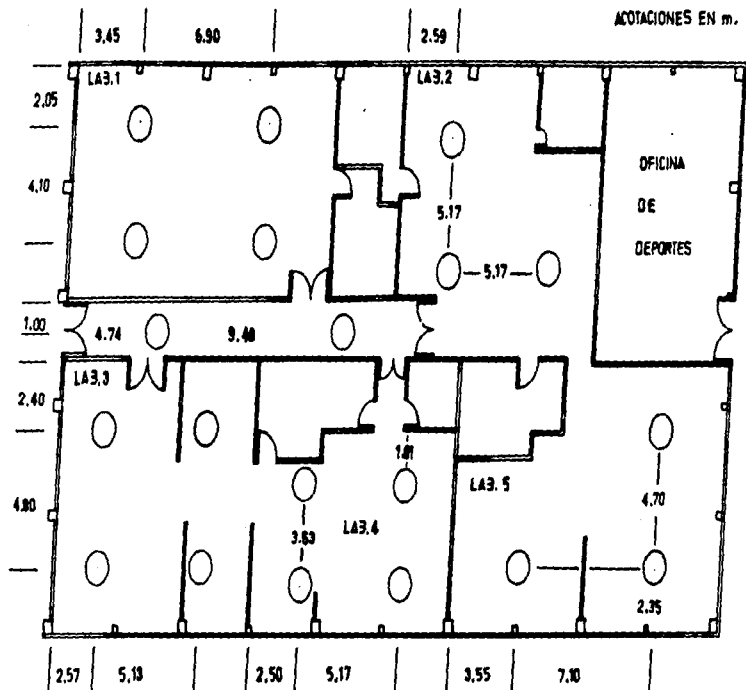
#### FACTOR DE RECUPERACION DE CAPITAL

AÑOS	TASA DE INTERES									
	6%	7%	8%	9%	10%	12%	14%	16%	18%	20%
1	1.0600	1.0700	1.0800	1.0900	1.1000	1.1200	1.1400	1.1600	1.1800	1.2000
2	0.5454	0.5331	0.5208	0.5085	0.4962	0.4917	0.6073	0.6230	0.6387	0.6545
3	0.3741	0.3811	0.3880	0.3951	0.4021	0.4163	0.4307	0.4453	0.4599	0.4747
4	0.2886	0.2962	0.3019	0.3087	0.3155	0.3292	0.3432	0.3574	0.3717	0.3863
5	0.2374	0.2439	0.2502	0.2571	0.2638	0.2774	0.2913	0.3054	0.3198	0.3344
6	0.2034	0.2098	0.2163	0.2229	0.2296	0.2432	0.2572	0.2714	0.2859	0.3007
7	0.1791	0.1866	0.1921	0.1987	0.2054	0.2191	0.2332	0.2476	0.2624	0.2774
8	0.1610	0.1675	0.1740	0.1807	0.1874	0.2013	0.2156	0.2302	0.2452	0.2606
9	0.1470	0.1535	0.1601	0.1668	0.1736	0.1877	0.2022	0.2171	0.2324	0.2481
10	0.1359	0.1424	0.1490	0.1558	0.1627	0.1770	0.1917	0.2069	0.2226	0.2385
11	0.1268	0.1334	0.1401	0.1469	0.1540	0.1684	0.1834	0.1989	0.2148	0.2311
12	0.1193	0.1259	0.1327	0.1397	0.1468	0.1614	0.1767	0.1924	0.2087	0.2253
13	0.1130	0.1197	0.1265	0.1336	0.1408	0.1557	0.1712	0.1872	0.2037	0.2206
14	0.1076	0.1143	0.1213	0.1284	0.1357	0.1509	0.1668	0.1829	0.1997	0.2169
15	0.1030	0.1098	0.1168	0.1241	0.1316	0.1468	0.1628	0.1794	0.1964	0.2139
16	0.990	0.1069	0.1130	0.1203	0.1278	0.1434	0.1596	0.1764	0.1937	0.2114
17	0.0954	0.1024	0.1096	0.1170	0.1247	0.1405	0.1569	0.1740	0.1916	0.2094
18	0.0924	0.0994	0.1067	0.1142	0.1219	0.1397	0.1566	0.1719	0.1896	0.2078
19	0.0895	0.0965	0.1041	0.1117	0.1195	0.1358	0.1527	0.1701	0.1881	0.2065
20	0.0872	0.0944	0.1019	0.1095	0.1175	0.1339	0.1510	0.1687	0.1868	0.2054

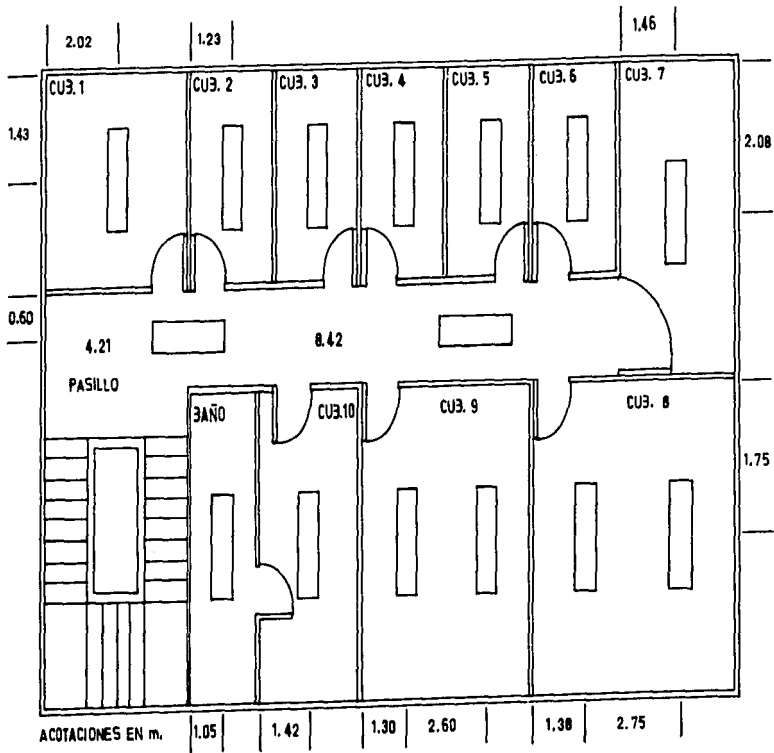
## **APENDICE C**

***Distribución de las luminarias.***

# LABORATORIOS



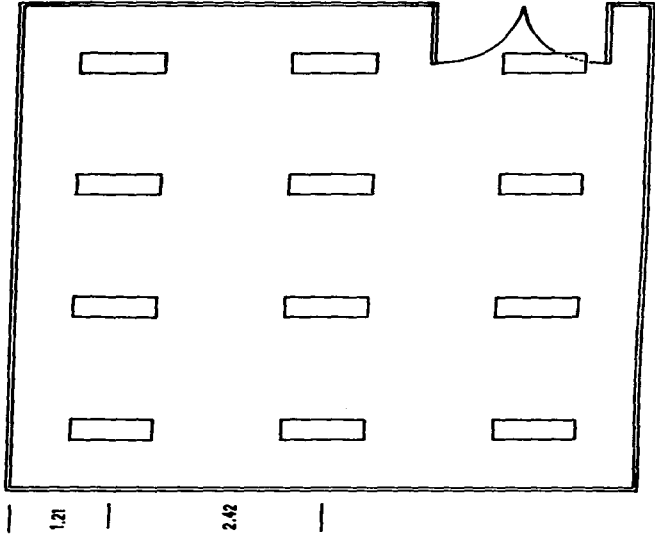
# OFICINAS





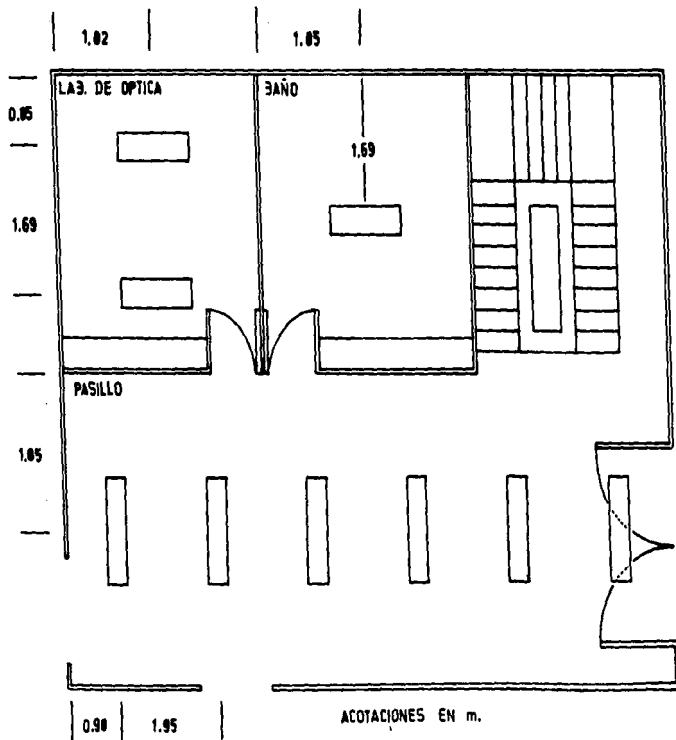
LABORATORIO DE DINAMICA

1.00 | 2.00 |



ACOTACIONES  
EN m.

# PLANTA BAJA





# ***CONCLUSIONES***



## **CONCLUSIONES**

El edificio L-2, está formado no solo por áreas de laboratorios, sino que además cuenta con áreas de oficinas y áreas generales; por lo tanto, las conclusiones a las que se llegaron después de realizado este trabajo, se presentarán de acuerdo a cada área, ya que las características de cada una de ellas resultan diferentes.

### **AREAS DE LABORATORIOS PRINCIPALES**

El sistema de iluminación con que cuentan actualmente estos laboratorios, es un sistema que se instaló sin haberse realizado un estudio técnico previo, por lo tanto, el nivel de iluminación que se tiene no es el adecuado. Así mismo, la distribución de los luminarios no es la correcta, ya que se tienen algunas luminarias que no tienen una separación uniforme con respecto a otras y, a las paredes. Por otra parte, hay luminarias que están instaladas encima del techo de una caseta, lo que resulta iluminar una área innecesariamente.

Cabe señalar que cuando se realizó el cálculo de la distribución de las luminarias, dos de ellas quedaron sobre el techo de dos casetas, por lo que se eliminaron (aditivos metálicos 400 W). Lo anterior no representa una disminución del nivel de iluminación, sino que por el contrario, se obtiene un ahorro en la inversión inicial y en los costos de operación.

Dicha información se obtuvo en la Dirección General de Obras de la UNAM, en C.U. con el Ing. encargado de la ENEP-ARAGON.

### **LABORATORIO DE DINAMICA.**

Este laboratorio no cuenta con ninguna contribución de luz natural, por lo que, al estar en uso a cualquier hora del día, se requiere utilizar la iluminación artificial. El sistema actual instalado no provee el nivel de iluminación requerido, las luminarias están sucias y algunas de ellas no cuentan con difusores, otras tienen difusores en mal estado.

### **LABORATORIO DE OPTICA.**

Este laboratorio que, originalmente era un baño, no cuenta con una iluminación adecuada y la colocación de la luminaria es incorrecta lo que afecta a la distribución de la luz.

## **AREAS DE OFICINAS.**

Las condiciones de mantenimiento en estos locales son malas, ya que se tienen luminarias con exceso de polvo, difusores rotos y fatantes, paredes sucias que no ayudan a la distribución de luz.

Después de realizar mediciones de los niveles de iluminación y, un estudio Técnico-Económico de los sistemas actualmente instalados y de las diferentes opciones de iluminación, se encontró que los sistemas instalados actualmente tienen una cierta ventaja económica, pero con el inconveniente de que no se cuenta con el nivel de iluminación recomendado.

### **RECOMENDACIONES GENERALES.**

- ⚡ Elaborar un buen programa de mantenimiento y revisión periódica de las luminarias.
- ⚡ Cambio de lámparas, balastros y luminarias en mal estado.
- ⚡ Colocar difusores en luminarias que no cuenten con este o, que estén en mal estado; para poder obtener una mejor distribución de la luz.
- ⚡ Limpieza de paredes y ventanas, así como también, pintar con colores claros las paredes que estén muy sucias.
- ⚡ Analizar la iluminación mínima requerida en períodos de vacaciones.
- ⚡ Aprovechar al máximo la iluminación natural.

Otro aspecto importante que se puede mencionar, es el hecho de que se disminuye la carga total en el sistema de iluminación; siendo la carga actual de 14.79 KW, mientras que con los sistemas propuestos se obtiene una carga total de 12.09 KW. Lo anterior significa una disminución en el costo total de la energía consumida, en cuanto a iluminación se refiere.



# ***BIBLIOGRAFIA***



## BIBLIOGRAFIA

1. James D. Foley.  
*Fundamentos de Instalaciones Eléctricas.*  
Ed. McGraw Hill
2. M. Deribere.  
*Técnica de Alumbrado. Principios Fundamentales.*  
Ed. Paraninfo.
3. Westinghouse Electric Corporation.  
*Manual de Luminotecnia.*  
Ed. Nache-EFE. 4ta. Edición 1980.
4. Ing. Juan Ignacio Lima Velasco. IPN.  
*Elementos de Alumbrado.*  
Primera Edición 1984.
5. Ing. Francisco Gutierrez Santos.  
*Manual de Iluminación.*  
Holophane S. A. de C. V. 1982 Primera Edición.
6. PHILIPS S. A.  
*Manual de Alumbrado.*  
Ed. Paraninfo. Tercera Edición 1981.
7. OSRAM - J. A. Teboeda.  
*Manual de Luminotecnia.*  
Ed. Dossat.
8. John P. Frier - Mary E. Gazley Frier.  
*Sistemas de Iluminación Industriales.*  
Ed. Limusa.
9. Ing. Carlos García Romero - Ing. Alex Ramirez Rivero.  
*Curso: Introducción al Ahorro de Energía en Sistemas de Iluminación Interior.*  
FIDE y Asociación de Industriales de Tlalnepantla. 27 de Junio de 1994.
10. Ing. Alex Ramirez Rivero (Genertek).  
*Curso: Ahorro de Energía en Iluminación.*  
FIDE y Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 28 de Marzo de 1996.
11. Ing. Carlos García Romero.  
*Curso: Iluminación Interior; Principios, Diseño y Aplicaciones. Criterios para la Iluminación de Oficinas.*  
Facultad de Ingeniería, UNAM - División de Educación Continua.  
Octubre de 1992.
12. John E. Kaufman - P. E. Fies.  
*IES Lighting Handbook.*  
Illuminating Engineering Society of North America 1993.

13. **ANSI - IES. 1988.**  
*Guide For Educational Facilities Lighting.*
14. **Luz y Fuerza del Centro 1996.**  
*Tarifas Eléctricas.*
15. **Comisión Federal de Electricidad. 25 de Marzo de 1997.**  
*Tarifas. Gerencia Comercial.*
16. **Comisión Federal de Electricidad 1981.**  
*Manual de Alumbrado Público.*
17. **OSRAM S. A. 1996.**  
*Catálogo General de Luz.*
18. **PHILIPS S. A. 1986.**  
*Catálogo General.*
19. **HOLOPHANE S. A.**  
*Catálogo de Luminarias 1997.*
20. **OSRAM S. A. 1996.**  
*Catálogo General de Luz.*
21. **PHILIPS S. A.**  
*Catálogo de Balastos.*
22. **Lumisistemas S. A.**  
*Catálogo de Balastos.*
23. **HOLOPHANE S. A.**  
*Catálogo de Luminarias Fluorescentes y de Activos Mixtos.*
24. **LEVITON S. A.**  
*Occupancy Sensor Lighting Controls.*
25. **Illuminating Engineering Society of North America - Cheryl R. Englis. 1993.**  
*Lighting Economics.*  
*Prepared For The Education Materials Committee.*
26. **Illuminating Engineering Society of North America.**  
*American National Standard Guide For Educational Facilities Lighting.*
27. **Crouse Hinds Cooper.**  
*Iluminación.*