

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**OPTIMIZACION DE RECURSOS EN ALUMBRADO  
PUBLICO**

**POR:**  
**ING. ALVARO GARCIA GARZA**

**T E S I S**

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
INVESTIGACION DE OPERACIONES.**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. DICIEMBRE DE 1999**

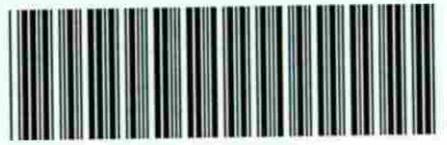
**A. G. G. G.**

**OPTIMIZACION DE RECURSOS EN ALUMBRADO**

**PUBLICO**

TM  
TK4188  
G3  
1999  
c.1

**1999**



1080098244



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

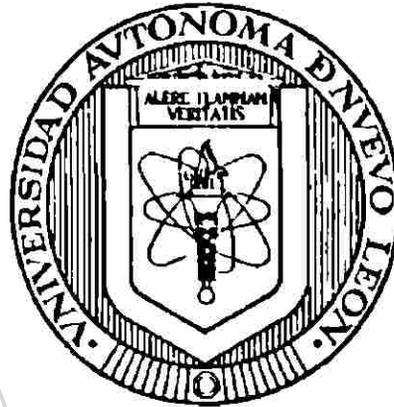


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**OPTIMIZACION DE RECURSOS EN ALUMBRADO PUBLICO.**

**POR**

**ING. ALVARO GARCIA GARZA.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

TESIS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION

CON ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION DE OPERACIONES.

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.

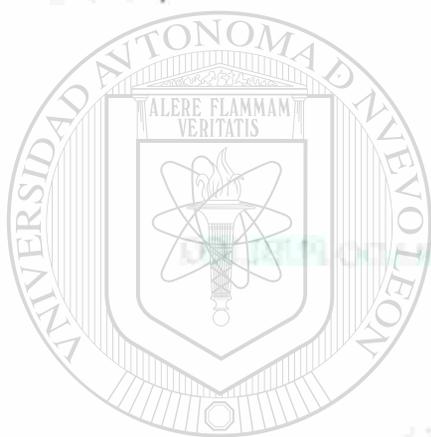
DICIEMBRE DE 1999

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

TM  
TK4188  
G3  
1999



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

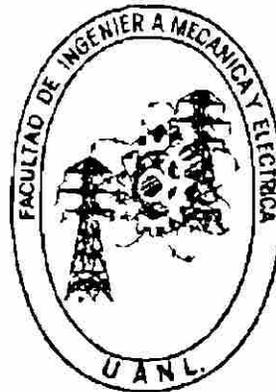
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



OPTIMIZACION DE RECURSOS EN ALUMBRADO PUBLICO.

POR

ING. ALVARO GARCIA GARZA.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

TESIS



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS  
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION  
CON ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION DE OPERACIONES.

CIUDAD UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 1999

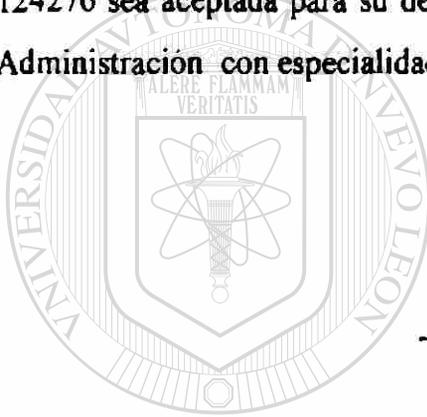
# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

## FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

### DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO.

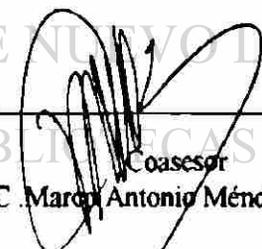
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis " Optimización de Recursos en Alumbrado Publico" realizada por el alumno Ing. Alvaro García Garza, matricula 124276 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Investigación de Operaciones.

#### El Comité de Tesis



  
Asesor  
M.C. Castulo E. Vela Villareal

  
Coasesor  
M C Esteban Báez Villareal

  
Coasesor  
M.C. Marco Antonio Méndez Cavazos

  
Vo. Bo.  
M.C. Roberto Villareal Garza  
División de Estudios de Post-grado

# DEDICATORIAS

**A mis padres:** Sr. Maximino García González y Sra. Minerva Garza de García

**A mi esposa:** Sra. Romelia Espinosa Garza

**A mis hijas :** Ana , Daniela y Gabriela.

**A mis familiares y amigos.**

**A mis maestros**

Pues todos y cada uno de ellos han influido en mi vida, estimulando mi desarrollo y superación, espero no defraudarles.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# AGRADECIMIENTOS

**A Dios Quien nos permite el Ser y Hacer en la vida y a Quien rogamos nos de la inspiración para que nuestro Ser y Hacer tengan valor y nos sean gratos.**

## **A Mis Padres:**

**Don Maximino García González**

**Sra. Minerva Garza de García**

**Por el apoyo incondicional en mi carrera profesional y por haberme dado la buena educación que tengo y siempre saber guiarme por el buen camino.**

**Gracias padres por el amor, apoyo y educación.**

**A Mi Esposa: Sra. Romelia Espinosa de García, por su cariño sincero, por haber depositado su confianza y por el apoyo moral que siempre me ha brindado.**

**A Mis Hijas Ana Sofía, Daniela Priscila y Gabriela Fernanda, por inspirarme a ser mejor cada día.**

**A Mis Hermanos y Amigos.**

**A Mis Maestros.**

**Pues todos y cada uno de ellos han influido en mi vida estimulando mi desarrollo y superación especialmente.**

**M.C. Cástulo E. Vela Villarreal**

**M.C. Marco Antonio Méndez Cavazos**

**M.C. Esteban Báez Villarreal**

**Ing. Francisco de la Garza Villarreal**

**Y en general a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron con el desarrollo de esta tesis.**

# P R O L O G O

La presente edición es una recopilación técnica de diversos manuales de iluminación así como de experiencias personales y profesionales al frente de una compañía dedicada al alumbrado público.

Está preparado con el objeto de dotar al alumno y al maestro del conocimiento básico necesario por medio de notas esenciales actualizadas, explicaciones sencillas, diagramas, tablas y ejemplos. Organizado de tal manera que encuentren en él los fundamentos y auxiliares necesarios a la hora de contemplar el alumbrado en calles y carreteras, el presente revisa de manera enfática la necesidad de contemplar el alumbrado público como un elemento más en su obra y no como un capítulo aparte que le resulta más bien indiferente

---

Contiene los elementos técnicos suficientes para el cálculo y diseño del alumbrado vial, a la vez que orienta y recomienda sobre los aspectos conceptuales del mismo, más que un manual o curso personal y más allá de ser una conferencia, el presente es la referencia orientada específicamente al Ingeniero Civil para que al final del curso sea él quien dicte los criterios y necesidades de alumbrado público en la obra de su responsabilidad.

# SINTESIS

## DISEÑO DE ALUMBRADO EN CALLES Y CARRETERAS.

El contenido de esta tesis no deberá aplicarse en forma genérica, ya que el mismo esta dirigido a un caso particular.

Esta tesis es el resultado de una amplia investigación para dotar al maestro y al alumno de conocimientos indispensables en la rama del alumbrado publico en calles y carreteras.

### Objetivo del evento.

Conocimiento y comprensión de la serie de elementos técnicos sobre el alumbrado de calles y carreteras.

Calculo y diseño de alumbrado publico.

---

Aplicación de técnicas modernas para el calculo y diseño de alumbrado

Establecimiento de los requerimientos para una buena aplicación.

### Metodologia.

Exposición de los términos de iluminación con ampliación de cada uno de los conceptos por medio de comentarios adicionales y ejemplos para lograr el mejor entendimiento.

## **Requerimientos del programa.**

Compromiso y participación activa de las autoridades participantes.

Formación del equipo de trabajo.

Desarrollo propio de toda la información que se requiera.

## **Conceptos principales.**

Mejorar continuamente la calidad del alumbrado publico.

Mejorar la calidad de las operaciones para satisfacer continuamente todas las necesidades del alumbrado en calles y carreteras.

Dar confianza a clientes e interesados que los requerimientos son, o serán cumplidos.

Dar confianza de que los requerimientos del sistema de alumbrado serán cumplidos.

## **PAPEL DE LA INVESTIGACION.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
Valor de la información que se encuentra en folletos y manuales. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

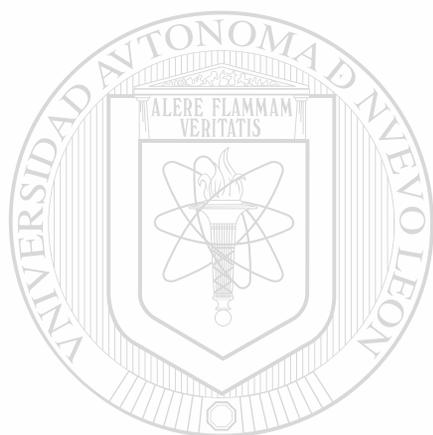
La preparación e investigación tiene el propósito de ser una actividad dinámica de alto valor agregado.

## **LOS USOS ESPERADOS SON:**

- Logro de un funcionamiento optimo en el sistema de alumbrado.
- Evaluaciones del funcionamiento del sistema de alumbrado.

## **INVESTIGACION Y ADIESTRAMIENTO.**

La consistencia de los procedimientos proviene de una combinación de la investigación y de experiencias personales y adiestramiento del personal. Se debe buscar un balance entre la extensión de la documentación y la extensión de las habilidades y adiestramiento para mantener un nivel tal que pueda ser actualizada a intervalos apropiados.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# INDICE

	Pagina
Introducción	1
1 Diseño de alumbrado en calles y carreteras	41
1.1 Planteamiento del problema a resolver	4
1.2 Objetivo de la tesis	4
1.3 Justificación del trabajo de tesis	5
1.4 Limites del estudio	5
1.5 Metodología	5
1.6 Revision Bibliografica	7
2 Luz y visión	
2.1 Naturaleza de la luz; definición	7
2.2 Espectro radiante; de la luz visible, ultravioleta, infrarrojo.	8
2.3 El ojo humano	9
2.4 Como se realiza la visión	12
2.5 Características de la visión	13
2.6 Combinación de la luz; interdependencia, exteriores, interiores, cambio de la edad, elementos de la visión, factores relativos a la visibilidad de una tarea.	14
3 Términos y unidad de iluminación	29
3.1 Definiciones; lumen, lux, footcandle, luminancia, reflectancia, transmitancia, temperatura de color	31
3.2 Leyes de iluminación	32
3.3 Conclusiones y suposiciones	33
3.4 Control de la iluminación	35
3.5 Medición de la luz	38
4 Proceso de conversión de la energía eléctrica en iluminación.	48
5 Fuentes luminosas	59
5.1 Producción de luz; incandescente, iluminación eléctrica por gas, descarga gaseosa, fluorescencia.	59
5.2 Características de las fuentes luminosas; producción luminosa, depreciación luminica, mortalidad.	61
5.3 Partes de las lamparas incandescentes; filamento, bombilla.	61
5.4 Designación de las bombillas, base, vidrio, ennegrecimiento.	62
5.5 Clasificación de las lamparas; lamparas reflectoras, bombillas decorativas y para anuncio, lamparas de tungsteno – halógeno, lamparas infrarrojas, lamparas para aplicaciones especiales.	64
5.6 Características de operación; eficacia, depreciación, variaciones de voltaje.	67
5.7 Ventajas y desventajas	68
5.8 Las fuentes fluorescentes; generalidades, clasificación, componentes, comportamiento.	69

5.9	Lamparas de descarga de alta densidad ( H.I.D.)	77
5.10	Generalidades	77
5.11	Vapor de mercurio	77
5.12	Aditivos metálicos	80
5.13	Vapor de sodio de alta presión	81
5.14	Especificaciones técnicas de las lamparas	82
6	Balastos ( H.I.D.)	116
7	Control de luz	132
7.1	Clasificación de luminarios por aplicación	139
7.2	Clasificación de curvas para alumbrado publico.	143
8	Niveles recomendados de iluminación según I.E.S.N.A. (Illuminating Engineering Society Of North America) y S.E.M.I.P. (Secretaria de Energía Minas e Industria Paraestatal)	147
9	Calculo de alumbrado publico	150
9.1	Arreglos	152
9.2	Caso practico	153
9.3	Coefficiente de utilizacion	155
9.4	Iluminación con postes altos	159
10	Caso practico	168
11	Análisis económico	175
12	Conclusiones y recomendaciones	182
	Bibliografía	183
	Listado de tablas	184
	Listado de gráficas	185
	Apéndices	
	A) Información tecnica de fabricantes de equipos de iluminacion	189
	B) Norma Oficial Mexicana Relativa a las Instalaciones Destinadas al	211
	Suministro y Uso de la Energia Electrica y Illuminating Engineering Society of North America.	
	Autobiografía	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# CAPITULO 1

## INTRODUCCION

### 1. Diseño de alumbrado en calles y carreteras.

¿Por que estudiar una materia como “Alumbrado de calles y carreteras”? ¿Cuál es la relevancia de esta materia dentro de la ingeniería de tránsito? El alumbrado publico nos resulta tan cotidiano que raras veces nos ponemos a pensar en su importancia y en las implicaciones que tiene y solamente alcanzamos a culpar a la administración municipal en turno por su “ineficiencia” al prender un “foco”.

El problema es más complejo que esto. Por ejemplo: durante la noche las posibilidades de participar en un accidente vial se incrementan en relación de 4 a 1 que durante el día, esto es debido principalmente a las condiciones de visibilidad adversas que enfrenta un conductor. Un sistema de iluminación adecuado puede reducir drásticamente este factor y salvar muchas vidas.

Aunque este podria ser el punto más importante, también obtenemos ventajas adicionales con la adecuada selección del sistema de alumbrado:

- Se incrementa la seguridad de los peatones.
- Disminuye el vandalismo.
- Se incrementa la velocidad de transito segura evitando así embotellamientos innecesarios y recortando los tiempos de recorrido (horas-hombre pérdidas).

Pareciera que el alumbrado publico es igual en todo tipo de calles y avenidas. Sin embargo, cada una es un caso particular con requerimientos diferentes que hay que tomar en consideración a la hora de diseñar el sistema de iluminación adecuado.

Por esto el alumbrado de calles y carreteras debe ser parte integral del proyecto civil ya que ni las calles se diseñan basándose en el alumbrado ni el alumbrado se debe simplemente adecuar a las calles, mas bien deben de complementarse a la hora de elaborarse el proyecto y cumplir con ciertos requisitos, solo entonces habremos avanzado en la dirección correcta en el diseño de nuestras calles y carreteras.

Sin embargo, quizás uno los criterios principales en el diseño de sistemas de alumbrado debe ser el uso racional de la energía. La demanda total de energía eléctrica en nuestro país se distribuye de la siguiente manera: Consumo industrial, consumo domestico, consumo de alumbrado público.

El ahorro de energía eléctrica es, entonces, bastante importante ya que esta se genera con recursos naturales no renovables; combustoleo, carbón, gas. Quemar estos recursos además repercute gravemente en el ambiente.

El ahorro de energía en alumbrado se genera implantando y normatizando sistemas de iluminación de alta eficiencia especializados para cada aplicación, considerando también los siguientes factores.

#### **Fuentes luminosas:**

- Potencia adecuada a las necesidades
- Mayor producción de lúmenes/watt

#### **Equipos:**

##### **Balastros**

- Balastros de bajas perdidas, es decir: Watts de entrada/watts de salida.
- Balastros de alto factor de potencia

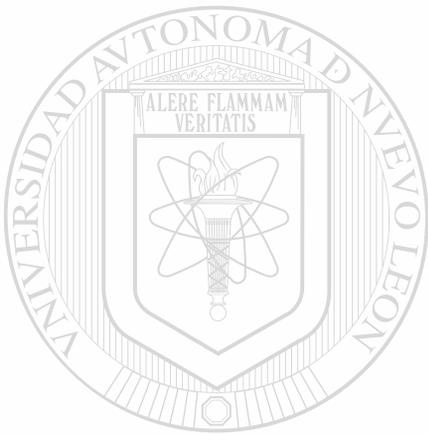
##### **Luminarios**

- Luminarios de alta eficiencia, Luz de salida/Luz de la lámpara.
- Luminarios eficientes en utilización luminosa sobre el plano de trabajo.

### **Operación y mantenimiento**

- Fugas de corriente en conexiones por humedad en cables, ductos y registros eléctricos.
- Unidades de encendido con desperfecto (mal funcionamiento).
- Fotoceldas.

El presente curso presenta de manera integral el alumbrado público, particularmente de calles y carreteras, como un sistema en sí. Partiendo de los conceptos básicos y fundamentos, se desplaza a través de los elementos y factores que conforman un sistema de este tipo para presentar al final un caso práctico moderno de diseño y sus variables económicas.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.1 Planteamiento del Problema a Resolver

Hoy en día el alumbrado público es un problema bastante serio ya que no se cuenta con personal especialista en esta materia por parte de los gobiernos o municipalidades que son los encargados.

La presente edición está preparada para dotar al futuro responsable de conocimientos básicos necesarios por medio de notas esenciales, actualizaciones, explicaciones sencillas, diagramas, tablas y ejemplos organizados de tal manera que encuentre en él los fundamentos auxiliares necesarios a la hora de contemplar el alumbrado en calles y carreteras.

Contiene los elementos técnicos suficientes para el diseño y cálculo del alumbrado vial para que el responsable del alumbrado sea el quien dicte las necesidades y criterios del alumbrado público en la obra de su responsabilidad.

## 1.2 Objetivo de la tesis

Desarrollar una guía profesional y optimizada para los responsables del diseño, operación y mantenimiento del alumbrado público ( municipalidades, gobierno, fraccionamientos, etc. ) brindándoles los conocimientos necesarios para que dicten y apliquen criterios y necesidades en la obra de su responsabilidad, optimizando recursos tanto en la inversión como en la operación y mantenimiento del alumbrado vial.

### **1.3 Justificación**

Actualmente el alumbrado público (municipalidades, gobierno y fraccionamientos) no cuentan con un departamento de diseño de alumbrado que puedan normalizar diseños en sistemas de iluminación de alta eficiencia para todos y cada uno de los proyectos.

### **1.4 Metodología**

Ser el responsable de el alumbrado público existente en una comunidad es tener un problema bastante grande ocasionado principalmente porque cada administración cambia de responsable

(3 años ) y que no se cuenta con un departamento de diseño y una supervisión de construcción de alumbrado acorde a lo diseñado. Además que cumpla con las normas de diseño conforme a la reglamentación vigente de la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal y acorde a las recomendaciones de la Illumination Engineering Society of North America (IESNA) a fin de optimizar tanto en equipos de alumbrado y energía eléctrica.

### **1.6 Limites del Estudio**

Hacer notar que el alumbrado público requiere de un diseño para todas y cada una de las calles o avenidas ya que cada una es un caso en particular con requerimientos diferentes de alumbrado que hay que tomar en consideración.

Para hacer un diseño optimo de estas con los siguientes beneficios:

Incrementar la seguridad de los peatones.

Incrementar la seguridad de los automovilistas.

Disminuir el vandalismo.

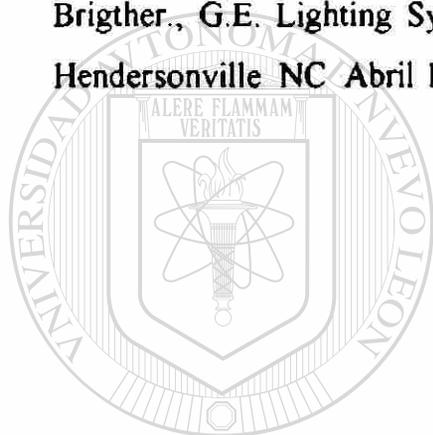
Incrementar la velocidad de tránsito segura.

Reducir los tiempos de recorrido ( horas-hombre perdidas ).

Uno de los criterios principales en el diseño de alumbrado público es el uso racional de la energía y el ahorro de ésta, es bastante importante ya que esto se genera quemando recursos naturales no renovables: combustible, carbón, gas., que repercuten gravemente en la ecología.

### **1.6 Revisión Bibliográfica**

Es una recopilación de la información técnica de alumbrado público de los siguientes manuales: G.E. Lighting Systems Lighting Handbook Illumination Engineering Society of North America 1995 8th edition., G.E. Lighting Systems Making The World Brighther., G.E. Lighting Systems H.I.D. Lighting Application Programs & Fotometry Hendersonville NC Abril 1993.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPITULO 2

## LUZ Y VISION

### 2.1 Naturaleza de la luz

#### Definición de la luz.

- La luz forma parte de una parte de la energía denominada energía radiante.
- La Illumination Engineering Society of North America, define la luz como la energía radiante considerada de acuerdo a su capacidad para producir sensaciones visuales.
- La luz se mide en una unidad llamada lumen horas (lm-h); su símbolo es Q.

Al resultado de la luz incidiendo sobre una superficie se le denomina iluminación y se mide en luxes o en footcandles.

Al resultado de la luz al reflejarse (ya sea transmitida o emitida) de una fuente luminosa o una superficie se le denomina Luminancia o brillo fotométrico y se mide en lamberts ó footcandles. La luz puede representarse en forma de diagrama como se muestra en la figura 2 -1. La luz tiene propiedades tales como la longitud de onda ( $\lambda$ ) y frecuencia (f).

Hay muchas aplicaciones en las cuales éstas características no son importantes por lo que la luz puede representarse simplemente por medio de una flecha que indique su dirección.

Los científicos de hoy día utilizan dos conceptos al explicar la naturaleza de la luz. Estas son la “teoría de las ondas electromagnéticas” y la “teoría del quantum”. La teoría electromagnética nos dice que los cuerpos luminosos emiten luz bajo la forma de ondas electromagnéticas (Fig. 2-1) y que estas ondas actúan sobre nuestra visión para producir la sensación de luz. La teoría del quantum nos dice que los cuerpos luminosos emiten

energía radiante en forma de “grupos” los que son expulsados en línea recta y actúan sobre nuestra visión para producir la sensación de luz.

El movimiento de la luz a través del espacio puede realmente explicarse mejor por medio de la teoría electromagnética.

El efecto de la luz sobre la materia (como por ejemplo, sobre la barrera de las capas de una celda fotoeléctrica de un medidor de luz) del tipo celda de capas de la barrera se explica más fácilmente por medio de la teoría del quantum.

## **2.2 Espectro Radiante**

Además de la luz existen otras formas de energía radiante. A este grupo de energía se le denomina espectro de energía radiante. Ver Fig. 2 - 2.

La energía radiante viaja a una velocidad constante de aproximadamente 300,000 kilómetros por segundo en el aire o en el vacío. La longitud de onda representa la distancia entre crestas de ondas adyacentes. Ver Fig. 2 - 1.

La frecuencia representa el número de ondas (o bien, de longitudes de ondas) que pasan por un punto determinado en un segundo. La unidad utilizada para medir la frecuencia se denomina hertz (Hz.).

La longitud de onda se expresa en varias unidades, dependiendo de la parte del espectro a la que se refiera o bien al sistema de unidades utilizado; por ejemplo, las longitudes de onda de los rayos cósmicos se miden en picómetros mientras que las líneas de transmisión de energía se miden en varios cientos de metros o incluso kilómetros. La longitud de onda de la luz se mide en una unidad denominada nanómetro ( nm ).

La energía radiante se mide en unidades denominadas watt-hora (Wh ). El flujo radiante se mide en unidades denominadas watts. El flujo radiante se denomina también potencia radiante.

## **Espectro de la luz Visible**

El año de 1666, Sir Isaac Newton realizó un experimento consistente en hacer pasar un rayo de luz a través de un prisma y descubrió con esto que la luz se descomponía en todos los colores del arco iris.

Estos colores no forman franjas definidas, sino que se mezclan unos con otros en forma continua; sin embargo, para facilitar su estudio cada color se divide arbitrariamente en una banda definida. Ver Fig. 2 - 3.

Los colores primarios de la luz de acuerdo con la teoría del color Young-Helmholz son el rojo, el verde y el azul.

### **Espectro Ultravioleta.**

La energía ultravioleta es invisible al ojo humano. Una de las fuentes de rayos ultravioleta cercanos es el sol, pero existen fuentes de estos rayos hechas por el hombre para producir por entero el espectro ultravioleta.

Existen tres efectos principales que se producen en esta banda; están ilustrados en la Fig. 2 - 4.

### **Espectro Infrarrojo.**

La energía infrarroja es invisible también al ojo humano, y también el sol es una fuente natural de esta clase de rayos. Otras fuentes son las lámparas incandescentes que radian hasta longitudes de ondas del orden de 5,000 nm. La región comprendida desde 780 hasta 100,000 nm se denomina espectro infrarrojo. Existen lámparas especiales para aplicaciones industriales y terapéuticas que emiten rayos de la región cercana del infrarrojo. Ver Fig. 2 - 5.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **2.3 El ojo humano.**

El ojo humano es un finísimo instrumento de precisión, que puede compararse en muchos aspectos a una cámara fotográfica. Ver Fig. 2 - 6.

A continuación damos una tabla que compara los elementos del ojo con los correspondientes de una cámara:

OJO HUMANO	VS.	CAMARA FOTOGRAFICA
Esclerótica		Caja exterior
Coroide		Recubrimiento Interno
Retina		Película
Iris		Diafragma
Pupila		Apertura
Párpado		Obturador
Cristalino		Lente

La descripción de las diferentes partes del ojo humano es como sigue:

#### **Esclerótica.**

Es la capa o cubierta exterior, es una sustancia firme; blanca y opaca. Es que le da forma al ojo. Hacia el frente se vuelve transparente y esa parte de la Esclerótica se denomina Córnea.

#### **Coroide.**

Es uno como forro interno del ojo y consiste de una capa de vasos capilares, que sirven para nutrir y alimentar el globo del ojo. A la parte frontal de esta capa se le denomina Iris, que es un diafragma de color que llena el mismo propósito que el diafragma de una cámara. Controla en forma automática la cantidad de luz que entra al ojo, por ejemplo abriendo la pupila cuando la cantidad de luz ambiente es muy poca. La pupila es el agujero en el centro del iris, y corresponde a la apertura del obturador de una cámara fotográfica.

#### **La retina y sus partes.**

La retina constituye el forro interno del fondo del ojo; es la parte con la cual ve el ojo y corresponde a la película de una cámara fotográfica.

Consiste en una delicada capa de tejido nervioso, en el cual existen unas terminaciones de fibras nerviosas denominadas conos y bastones. La retina tiene su máxima capacidad de distinguir objetos, llamada la fovea o mancha amarilla; la otra se denomina punto ciego y es donde los nervios entran al globo del ojo.

### **Conos.**

Existen varios millones de conos, que están más densamente situados cerca de la fovea o mancha amarilla, los conos realizan la función de visión diurna y son también los responsables que distingamos el color; la ceguera al color se debe a un funcionamiento inadecuado de los conos.

### **Bastones.**

Existen también millones de ellos, que están desparramados en toda el área comprendida entre la mancha amarilla y la periferia de la retina. Su función es primordialmente la visión nocturna o en relativa obscuridad. Los bastones no sirven para detectar el color y son mucho más sensibles que los conos a la luz azul cuando el nivel de iluminación es bajo. Por esta razón se prefirió la luz de color roja a la azul durante los apagones en la guerra.

### **Humor acuoso.**

Es una solución acuosa que existe entre la córnea y el iris.

### **Cristalino.**

Esta situada inmediatamente detrás de la pupila y suspendido y sostenido en su lugar por medio de fibras musculares. Es un cuerpo flexible, de capas múltiples y que tiene la forma de un lente, por lo que corresponde a la parte de igual nombre de una cámara fotográfica. Sin embargo, el cristalino es un dispositivo de enfoque automático, mientras que en la cámara el enfoque se logra moviendo el lente.

El enfoque en el ojo se realiza por medio de los músculos del cristalino, que sirven para cambiar la forma de este lente. El ojo está normalmente en descanso cuando ve objetos a distancias de 7 metros o más, los ojos se acomodan y convergen sobre las imágenes cuando trabajamos o leemos a la distancia normal de unos 35 centímetros cuando esta actividad de convergencia se sostiene por largos períodos puede ocasionar una sensación de fatiga.

**Humor vítreo.**

Se encuentra detrás del cristalino y llena todo el espacio restante dentro del globo del ojo. Es una masa gelatinosa cuyo propósito es trabajar en unión con el cristalino o para refractar o desviar los rayos de luz de manera que lleguen a la fovea, o cerca de esta región para la visión nocturna.

**Púrpura visual.**

Es una sustancia fotoquímica que se encuentra en los bastones, y que bajo la acción de la luz se decolora y descompone en una serie de productos.

**2.4 Como se realiza la visión**

Sigamos un rayo de luz. Cuando una radiación electromagnética de longitud de onda comprendida entre 380 y 780 nm pasa a través de la córnea que es la capa transparente que protege el exterior del ojo, el rayo se dobla o refracta; de la córnea pasa a través de la pupila. La cantidad de luz que pasa a través de ella se controla automáticamente por medio de la contracción o expansión de la abertura de la pupila. La luz pasa a través de ella y a través del cristalino que enfoca los rayos a través del humor vítreo sobre la superficie de la retina. Aquí es donde los bastones y conos entran en acción, y el proceso se convierte en uno de naturaleza electroquímica. Se generan así ciertas pulsaciones que se transmiten desde los conos y bastones hasta el nervio óptico, que las lleva hasta el cerebro donde se interpretan como luz o bien donde causan la sensación de visión. El cerebro y el ojo cooperan así en la transformación de energía radiante en la sensación de vision.

## 2.5 Características de Visión del Ojo.

### **Acomodación.**

Se refiere a la actividad del cristalino para enfocar.

### **Adaptación.**

Se refiere a los cambios fotoquímicos en la sensibilidad de la retina a la luz.

Esta habilidad es la responsable de que la retina pueda ser sensible a niveles de luz tremendamente distantes entre sí, ( del orden de 1,000,000 a 1 ).

### **Función del iris.**

Controla la cantidad de luz que entra al ojo dentro de ciertos límites, que se encuentran en relación de 16 a 1.

### **Curva de eficiencia al espectro luminoso.**

Indica gráficamente la habilidad relativa del ojo para valorizar la energía radiante en las diferentes longitudes de onda del espectro visible. A esta curva se le llama también la de sensibilidad del ojo. El ojo tiene su sensibilidad máxima en 555 nanómetros que constituye la porción amarillo-verdosa del espectro visible. La sensibilidad del ojo disminuye conforme la longitud de onda se acorta o se alarga. Cuando se evalúa el flujo radiante expresado en watts de acuerdo con la curva de eficiencia luminosa y se multiplica por una constante, el resultado es el flujo luminoso, que se expresa en lúmenes.

### **Efecto de purkinje.**

La curva de sensibilidad normal (fotópica) del ojo se basa en el efecto combinado de la visión con los bastones y los conos. Sin embargo, a niveles muy bajos de iluminación, donde la luminancia es del orden de 0.01 a 0.001 footlamberts, ya que no pueden funcionar los conos por lo que los bastones toman a su cargo el proceso completo de visión. Al entrar en acción únicamente los bastones (visión escotópica) se vuelve efectiva una nueva curva de sensibilidad cuya forma es la misma que la normal, pero

que se encuentra desplazada 50 nm hacia el extremo azul del espectro. A esto se la llama el efecto de Purkinje. Ver Fig. 2 - 7.

### **Campo visual.**

El campo visual normal se extiende aproximadamente 180 grados en el plano horizontal y 130 grados en el vertical, 60 grados sobre la horizontal y 70 por debajo. La fovea subtende un ángulo de cerca de dos grados y ésto constituye el campo central.

Los límites de este campo que se consideran más efectivos están normalmente comprendidos entre el límite exterior del campo central hasta un círculo aproximadamente a 30 grados del eje óptico. Ver Fig. 2-8.

## **2.6 Combinación de luz y visión**

### **La Luz y la Visión son interdependientes**

Un ojo perfecto en absoluta obscuridad no es más efectivo que un ojo ciego. A fin de recomendar y aplicar la luz como la visión deben ser tomadas en cuenta.

### **Visión cercana y visión lejana.**

La distancia normal de visión en la cual el ojo esta prácticamente en descanso es de 7 metros o más. Sin embargo, la mayor parte de las tareas desarrolladas por el ojo se llevan a cabo aproximadamente a 35 centímetros de distancia.

### **Objetos grandes y pequeños.**

Muchas tareas del campo y el trabajo de leñadores y tramperos son trabajos relativamente simples para el ojo, comparados son la contabilidad, reparación de relojes, la costura o la lectura.

### **Horas con luz de día y horas de noche.**

En la antigüedad, el día normal para la vida del hombre comprendía desde que el sol salía hasta que se ocultaba. Pero actualmente después de un día normal de trabajo el hombre continúa usando sus ojos a horas avanzadas de la noche y comúnmente bajo luz

artificial, leyendo en casa, viendo películas y la televisión, manejando su coche a altas velocidades, y llevando a cabo múltiples tareas que involucran la visión. Por tanto, en la actualidad el ojo tiene muchas horas más de trabajo y menos de descanso.

### **Niveles de iluminación diurna y niveles de iluminación eléctrica.**

Los niveles de iluminación durante el día son cientos e incluso miles de veces mayores que los que se encuentran bajo condiciones de iluminación artificial. Ver Fig. 2-9. Estos niveles pueden valorarse por medio de un medidor de luxes o footcandles encontrándose los siguientes valores representativos:

#### **Exteriores**

- A campo abierto, a medio día en el verano; 7,000 a 10,000 footcandles.
- A la sombra de un árbol a medio día, aproximadamente 1,000 footcandles.
- En un pórtico o terraza a medio día en el verano, varios cientos de footcandles.
- Día nublado, en cualquier estación, poco más de 200 footcandles.

#### **Interiores**

Aquí las lecturas en luxes o footcandles están en el extremo inferior de la escala. Los niveles encontrados en oficinas, fábricas, tiendas, escuelas y hogares están comprendidos entre 5 y 200 footcandles. Por tanto, vemos que al leer, estudiar y coser las condiciones de iluminación son muy inferiores en nivel a aquellas proporcionadas por la naturaleza aún a la sombra de un árbol.

### **Cambios de los Ojos con la Edad**

Cambios físicos ( presbicia ). A los 40 o más años de edad existen a menudo una disminución gradual en la elasticidad del cristalino, de manera que los músculos no pueden cambiar la forma del lente para una buena visión de cerca. Este defecto puede corregirse utilizando anteojos y un mayor nivel de iluminación ayuda grandemente a la gente de edad a ver mejor.

La Fig. 2 – 10 muestra el porcentaje de defectos que van aumentando con la edad.

## Elementos de la Visión ( Fig. 2 - 11 )

Puede hacerse muy poco con nuestros ojos excepto agudizar la visión por medio del uso de anteojos.

### Luz

Objeto ( tarea )

## Factores relativos a la visibilidad de una tarea.

### Tamaño.

Es una función de las dimensiones del detalle mínimo y la distancia del ojo a la tarea. Este factor se denomina más adecuadamente tamaño visual. Ver Fig. 2 - 12.

### Contraste.

Es la diferencia en luminancia entre el fondo y el detalle mínimo. Ver Fig. 2 - 13.

### Luminancia.

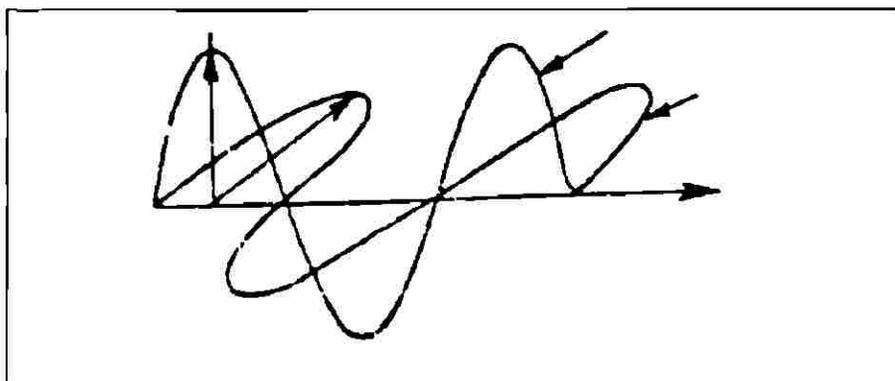
Depende de la cantidad de luz reflejada por una superficie, o bien de la cantidad de luz emitida por una superficie. Este es el factor en la visión que puede controlarse fácilmente cambiando el nivel de iluminación. Ver Fig. 2 - 14.

### Tiempo.

El fenómeno de visión no es instantáneo; una cantidad mayor de luz significa una visión rápida. Ver fig. 2 -15.

### Longitud de onda

### Campo eléctrico



Campo magnético.

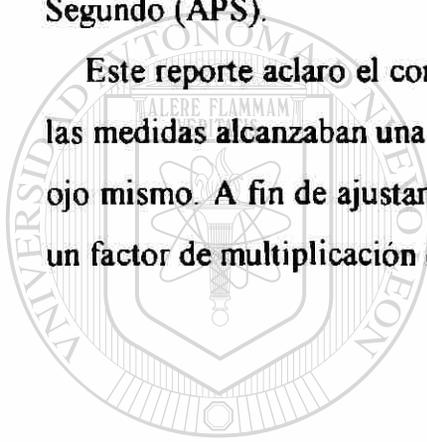
Dirección del flujo de energía

**INSTITUTO DE INVESTIGACION DE INGENIERIA EN  
ILUMINACION  
( Estudio Blackwell )**

Este es el más moderno estudio para determinar la iluminación requerida a fin de obtener resultados óptimos en el trabajo visual. Se desarrollo una técnica mas refinada para medir el comportamiento visual. Se obtuvieron nuevas curvas de luminancia constante. Ver Fig. 2-16.

Este reporte introdujo el concepto de “capacidad visual”, que se refiere a la velocidad a la cual el ojo es capaz de interpretar información visual y se llama Asimilaciones Por Segundo (APS).

Este reporte aclaro el concepto de limitaciones de respuesta, encontrándose en él que las medidas alcanzaban una barrera dictada más las limitaciones en respuestas que por el ojo mismo. A fin de ajustar las condiciones de laboratorio a las de la realidad, se utiliza un factor de multiplicación de 6.67.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

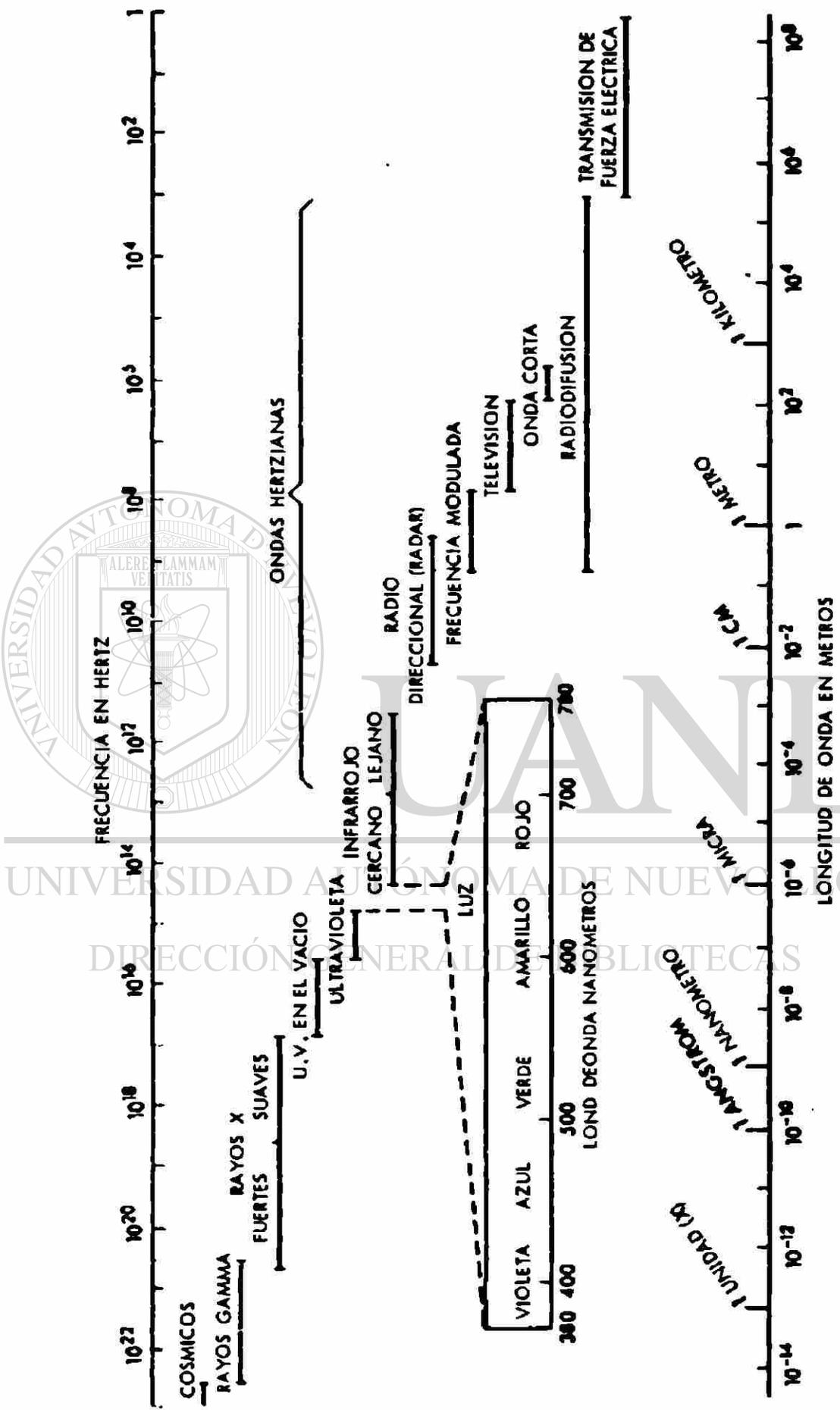


Figura 2-2.- El espectro de energía radiante o electromagnética.

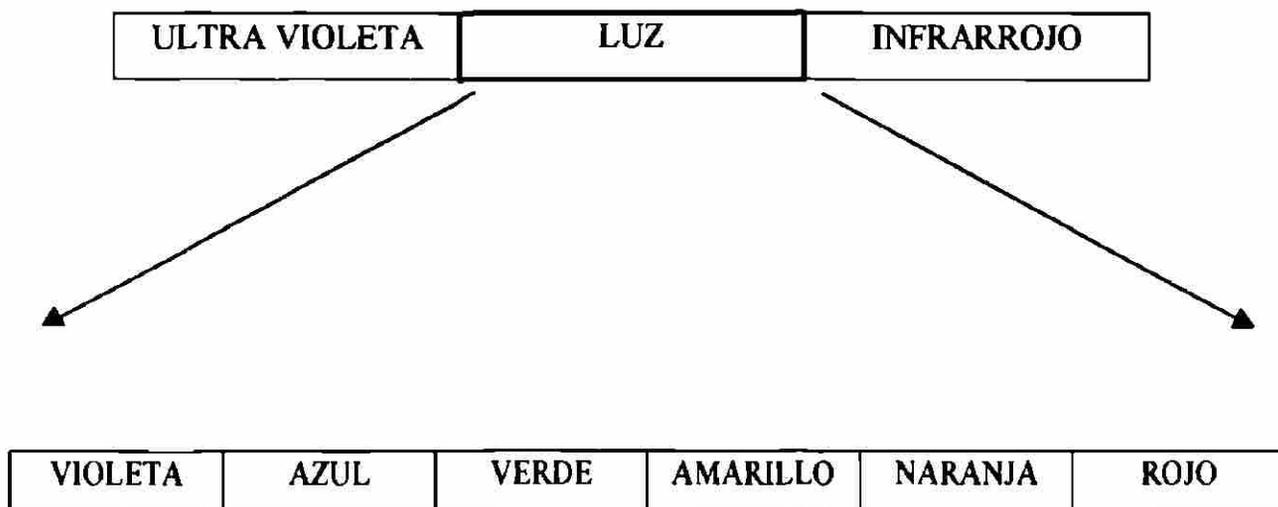


Figura 2.3.- La luz blanca del espectro visible se compone de todos los colores.

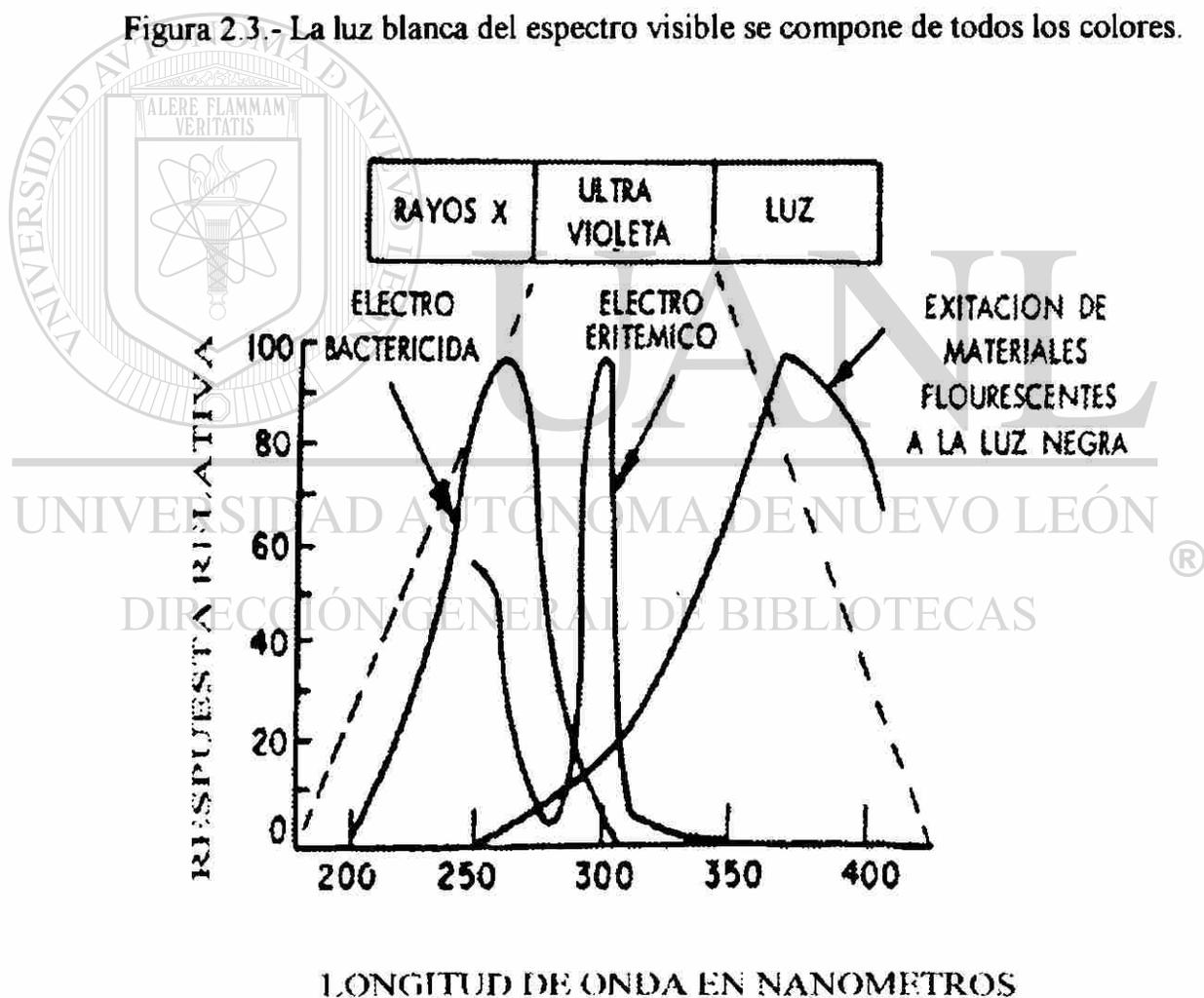


Figura 2-4.- El espectro ultravioleta.

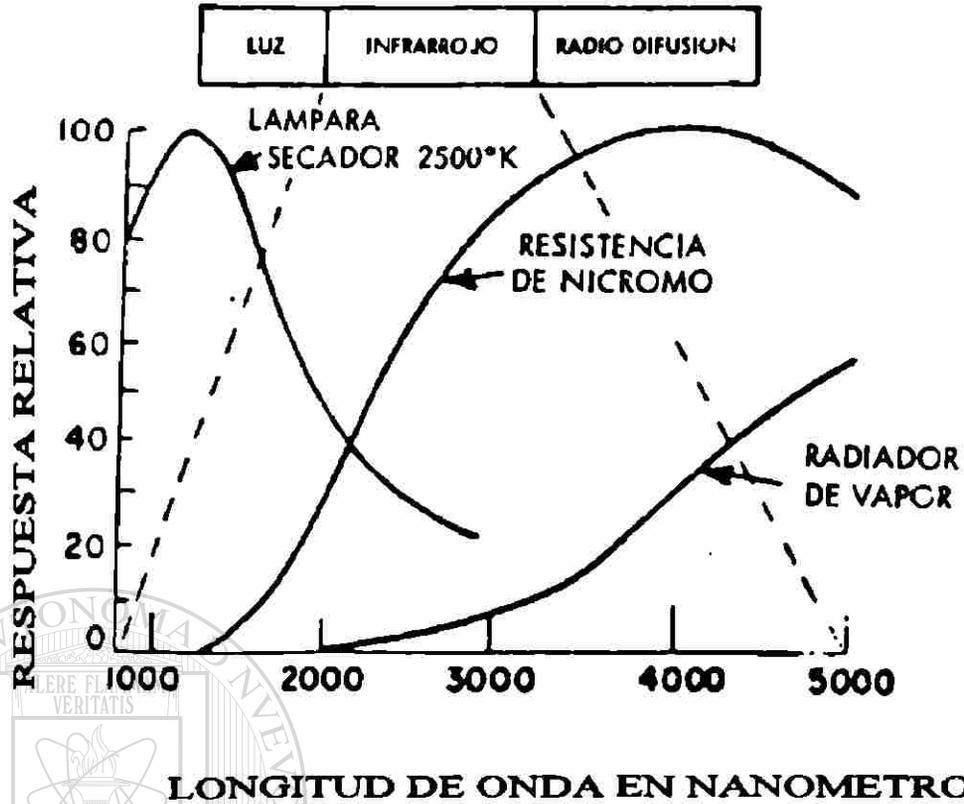


Figura 2-5.- El espectro cercano al infrarrojo.

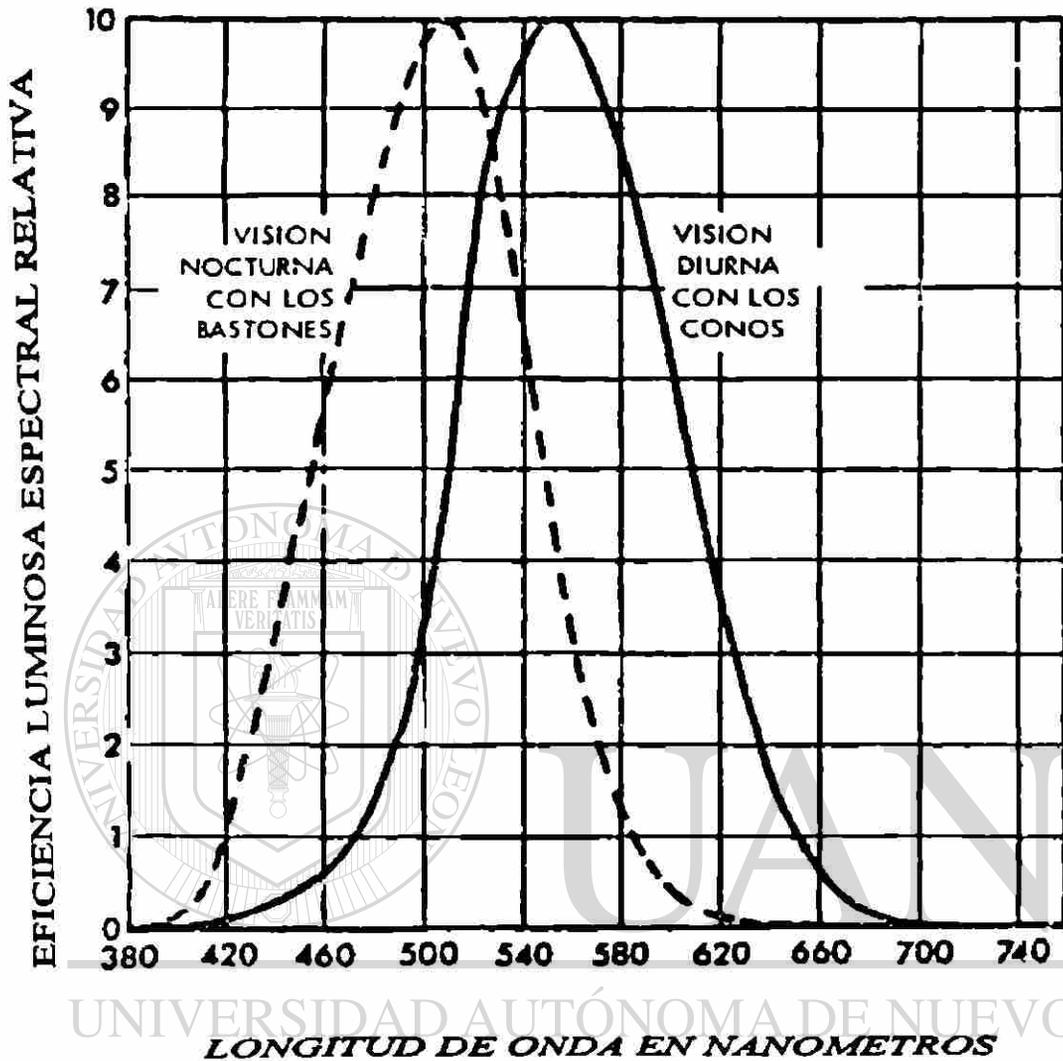


Figura 2-6.- Curvas de sensibilidad espectral relativa entre la visión diurna y la nocturna que muestra el efecto Purkinje en la longitud de onda de máxima sensibilidad.

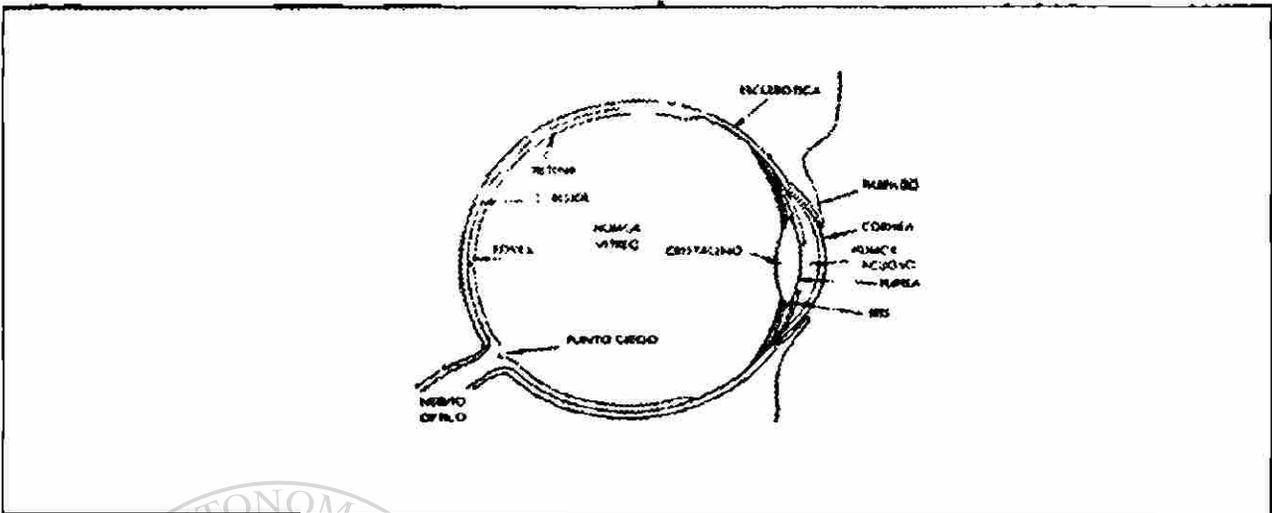


Figura 2-7.- Corte en sección del ojo.

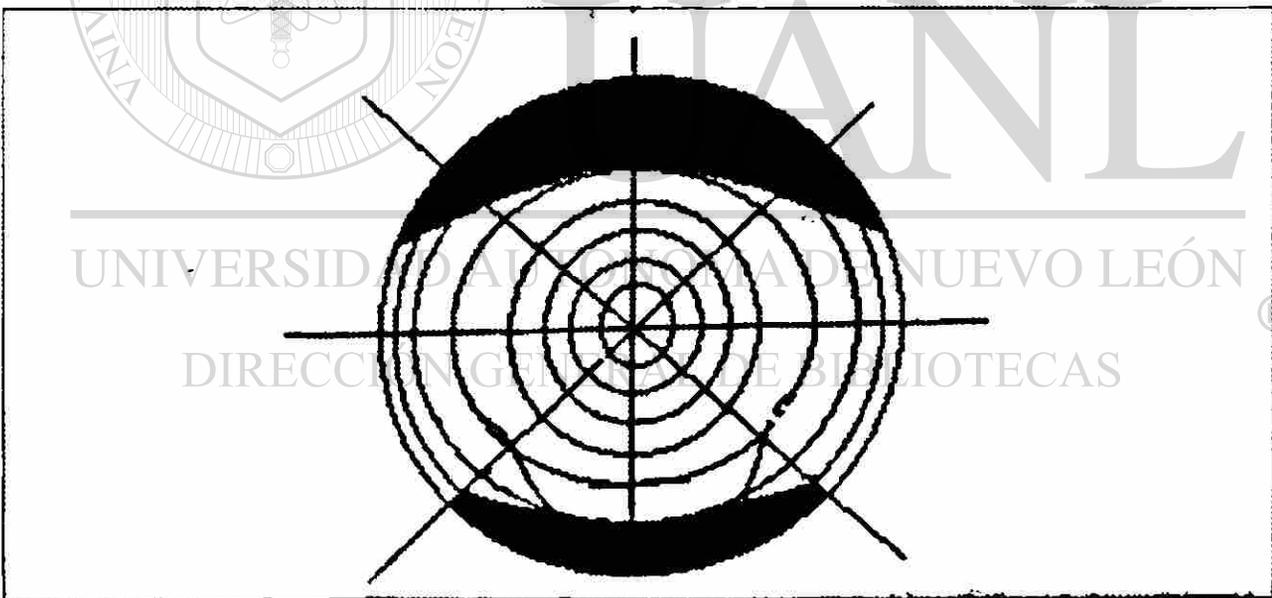


Figura 2-8.- Campo normal de visión de un par de ojos humanos.

La porción del centro (más clara) representa lo que ven ambos ojos, las sombras a la izquierda y a la derecha es lo que ve cada ojo en particular y las partes ennegrecidas son producidas por la nariz, pómulos y frente.

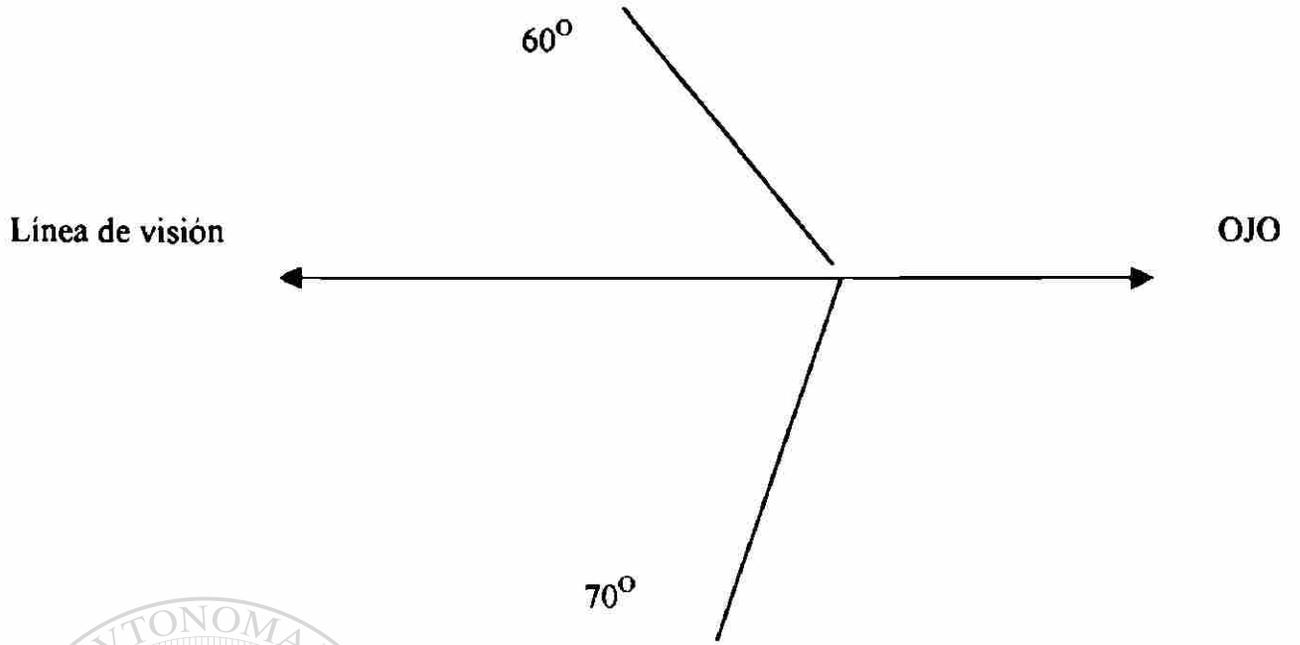
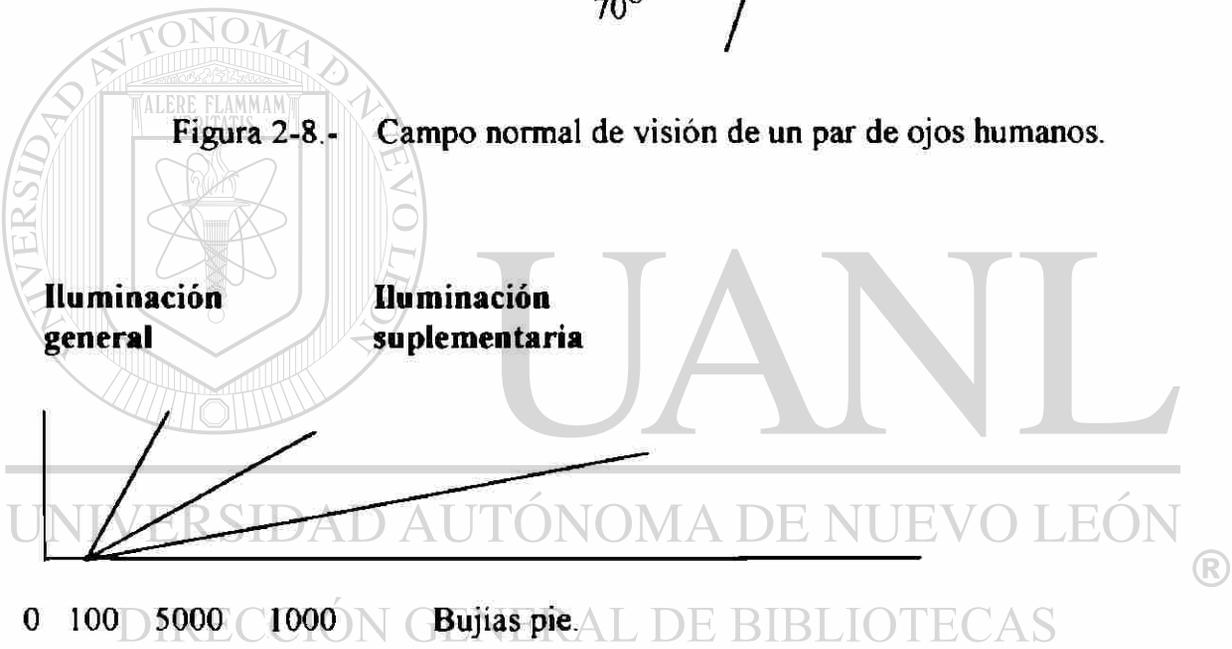


Figura 2-8.- Campo normal de visión de un par de ojos humanos.



### Niveles de luz diurna

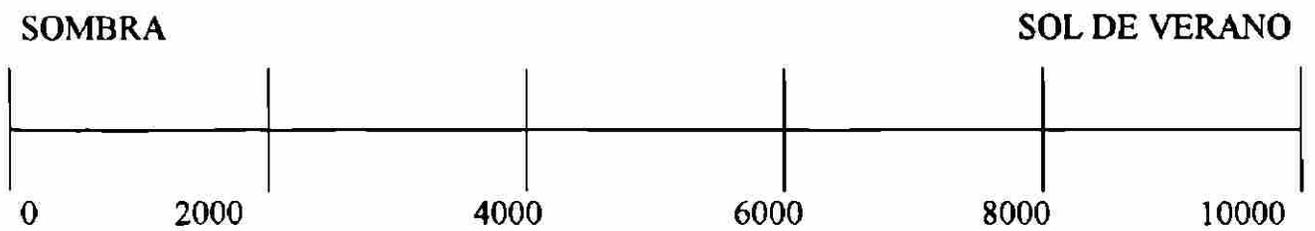


Figura 2-9.- Relación entre la iluminación eléctrica y la luz diurna.

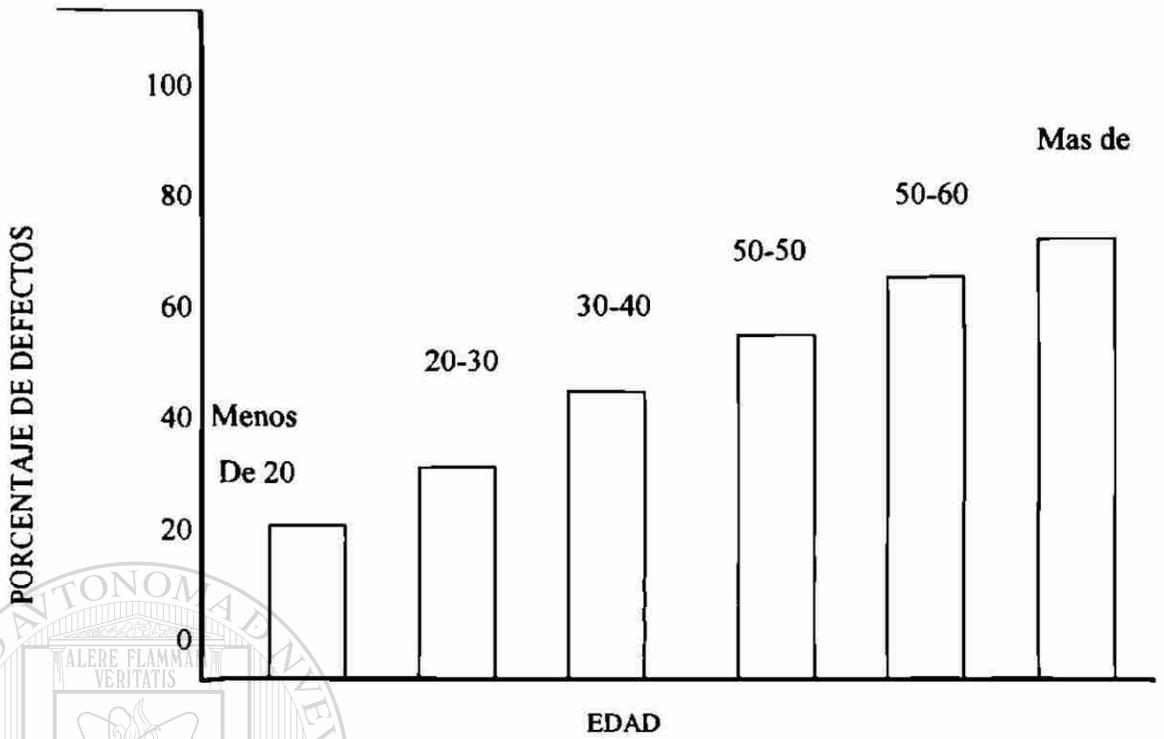
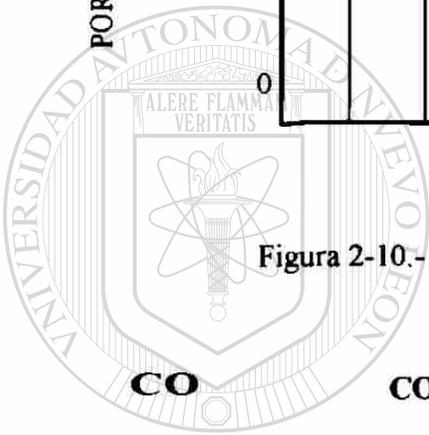


Figura 2-10.- Defectos estadísticos de la vista con la edad.



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 2-12.- La abertura de la letra C es el detalle crítico.

La visión se hace más difícil

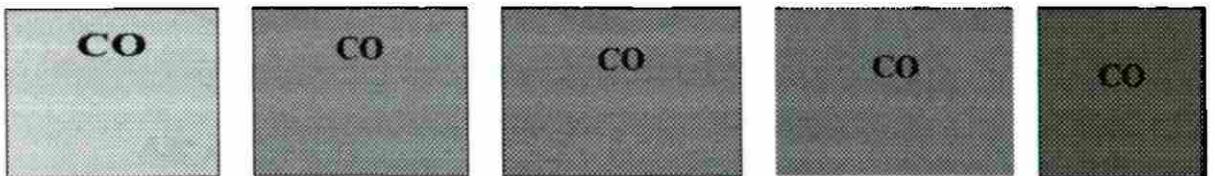
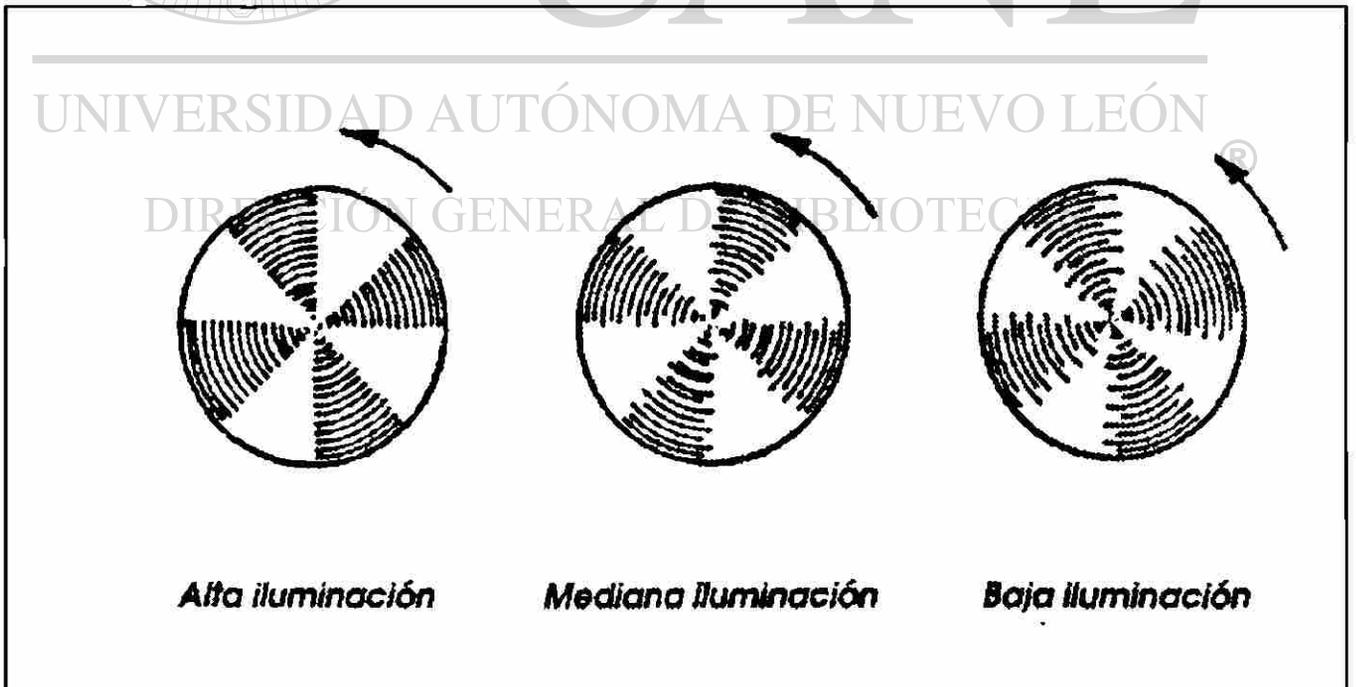
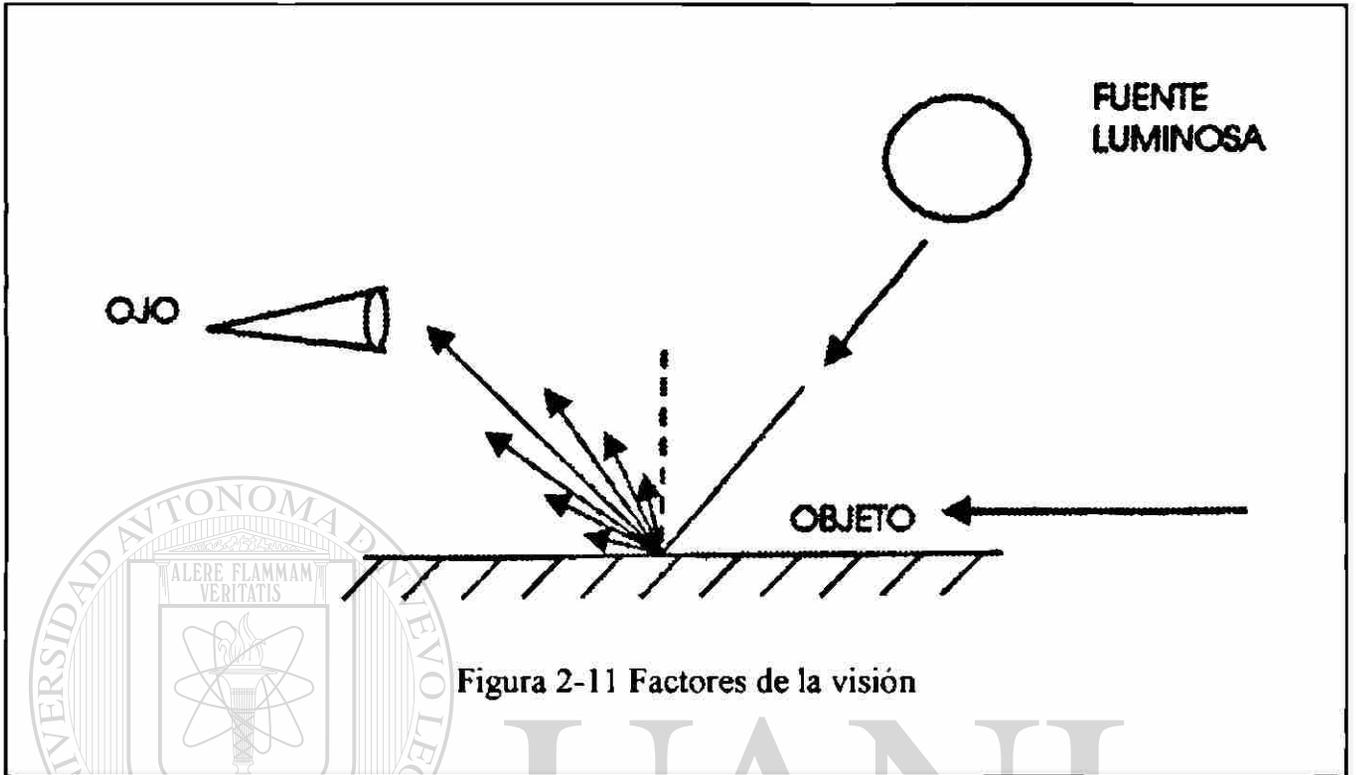


Figura 2-13.- Iluminación constante sobre superficies que reflejan diferentes cantidades de luz



La iluminación se vuelve borrosa →

Figura 2-15 Factores del tiempo en la visión

La iluminación disminuye.

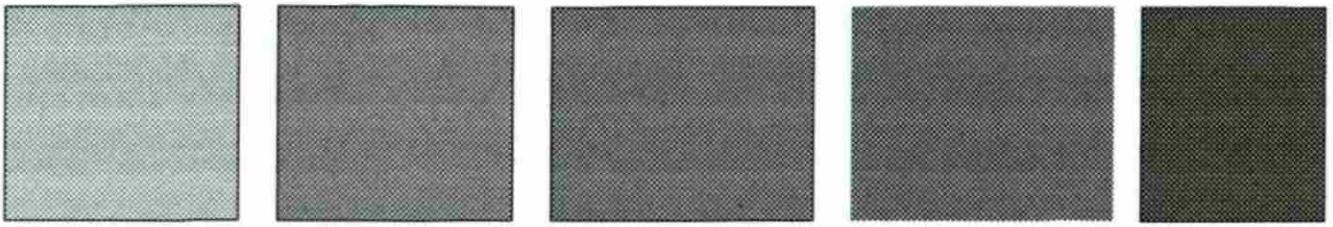


Figura 2-14 - Iluminación constante sobre superficies que reflejan diferentes cantidades de luz.

Descripción de la Tarea	Luminaria	Reflectancia	Iluminación
	requerida Lambert-pie		requerida bujías-pie
<b>A. Fácil.</b>			
Sagra azul con letra de gris blanco.	0.09	0.018	5.05
Tipo imprenta de 12 puntos.	0.42	0.7	0.6
<b>B. Normal.</b>			
Pequeño defecto visto a 75 cms.	35.6	0.19	187
<b>C. Difícil.</b>			
Diferencia de colores en tela café.	100.0	0.12	370
<b>D. Muy difícil.</b>			
La iluminación se vuelve borrosa	151.0	0.63	241
<b>E. Extraordinariamente difícil.</b>			
Costura de una bolsa en tela café claro.	1000	0.53	1,891

Tabla 2-1.- Ejemplos de luminancia e iluminación requeridas en el estadio de 56 tareas prácticas realizado por el IERI.

Categoría de las tareas	Guía de luminancia en Lamberts-pie
Extraordinariamente difícil	420 o más
Muy difícil	120 – 420
Difícil	42 – 120
Normal	18 – 42
Fácil.	menos de 18.

Tabla 2-2.- Valores de luminancia para tareas típicas.

Categoría de las tareas	Iluminación en bujías – pie	
	60% de reflectancia	60% de reflectancia
Extraordinariamente difícil	Más de 700	Más de 700
Muy difícil	200 – 700	2000 – 700
Difícil	70 – 200	700 – 200
Normal	30 – 70	300 – 70
Fácil.	Menos de 30.	Menos de 30.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

Tabla 2-3.- Valores de luminancia para tareas típicas. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

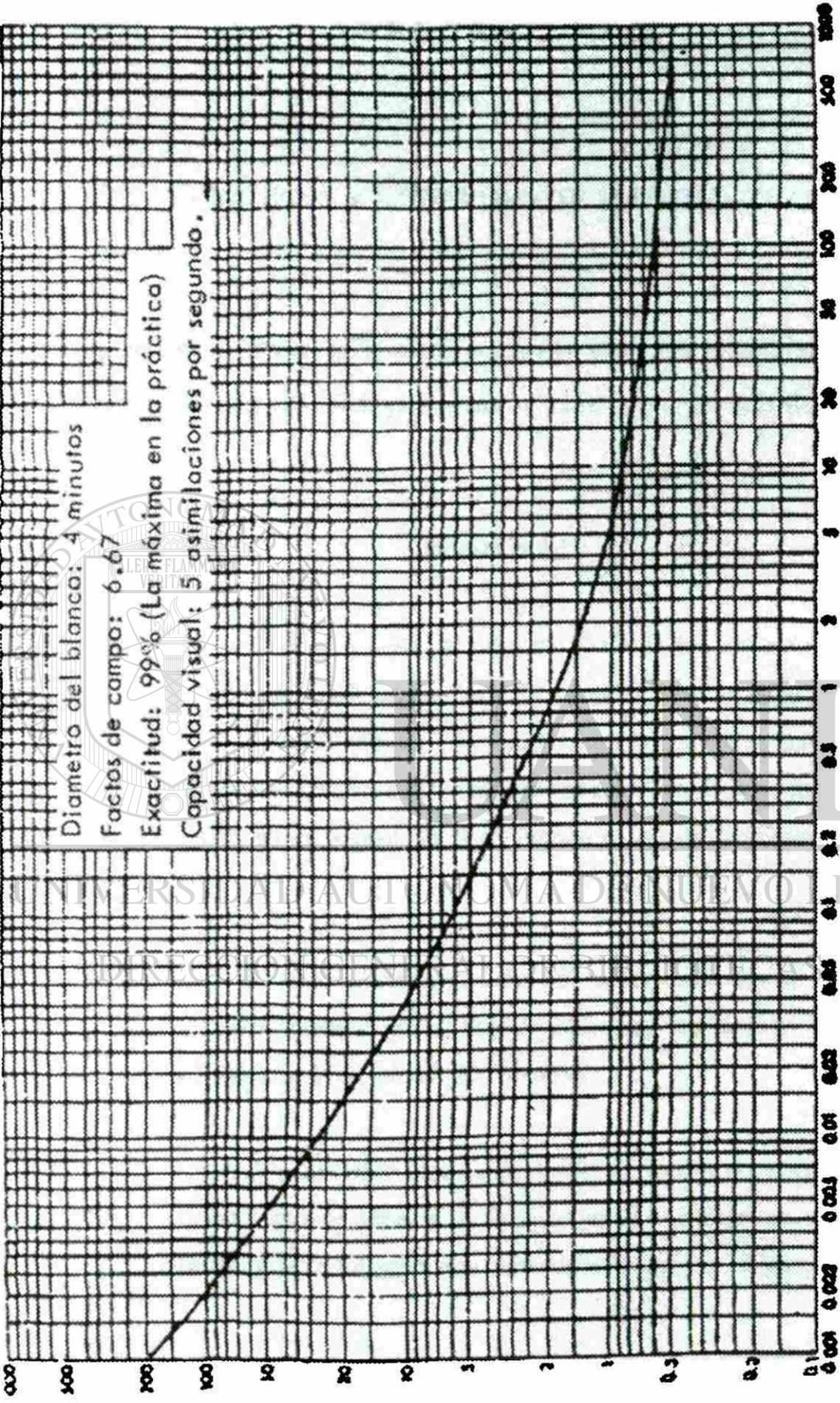


Figura 2-16 Todas las tareas desconocidas pueden relacionarse con el evaluador de tareas visuales a esta curva de un disco circular de 4 minutos. La curva se ha equilibrado para representar las condiciones del campo visual de ojos en movimiento y máxima exactitud del campo.

# CAPITULO 3

## TERMINOS Y UNIDADES DE ILUMINACION

El ángulo sólido ( $\omega$ ) se define como la relación entre el área de la esfera ( $A$ ), y la raíz cuadrada del radio ( $R$ ). El ángulo sólido se mide en estéreo radiantes (sr). Ver Fig. 3-1.

### ( Ecuación 3-1)

El flujo luminoso ( $\phi$ ) es la relación de cómo fluye la luz respecto al tiempo. La unidad de flujo luminoso es el lúmen (lm). Esta unidad lleva consigo el concepto de relación y puede considerarse similar a la relación con la cual otras cantidades fluyen; por ejemplo, galones por minuto, metro cúbicos por hora, etc. De este modo, aunque el tiempo no se indica en la unidad de flujo luminoso, queda implícito en ella dicho concepto.

**Ejemplo:** Una lámpara incandescente de 100 watts emite luz a razón de 1750 lúmenes, mientras que el flujo luminoso de una lámpara fluorescente de 40 watts es de cerca de 3,200 lúmenes.

**Nota:** Es posible utilizar la idea de un lumen sin involucrar al concepto tiempo. El concepto de relación de flujo respecto al tiempo no se utiliza en los cálculos de iluminación que comúnmente realizan en la práctica.

Se define la intensidad luminosa ( $I$ ) como la densidad de flujo a través de un ángulo sólido en una dirección determinada. La unidad utilizada para medir la intensidad luminosa es la candela (cd).

**(Ecuación 3-2)**

La potencia en candelas y la intensidad luminosa son términos descriptivos que se aplican en forma parecida. Desde un punto de vista operativo, la potencia en candelas o la intensidad luminosa indica la capacidad de una fuente luminosa para producir iluminación en una dirección determinada.

Se denomina iluminación (E) a la densidad de flujo luminoso incidente. Cuando la unidad de flujo es el lúmen y el área esta expresada en pies cuadrados, la unidad de iluminación es la bujía – pie o footcandle (fc). Cuando el área esta expresada en metros cuadrados, la unidad de iluminación es el lux (lx). Ver Fig. 3-1.

**( Ecuación 3-3)**

Se llama brillantez fotométrica o luminancia (L) al flujo luminoso por unidad de área proyectada y por unidad de ángulo sólido, ya sea que proceda de una superficie en un punto dado con una dirección determinada, o bien llegar a un punto y desde una dirección determinados. Cuando la unidad de flujo luminoso es el lambert- pie o footlambert (fL). Se define también la luminancia como la intensidad luminosa de una superficie en una dirección determinada por unidad de área proyectada de dicha superficie, vista desde esa dirección. Cuando la intensidad luminosa se expresa en bujías y el área se expresa en pulgadas cuadradas, la unidad es la bujía o candela por pulgada cuadrada  $\text{cd/in}^2$ . La relación entre los lamberts-pie y las bujías por pulgada cuadrada es:

$$1 \text{ Cd / in}^2 = 144 \text{ fl} = 452 \text{ fl} \quad \text{(Ecuación 3-4)}$$

La brillantez subjetiva es un atributo de la sensación de luz que da origen a la percepción a la intensidad luminosa, e inclusive toda la escala de calidad, pudiendo ser brillante, claro, tenue, u oscuro.

**Nota:** a menudo se utiliza el término “brillantez” al referirse a la “brillantez fotométrica”, que es mensurable. A pesar de que generalmente las explicaciones aclaran el significado de la palabra que se utiliza, es preferible a la unidad fotométrica como luminancia, reservando el término brillantez para la sensación subjetiva.

### 3.1 DEFINICIONES:

#### Reflectancia.

El ingeniero en iluminación se interesa mucho en la luz reflejada total, de manera que define reflectancia como:

$$\rho = \frac{\text{luz total reflejada}}{\text{luz total incidente}}$$

$$\rho = \text{para superficies difusas} = L/E$$

**Nota:** La luz reflejada es luminancia en Lamberts-pie; la luz incidente es iluminación en bujías-pie. Dado que los lamberts -pie son lúmenes reflejados por pie cuadrado, el medidor de bujías -pie puede utilizarse para medir aproximadamente la luz reflejada cuando la superficie es perfectamente difusa. La luz incidente se mide directa y exactamente en bujías -pie con un medidor de bujías-pie.

#### Transmitancia.

$$\tau = \frac{\text{luz total transmitida}}{\text{luz total incidente}}$$

$$\tau = \text{para un medio difusor} = L/E$$

**Nota:** El medidor de bujías-pie puede utilizarse para medir la transmitancia dentro de los límites parecidos a los mencionados anteriormente.

**También:**  $L = (\rho) (E)$  (Ecuación 3-5)

$L = (\tau) (E)$  (Ecuación 3-6)

La eficiencia luminosa de una fuente de luz es la relación entre el flujo total emitido por esa fuente y el suministro total de la potencia de la fuente. En el caso de una lámpara eléctrica, la eficiencia se expresa en lúmenes por watt (lm / W).

### **Temperatura de color.**

La temperatura de color de una fuente luminosa es aquella a la cual debe operarse de cuerpo negro radiante para tener la misma apariencia de color que la fuente luminosa. La temperatura de color es solamente una especificación de la apariencia de color y no tiene nada que ver con la distribución de energía de la fuente luminosa. Sin embargo, la mayoría de las lámparas incandescentes de filamento, además de tener la misma apariencia de color que un cuerpo negro, tienen una distribución de energía similar a la del cuerpo negro. Aunque la distribución de energía de las lámparas fluorescentes no se aproxima a la del cuerpo negro, se les designa con una temperatura de color en forma similar. El cuerpo negro radiador sirve como norma de laboratorio Kelvin (K).

### **3.2 Leyes de iluminación.**

La ley del inverso de los cuadrados establece que la iluminación ( E ) de una superficie varía directamente con la potencia de bujías ( I ) de la fuente e inversamente con el cuadrado de la distancia ( D ) entre la fuente y la superficie. La ley del inverso de los cuadrados se refiere solo a fuentes puntiformes.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$E_{\text{Normal}} = I/D^2 \quad (\text{Ecuación 3-7})$$

En la figura 3-2

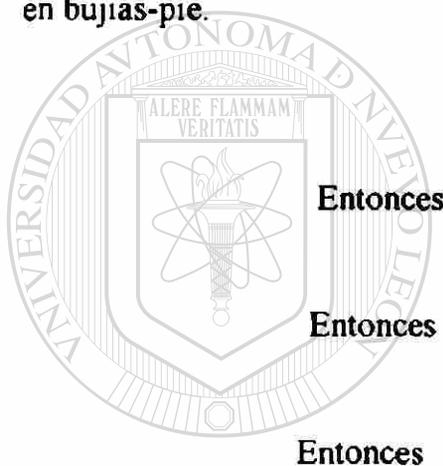
$$E_1 = I/(D_1^2) = 100/1 = 100f$$

$$E_2 = I/(D_2^2) = 100/4 = 25fc$$

$$E_3 = I/(D_3^2) = 100/9 = 11.1fc$$

### Concepto de lumen.

La ley del inverso de los cuadrados puede también derivarse desde el punto de vista de un flujo luminoso. Supongamos, como en la Fig. 2-3, que hay varias superficies esféricas subtendidas por un ángulo sólido unitario. Si estas áreas están separadas respectivamente uno, dos y tres pies del centro, las áreas serán respectivamente uno, cuatro y nueve pies cuadrados. Supongamos ahora que el centro contiene una fuente puntiforme de 100 bujías de intensidad. Ya que el flujo luminoso se define como  $\phi = (I) (\omega)$  los lúmenes contenidos en el ángulo sólido unitario son  $I \cdot \omega$ , o sea  $(100) (1) = 100$ . La iluminación se define también como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Cuando está en lúmenes y A está en pies cuadrados, la iluminación esta dada en bujías-pie.



$$E = \phi / A$$

Entonces

$$E = \phi / A = 100 / 1 = 100 \text{ fc}$$

Entonces

$$E_2 = \phi / A_2 = 100 / 4 = 25 \text{ fc}$$

Entonces

$$E_3 = \phi / A_3 = 100 / 9 = 11.1 \text{ fc}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Como se ve, estos resultados coinciden con los obtenidos utilizando el concepto de potencia en bujías. Este último se utiliza para determinar la iluminación en un área muy pequeña o bien, en un punto. El concepto de lumen se utiliza cuando el área es grande.

**Nota:** Se habla de iluminación promedio cuando el flujo luminoso no está distribuido uniformemente en un área.

### 3.3 Conclusiones y suposiciones.

Cualquier punto de una superficie esférica que equidiste de una fuente luminosa cuya intensidad sea uniforme, tendrá el mismo valor de iluminación. La palabra punto se utiliza en el sentido de que se trata de un área pequeña pero finita.

Cualquier área esférica equidistante de una fuente luminosa uniforme tendrá el mismo valor de iluminación. En cualquier caso, ya sea que el concepto del lúmen o bien el de potencia de bujías el que se utilice la iluminación a la misma distancia ya sea sobre un punto o sobre un área es la misma.

La ley del inverso de los cuadrados se aplica a fuentes puntiformes y desde el punto de vista práctico puede aplicarse sólo si la distancia es mayor de cinco veces la dimensión máxima de la fuente luminosa. Esta ley sirve para medir solo la iluminación directa de la fuente.

La iluminación proveniente de más de una fuente luminosa se añade aritméticamente:

$$E_{TOTAL} = E_1 + E_2 + E_3 \text{ K} \quad (\text{Ecuación 3-8})$$

La ley del coseno establece que la iluminación en cualquier superficie varía de acuerdo al coseno del ángulo de incidencia ( formado por la línea normal a la superficie y la dirección de la luz incidente. Ver Fig. 3-4.

$$E_{\theta} = (I/D^2)(\cos_{\theta}) = (E_{normal})(\cos_{\theta}) \quad (\text{Ecuación 3-9})$$

### **Concepto de lumen.**

La ley del coseno puede también derivarse desde el punto de vista del flujo luminoso. Esto puede comprenderse fácilmente si consideramos una pirámide recta cuyo vértice está constituido por un ángulo sólido de un estereorradian, y cuya base tiene un área de pie cuadrado ( ver Fig. 3-5 ).

La altura de la pirámide es la normal a la base. Si suponemos que el vértice contiene una fuente puntiforme cuya intensidad es de 100 bujías, el ángulo sólido contiene ( $\phi = I \cdot \omega$ ) 100 lúmenes; la iluminación en la base ( $E = \phi / A$ ) es 100 fc. Cuando el plano que contiene a la base se gira hasta un cierto ángulo  $\phi$ , como lo indica la Fig. 3-5, el ángulo sólido interceptará un área (A) igual al área (A) de la base dividida por el coseno del ángulo que ésta giró ( $A' = A / \cos_{\theta}$ ).

Así pues:

$$E = \phi / A' = (\phi / A) (\cos \theta)$$

### 3.4 Control de la iluminación.

#### Materiales.

- Los materiales que se utilizan en el control de la luz son opacos, transparentes y translúcidos.
- Los materiales transparentes transmiten prácticamente la totalidad de la luz; los objetos pueden verse a través de ellos. La parte superior de algunos recipientes de cristal es transparente.
- Los materiales translúcidos pueden también transmitir la luz, pero la dispersan o difunden, de modo que los objetos no pueden verse claramente a través de ellos. Estos materiales encuentran aplicación en elementos luminosos y de iluminación, e incluyen cristales y plásticos opalescentes, esmaltados y configurados.
- Los materiales opacos no transmiten la luz, pero sirven para reflejar y absorber parte de la luz. Estos materiales incluyen los metales pulidos y las superficies con acabados de espejo o especulares.

#### Control de los rayos Luminosos

La luz viaja en línea recta hasta que encuentra alguna forma de interferencia. Al encontrar una interferencia, el rayo de luz se refleja, se transmite, o bien, se absorbe; si se refleja, se transmite, puede polarizarse.

#### Reflexión regular o especular.

Se caracteriza por el hecho de que el rayo llega a la superficie y sale de ella con ángulos iguales, o sea que el ángulo de incidencia ( $i$ ) es igual al ángulo de reflexión ( $r$ ). Ver Fig. 3-6.

**Materiales:** Espejos y metales altamente pulimentados.

**Usos:** Reflectores concentrados de luz, reflectores industriales para alto montaje, lámparas de proyección con espejo integral plateado.

### Reflexión difusa.

Se caracteriza porque la luz reflejada sale de la superficie en todas direcciones, y puede clasificarse como:

Reflexión Extendida, que es cuando la luz se dispersa en todas direcciones aunque sigue una dirección general, según se ve la Fig. 3-7.

Materiales: Esmalte horneado, metales cepillados, pintura blanca mate.

Usos: Reflectores de rayos medianamente extendidos.

Reflexión Mixta, que tiene mezcladas las características reflejantes tanto espectaculares como difusas, según se ve en la Fig. 3-8.

Materiales: Esmalte porcelanizado, pintura de alto brillo.

Usos: Reflectores industriales.

Reflexión Difusa Completa, que se caracteriza porque la luz sale de la superficie en todas direcciones independientemente de la dirección de incidencia. Este tipo de superficie sigue aproximadamente la ley de Lambert ( $I_{\theta} = I_{NORMAL} \cos_{\theta}$ ). Ver Fig. 3-9.

Materiales: Papel secante, pinturas mate.

Usos : Acabados de pintura en cuartos y equipos.

### Transmisión.

Este concepto se refiere al paso de la luz a través de un medio, de cuyas características dependerá que la luz se modifique en cuanto al color, intensidad y dirección.

Refracción. Se llama así al cambio de dirección de los rayos luminosos al pasar de un medio a otro. Ver Fig.3-10.

Tipos. Prismas, lentes, lentes Fresnel, o escalonados.

Usos. Dondequiera que se necesite un control definido, como la iluminación de oficinas, pizarrones, tableros de medición y pinturas.

Transmisión difusa. Se llama así a la dispersión de la luz transmitida en todas direcciones. Extensión. Ver Fig. 3-11.

### Metodos para extender la luz:

Tratamiento de la superficie de los plásticos o cristales como esmerilado, acanalado y otros.

Usos: Para ocultar las fuentes luminosas, para aumentar el extendimiento del rayo luminoso, o para modificar la distribución de la potencia luminosa del equipo de iluminación.

Difusión Completa. Se llama así cuando la luz transmitida sigue la Ley de Lambert ( $I_{\theta} = I_{NORMAL} \cos_{\theta}$ ). Ver Fig. 3-12.

Materiales: Vidrio blanco y varios plásticos, especialmente cuando estos materiales tienen una transmitancia aproximada del 50 por ciento o menos.

Usos: Distribución amplia de luz y donde se requiere una brillantez uniforme en los materiales transmisores.

### Absorción.

Todas las sustancias absorben la luz en mayor o menor proporción; un cuerpo que absorbe la totalidad de la luz se llama "cuerpo negro". Este cuerpo es la base para la clasificación de temperaturas de color. ( Ver Temperatura de Color, mencionando anteriormente). Existen varios dispositivos de iluminación localizada en los cuales se ponen en pantallas negras para absorber la luz.

### Polarización.

Se llama luz polarizada aquella en la cual todas las ondas vibran en un solo plano. Se utiliza luz polarizada para probar los esfuerzos en materiales transparentes y para efectos tridimensionales en las películas. Se utiliza también para reducir el deslumbramiento por reflejos producidos en superficies brillantes, y para reducir pérdidas de contraste en las tareas visuales que son ocasionadas por reflejos que impiden ver claramente.

### 3.5 Medición de la luz y medidores

#### Equipo de Laboratorio

##### Fotometro de distribución.

Sirve para medir la potencia en bujías de una fuente luminosa en todas direcciones. Los datos así obtenidos sirven para determinar las curvas de distribución de la potencia en bujías.

##### Esfera integradora.

Se utiliza para medir los lúmenes totales de una fuente luminosa, cuya eficiencia se determina por éste medio.

##### Medidores de bujia – pie o luxes.

Hoy día éstos medidores están constituidos por celdas de capas que son sensibles a la luz, cuya indicación se determina por un pequeño medidor; estando el conjunto alojado en una caja adecuada.

##### Medidores de luminancia

##### Medidor de bujias – pie.

Se utiliza para obtener lecturas aproximadas de luminancia en superficies o fuentes totalmente difusas.

##### Medidor fotoelectrico de luminancia.

Utiliza celdas de varias capas, fotomultiplicadores y circuitos electrónicos.

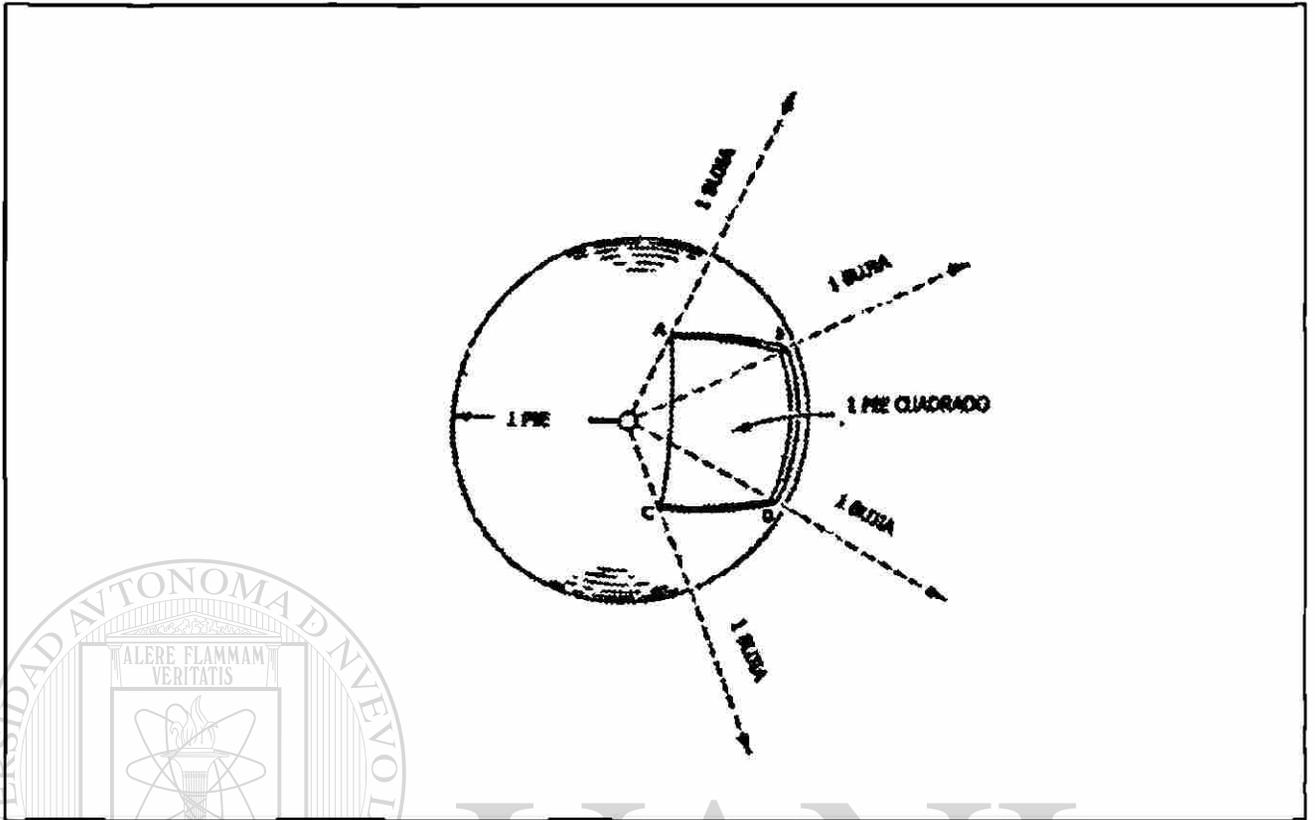


Figura 3-1.- Relación que existe entre un área esférica su radio y el ángulo sólido, el ángulo sólido subtendido por el área A,B,C,D, es de un esterradian (ángulo sólido área esférica/radio  $^2$ ) en un esfera hay 4 esterradianes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

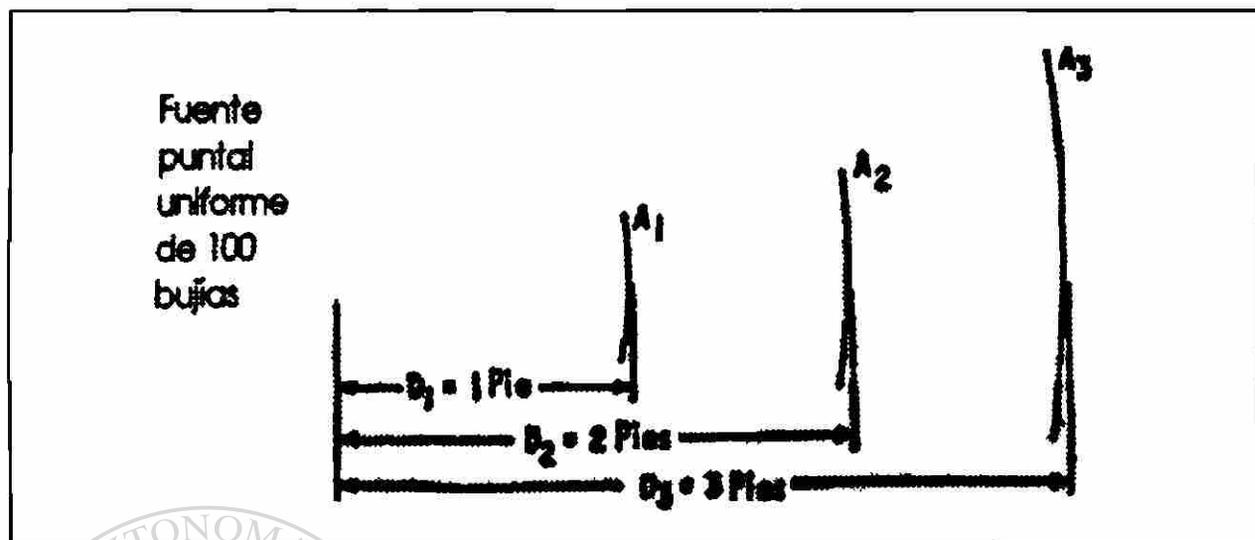


Figura 3-2.- Ley Cuadrática Inversa.

Iluminación normal sobre un punto (área finitamente pequeña), las superficies de todo los puntos son perpendiculares a la dirección de la energía, cuando las superficies se vuelven muy pequeñas, puede suponerse que son planos sin detrimento notable en la exactitud.

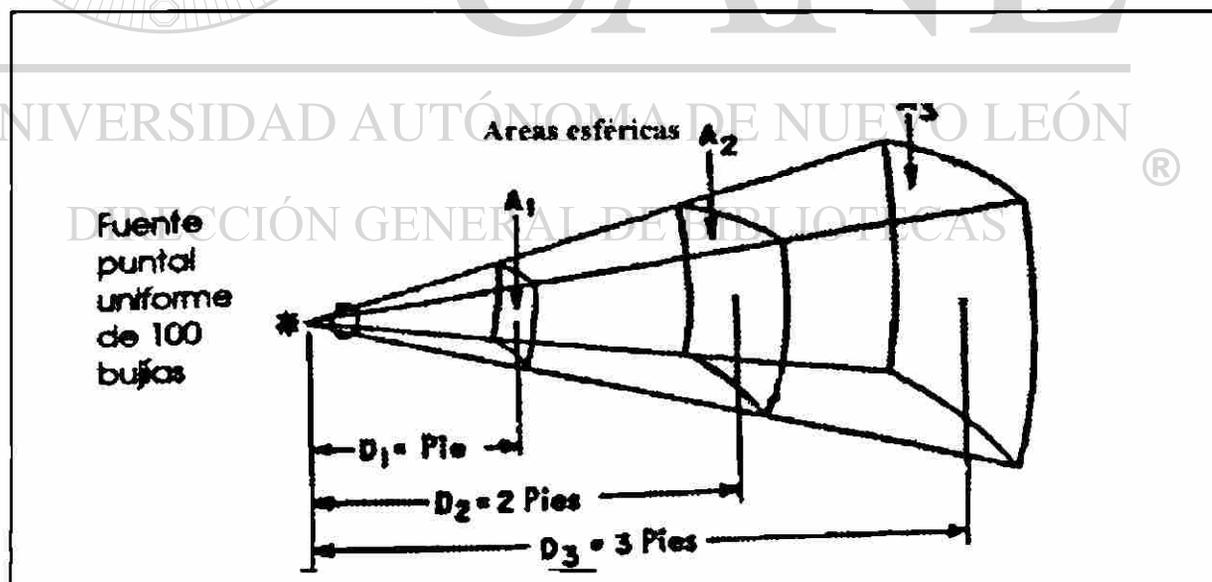


Figura 3-2.- Ley Cuadrática Inversa.

Iluminación sobre superficies esféricas.

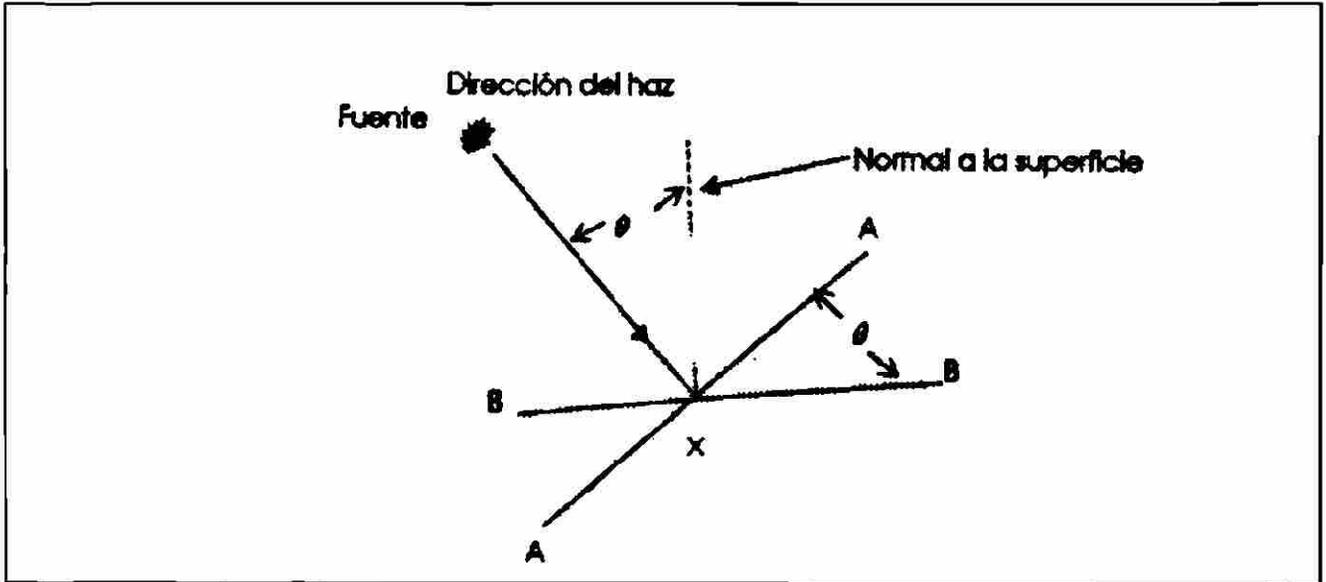


Figura 3-4.- Ley del coseno.

Iluminación sobre un punto X en un plano dado, que se gira un ángulo  $E = E_{\text{NORMAL}} (\cos \theta)$  A - A es la superficie normal a la dirección del haz de la superficie girada.

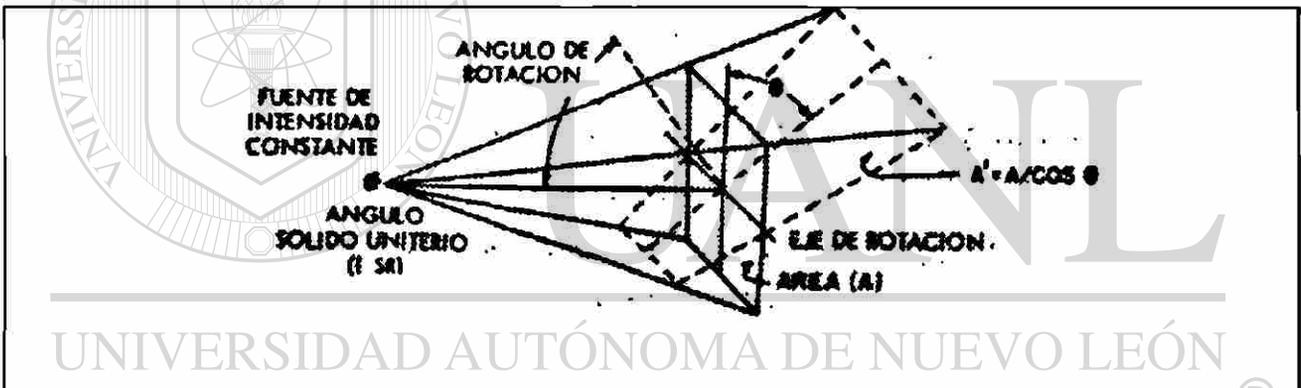


Figura 3-2.- Ley del coseno e iluminación.

Nótese que las superficies son planas mas que esféricas, y que la iluminación varia en cada punto del plano de aquí que se diga que la iluminación es el promedio.

$$E \text{ PROM.} = \phi / A$$

$$E \text{ PROM.} = \phi / A \cdot \cos.$$

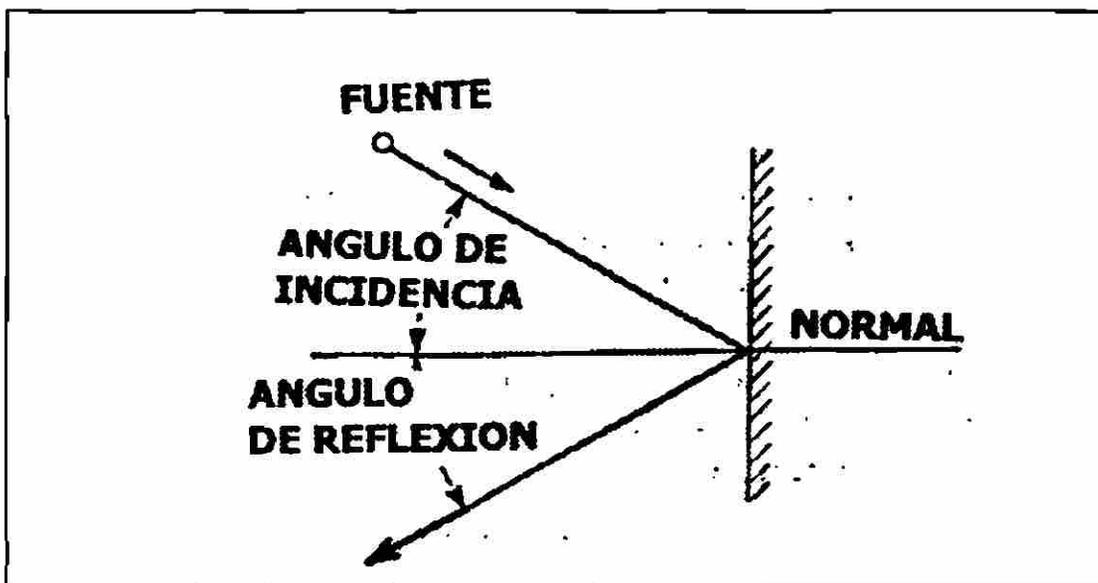


Figura 3-6.- Reflexión rectangular



Figura 3-7.- Reflexión extendida

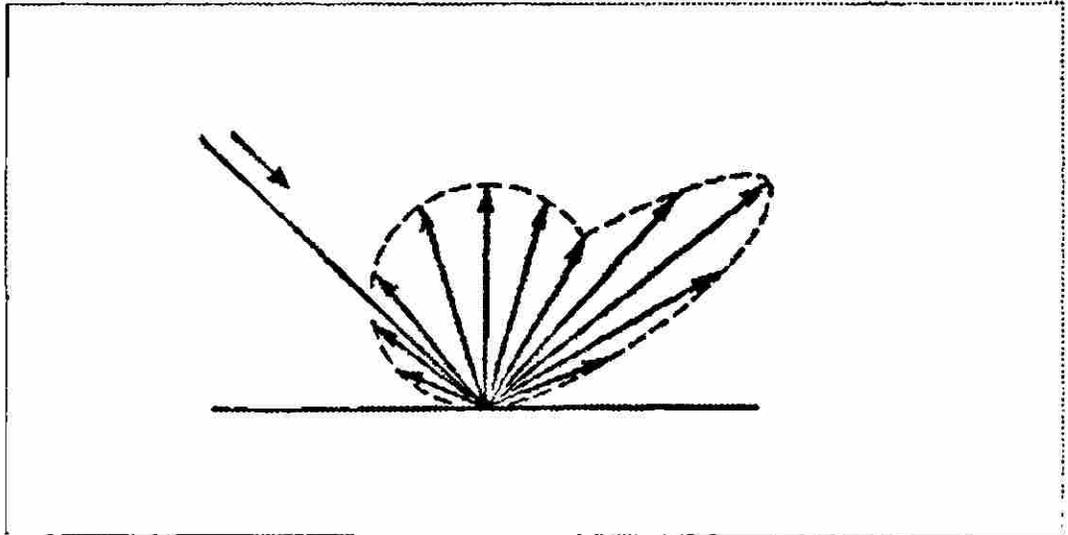
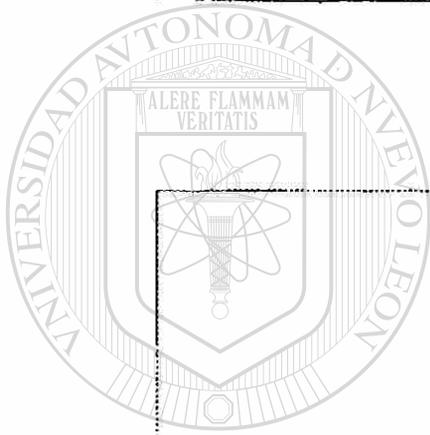


Figura 3-8-Reflexion mixta



Figura 3-9-Reflexion difusa completa



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

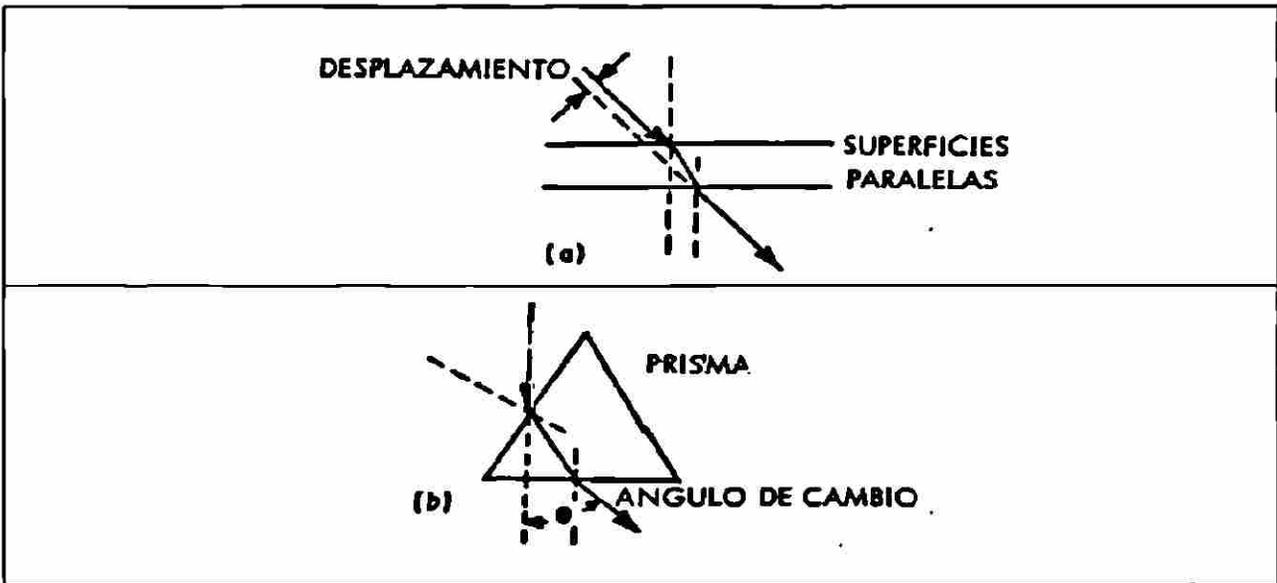
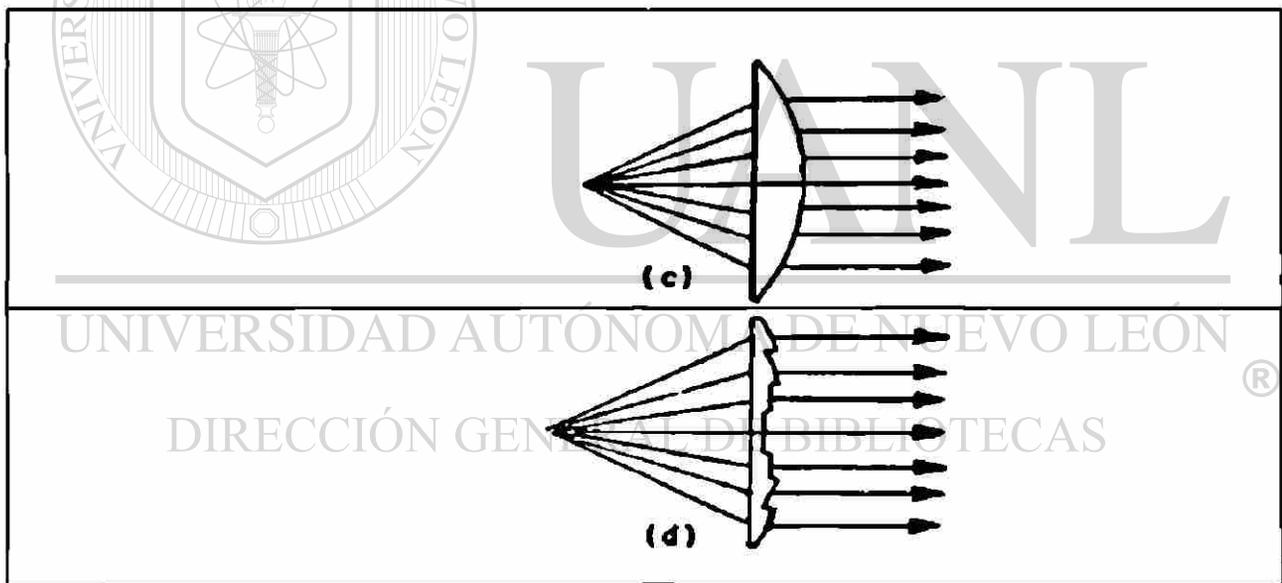


Figura 3-10.- Refracción.

( a ) Rayo desplazado,

( b ) Rayo con distancia dirección.



( c ) Lentes,

( d ) Lente escalonado fresnel.

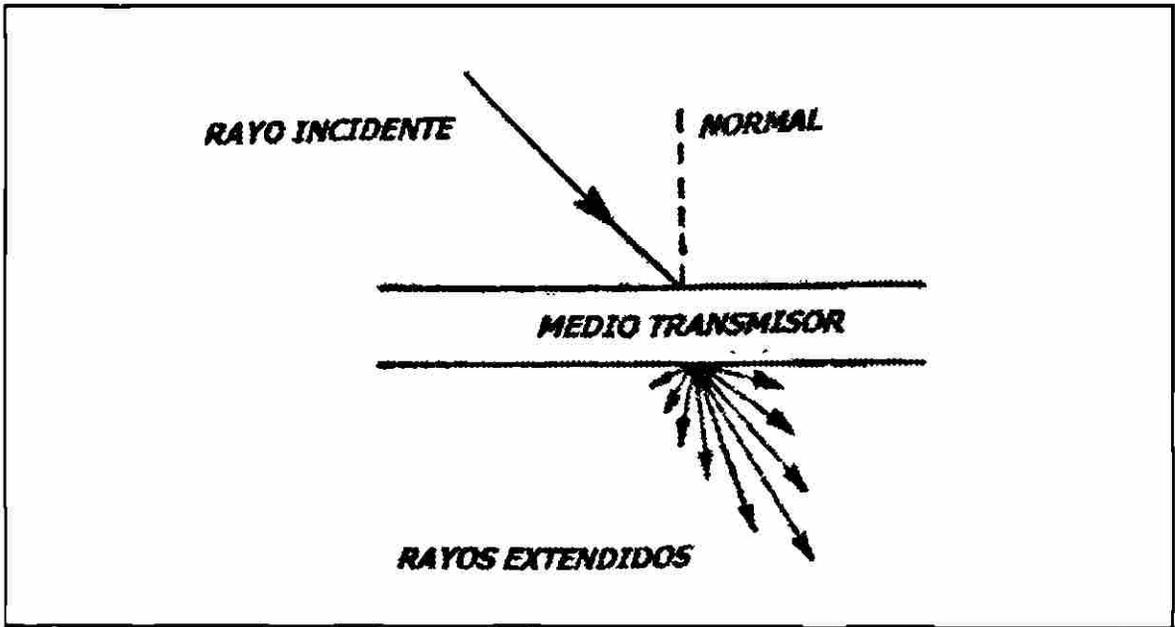


Figura 3-11-Transmision extendida

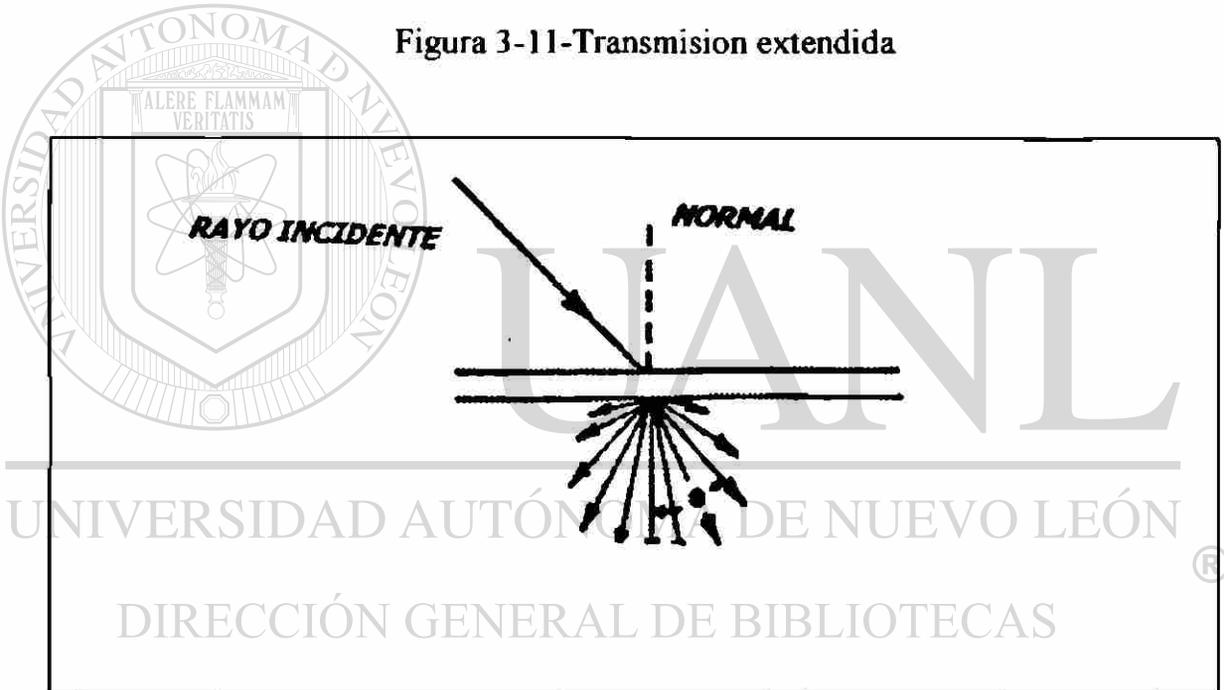


Figura 3-12.- Transmisión totalmente difusa.

$\omega) A_s / R^2$	Ecuación 3-1.
$I = \phi / \omega$	Ecuación 3-2.
$I = \phi / A$	Ecuación 3-3.
$L = (\rho)(E)$	Ecuación 3-4.
$L = (\tau)(E)$	Ecuación 3-5.
$E_{normal} = I / D^2$	Ecuación 3-6.
$E_{total} = E_1 + E_2 + E_3$	Ecuación 3-7.
$E\theta = (I / D^2)(\cos\theta)$	Ecuación 3-8.
	Ecuación 3-9.

Donde:

$\phi$  - Flujo luminoso en lúmenes.

$I$  = Sensibilidad luminosa en bujías.

$E$  = Iluminación en bujías - pie.

$L$  = Luminancia en lamberts - pie.

$\omega$  = Angulo sólido en esterradianes.

$\theta$  = Angulo expresado en grados que debe girarse al plano iluminado hasta quedar normal al rayo proyectado por la fuente.

$D$  = Distancia en pies desde la fuente a un punto dado.

$A$  = Area de una superficie iluminada, expresada en pies cuadrados.

$AS$  = Area esférica.

$R$  = Radio.

$\rho$  = Reflectancia.

$\lambda$  = Transmitancia.

Tabla 3-4.- Ecuaciones básicas de iluminación.

▪ Sol de medio día.	5500° K
▪ Lámpara de tungsteno de 100 watts, con el interior esmerilado.	2800° K
▪ Lámpara de tungsteno de 100 watts, luz del día.	3500° K - 4000° K

Tabla 3-2.- Temperatura de color de varias fuentes.

Factores de conversión de unidades comunes a unidades S/*					
Valores Unidades Comunes	en	X	Factores	-	Valores en Unidades SI
fl		X	3,420	-	cd/m <sup>2</sup>
cd/in <sup>2</sup>		X	1,55	-	kcd/m <sup>2</sup>
ft		X	0.3045	-	m
in		X	2.54	-	cm

Tabla 3-1 - (\*Sistema Internacional de Unidades).

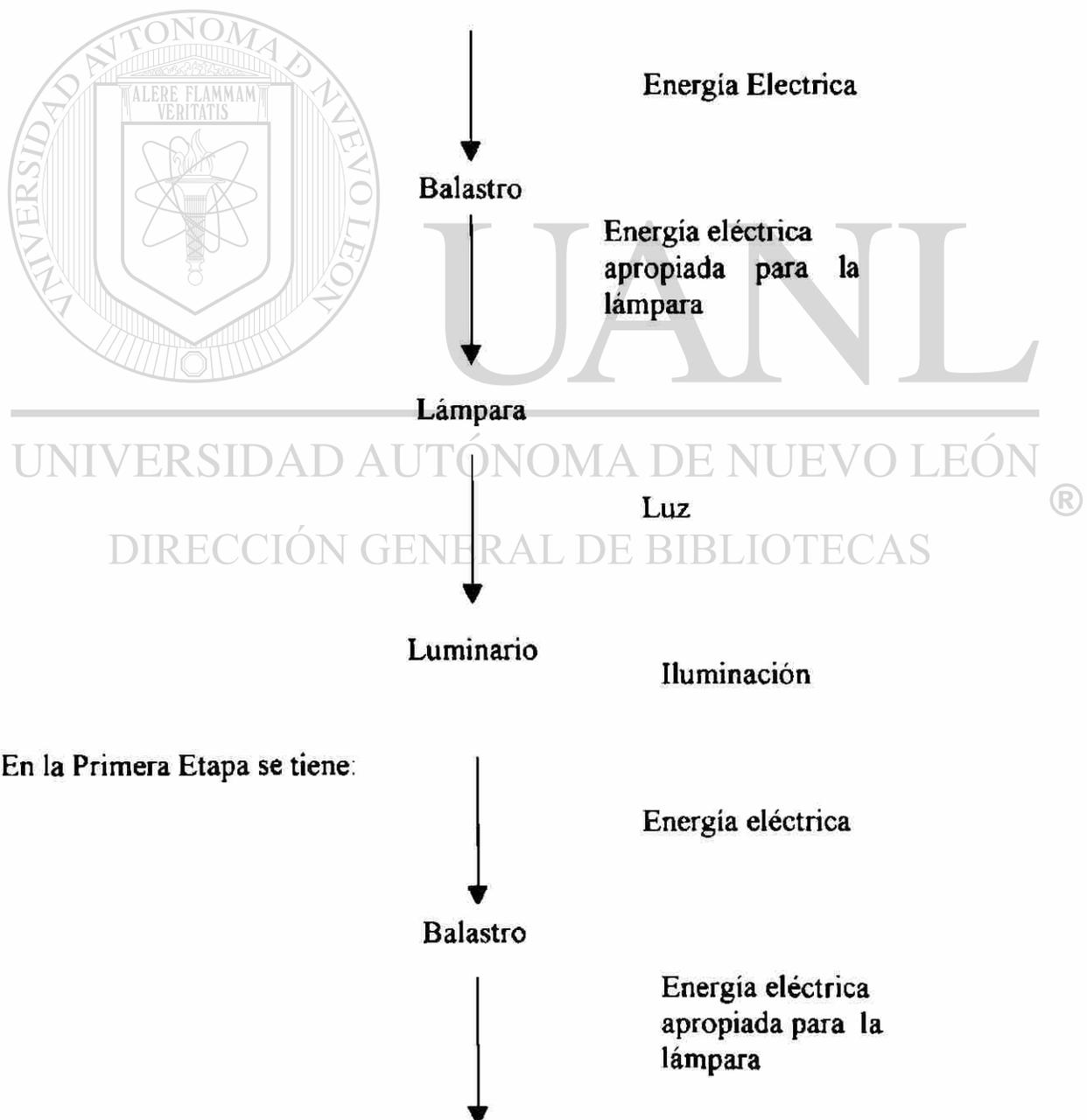
Término	Símbolo	Unidad	Abreviatura	Definición
Luz	Q	Lúmen-hora	lm-h	Energía radiante que puede evaluar el ojo.
Flujo luminoso	O	Lúmen	lm	Flujo de luz con relación al tiempo.
Intensidad Luminosa	I	Bujía	cd	Densidad de flujo de ángulo sólido en una dirección dada.
Iluminación	E	Bujía-pie (lux)	fc (lx)	Densidad de flujo luminoso incidente en superficie.
Luminancia	L	Lambert-pie (bujías por m <sup>2</sup> )	fL(cd/m <sup>2</sup> )	Intensidad luminosa sobre una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada en la superficie.

Tabla 3-3.- Términos usuales en iluminación.

# CAPITULO 4

## PROCESO DE CONVERSION DE LA ENERGIA ELECTRICA A ILUMINACION

Analizando el proceso de conversión de energía, vemos:



Podemos clasificar genéricamente los balastos en 2 tipos:

- a) Balastos H.I.D.
- b) Balastos fluorescentes.

A continuación se analiza el primer grupo:

### Balastos H.I.D.

Existen los siguientes tipos:

1. Balastos normal.
2. Balastos alta eficiencia (denominada también bajas perdidas).
3. Balastos baja energía.

En los balastos H.I.D. normales las eficiencias típicas son:

W =	Línea =	465 watts.
W =	Lámpara =	400
W =	Pérdida =	65
Eficiencia del balastro = $\frac{400}{465} = 0.86$		

En los balastos de "alta eficiencia", se presenta la siguiente situación:

W =	Línea =	455 watts.
W =	Lámpara =	400
W =	Pérdida =	55
Eficiencia del balastro = $\frac{400}{455} = 0.888$		

Lo cual representa un 3.3% de ahorro en relación a los balastos convencionales. Este análisis elemental nos muestra que no hay mucho potencial de ahorro en relación al balastro H.I.D.

En balastos de baja energía se hace trabajar la lámpara a 8% menos:

W =	Línea =	418 watts.
W =	Lámpara =	360
W =	Pérdida =	50

$$\text{Eficiencia del balastro} = \frac{360}{418} = 0.86$$

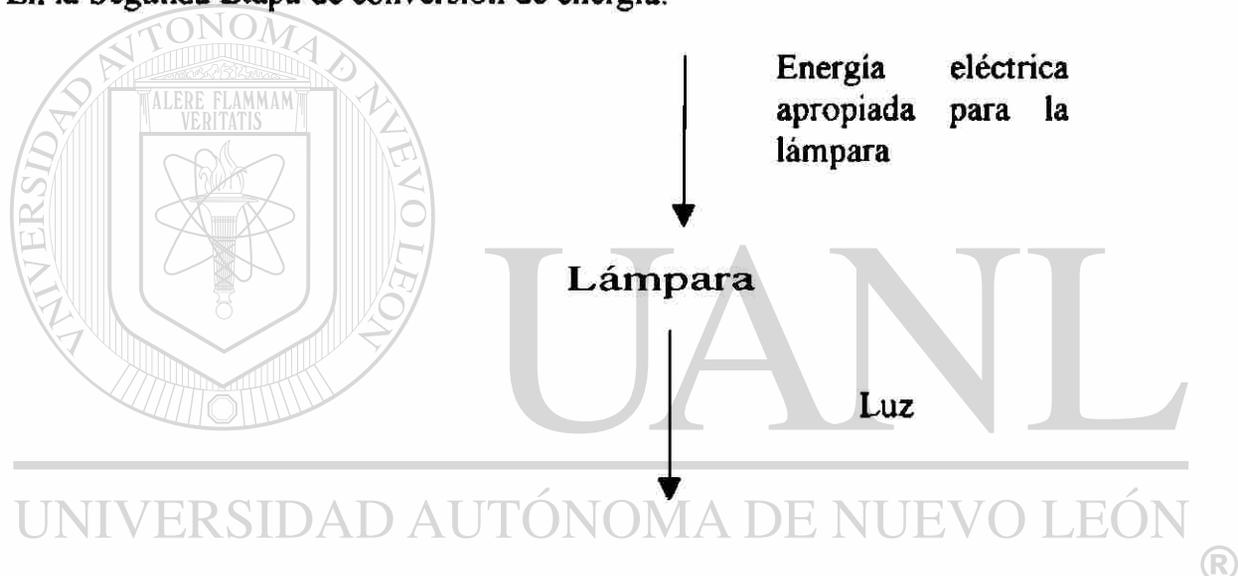
El balastro standard o eletromagnético consta de:

1. Devanados de alambre magneto de cobre.
2. Núcleo magnético a base de lámina de acero eléctrico.

El balastro electromagnético alta eficiencia consta de:

1. devanados de alambre magneto de cobre de mayores calibres.
2. Núcleo magnético a base de lámina de acero eléctrico de bajas pérdidas, acero de alto silicio o acero granulado.

En la Segunda Etapa de conversión de energía:



Los parámetros a considerar son:

- a) Lúmenes / watts.
- b) Lid depreciación de lúmenes por lámpara.
- c) Vida (horas de operación).
- d) Curva de mortalidad.

### Comparativo

	<i>V. de mercurio 400 watts.</i>	<i>LLD</i>	<i>V.S.A.P. 400 watts</i>	<i>LLD</i>
Lúmenes iniciales.	24,500	(1)	50,000	(1)
50% vida.	17,700	(.73)	45,500	(.9) 24%

Final de vida.	11,000	(.53)	36,500	(.73) 43%
----------------	--------	-------	--------	-----------

*Mortalidad de las lámparas al final de la vida 24,000 horas.*

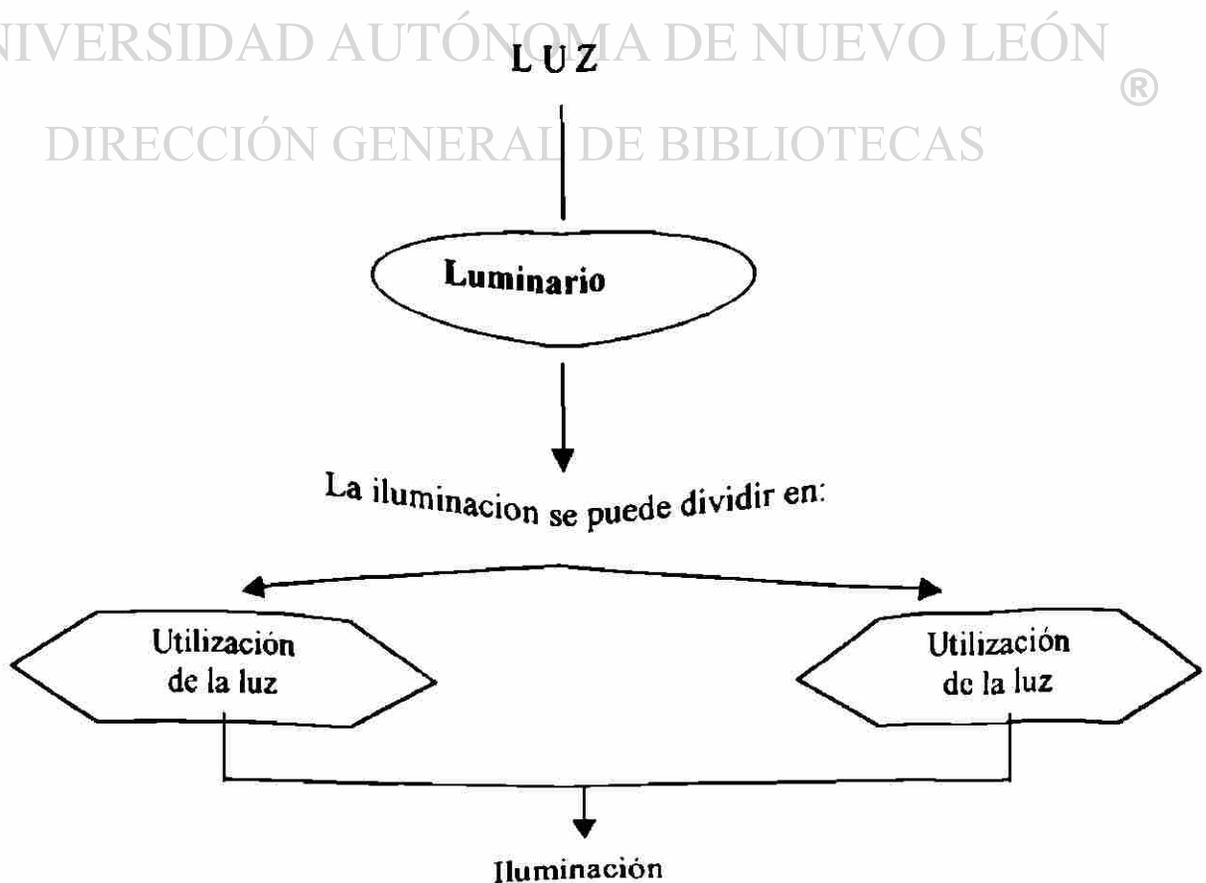
	Lámparas apagadas	Lámparas operando
V. de mercurio	30 %	70 %
V.S.A.P.	50 %	50 %

El diseño y cálculo de alumbrado público se toman lúmenes al final de la vida de la lámpara. Significa que la lámpara de vapor de sodio alta presión es un 43 % más eficiente en la depreciación de sus lúmenes que la de mercurio.

*LLD*

	Vida mercurio	V.S.	V.S.A.P.	% DIF
Lúmenes medios	.73			23.3 %
Lúmenes al final	.51			73 %

Ver tabla comparativa de vapor de mercurio vs. vapor de sodio de alta presión.

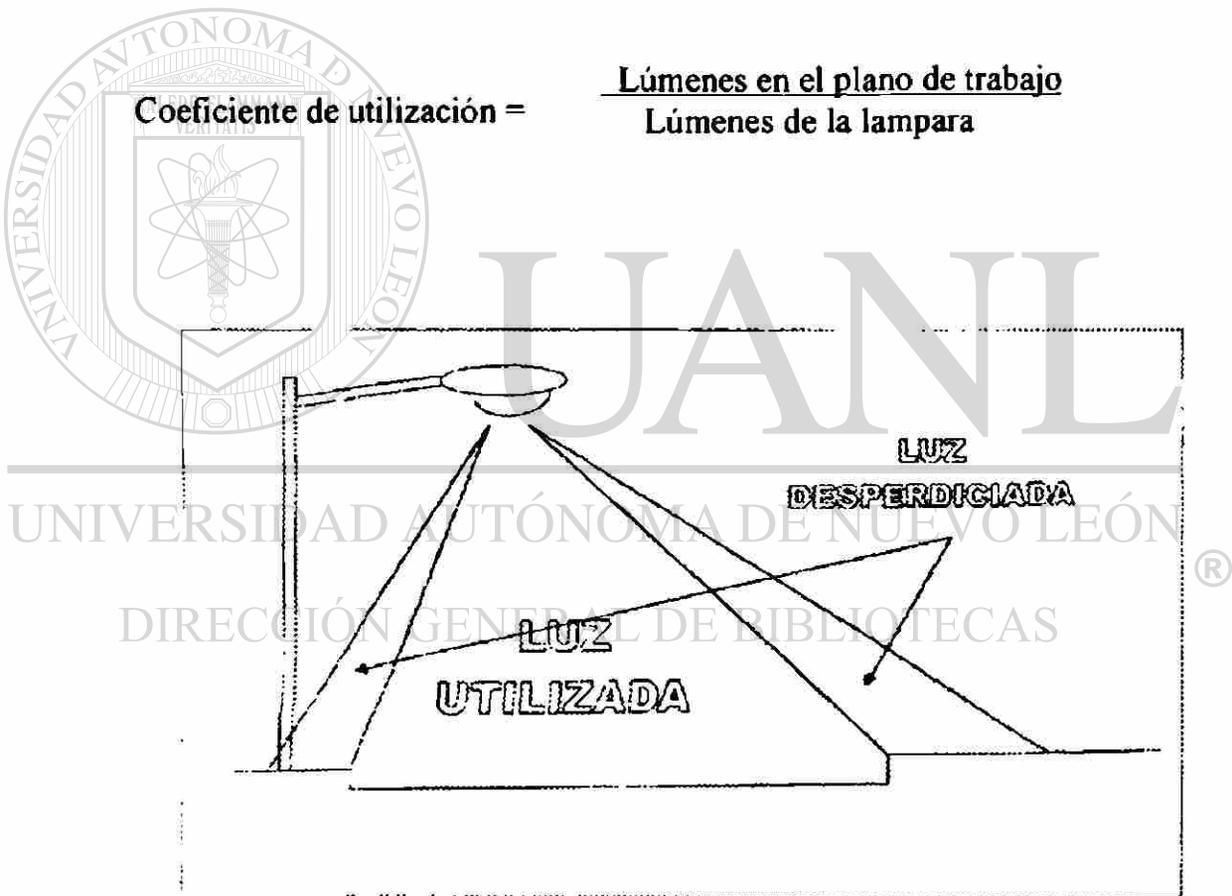


Pareciera que el factor de analizar debe ser la eficiencia:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Luz que sale del luminario}}{\text{Luz que emite la lámpara}}$$

Sin embargo la luz que sale del luminario no se puede aprovechar al 100% por lo que utilizamos lo que llamamos coeficiente de utilización:

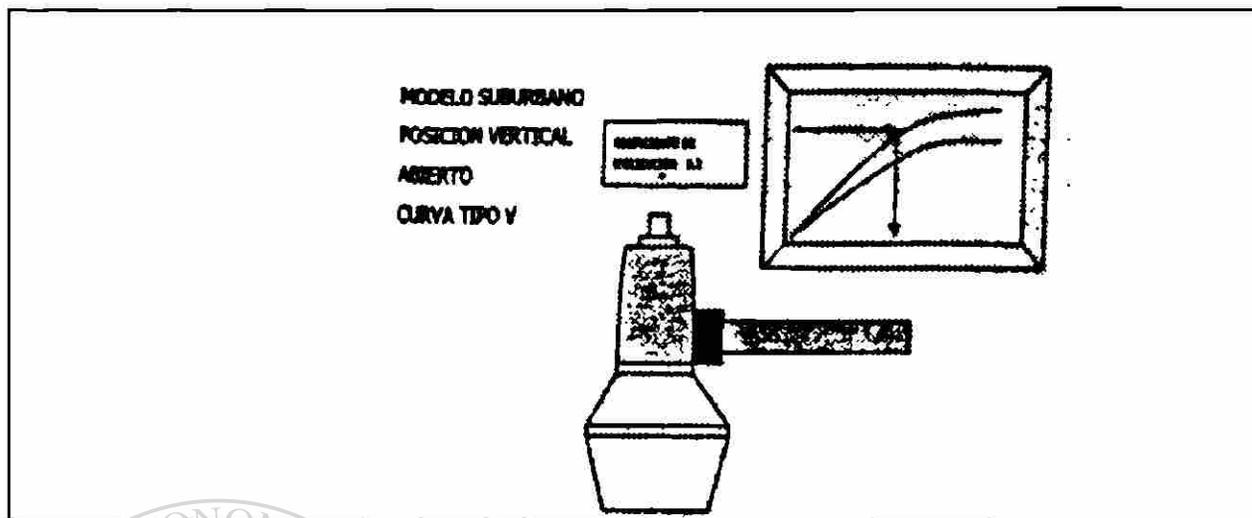
$$\text{Coeficiente de utilización} = \frac{\text{Lúmenes en el plano de trabajo}}{\text{Lúmenes de la lámpara}}$$



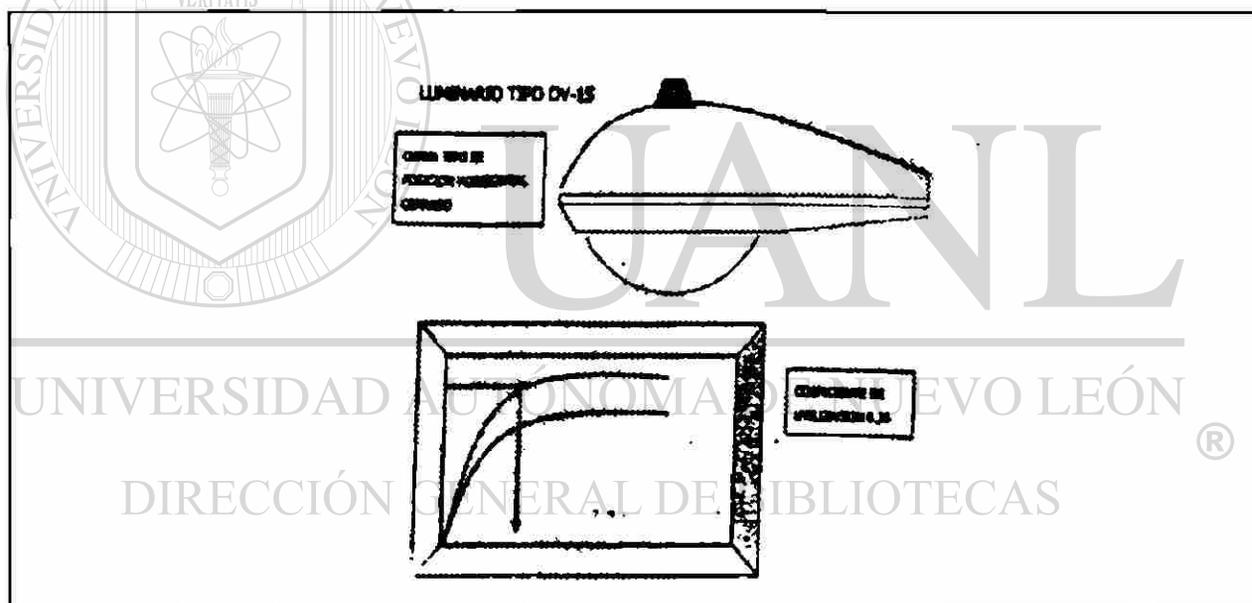
El coeficiente de utilización depende de dos factores:

- a) Diseño del luminario.
- b) Materiales y proceso.

Comparemos dos luminarios de alumbrado público de uso frecuente:



Luminario Tipo OV-15.



El coeficiente de utilización del luminario OV-15 es de 0.36 contra 0.2 del tipo suburbano, lo que representa un 55% más de utilización que puede convertirse en ahorro adicional de energía.

### Factor de mantenimiento.

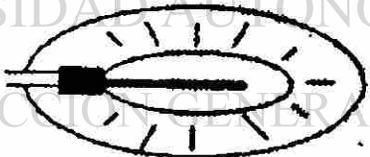
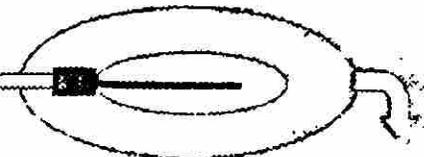
El factor de mantenimiento es el producto del factor de depreciación de lúmenes por lámpara por el factor de depreciación por suciedad del luminario.

$$\text{Factor de mantenimiento} = \frac{\text{Lamp lumens deprecation LLD}}{\text{uz que emite la lámpara}}$$

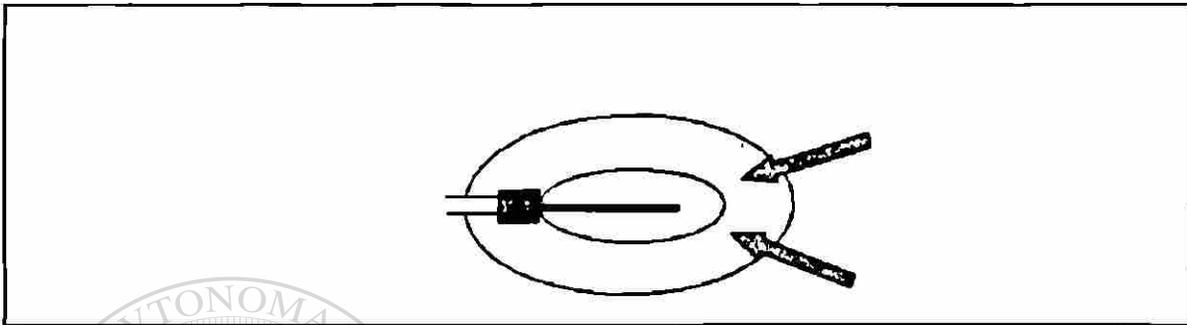
### Depreciación por suciedad del luminario.

Cuando el luminario es de tipo abierto, la suciedad, en forma de partículas y de gases contaminantes, se impacta directamente en el luminario, principalmente en el reflector donde es difícil de limpiar, ya que por efecto del calor se hornean dichas partículas, adheriéndose al reflector.

Cuando el luminario es de tipo cerrado, se produce el siguiente fenómeno.

	<p>Cuando se inicia la operación, la lámpara del luminario se enciende, se calienta y calienta el aire circundante.</p>
	<p>Al calentarse el aire se expande y sale del conjunto óptico.</p>

Al terminar el ciclo de operación, la lámpara se apaga, el aire se enfría y se contrae, lo que provoca al conjunto óptico la misma cantidad de aire que salió. Las partículas contaminantes que alcanzan a entrar se depositan al fondo del reflector.

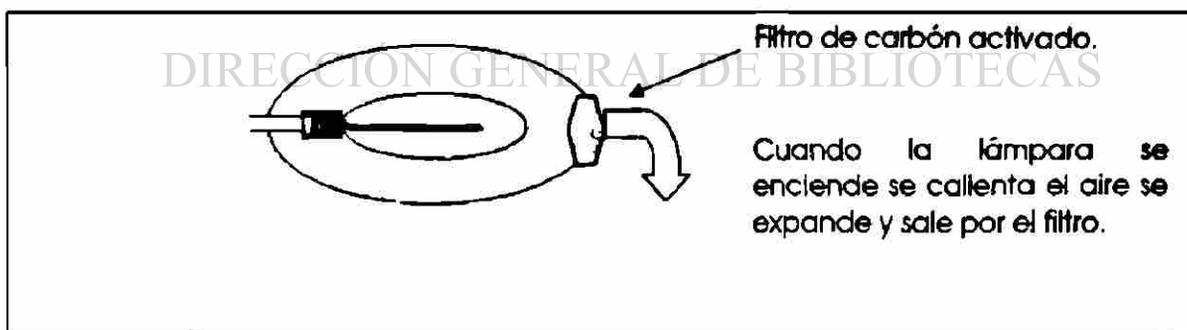


Los contaminantes afectan el control de luz y reducen la eficiencia, los gases contaminantes pueden correr las superficies del control óptico porque se hornean debido al calor de la lámpara y se adhieren al reflector.

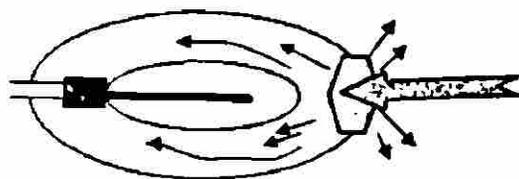
La solución al problema consta de dos partes:

1. Luminario con filtro de carbón activado.
2. Reflector recubierto con una película de vidrio (vitreflex).

¿Cómo funciona el filtro de carbón activado?.



Al terminar el ciclo de operación y cuando la lámpara se apaga, el aire al enfriarse se contrae y un volumen de aire igual al que salió entra la luminario a través del filtro.



Al entrar el aire intenta llevar consigo partículas de polvo y suciedad, las cuales son detenidas por el filtro.

Sin embargo, al penetrar el aire al luminario lleva consigo dos tipos de contaminantes:

- a) Sólido (partículas).
- b) Gaseosos.

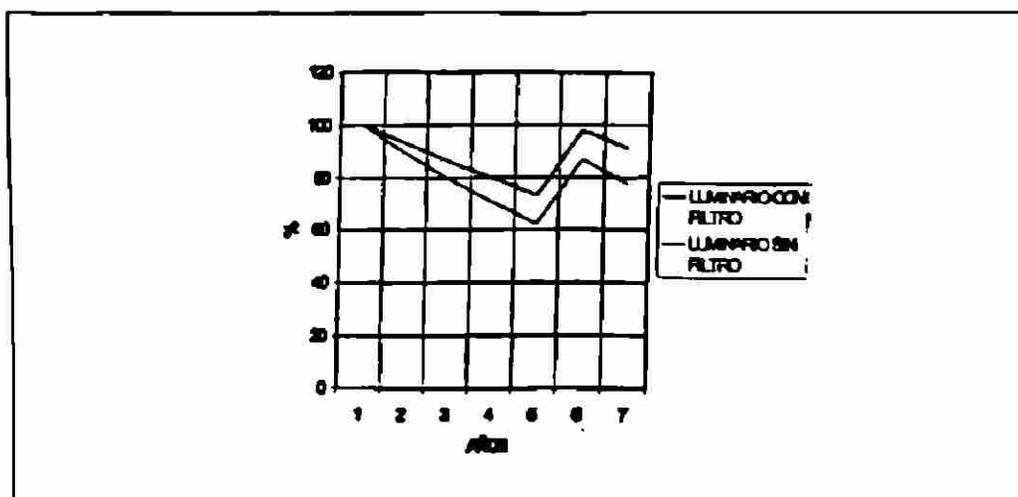
¿Qué es el VITREFLEX y que ventajas representa?.

- Es un reflector con acabado anodizado los gases contaminantes son difíciles de limpiar porque se han horneado por el calor de la lámpara.

Existe un proceso químico para depositar una película de vidrio sobre el aluminio llamada comercialmente VITREFLEX, las principales ventajas del vitreflex son: ®

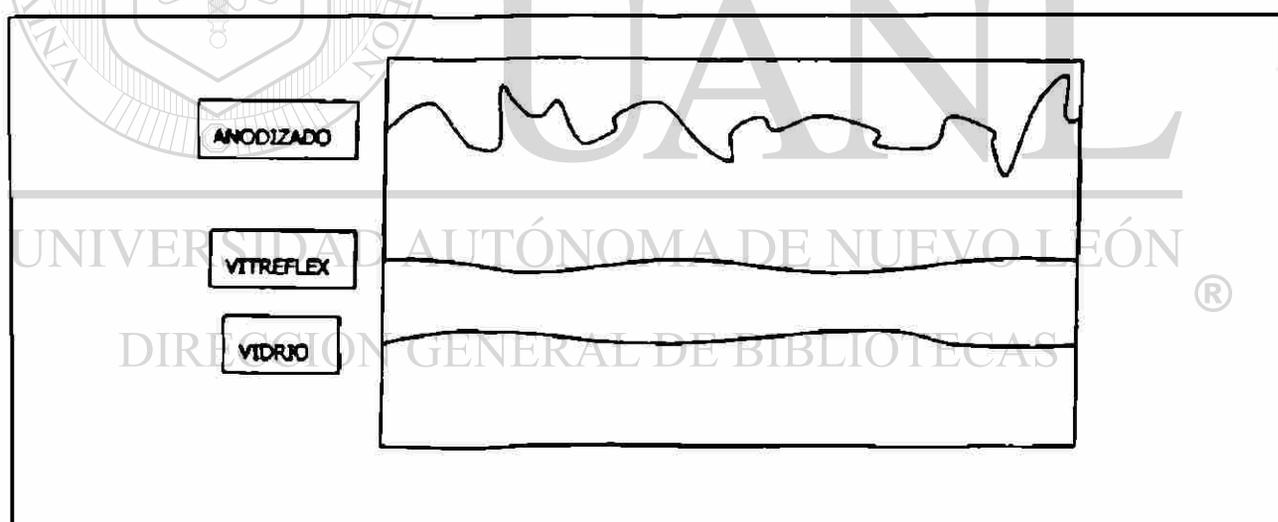
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1. Mayor resistencia al ataque químico.
2. Mayor tersura.
3. Mayor resistencia mecánica.



Mientras haya mayor tersura en una superficie hay menos probabilidades de que se depositen polvos y esto ayuda a mantener la especularidad del reflector.

Cuando se combinan estos elementos, filtro de carbón activado y recubrimiento de vidrio se logran excelentes características de mantenimiento.



La depreciación anual promedio en un conjunto óptico con filtro de carbón es de aproximadamente 1%, en cambio en un luminario sin filtro se dispara hasta alcanzar un 5%, la emisión total de luz se ve afectada entonces por la combinación de pérdida de luz del foco más la suciedad acumulada en el conjunto óptico.

Al término de un periodo de 4 años el luminario sin filtro ha perdido un 40% de eficiencia de emisión de luz, en tanto la luminaria con filtro de carbón activado mantiene una eficiencia del 73%.

Lo más importante es señalar, que con una labor de mantenimiento tan sencilla como limpiar el conjunto óptico por dentro y por fuera, y cambiar el foco, la luminaria con filtro recupera el 98% de su eficiencia en tanto la que no tiene filtro solo recupera el 87% de su eficiencia original.

### Mercurio VS. V.S.A.P.

VS. V.S.A.P.

Nº	Watts	Lúmenes	Watts	Lúmenes	Ahorro Watts	Luz	\$ Ahorro
1	400	10,965	400	36,500	0	333 %	0
2	400	10,965	250	20,075	150	183 %	327,696
3	250	5,865	150	10,950	100	87 %	179,070
4	400	10,965	150	10,950	250	0 %	447,673
5	175	4,156	150	10,950	25	163 %	44,767
6	175	4,156	100	6,935	75	69 %	134,302
7	175	4,156	70	4,380	105	54 %	188,023
8	250	5,865	100	6,935	150	19 %	268,604

Horas de operación anuales = 4015

Días del año = 365

Por horas de operación diaria = 11

4015

# CAPITULO 5

## FUENTES LUMINOSAS

### Lámparas para alumbrado público.

En alumbrado público la lámpara más eficaz que actualmente se está utilizando es la lámpara de vapor de sodio de alta presión (VSAP). Existen todavía instalaciones con lámparas incandescentes, de luz mixta, fluorescentes, de vapor de mercurio y de sodio de baja presión.

Una lámpara de vapor de sodio de alta presión, produce más del doble de luz. Por ejemplo, en 100 W, la lámpara de sodio de alta presión proporciona 9500 lúmenes contra 4400 lúmenes de una lámpara de vapor de mercurio.

### Comparación de lámparas.

- Una lámpara de v. s. a. p de 100 watts =
- 2.16 lámparas de vapor de mercurio de 100 watts de consumo
- 4.7 lámparas de luz mixta de 100 watts de consumo
- 5.36 lámparas incandescentes de 100 watts de consumo

### Primera parte - datos generales.

#### 5.1 Producción de la luz.

##### Incandescencia. Iluminación Eléctrica.

En la lámpara de filamento incandescente, se produce luz al calentarse un filamento hasta el punto de incandescencia, debido a que se tiene resistencia al flujo de la corriente eléctrica.

Casi todos los filamentos de las lámparas están hechos de tungsteno, ya que tiene un punto de fusión relativamente alto, buenas características especiales, y es bastante fuerte tanto al estar frío como al estar caliente.

Si tenemos una barra de tungsteno en un punto de fusión obtendríamos de ella 52 lúmenes por watt. Para aplicaciones prácticas se anota una eficacia máxima de 33 lúmenes por watt, aunque la mayoría de las lámparas caen en el rango de 11 a 22 lúmenes por watt. La lámpara incandescente proporciona un “espectro continuo”.

Ver Fig. 5 – 1.

### **Incandescencia. Iluminación Eléctrica por Gas.**

En la iluminación por gas, la luz se produce como resultado de la combustión de un gas dentro de un capuchón, hecho esencialmente con una malla de torio y cerio.

Las luces de gas proporcionan también un espectro continuo.

### **Descarga gaseosa.**

Las lámparas de descarga consisten en tubos de arco de descarga que operan con presiones de vapor y densidades de corriente eléctrica suficiente para generar apreciables cantidades de luz dentro de su propio arco.

Las lámparas de descarga producen un “espectro continuo y de línea”. Ver Fig. 5 - 2.

Algunas lámparas de descarga comúnmente usados son de Mercurio, de Haluros Metálicos, y de Sodio a Alta Presión.

### **Fluorescencia.**

Cuando un vapor de mercurio se opera a baja presión y se hace atravesar por una descarga eléctrica, se producen luz y energía ultravioleta a 253.7 nanómetros; luego se utiliza un “fósforo” para transformar esta energía en luz visible.

Las lámparas fluorescentes producen también una combinación de espectro continuo y de línea, en el que pueden obtenerse variaciones con diversas mezclas de “fósforos”. Ver Fig. 5 – 3.

Al aplicarse recubrimientos de fósforo a las lámparas de descarga gaseosa de mercurio, aparte de la luz obtenida es resultado de la fluorescencia.

## 5.2 Características de las fuentes luminosas.

### Producción Luminosa.

Si tuviéramos un watt de flujo radiante que se emitiera a 550 nm, que es el punto en el cual el ojo es más sensible, produciría 680 lúmenes. Si un watt de flujo radiante se distribuyera por igual sobre el espectro visible completo, produciría entonces cerca de 220 lúmenes de igual energía.

La Fig. 5 – 4, muestra algunas lámparas que se aproximan a ésta eficiencia teórica.

### Depreciación Lumínica.

Todas las fuentes luminosas se desprecian al envejecer. La Fig. 5 – 5, muestra la depreciación típica de las fuentes de filamentos incandescentes.

### Mortalidad de las Fuentes Luminosas.

Las lámparas fallan en forma totalmente predecible, según pruebas exhaustivas que se han realizado.

La mayoría de las curvas de mortalidad en el diseño de las lámparas están basadas en un punto en vida de ellas en el cual 50 por ciento del total de lámparas en una instalación determinada habrán fallado.

Las curvas de mortalidad indican la proporcionan en la cual se espera que las lámparas fallen dentro de un grupo grande de ellas. Ver Fig. 5 – 6.

### Segunda parte – lámparas de filamento incandescente.

#### 5.3 Partes esenciales – FIG. 5 – 7.

##### Filamento.

El filamento es el elemento productor de luz.

Las lámparas incandescentes modernas utilizan el tungsteno para el filamento debido a su alto punto de fusión, baja relación de evaporación, por su resistencia mecánica y ductibilidad, y por sus favorables características de radiación.

Las lámparas de filamento radian entre 10 y 12 por ciento de la energía consumida bajo la forma de luz visible, y el resto bajo la forma de energía infrarroja.

Existen diversas formas de filamentos de acuerdo con la aplicación y vida deseados en la lámpara.

Algunas de éstas formas se muestran en la Fig. 5 – 8, y puede tratarse de un filamento simple, enrollado, o doble enrollado.

La resistencia del tungsteno cuando está frío es baja en comparación con la que se presenta al estar operando ya caliente. Así pues, al encender la lámpara se produce una mayor demanda de corriente, que típicamente llega a ser hasta 10 veces mayor que la corriente de operación, aunque su duración es del orden de mili segundos.

### **Bombilla.**

Se llama así a la envoltura de cristal de la lámpara, que se utiliza para contener el vacío o la atmósfera de gas inerte en la que opera el filamento. Dentro de ella están también numerosos reflectores internos en diversos acabados, que sirven para alterar la emisión luminosa de la lámpara en alguna forma.

### **5.4 Designación de las bombillas.**

Forma. Las formas de las bombillas se designan por una o varias letras. Ver Fig. 5 – 9:

A – Forma normal

B – Cono

C – Flama

G – Globo

R – Reflector

T – Tubular

P – Forma de Pera

PS - Forma de pera, cuello recto

EAR- Reflector elíptico aluminizado

PAR- Reflector parabólico aluminizado

S - Costados rectos

Además de ésta letra para designar la forma de la bombilla, se utiliza un número que indica el mayor diámetro. Ejemplo 150 A23 indica que se trata de una lámpara de 150 watts, con bombilla forma A, y cuyo diámetro mayor es de 23/octavos de pulgada, o sea de  $2 \frac{7}{8}$  pulgada.

### **Acabados de las Bombillas.**

La envoltura de cristal de una bombilla puede tener diferentes acabados para modificar la alta luminancia del filamento de tungsteno, o bien para controlar la distribución de la luz. Las bombillas pueden ser transparentes, con un tratamiento en la superficie, coloreadas, o tener reflectores interconstuidos para dirigir el haz luminoso.

La coloración puede obtenerse por medio de vidrio de color natural, rociado, esmaltes cerámicos para cristal, o filtros de color fundidos. También se utilizan algunos recubrimientos cuando no se desea que el cristal se rompa.

### **El vidrio de las Lámparas.**

Las bombillas se hacen con materiales que incluyen más de 21 tipos diferentes de vidrio. El vidrio con óxido de calcio se utiliza mucho como material para las bombillas de la mayoría de las lámparas incandescentes; donde se requieren mayores wattajes, bombillas más pequeñas y aplicaciones en exteriores, se requiere de vidrios de baja expansión y resistentes al calor.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **Ennegrecimiento de las bombillas.**

La causa de esto es la evaporación del tungsteno, y puede llegar a convertirse en un problema. Esta evaporación se puede reducir en forma considerable llenando las lámparas con un gas inerte, que normalmente es una mezcla de nitrógeno y argón.

Este procedimiento se aplica a lámparas de cuarenta watts o mayores, para reducir la pérdida de tungsteno del filamento.

En cambio, las lámparas de menor wattaje son generalmente del tipo de vacío, ya que el calor del filamento que disipa el gas compensa con creces la ventaja de una mayor temperatura del mismo.

### **Base de la Lámpara.**

La base proporciona un medio fácil de montaje de lámpara, de fijar la posición de filamento y hace conexiones eléctricas necesarias. Los materiales comúnmente usados en las bases son el aluminio y latón. La Fig. 5-10 muestra algunos tipos de bases y sus aplicaciones.

## **5.5 Clasificación general de las Lámparas.**

### **Servicio General.**

- Las lámparas para servicio general utilizadas para la iluminación normal van desde 15 hasta 100 watts.
- Lámparas Reflectoras.

### **Lámparas para proyector.**

Estas lámparas incorporan normalmente en su diseño un reflector parabólico o elíptico. ( PAR Y EAR ). Cuentan con una envoltura de cristal duro que se fabrica en dos secciones que luego se sellan una con otra, este procedimiento permite contar con un sistema óptico de bastante precisión, ya que tanto la forma del reflector como la posición del filamento con respecto a él pueden realizarse en forma precisa.

### **Lámparas de reflector.**

Estos difieren de las anteriores en que su construcción se realiza de una bombilla de vidrio soplado en una sola pieza por lo cual no puede obtenerse con ellas un color preciso del haz luminoso.

Los dos tipos de lámparas mencionados tienen reflectores internos a los cuales no les afectan el que la suciedad y el polvo se depositen en la superficie exterior de la bombilla, por lo que son ideales para utilizarse en lugares relativamente sucios.

Estas lámparas se fabrican en una línea completa de colores.

Las lámparas de tipo PAR utilizan filtros dicróicos internos de interferencia, que sirvan para separar la energía radiada del filamento.

El reflector utiliza este material obteniéndose una lámpara que refleja las longitudes de onda visibles y permite que las infrarrojas ( calor ) pasen a través del filtro. Así se logra eliminar hasta dos tercios de la energía infrarroja generada. Ver Fig. 5 – 11.

Al utilizarse el filtro sobre la cara interior del lente que cubre la lámpara, el filtro produce luz de un color específico altamente saturado, ya que selecciona solo las longitudes de onda que se desea transmitir, reflejando hacia el interior de la lámpara las restantes.

### **Lámparas de reflector plateado.**

En este tipo de lámpara se deposita un acabado metálico de espejo.( Fig. 5 – 12 ). La superficie reflectora queda protegida así de todo polvo, suciedad y deterioro, lográndose controlar la luz con una pérdida inicial de sólo entre seis y diez por ciento del rendimiento luminoso.

### **Lámparas de reflector semi-plateado.**

Este tipo de lámpara es similar al anterior, sólo que tiene una pequeña sección circular sin platear en el fondo del reflector. Esta sección permite que alrededor de 20 por ciento de la luz total se emita en forma de un pequeño cono dirigido hacia abajo.

## **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

### **Bombillas Decorativas y para Anuncio.**

Hay disponible un surtido completo de lámparas en diversos colores, bombillas, potencias y acabados que se han desarrollado para fines decorativos en interiores y exteriores, donde se utiliza equipo para destello, y donde las lámparas están expuestas a la intemperie.

### **Lámparas de Tungsteno – Halógeno.**

Este tipo de lámparas difiere mucho de las convencionales, tanto en tamaño como en estructura. Utilizan el ciclo de halógeno, en el cual el tungsteno evaporado regresa al filamento, eliminando el ennegrecimiento de su bombilla. El filamento está encerrado en un tubo de vidrio con alto contenido de silicio, que puede soportar las elevadas temperaturas que el ciclo de halógeno requiere para su funcionamiento. Ver Fig. 5 – 13.

### **Lámparas Infrarrojas.**

Las lámparas infrarrojas con filamento de tungsteno son una de las fuentes de energía radiante más eficaces que se conocen. Operan a temperaturas tales que la energía producida es más infrarroja que visible, y sirve para calentar la superficie a la cual se dirige sin calentar el aire situada en medio.

### **Lámparas para Aplicaciones Especiales.**

#### **Lámparas para enseres.**

Están diseñadas para operar en ambientes ya sea fríos, como dentro de refrigeradores y congeladores, o de alta temperatura como sucede en los hornos. Estas lámparas utilizan cementos especiales para su base para soportar esas temperaturas.

#### **Lámparas de uso rudo.**

Están diseñadas para utilizarse en maquinaria de alta velocidad, donde ocurren vibraciones continuas de alta frecuencia.

#### **Lámparas para alumbrado público tipo serie.**

Este tipo opera con corriente constante y mantiene durante toda su vida una alta cantidad de luz, utilizándose en los circuitos en serie para alumbrar las calles. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### **Lámparas ópticas.**

Estos tipos de lámparas llenan importantes funciones en los campos de la ciencia, la industria y la educación, se fabrican bajo normas muy estrictas de calidad y precisión tanto en su diseño como en su construcción.

#### **Lámparas de tres intensidades.**

Estas lámparas emplean dos filamentos y una base de tres contactos, que permite operarlos separadamente o en combinación, proporcionando tres diferentes niveles de iluminación.

### **Lámparas de estudio.**

Cubren potencias de 75 a 10,000 watts con filamentos diseñados para obtener máximo rendimiento luminoso en un haz controlado y concentrado.

### **Lámparas indicadoras.**

Existen estas lámparas en una amplia gama en tamaños, formas, potencias, colores y bases. Se utilizan para señales y como indicadores.

### **Lámparas de larga duración.**

Se diseñan con una eficacia inferior a fin de proporcionar una mayor duración en aplicaciones en las calles es difícil reemplazarlos.

## **5.6 Características de operación.**

### **Eficacia.**

La eficacia de una lámpara es función de su diseño. La Fig. 5 – 14 muestra la eficacia y vida relativa de varios diseños de lámparas de filamento de 100 watts.

### **Duración.**

La duración de una lámpara se basa en promedios obtenidos al probar la vida de muchas de ellas. Al final de la duración específica, permanecen encendidas aproximadamente 50 por ciento de las lámparas; la Fig. 5 – 6 muestra una curva típica de mortalidad.

### **Depreciación.**

Dado que el filamento se evapora a lo largo de la vida de la lámpara, se hace más delgado y consume menos energía. La producción luminosa disminuye debido a la menor temperatura del filamento y a que la bombilla se ennegrece. La Fig. 5 – 5 muestra una curva típica de depreciación para lámparas incandescentes, mientras la V – 15 muestra el ennegrecimiento de las bombillas.

### **Temperatura de Color.**

Hay muchas aplicaciones en las cuales es útil saber la temperatura de calor de una fuente incandescente. La Fig. 5 – 16 ilustra la relación aproximada entre temperatura de color y eficacia para una amplia gama de lámparas de filamento incandescentes llenas de gas.

### **Efectos de las Variaciones de Voltaje.**

Las características de una lámpara se afectan sustancialmente cuando el voltaje varía tanto arriba como abajo del especificado. La Fig. 5 – 17 muestra los efectos de esta variación de voltaje sobre la potencia de entradas, eficacia, duración y salida luminosa.

## **5.7 Ventajas y desventajas**

### **Ventajas de una Fuente Incandescente.**

- Filamento concentrado que semeja bastante una fuente puntiforme lo que permite lograr un buen control óptico.
- Bajo costo inicial.
- Circuitos sencillos que no necesitan equipo auxiliar, y que operan con un factor de potencia unitario.
- Operación en una amplia gama de temperaturas ambiente.
- Su duración no es función de las horas de encendido por cada arranque.

### **Desventajas de una Fuente Incandescente.**

- Eficacia luminosa baja.
- Componente infrarrojo elevado, que pone en la práctica un límite superior en la cantidad de bujías-pie proporcionada por los sistemas incandescentes.
- Operan a alta temperatura.
- Las variaciones de voltaje las afectan en forma crítica.
- Típicamente son de corta duración.
- Están sujetas a fallas por golpes.

## 5.8 FUENTES LUMINOSAS : DESCARGA GASEOSA.

### Parte 2 a – fluorescentes.

#### Generalidades.

Una lámpara fluorescente consiste básicamente en un tubo recubierto de su parte interna con un material fluorescente llamado fósforo; el tubo está relleno con mezcla de gases argón y neón, o argón solamente, y contiene también una pequeña cantidad de mercurio. El arco de vapor de mercurio operando a baja presión, produce ultravioleta a 253.7 nanómetros. Esta energía se cambia a luz visible por la acción del fósforo. Ver Fig. 5 – 18.

Las partes esenciales de una lámpara fluorescente son ( ver Fig. 5 – 19):

#### Tubo.

El tubo actúa como una envoltura hermética para la mezcla de gas y mercurio, sirviendo también de soporte a la cubierta interna de fósforo. La configuración del tubo puede ser recta, en forma de “U”, o circular de diversos diámetros.

#### Base.

La base conecta la lámpara al circuito eléctrico y le sirve también de apoyo. Véase la Fig. 5 – 20 para los diversos tipos de bases.

#### Electrodos.

Los electrodos proporcionan tanto las terminales para establecer el arco como la fuente de electrones; funcionan alternamente como cátodos y ánodos, y se utilizan comúnmente dos tipos de electrodos.

#### Cátodo Caliente.

Consiste de una bobina arrollada o de una triple bobina de filamento de tungsteno cubierta con un material emisor de electrones. Al calentarse el filamento a unos  $1000^{\circ}$  C se desprenden electrones que producen o mantienen el arco. Ver Fig. 5 – 21.

### **Cátodo Frío.**

El cátodo frío es un tubo de níquel o de hierro puro; una superficie interna está recubierta con un material emisor de electrones. Los electrones se sujetan a voltajes mayores, dejando escapar electrones a temperaturas de alrededor de 150 grados centígrados.

### **Relleno gaseoso.-**

La lámpara fluorescente contiene gotitas de mercurio líquido, que durante la operación se vaporiza a presión muy baja ( un cienmilésimo de atmósfera). Además de mercurio, la lámpara contiene también una pequeña cantidad de argón o una mezcla de argón y neón. Este gas se ioniza fácilmente al aplicarse un voltaje a través del tubo, ayudando así el encendido.

### **Fósforos.-**

Este recubrimiento transforma la energía a 253.7 nanómetros en luz. La lámpara fluorescente deriva su nombre del hecho de que éste fósforo fluoresce. La composición química del fósforo determina el color de la luz producida. Véase la Tabla 5 – 1 donde se describen los colores de las lámparas, y la Fig. 5 – 22 que representa las curvas espectrales de radiación de lámparas fluorescentes típicas.

## **Clasificación de Lámparas fluorescentes.**

### **Lámparas Precaentadas.**

Esta lámpara fluorescente utiliza un circuito de arranque a fin de precalentar los electrodos, cuyo diagrama se muestra en la Fig. 5 – 23. El sistema requiere de un reactor y un arrancador o botón manual de arranque. El proceso de precalentamiento requiere de unos cuantos segundos.

### **Arranque Instantáneo.**

La lámpara de arranque instantáneo se desarrolló para eliminar el inconveniente de utilizar un arrancador y reducir el largo tiempo de arranque del sistema de

precalentamiento. El circuito de arranque se elimina al utilizarse un reactor que proporciona un mayor voltaje de arranque que permite a los electrodos arrancar en frío.

Dado que no se requiere precalentamiento, las lámparas de arranque instantáneo tienen un solo contacto en cada extremo de la lámpara. Las lámparas de cátodo caliente que tienen base de un solo contacto se llaman lámparas “slimline”.

### **Arranque Rápido.**

La lámpara fluorescente de arranque rápido combina las mejores características del sistema de precalentamiento y el de arranque instantáneo. El precalentamiento se suministra por medio de un devanado interconstruido en el reactor para calentar los electrodos. No se necesita arrancador, y sin embargo la lámpara enciende casi tan rápidamente como las de arranque instantáneo. Este tipo de lámparas son de hoy día las más populares e importantes en los sistemas de iluminación fluorescente.

### **Carga ligera.-**

Lo más común es una lámpara de arranque rápido que opera a 430 miliamperes, o sea, 10 watts por pie de longitud.

### **Carga mediana.-**

Lámparas de “alta producción”, que operan usualmente a 800 miliamperes, o sea, 25 watts por pie. Esto proporciona alrededor de 50 por ciento más luz que las lámparas de tamaño similar de carga ligera.

### **Carga alta.-**

Lámparas fluorescentes de “producción extra alta” que opera a 1500 miliamperes, o sea 25 watts por pie. Esto proporciona más del doble de salida luminosa que la lámpara de carga ligera de tamaño comparable.

### **Lámparas Fluorescentes para todo clima.**

Estas son lámparas de arranque rápido que cuentan con una cubierta exterior a fin de mantener la temperatura de la pared del tubo, proporcionando una producción de luz razonable bajo condiciones de baja temperatura.

### **Lámparas Fluorescentes de Cátodo Frío.**

Los tamaños de las lámparas de cátodo frío no están estandarizados como en el caso de las lámparas de cátodo caliente. Se producen típicamente en envolturas de tipo T-8, y en longitudes de cuatro, seis y ocho pies. Pueden diseñarse a la orden de diferentes diámetros y con diversas formas. El tubo está limitado a densidades bajas de corriente, y su duración es considerable. Todas las lámparas de este tipo son de arranque instantáneo y requieren circuitos especiales de alto voltaje, dadas las condiciones iguales de tamaño de tubo, carga de corriente y fósforo, la producción en lúmenes y el que ésta se mantenga, se logra por igual tanto en lámparas de cátodo frío como caliente.

### **Componentes del sistema.**

#### **Reactor.**

El reactor llena cualquier o todas de las funciones siguientes:

- Limite la corriente hacia la lámpara fluorescente para evitar su destrucción.
- Suministra voltaje suficiente para comenzar la operación.
- Proporciona corrección del factor de potencia.
- Proporciona una corriente para calentar los electrodos.
- Proporciona supresión de interferencia de radio.

### **Tipo de Sistemas.**

#### **De corriente alterna.-**

Las lámparas fluorescentes operan en su forma más efectiva al alimentarse con corriente alterna. En México, los Estados Unidos y muchos países la frecuencia de la corriente alterna es de 60 hertz ( Hz ). Muchos otros países operan en 50 hertz.

**De alta frecuencia.-**

Las lámparas fluorescentes pueden operarse a frecuencias mayores de 60 hertz. Las ventajas de esto incluyen: ligero aumento en eficacia, reducción de pérdidas térmicas en el reactor, y que la luminaria es en sí más liviana.

**De corriente directa.-**

Las lámparas fluorescentes también operan con corriente directa, pero con reducción en su eficacia. La duración de las lámparas también se reduce, y se requieren procedimientos especiales para su operación.

**Atenuación.**

Las lámparas fluorescentes de encendido rápido pueden atenuarse desde máxima intensidad hasta aproximadamente cero mediante la utilización de circuitos especiales. El circuito de atenuación requiere reactores especiales y otros auxiliares que mantienen energizados los electrodos de las lámparas al voltaje adecuado, sin importar la atenuación a que la lámpara para esté sujeta.

**Centello.**

Las lámparas de encendido rápido y cátodo frío pueden hacerse centellar. Se utilizan reactores de arranque rápido similares a los de atenuación, y sirven para proporcionar calentamiento continuo al electrodo permitiendo así que la lámpara destelle al interrumpirse solamente la corriente suministrada al arco. Como resultado de lo anterior, las lámparas pueden destellar sin que su duración sufra detrimento apreciable.

**Características del comportamiento.****Eficacia.**

Las lámparas fluorescentes proporcionan una eficacia comprendida entre 75 y 30 lúmenes por watt, por lo cual se consideran entre las más eficaces de las fuentes luminosas disponibles hoy en día. Véase la Fig. 5 – 24 que ilustra la distribución de energía de una lámpara fluorescente típica.

### **Duración de la Lámpara.**

Las clasificaciones para la duración se aplican cuando las lámparas se operan bajo condiciones adecuadas, particularmente cuando el reactor utilizado cumple las especificaciones dictadas por el Instituto Nacional Americano de Normas, cuyas siglas en inglés son ANSI, a lo que debe agregarse al voltaje adecuado para el diseño del reactor. Generalmente los reactores ostentan una etiqueta o placa que aseguran su comportamiento eléctrico adecuado ( CBM ). Las tablas de duración de lámparas publicadas están basadas en un ciclo de operación de tres horas por cada arranque. Si el ciclo de operación de la lámpara es mayor, se obtiene también una mayor duración. Los factores de multiplicación típicos son: seis horas por arranque, 1.25; doce horas por arranque, 1.6; operación continua, 2 ó más.

### **Depreciación Luminica.**

En forma similar a lo que ocurre con otros tipos de lámpara, las fluorescentes disminuyen su producción luminosa conforme van envejeciendo. La producción luminosa depende tanto del wattaje como del color de la lámpara, y disminuye rápidamente durante las primeras 100 horas de operación. Para propósitos de tabulación, se utiliza en forma inicial esta cifra de 100 horas. La Fig. 5 - 25 muestra la depreciación típica de las lámparas fluorescentes es una gráfica de producción luminosa - tiempo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **Color.**

El color de la luz producido por las lámparas fluorescentes depende únicamente del tipo de fósforo utilizado. Como resultado, existen muchos colores y varios tonos de blanco.

### **Efectos de la Temperatura.**

La producción luminosa de cualquier lámpara fluorescente depende de la presión del vapor de mercurio que se encuentra dentro. Por tanto, al aumentar o disminuir la temperatura de la pared del tubo alrededor de su punto óptimo de 100 grados Fahrenheit,

variará la presión y por tanto la producción luminosa. La Fig. 5 – 26 indica estos cambios.

Las lámparas fluorescentes se comportarán en forma satisfactoria cuando operan con los auxiliares aprobados. Los reactores están diseñados para arrancar las lámparas en temperaturas tan bajas como 50 grados Fahrenheit. Si se requiere operar a temperaturas menores que esto, se necesita utilizar un reactor que proporcione mayores voltajes de circuito abierto a fin de proporcionar el arranque adecuado. En un sistema eléctrico sin aterrizar, deben tomarse precauciones especiales a fin de asegurar el arranque en forma confiable.

### **Efectos de la humedad.**

La carga electrostática en el exterior de una bombilla fluorescente afecta el voltaje necesario para establecer el arco. El aire húmedo que rodea la lámpara afecta dicha superficie desfavorablemente, requiriendo voltajes de arranque instantáneo. Este factor se vuelve muy importante cuando la humedad relativa excede del 65 por ciento, y su efecto aumenta rápidamente conforme la humedad se acerca al 100 por ciento. Las lámparas "slimline", y las de arranque rápido instantáneo vienen normalmente con una capa de silicón para facilitar el arranque a voltajes normales bajo cualquier condición de humedad. Existen también unos canales metálicos que ayudan también al arranque, y que requieren aterrizar junto con el reactor.

Las lámparas fluorescentes se comportarán en forma satisfactoria cuando operan con los auxiliares aprobados. Los reactores están diseñados para arrancar las lámparas en temperaturas tan bajas como 50 grados Fahrenheit. Si se requiere operar a temperaturas menores que esto, se necesita utilizar un reactor que proporcione mayores voltajes de circuito abierto a fin de proporcionar el arranque adecuado. En un sistema eléctrico sin aterrizar, deben tomarse precauciones especiales a fin de asegurar el arranque en forma confiable.

### **Efectos de la humedad.**

La carga electrostática en el exterior de una bombilla fluorescente afecta el voltaje necesario para establecer el arco. El aire húmedo que rodea la lámpara afecta dicha

superficie desfavorablemente, requiriendo voltajes de arranque instantáneo. Este factor se vuelve muy importante cuando la humedad relativa excede del 65 por ciento, y su efecto aumenta rápidamente conforme la humedad se acerca al 100 por ciento. Las lámparas “slimline”, y las de arranque rápido instantáneo vienen normalmente con una capa de silicón para facilitar el arranque a voltajes normales bajo cualquier condición de humedad. Existen también unos canales metálicos que ayudan también al arranque, y que requieren aterrizar junto con el reactor.

### **Interferencia de Radio.**

Cuando el arco electrodo es inestable o chisporrotea, puede producirse una radiación que puede detectarse en las frecuencias de transmisión de radio comprendidas entre 550 y 1600 Hz. Esta interferencia puede llegar al receptor en cualquiera o todas de las siguientes formas:

- Radiación directa de la lámpara fluorescente al circuito de antena del radio.
- Radiación directa de la línea de suministro eléctrico al circuito de antena.
- Retroalimentación desde el luminario hasta el radio a través de la línea de corriente.
- La interferencia puede reducirse utilizándose los siguientes procedimientos:
- Retirando la antena de la lámpara, o utilizando una pantalla aterrizada que rodee la lámpara.
- Tanto la radiación por la línea como la retroalimentación por ella misma pueden realizarse instalando filtros eléctricos tan cerca de cada lámpara como sea posible.

### **Ventajas:**

- Alta eficiencia.
- Larga duración.
- Es una fuente lineal.
- Existen en gran variedad de colores.
- Tienen luminancia de superficie relativamente baja.

**Desventajas:**

- Mayor costo inicial debido a que requieren equipo auxiliar.
- Es sensible tanto a la temperatura como a la humedad.
- Produce interferencia de radio.
- Produce relativamente pocos lúmenes en relación con el tamaño físico de la lámpara.
- No se presta para un control preciso de la luz.

**5.9 PARTE 2B – LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD.****5.10 Generalidades.**

La lámpara de descarga de alta intensidad produce luz directamente y como resultado de una corriente, que pasa a través de un gas o vapor sometido a presión. La corriente eléctrica a través del vapor aumenta en forma no controlada, por lo que se requiere un reactor que lleve a cabo dicho control sobre la lámpara. La distribución de la potencia de entrada en una lámpara típica de 400 watts del tipo de descarga de alta intensidad se detalla en la Tabla 5 – 2.

**5.11 Lámparas de mercurio.****Partes y Clasificación de las Lámparas:****Partes típicas de las lámparas de mercurio.**

Las partes se muestran esquemáticamente en la Fig. 5 – 27. Los elementos básicos son el tubo de arco, los electrodos y la envoltura de cristal dentro de la cual se encuentran el tubo de arco y que sirve para estabilizar la operación de la lámpara y prevenir la oxidación de las partes metálicas.

**FORMAS DE LAS BOMBILLAS. ( Ver Fig. 5 – 28 ).**

T – tubular

R – reflector

A – arbitrario

BT- bulbo tubular

PAR- parabólica

E – elíptica

### **Clasificación de las lámparas.-**

La ANSI desarrolló un código para los tipos de lámparas de mercurio, según se muestra la Fig. 5 – 29. El sistema ANSI utiliza la letra H seguida de un número y otras dos letras. La letra H indica que la lámpara es del tipo de mercurio. El número representa el tipo de reactor utilizado, y las dos letras siguientes definen las características físicas de la lámpara. Se utilizan letras adicionales para identificar el tipo de recubrimiento de fósforo que utiliza. Esta última son como sigue:

C - para el fósforo de color mejorado.

W - para el fósforo de alta eficacia.

DX- para el tipo de lujo.

Y - para el amarillo.

### **Tipos de Lámparas.**

- Las lámparas de mercurio se utilizan para propósitos generales de alumbrado y se consiguen en wattajes desde 40 hasta 220 watts.
- Existen lámparas transparentes y también con recubrimiento de fósforo; las curvas espectrales para lámparas típicas aparecen en la Fig. 5 – 30.

---

### **Características de Operación.**

#### **Larga duracion.**

La duración promedio es típicamente superior a las 24,000 horas, como se ve en la Fig. 5 – 31.

#### **Eficacia.**

La eficacia de este tipo de lámpara es de 30 a 65 lúmenes por watt dependiendo del wattaje y el color.

**Mantenimiento de la producción luminosa.**

La producción luminosa varía mucho con el wattaje y el tipo de fósforo. La Fig. 5 – 32 muestra una curva típica del mantenimiento de la producción luminosa.

**Voltaje.**

Se necesita el voltaje de línea adecuado para que las lámparas funcionen correctamente. Ver Fig. 5 – 33.

**Arranque.**

El arranque de la lámpara de mercurio necesita varios ciclos. Al aplicarse el voltaje por primera vez, se establece un pequeño arco entre el electrodo de arranque y el de operación. La ionización continua da por resultado que la resistencia del arco se reduce entre los electrodos principales.

**Calentamiento.**

El tiempo de calentamiento requerido es de cuatro a siete minutos, tiempo durante el cual todo el mercurio se convierte en vapor y la lámpara alcanza su máxima brillantez. En este momento, se estabilizan el voltaje y la corriente; sin embargo, una interrupción momentánea en el suministro eléctrico o bien, una baja considerable de voltaje, puede ocasionar que la lámpara se apague.

**Re-arranque.**

El tiempo de re-arranque es de cuatro a seis minutos, ya que la mayor parte del vapor de mercurio debe condensarse antes de que el voltaje a través del reactor pueda restablecer el arco.

**Operación normal.**

La salida de las lámparas de descarga de alta densidad no se ve afectada por la temperatura ambiente. Sin embargo, tanto las bajas temperaturas como los vientos pueden producir una condición en la cual se requiera de un voltaje más alto para encender la lámpara.

### **Circuitos de corriente continua.**

Las lámparas de mercurio pueden operarse con éxito en circuitos de corriente continua que proporcionan un voltaje suficiente para encender las lámparas y que cuentan con los reactores adecuados para limitar la corriente. Sin embargo, el mantenimiento de la producción luminosa puede afectarse adversamente.

## **5.12 Lámparas de haluros metálicos.**

### **Generalidades.**

La lámpara de haluro metálico tiene materiales adicionales contenidos en el tubo del arco, que sirven para aumentar la producción luminosa y mejorar el color de la lámpara. La Fig. 5 – 35 ilustra las partes de una lámpara de éste tipo.

### **Aplicaciones.**

Las lámparas de haluros metálicos se aplican en sistemas de iluminación en exteriores, para deportes y para iluminar las calles, así como otras aplicaciones generales.

### **Eficacia.**

La eficacia de éste tipo de lámparas es de 75 a 100 lúmenes por watt dependiendo de los haluros metálicos utilizados y también del wattaje de la lámpara.

### **Duración.**

La duración de éstas lámparas es del orden de 6,000 a 10,000 horas.

### **Mantenimiento de la producción luminosa.**

Esta característica se ilustra en la Fig. 5 – 36.

### **Características especiales.**

La Fig. 5 – 37 ilustra éstas características.

**Arranque.**

Tanto el arranque como el calentamiento de estas lámparas son similares a las de la lámpara de mercurio, aunque requieren más tiempo para llevarse a cabo.

**Voltaje.**

Las lámparas de éste tipo son de naturaleza evolutiva. En su forma actual, los requisitos de las lámparas en cuanto a voltaje de arranque y forma de onda de la corriente de operación son tales que las lámparas no se comportarán adecuadamente con la mayoría de los reactores existentes para lámparas de mercurio.

### **5.13 Lámparas de sodio de alta presión.**

**Generalidades.**

Este tipo de lámparas utilizan un tubo de arco hecho de una alumina especial para transmitir la luz, y que permite operar con sodio a temperaturas mayores y presiones más elevadas que las disponibles anteriormente. Las partes de la lámpara de sodio de alta presión se muestran en la Fig. V - 38.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Aplicaciones.**

Esta lámpara se aplica en alumbrado de las calles, para iluminación exterior y para alumbrado en general de áreas grandes.

**Eficacia.**

La eficacia de esta lámpara es de 100 a 115 lúmenes por watt, dependiendo del wattaje de la lámpara.

**Duración.**

Estas lámparas tienen una vida de alrededor de 10,000 horas.

**Mantenimiento de la producción luminosa.**

La Fig. 5 – 39 muestra el mantenimiento de la producción luminosa.

**Espectro.**

El espectro de éstas lámparas es continuo según se ve en la Fig. 5 – 40. Y por tanto contiene algo de todos los colores.

**Arranque.**

La lámpara de sodio de alta presión puede necesitar hasta 15 minutos para alcanzar su máxima potencia luminosa; en caso de una interrupción, el arco se restablecerá nuevamente uno o dos minutos después.

**Voltaje.**

Los requisitos de éstas lámparas tanto para su arranque como para la variación de voltaje que experimentan a lo largo de su vida son tales que se requieren reactores especialmente diseñados.

**5.14 PARTES 3 – RESUMEN.**

La Fig. 5 – 41 nos presenta una tabla comparativa de las diferentes cualidades de todas las clases de lámparas que hemos visto hasta ahora.

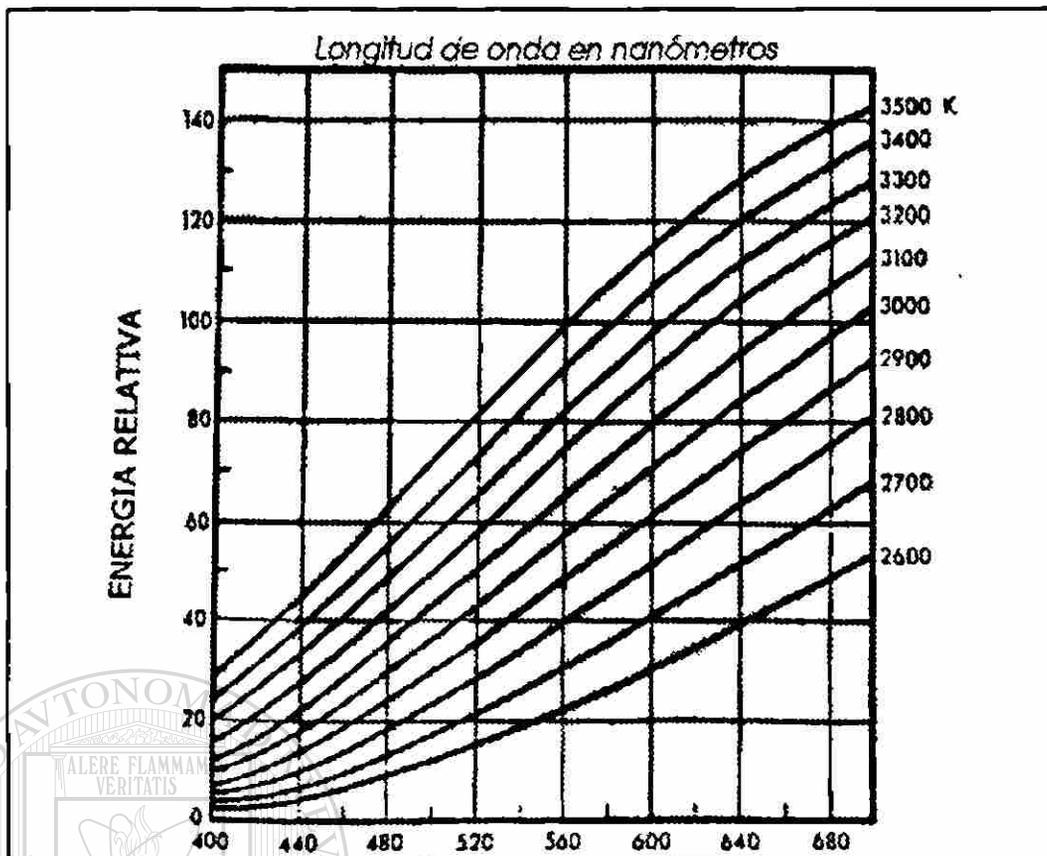


Figura 5-1-Espectro continuo. Distribución espectral de energía en la región visible característica de filamentos de tungsteno al igual wattaje, pero diferente temperatura.

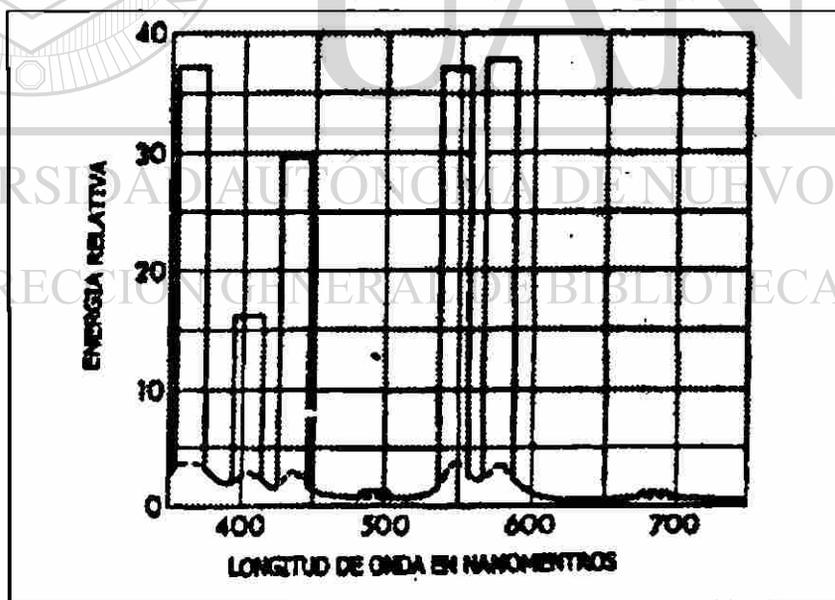


Figura 5-2-Espectro de línea. Distribución espectral típica de una lámpara transparente de mercurio.

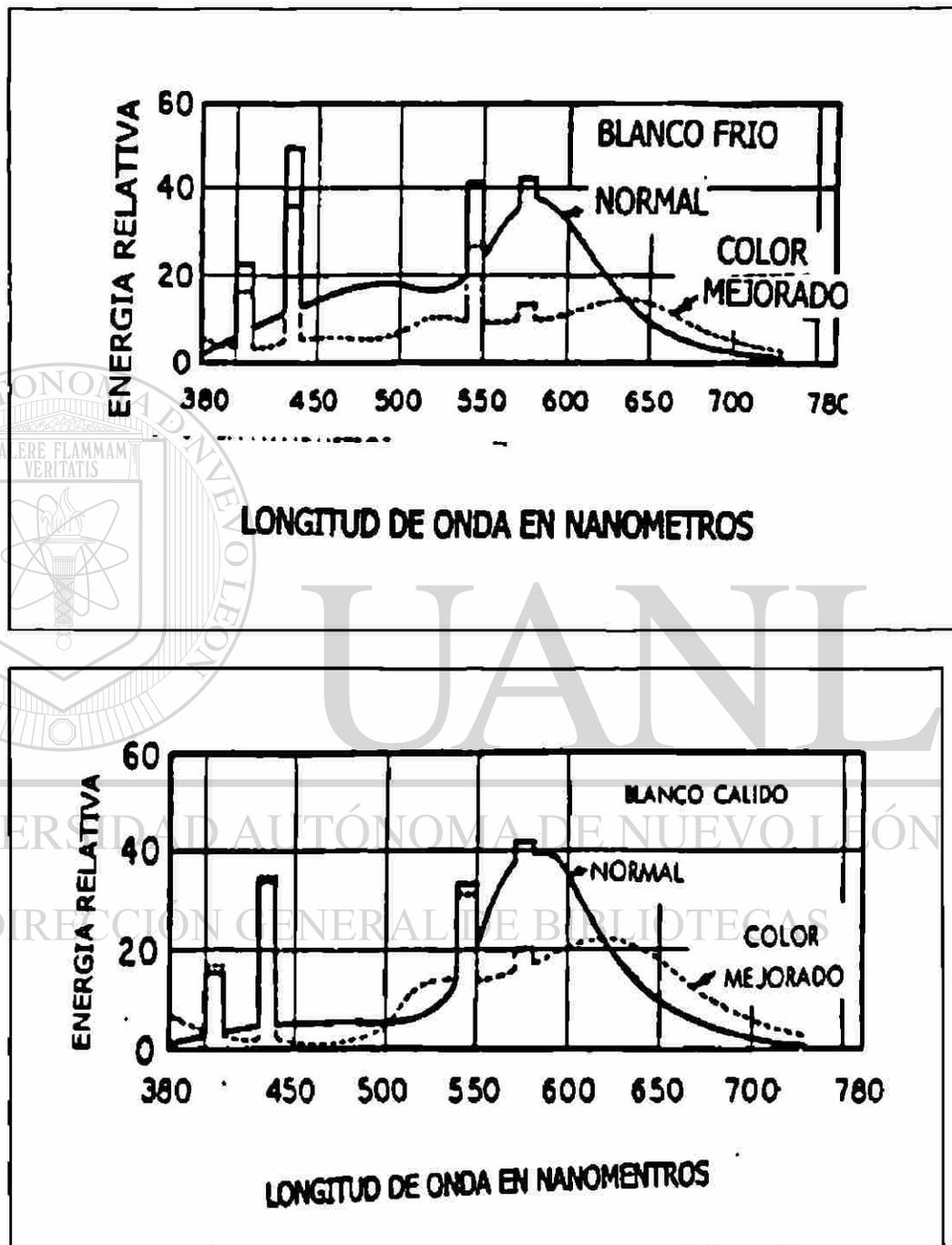


Figura 5-3-Espectro combinado continuo y de línea. Curvas de distorsión de energía en lámparas fluorescentes típicas

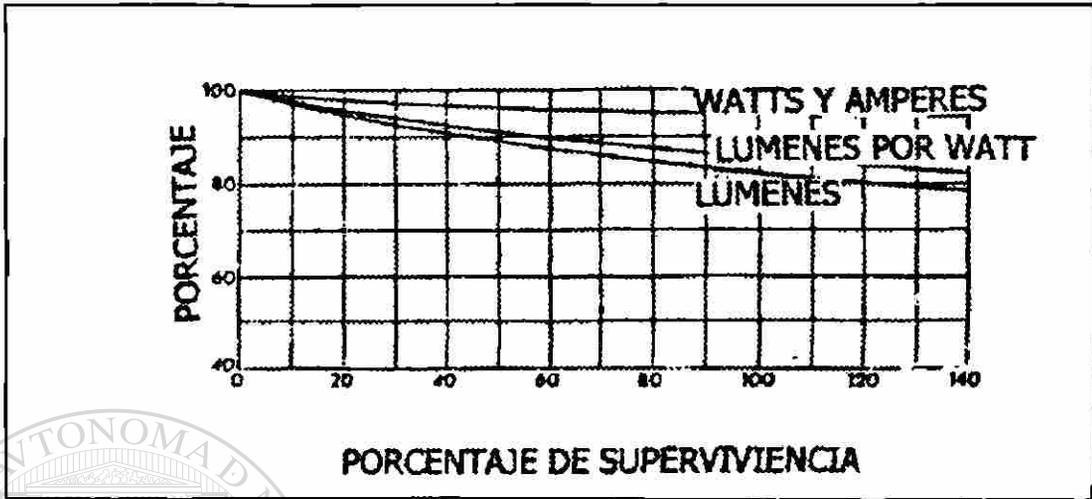


Figura 5-5.- Curva de depreciación para fuentes típicas de filamento incandescente.

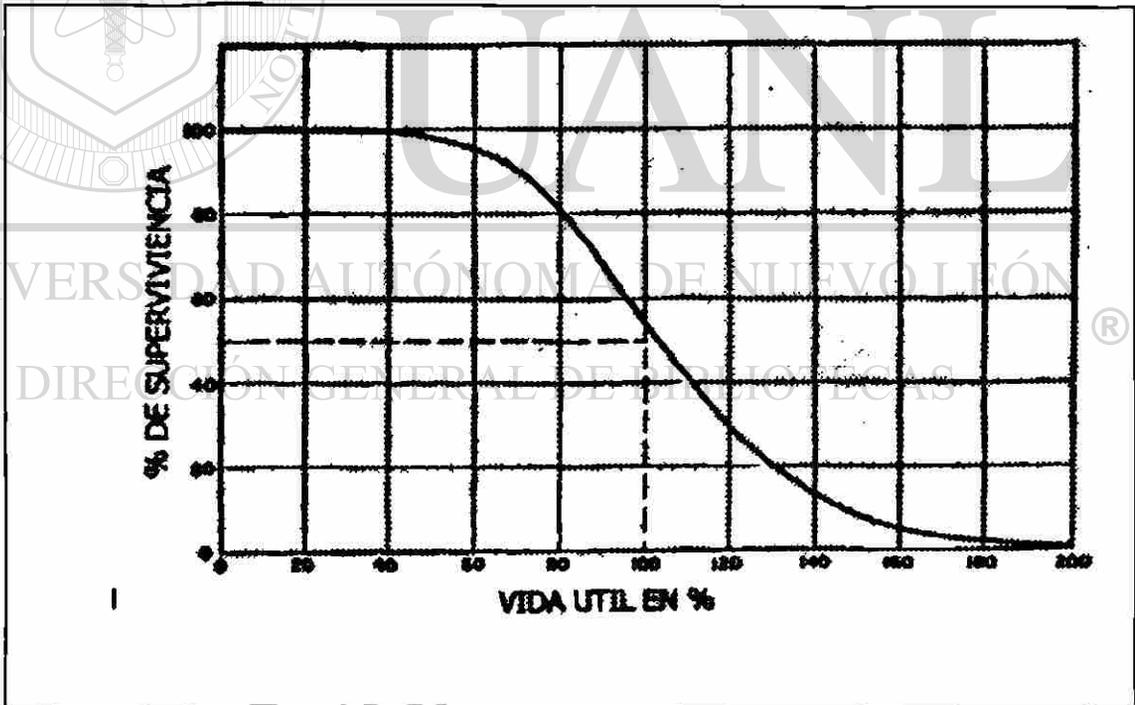


Figura 5-6.- Curva de mortalidad promedio para un grupo de lámparas de filamento incandescente.

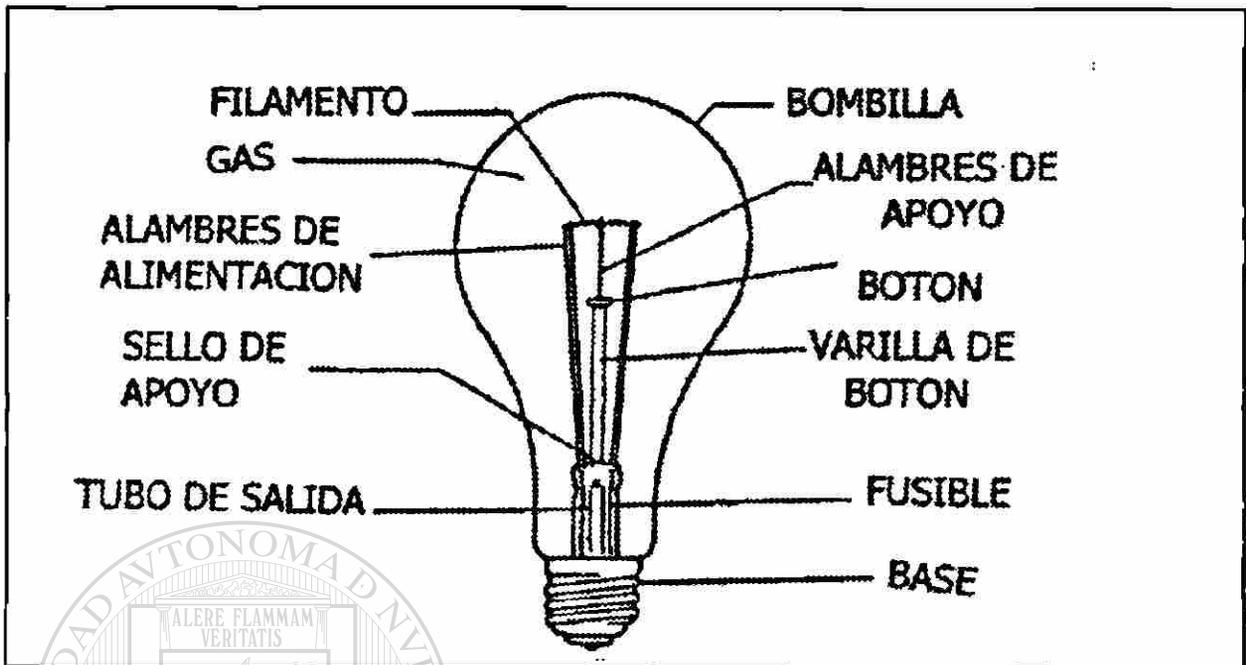


Figura 5-7.- Lámpara de filamento incandescente

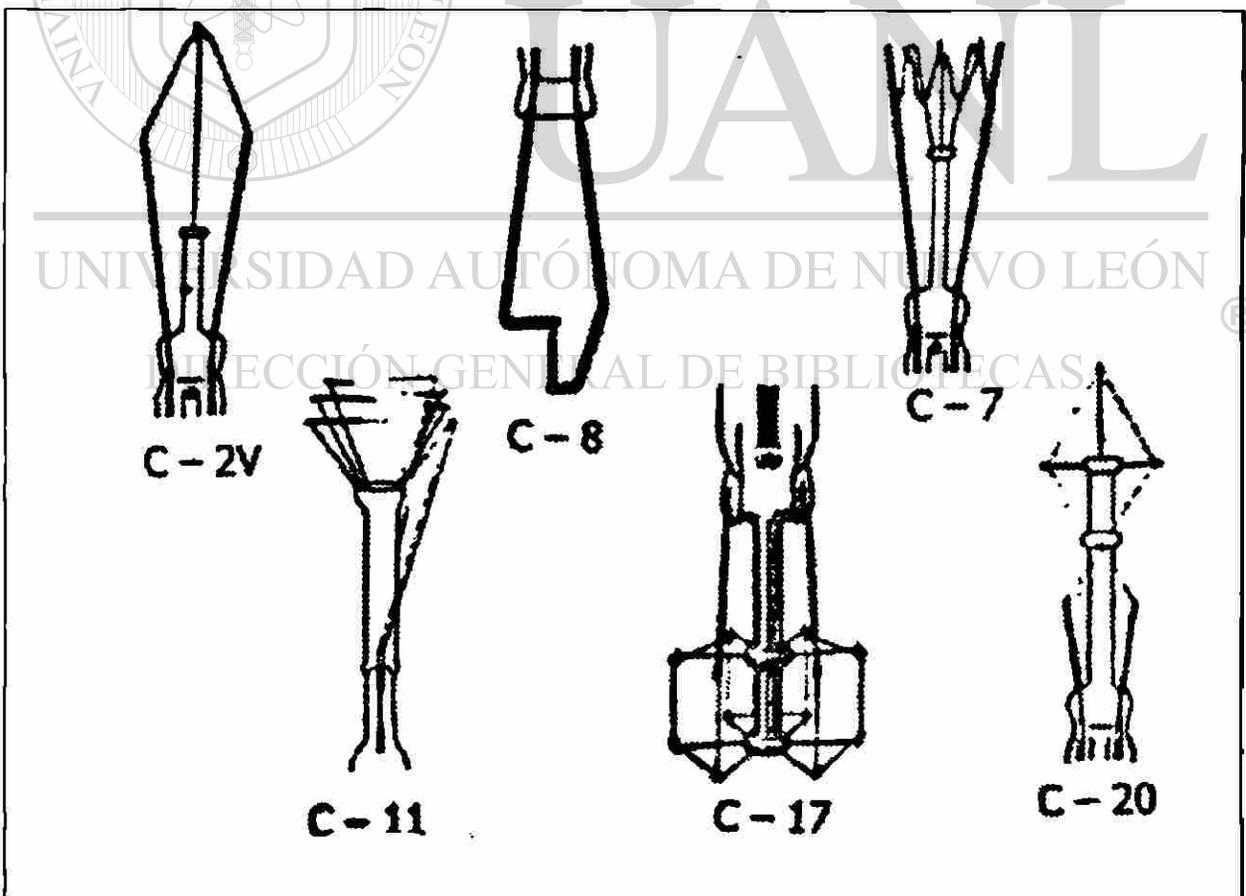
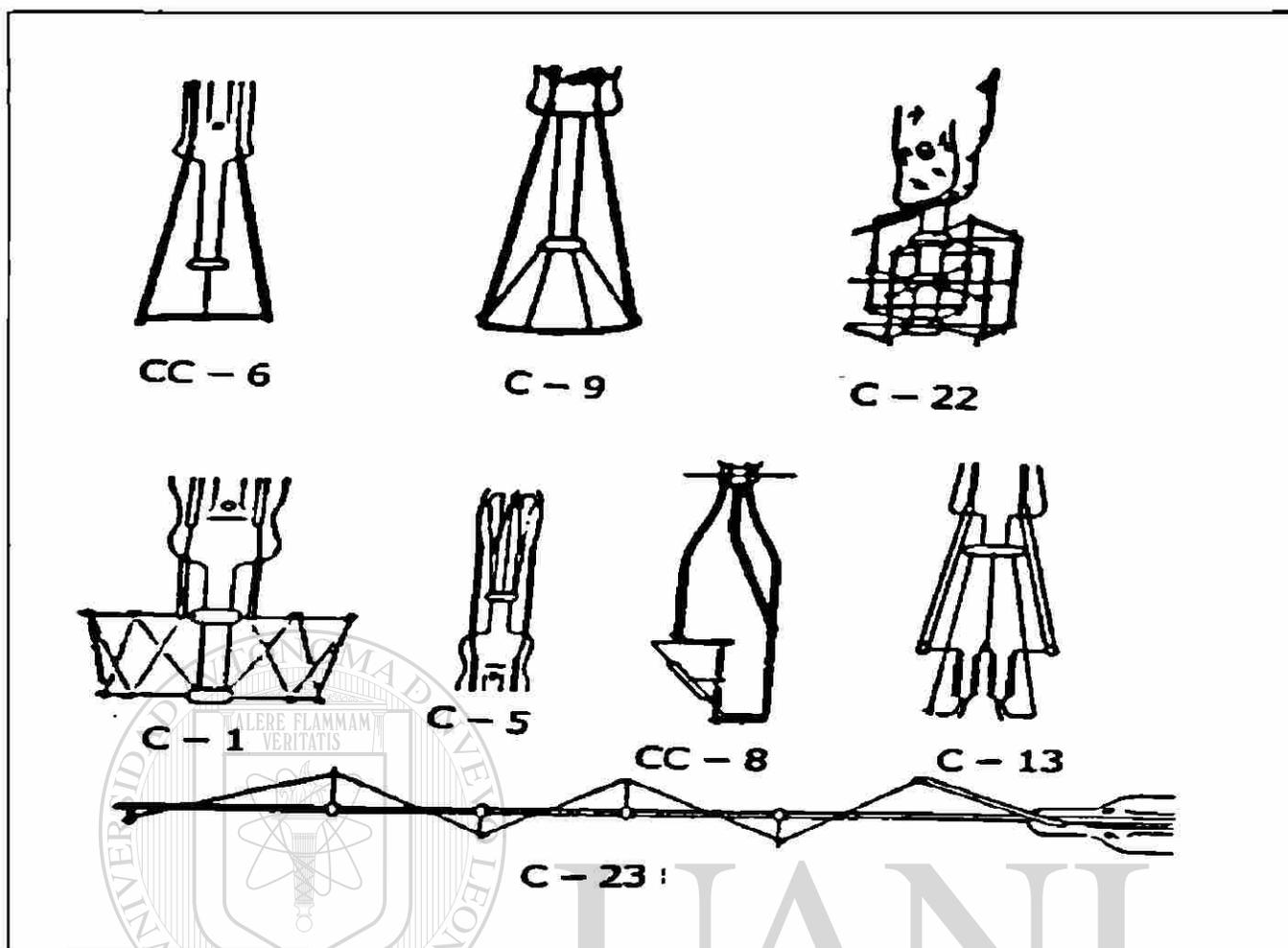


Figura 5-8.- Formas típicas de filamentos.



Los filamentos para usos generales utilizan los menos apoyos posibles, porque cada uno de ellos produce pérdidas de calor en el filamento, reduciendo la eficacia de la lámpara. Muchos tipos utilizan filamentos de bobina enrollada para reducir la longitud total. El filamento de éste tipo (CC-6) de una lámpara de 60 watts tiene 5/8 de pulgada de largo, pero contiene 21 pulgadas de alambre de tungsteno. Los filamentos resistentes a la vibración como el C-9 tiene más apoyos que los de uno general. Tienen una mayor eficacia porque los apoyos adicionales disipan calor. Los filamentos de uso rudo como el C-22 tiene aún más apoyo y en consecuencia, también menor eficiencia. Las lámparas VS y RS son de mayor wattaje y tienen una porción de alambre de piano entre los segmentos "partidos" de la varilla de cristal, con lo que tanto el filamento como la varilla resisten mejor los choques y vibraciones. Varios tipos de los otros comunes de filamento están también ilustrados para su identificación

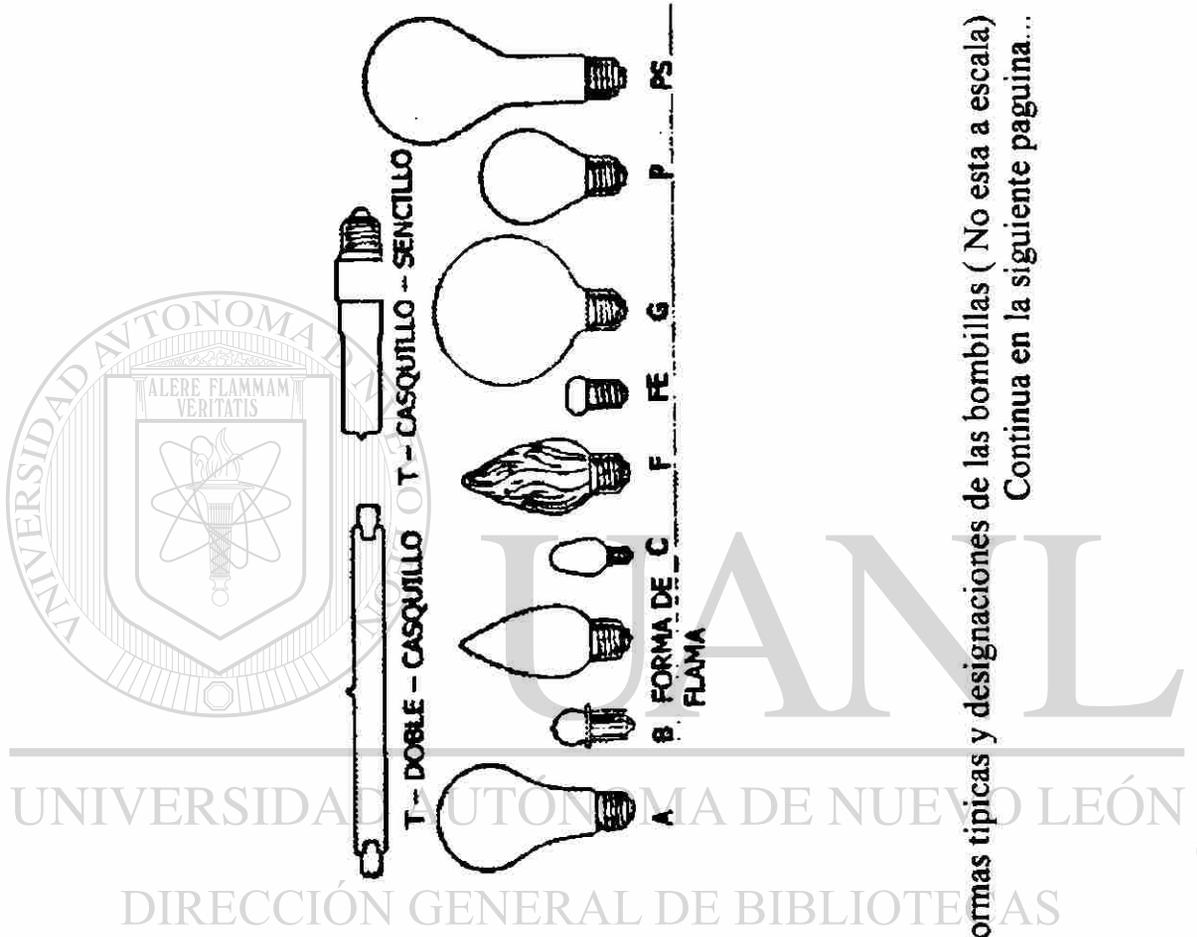
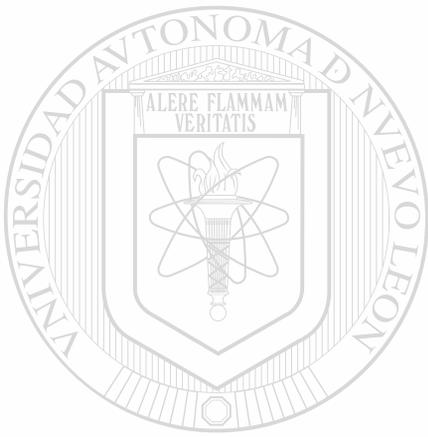


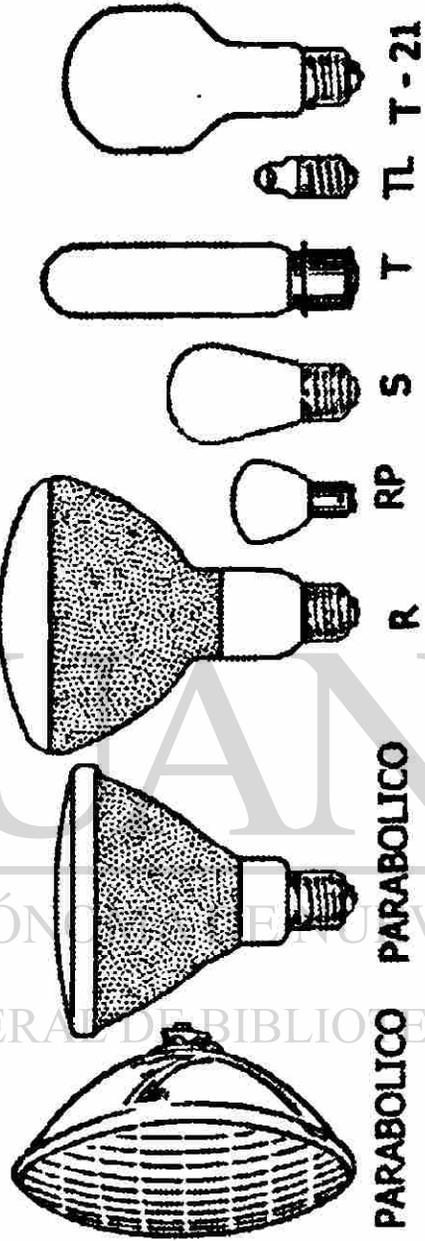
Figura 5-9. - Formas típicas y designaciones de las bombillas ( No esta a escala)  
Continúa en la siguiente pagina...



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DE FLAMA



PARABOLICO PARABOLICO

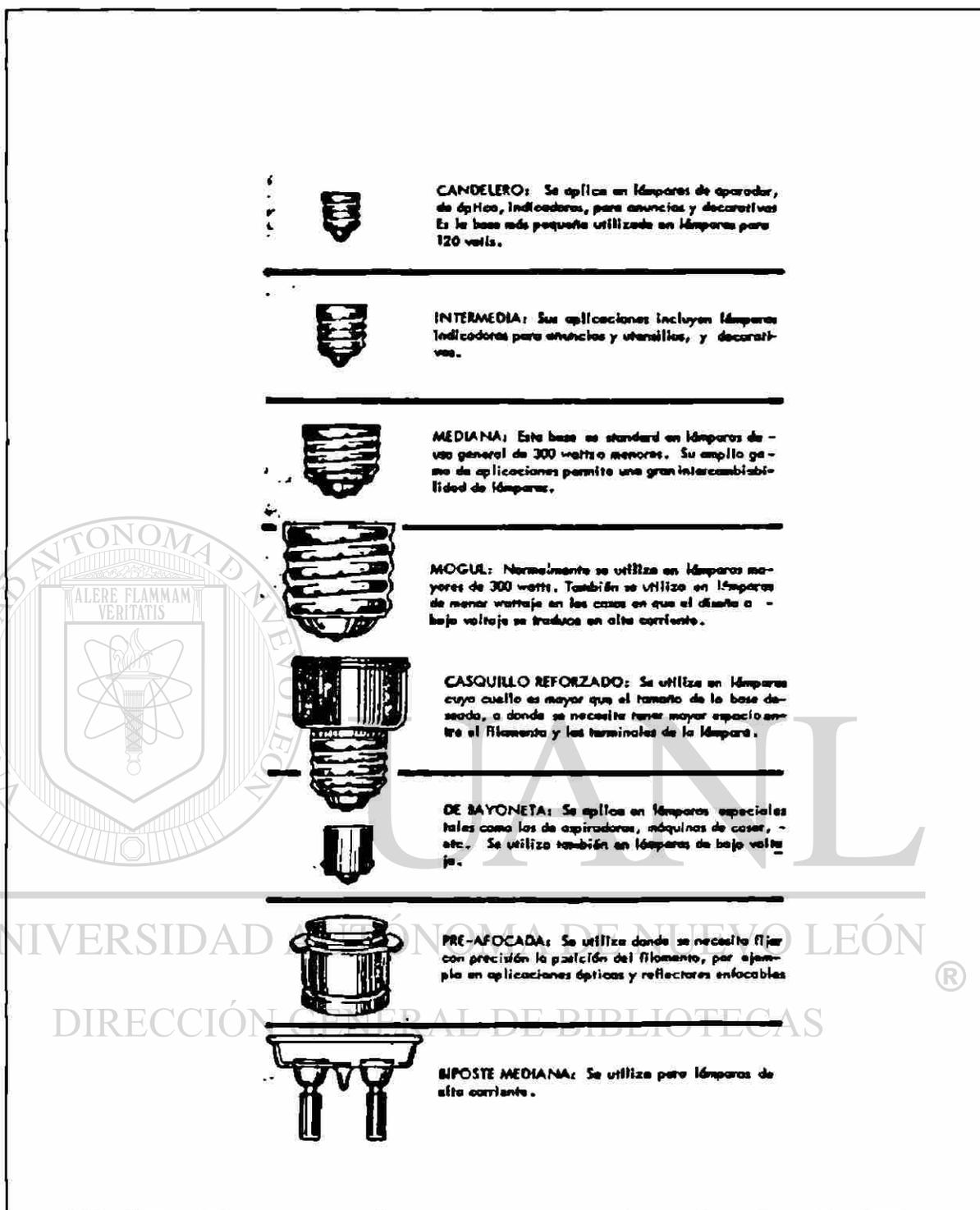


Figura V-10.- Algunas bases de lamparas incandescentes

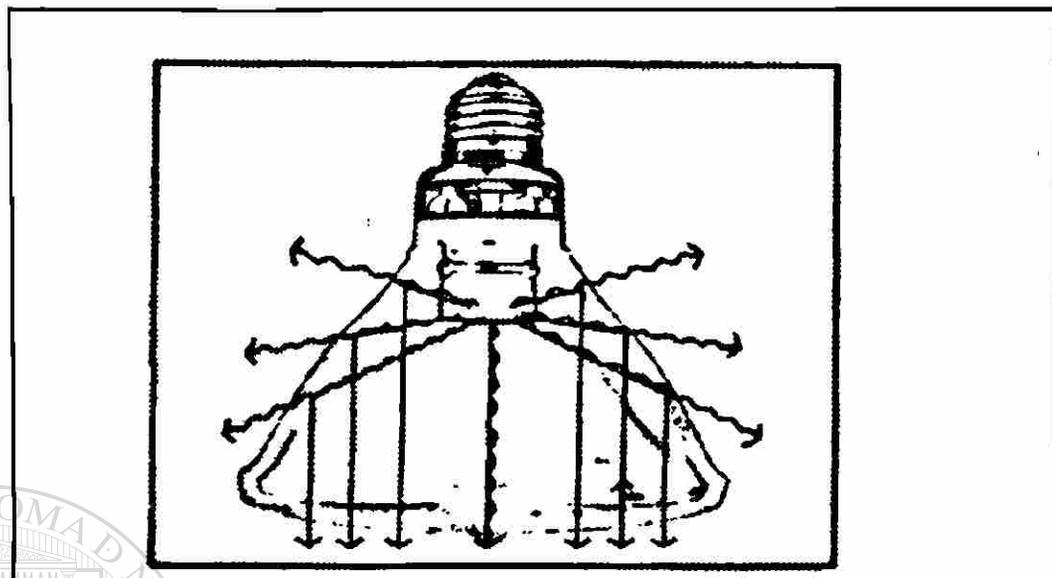


Figura 5-11.- Los filtros dicróicos de interferencia internos de las lámparas PAR les permite separar selectivamente la energía radiada por el filamento.

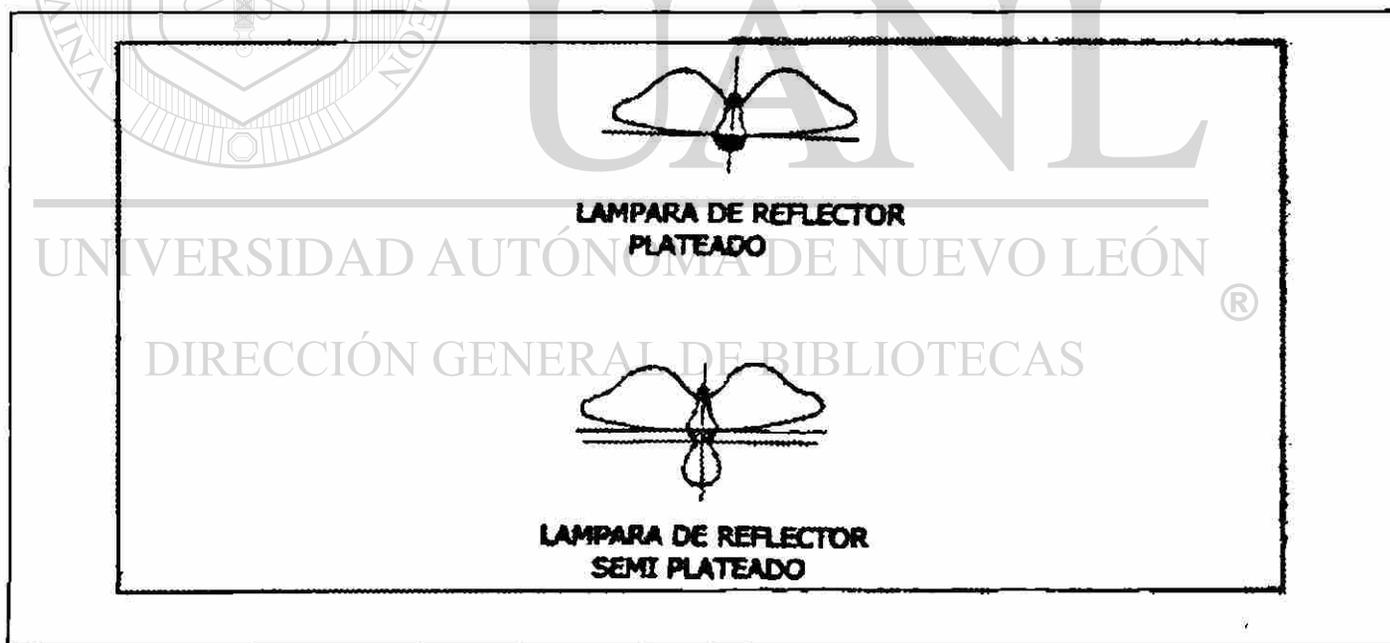


Figura 5-12.- Distribución típica de la luz en lámparas de reflector plateado

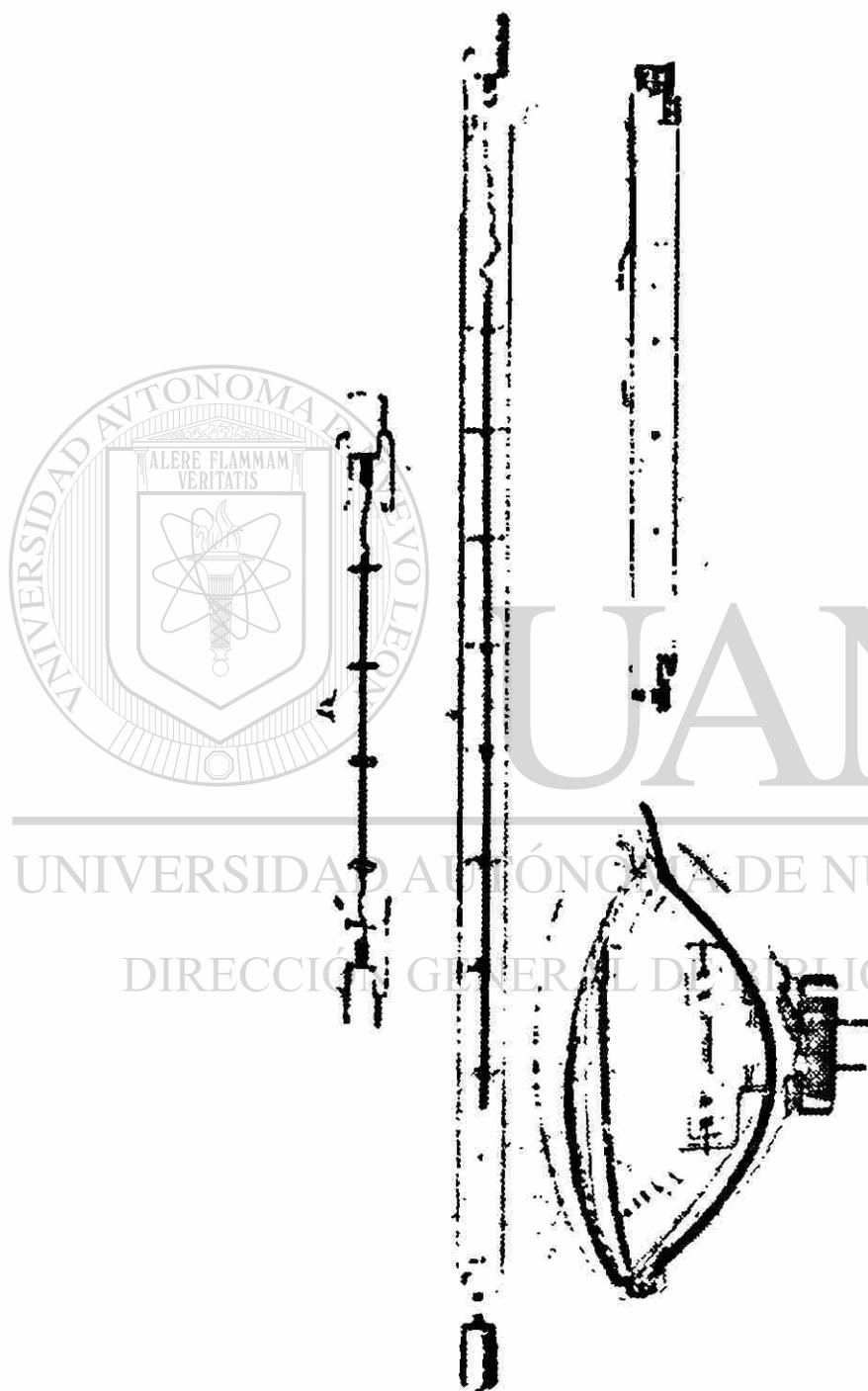


Figura V-13.- Lámparas Tungsteno – Halógeno.  
Esta clase de lámpara difiere de las convencionales en tamaño y estructura.

240-volts uso rudo, 1000 horas de duración.	9.6 lm/W
120-volts uso rudo, 1000 horas de duración.	12.3 lm/W
240-volts uso general, 1000 horas de duración.	12.8 lm/W
120-volts para vibración, 1000 horas de duración.	14.2 lm/W
120-volts uso general, 1000 horas de duración.	16.8 lm/W
120-volts uso general, 1000 horas de duración.	17.5 lm/W
30-volts para ferrocarril, 1000 horas de duración.	19.0 lm/W
120-volts para impresora de películas, 50 horas de duración.	19.8 lm/W
12-volts para aviación, 100 horas de duración.	22.0 lm/W

Figura V-14.- Eficacia y vida relativa de varias lámparas de filamento de 100 watts.

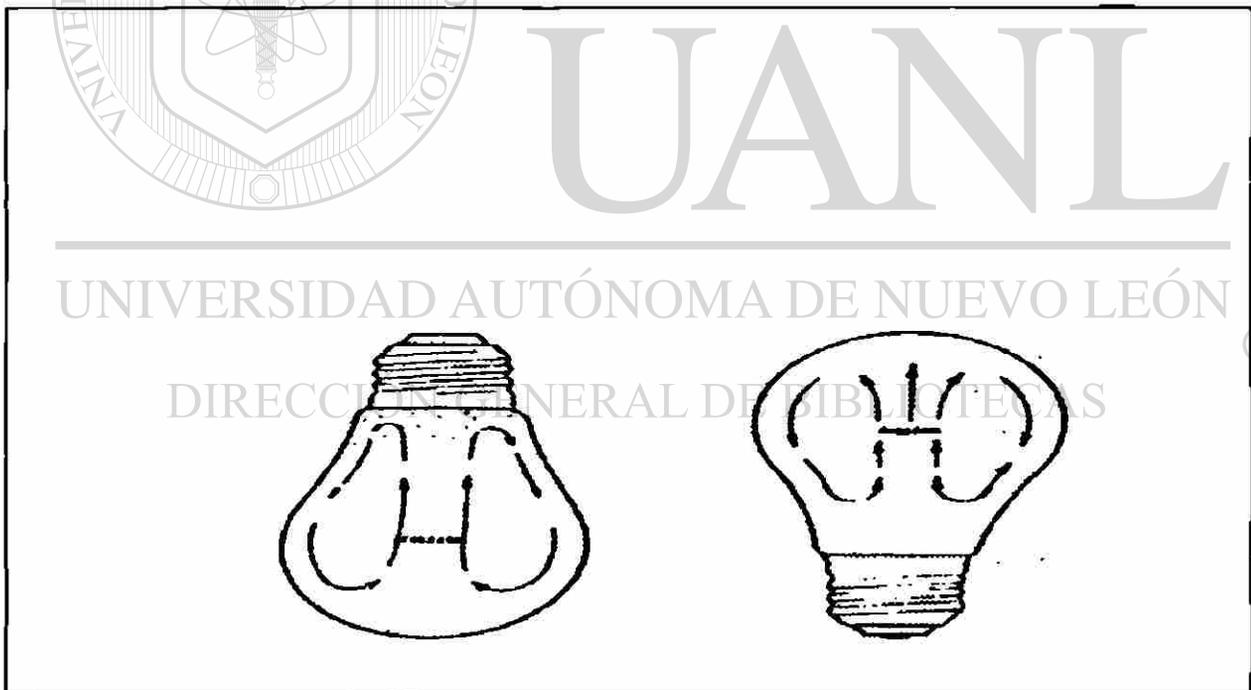


Figura V-15.- Ennegrecimiento de una lámpara.

Corrientes de convección dentro de una bombilla en gas, mostrada a la izquierda con base hacia arriba y a la derecha con base hacia abajo.

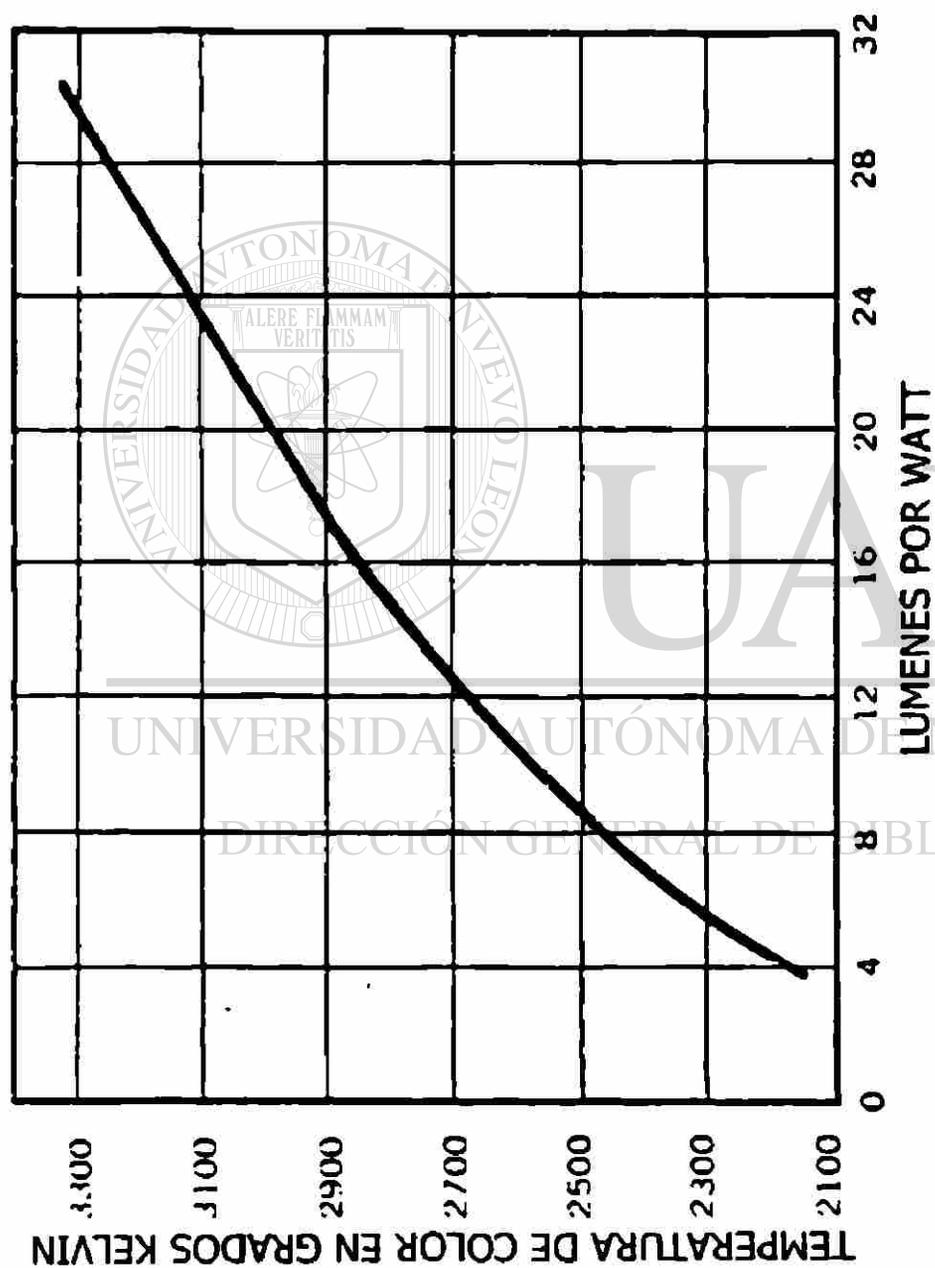


Figura 5-16.- Temperaturas de color. Los diseñadores necesitan saber la temperatura de color aparente de una fuente incandescente para su correcta aplicación. La curva de la figura expresa la relación aproximada entre la temperatura de color y eficacia de una amplia gama de lámparas. Frecuentemente se especifica la eficiencia de ellas, que puede también calcularse a partir de los lúmenes y el wattaje. Hecho esto, se utiliza la curva para estimar la temperatura de color del filamento.

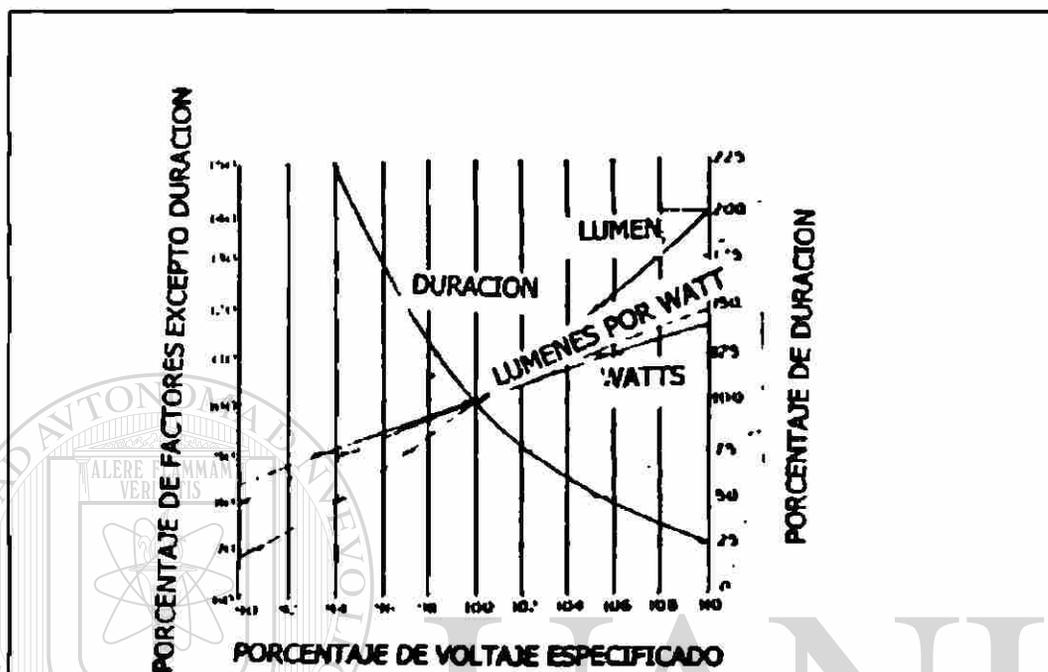


Figura 5-18.- Características típicas de lâmparas incandescentes

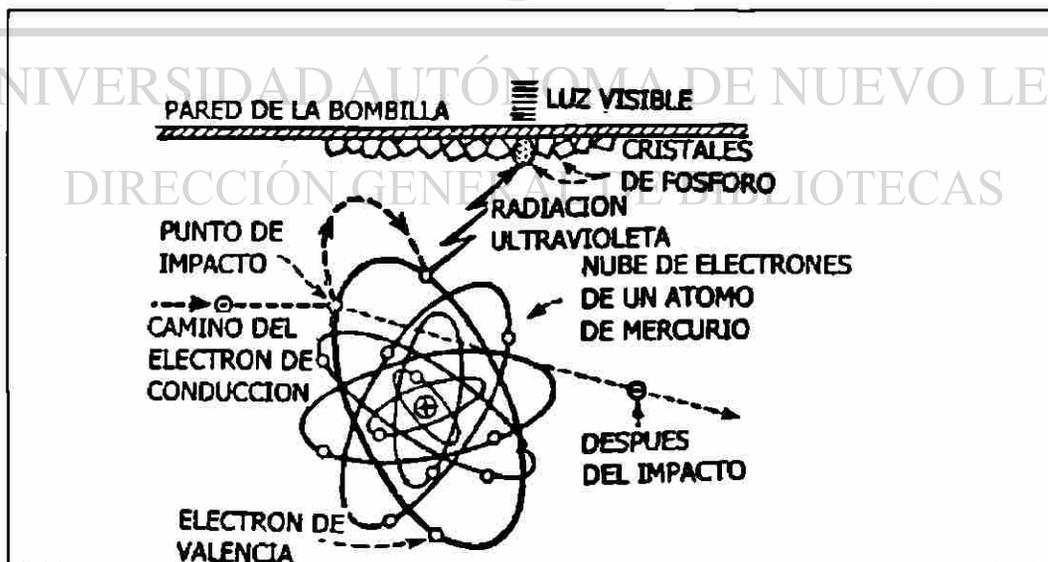


Figura 5-18.- Funcionamiento de la lámpara fluorescente:

- (a) Los electrones emitidos por un electrodo situado en el extremo de la lámpara fluorescente viajan a alta velocidad a través del tubo hasta que chocan con uno de los electrones del átomo de mercurio.
- (b) El impacto saca el electrón del átomo de mercurio fuera de su órbita. Al regresar bruscamente a su lugar, se produce radiación ultravioleta.
- (c) Cuando la radiación ultravioleta alcanza los cristales de fósforo, el impulso se trasmite hasta uno de los centros activos del cristal, sucediendo algo similar a lo descrito en el paso.
- d) Sin embargo, en esta ocasión se produce luz visible.

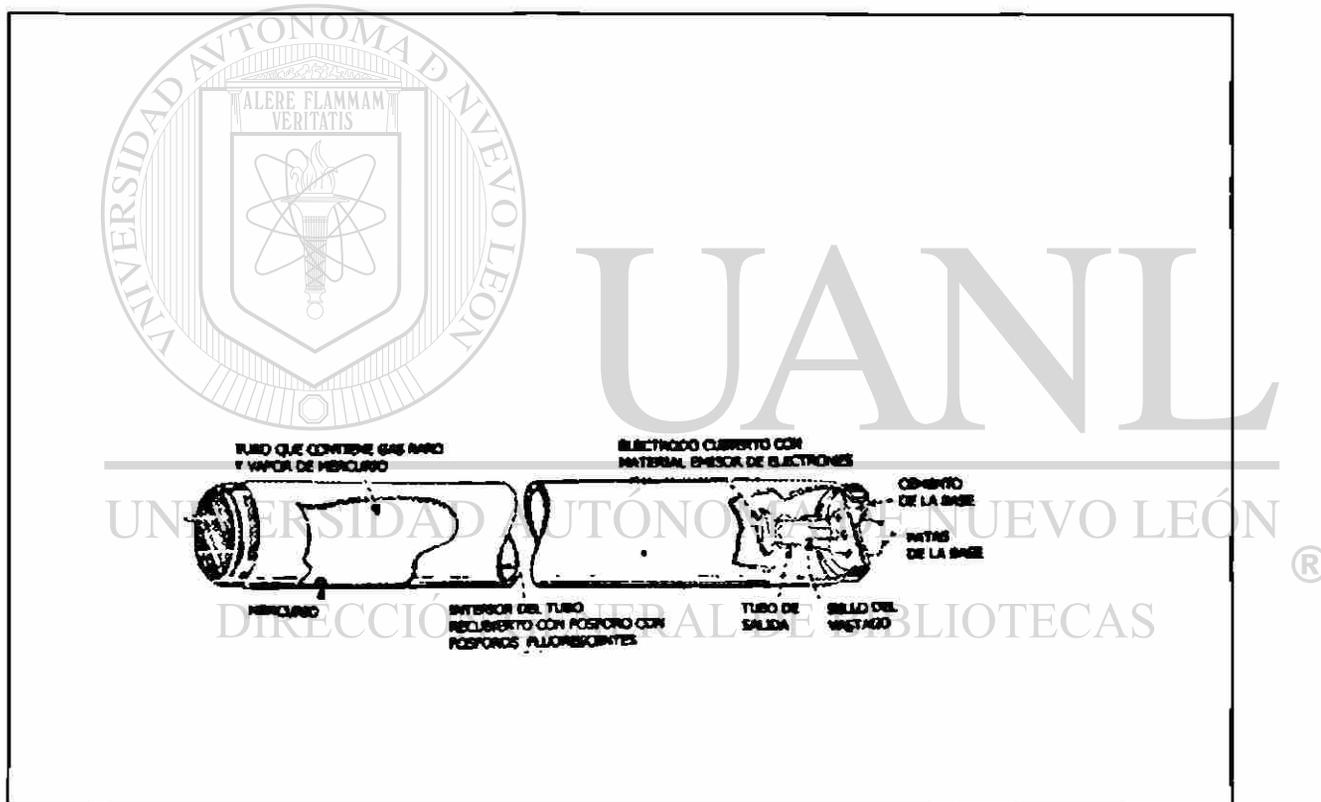


Figura 5-19.- Corte de una lámpara fluorescente del tipo de cátodo caliente y arranque pre-calentado, que muestra unos electrodos típicos.

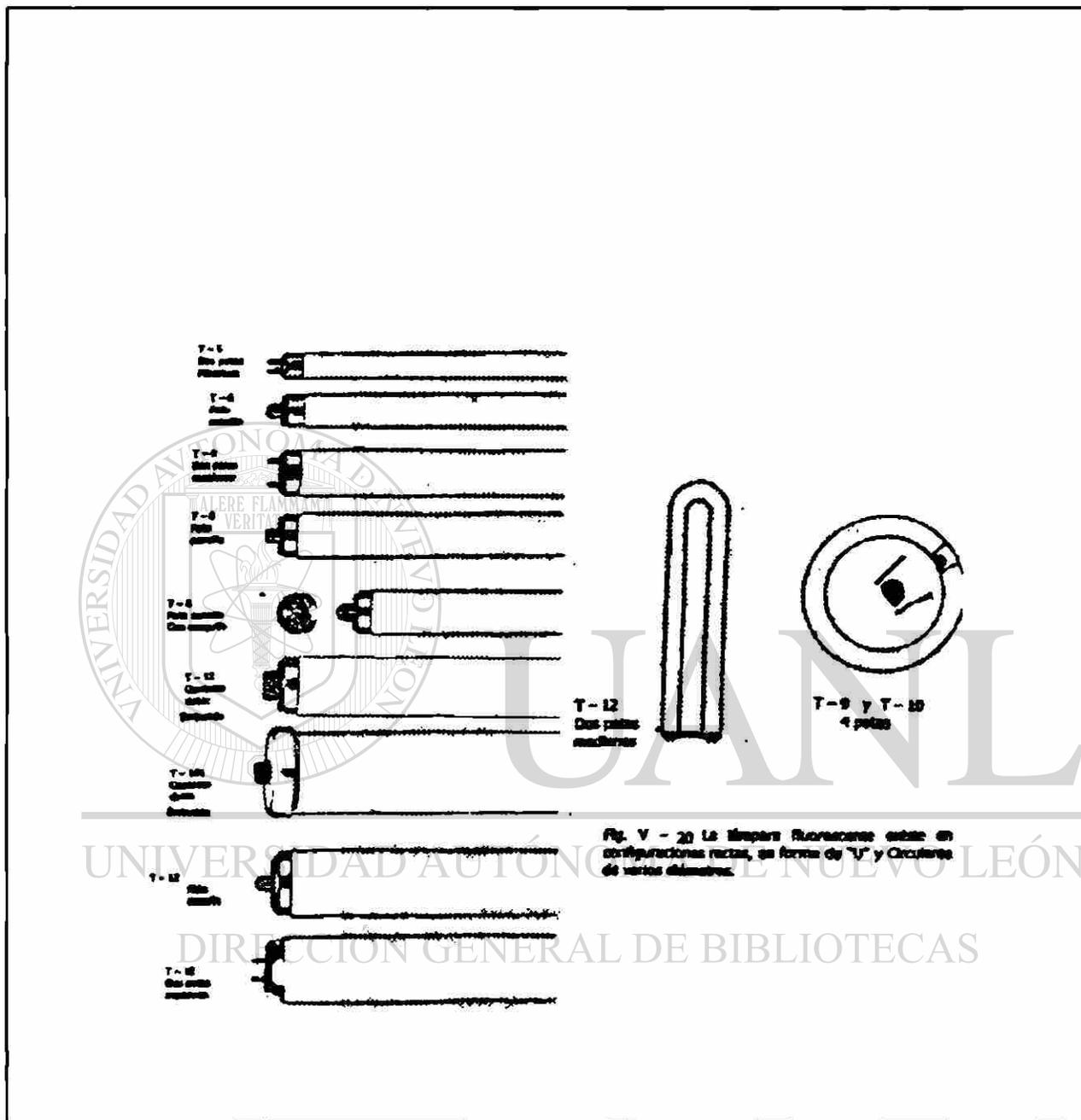


Fig. V - 20 La lámpara fluorescente existe en configuraciones rectas, en forma de "U" y Circulares de varios diámetros.

Figura 5-20.- La lámpara fluorescente existe en configuraciones rectas, en forma de "U" y circulares de varios diámetros.

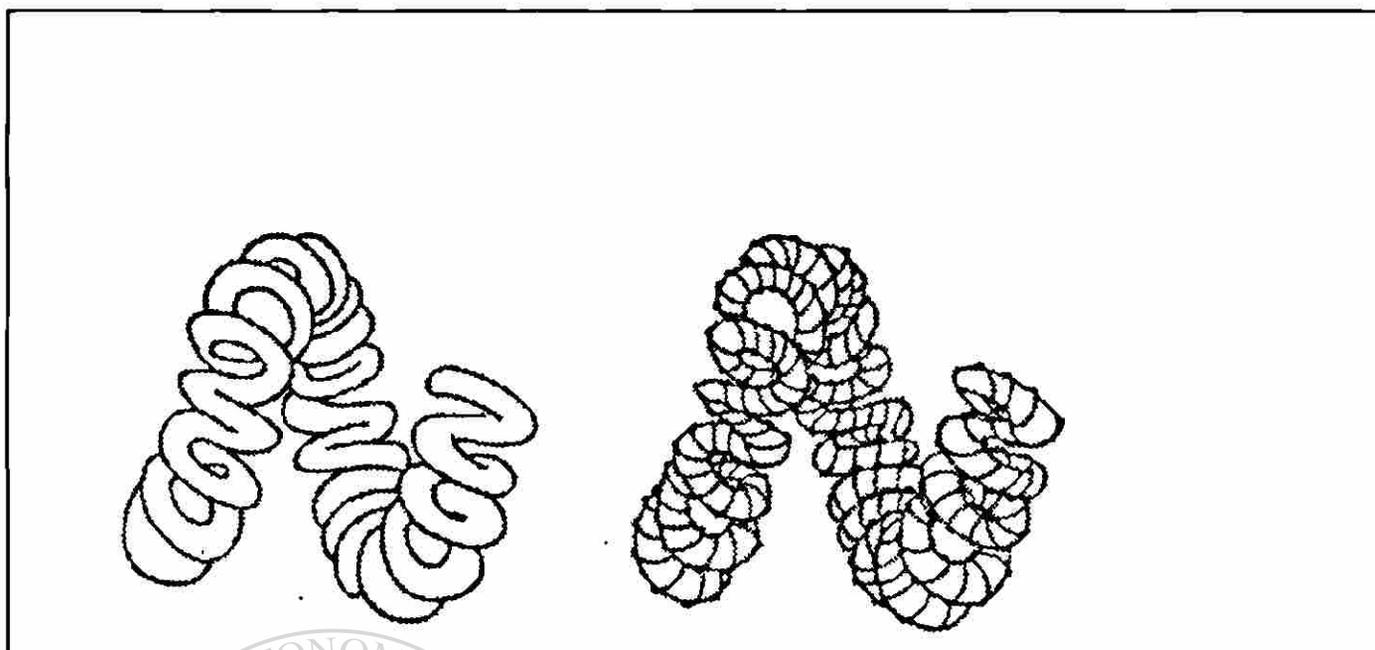


Figura 5-21.- Sección amplificado de un electrodo de cátodo caliente. Los electrodos están recubiertos con un compuesto emisor de electrones. Los filamentos de bobina enrollada(izquierda) aseguran firmemente el compuesto emisor de electrones, especialmente en el caso de los electrodos de bobina triple.

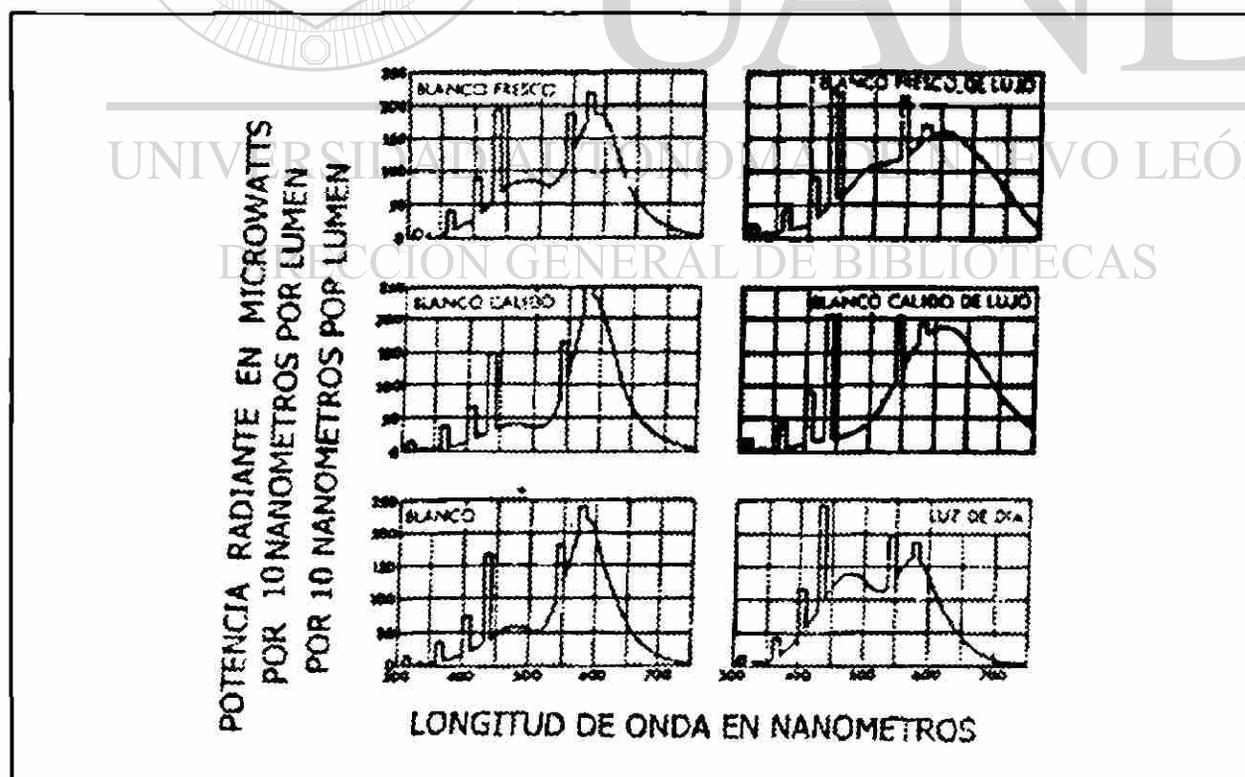


Figura 5-22.- Diagrama de cromaticidad CIE, que muestra algunas lámparas fluorescentes blancas y de color en relación con la curva de un cuerpo negro. La parte inferior de la figura muestra las curvas de distribución espectral de lámparas fluorescentes típicas.

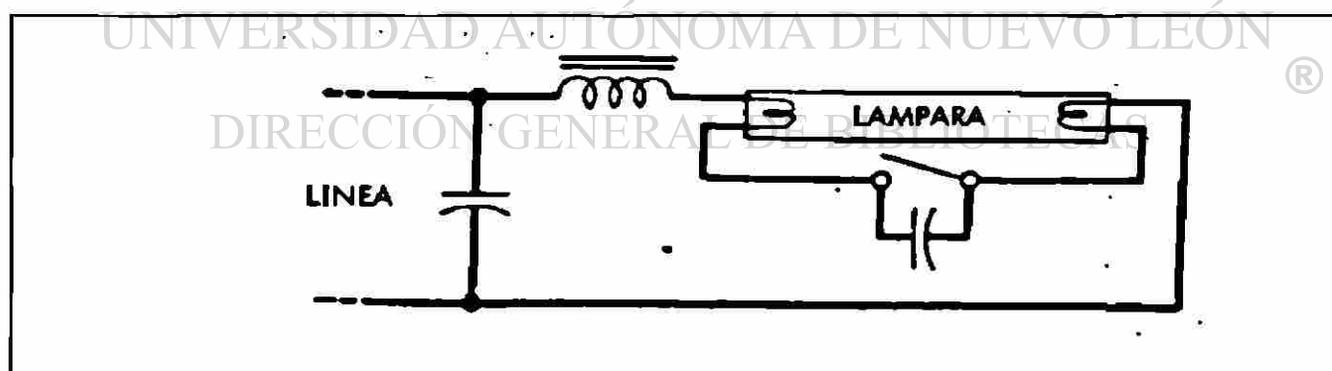
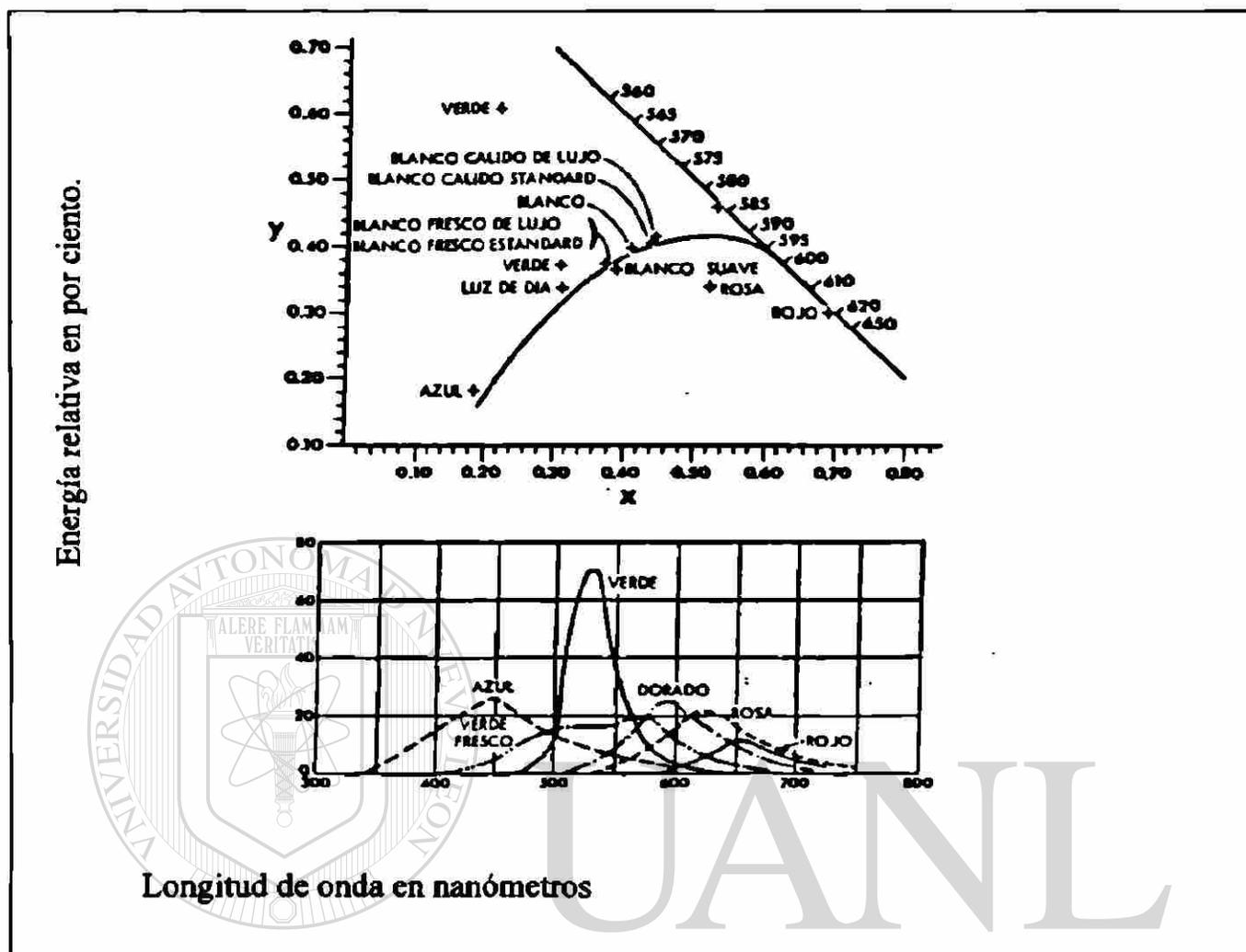


Figura 5-23.- Circuito de pre-calentado que utiliza un reactor para una sola lámpara con condensador. El arrancador a través de la lámpara puede ser automática o manual.

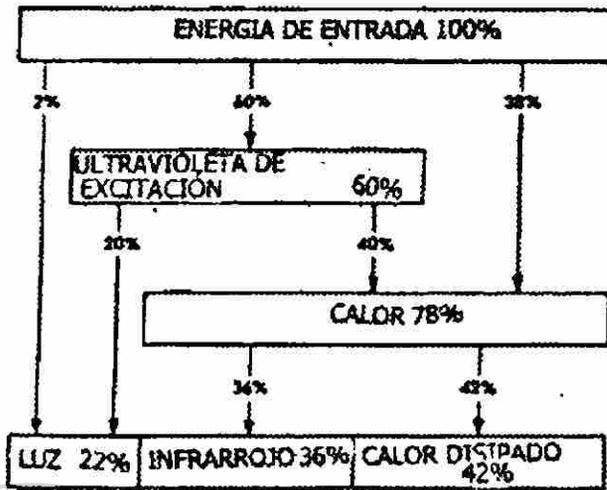


Figura 5-24.- Distribución de energía en una lámpara fluorescente de color blanco fresco.

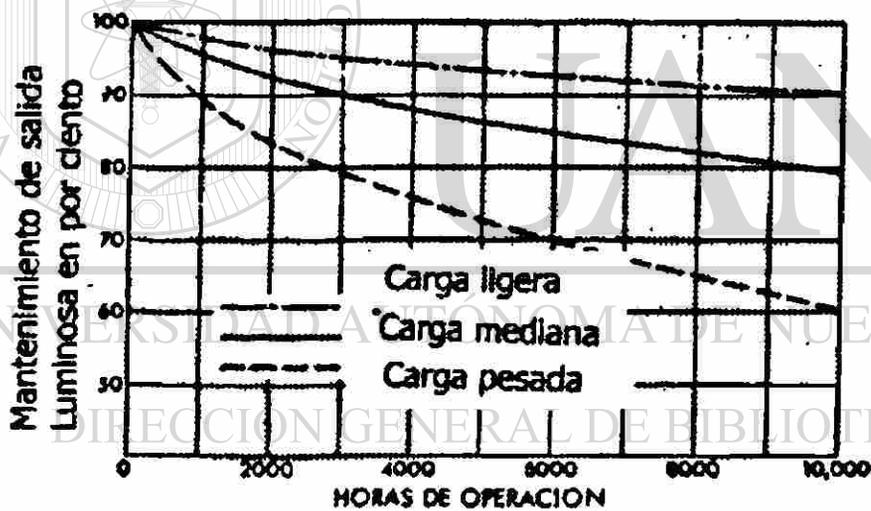


Figura 5-25.- Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa en lámparas fluorescentes que funcionan durante tres horas cada arranque.

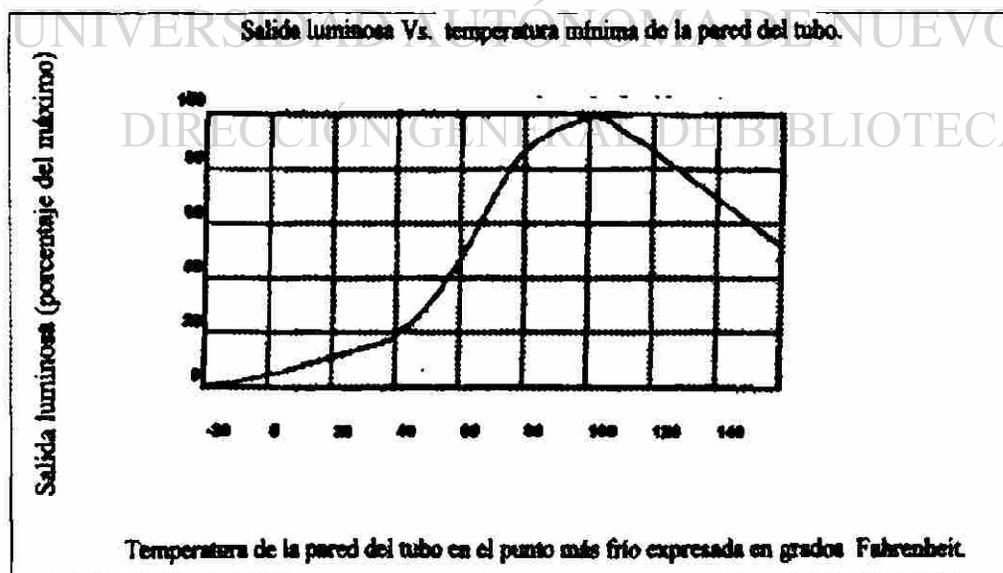
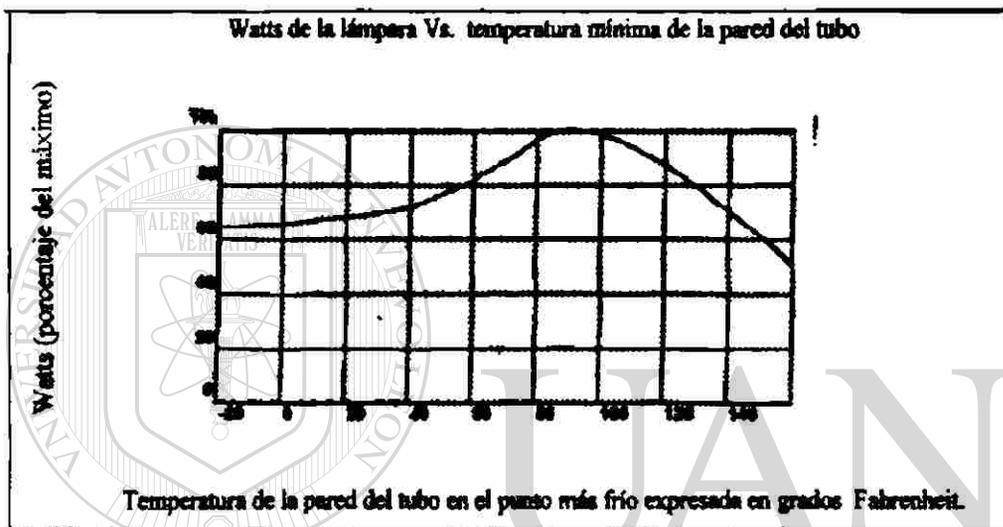


Figura 5-26.- Características típicas de temperatura de lámparas fluorescentes. La forma exacta de las curvas dependerá tanto del tipo de lámpara como de reactor; sin embargo, todas las lámparas fluorescentes tienen curvas bastante parecidas, ya que dependen de la presión del vapor de mercurio.

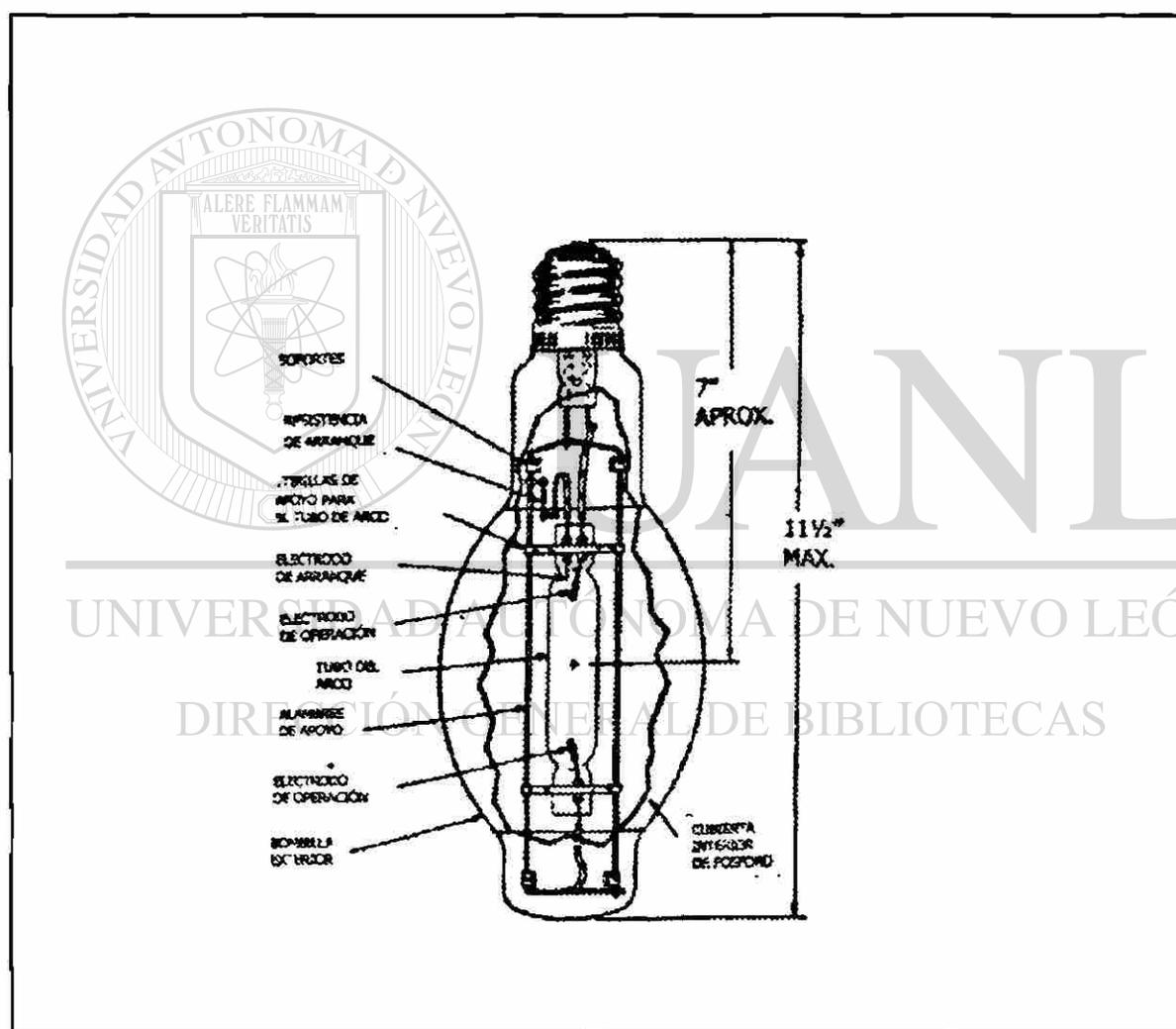


Figura 5-27.- Lámpara de mercurio con cubierta de fósforo de 400 watts.  
Las lámparas de otros tamaños tienen una construcción similar.

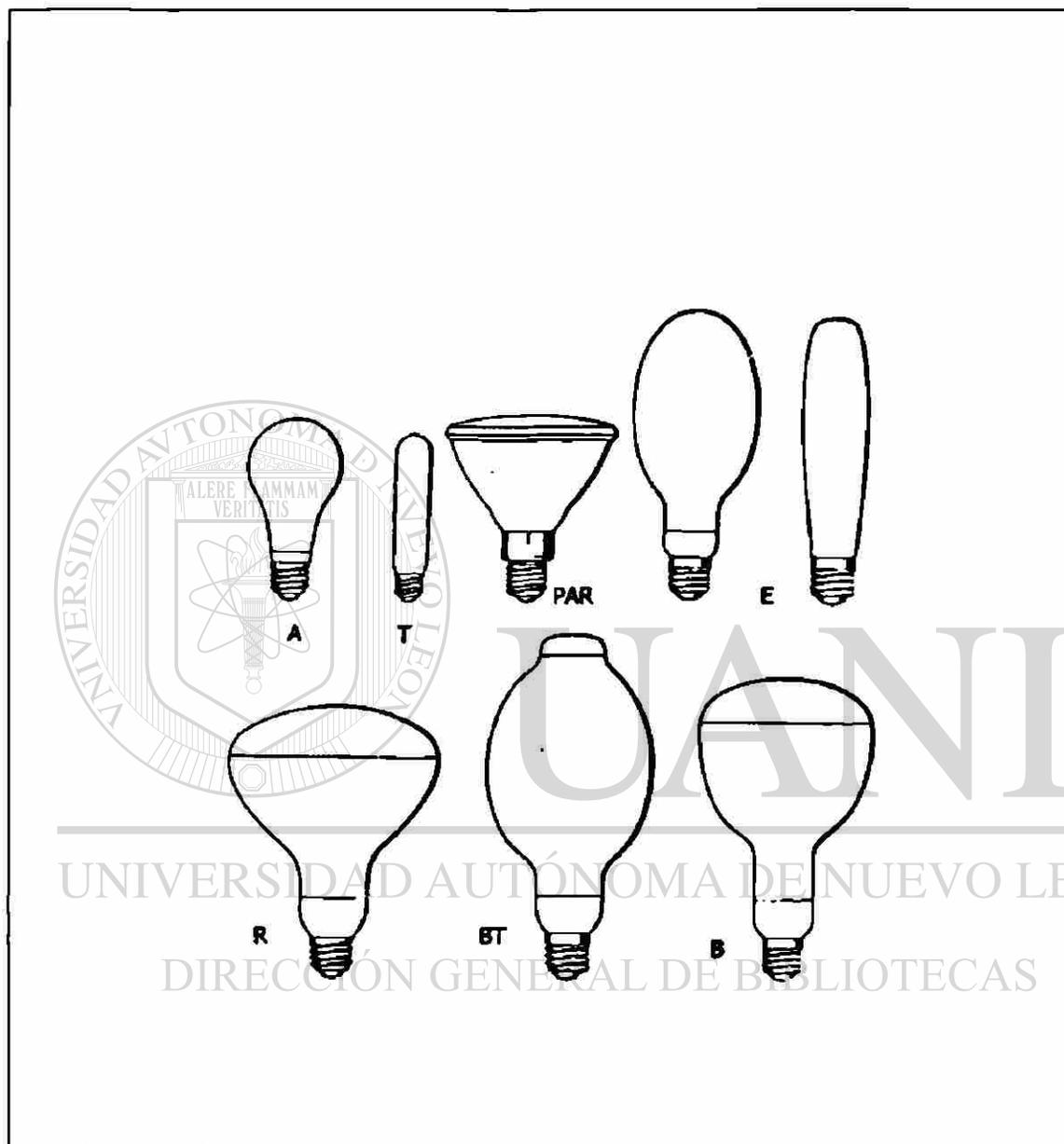


Figura 5-28.- Formas de bombillas típicas de mercurio de lamparas de mercurio

A - Arbitraria

T - Tubular

PAR - Reflector parabólico aluminizado

E - Elíptica

R - Reflector.

BT - Bulbo tubular.

R - Reflector.

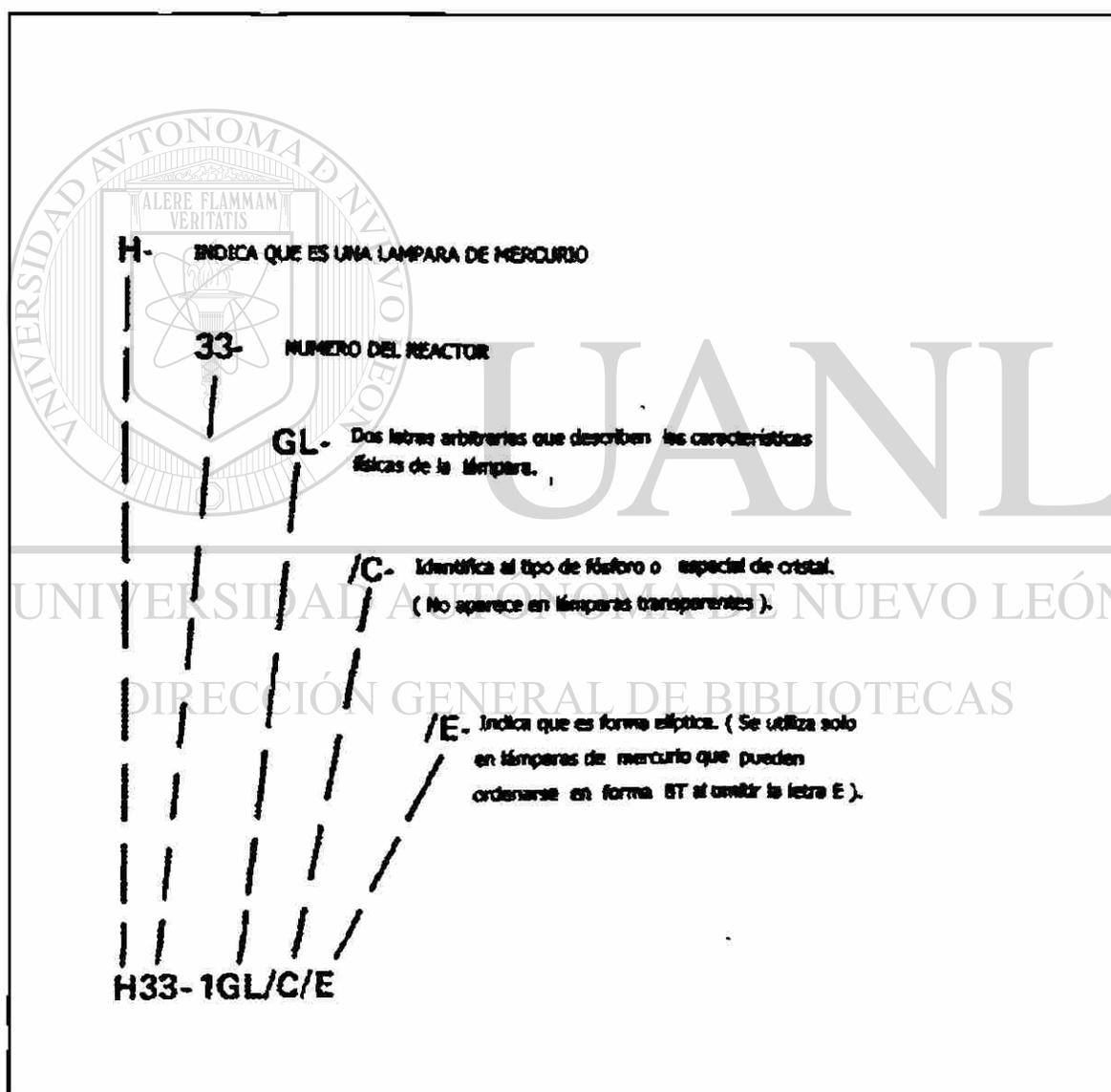


Figura 5-29.- El sistema ANSI utilizado para designar características de las lámparas.

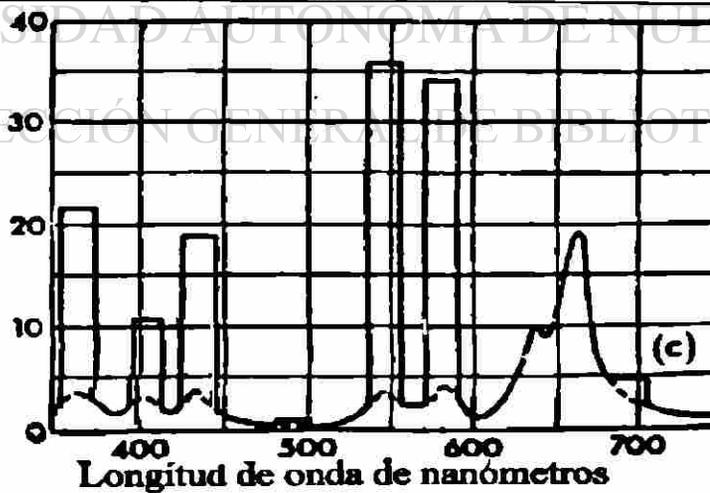
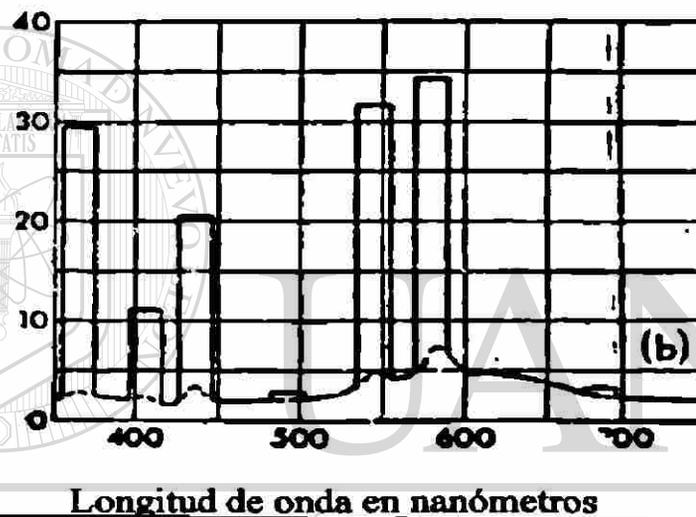
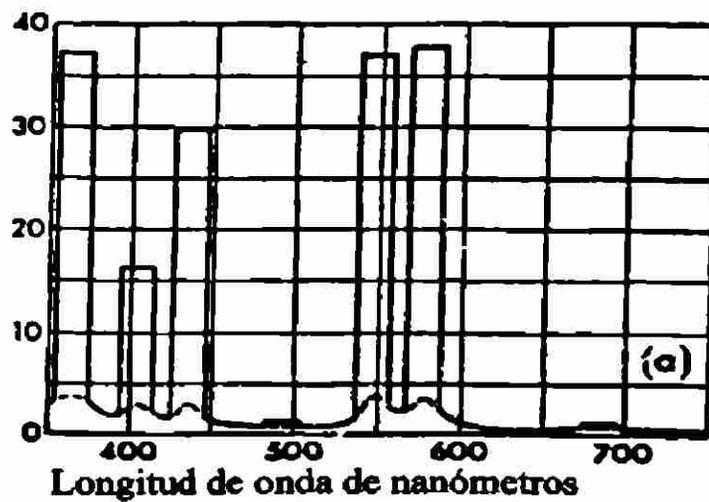


Figura 5-30.- Distribuciones espectrales de energía típica en la mayoría de las lámparas de mercurio:

(a) Lámpara transparente. (b) Lámpara cubierta de fósforo de alta eficiencia.

(c) Lámpara cubierta de fósforo con color mejorado.

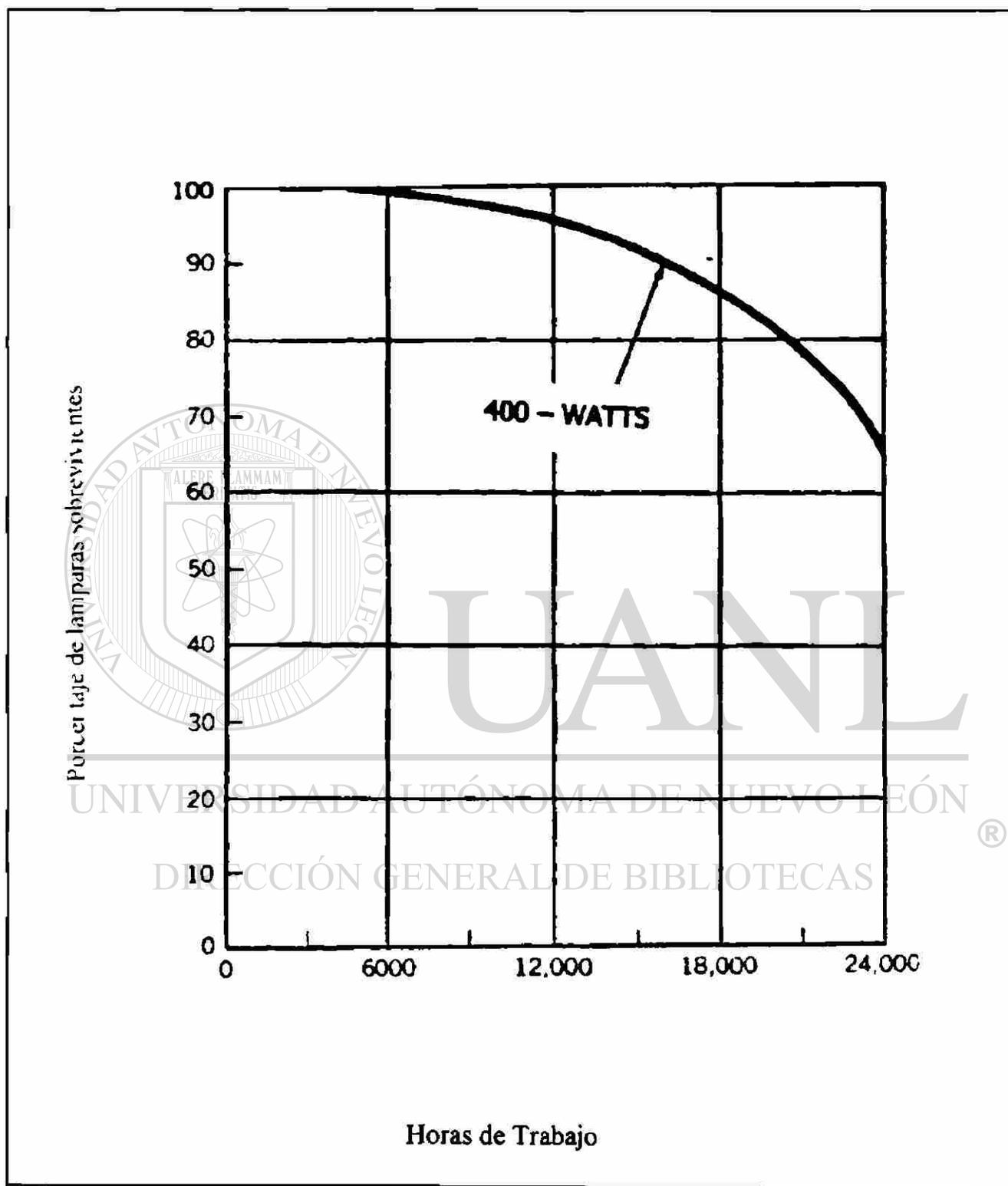


Figura V-31.- Curva de mortalidad de las lámparas de mercurio.

Su vida típica promedio es mayor de 24,000 horas.

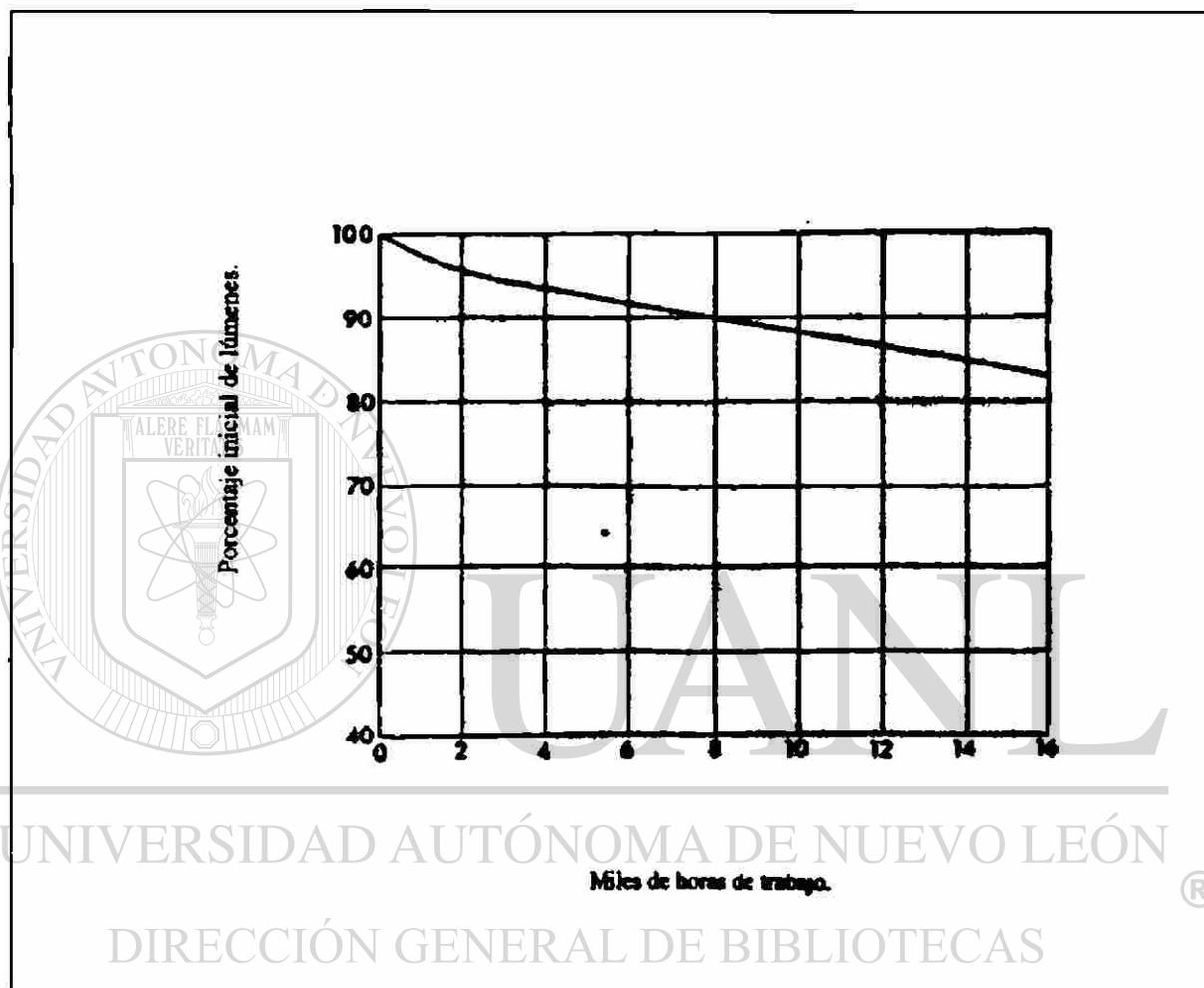


Figura V-32.- Curva de mantenimiento de la salida luminosa es una lámpara transparente de mercurio de 400 watts con un tubo de arco de cuarzo. El porcentaje de la clasificación inicial de la salida luminosa se determinó a las 100 horas.

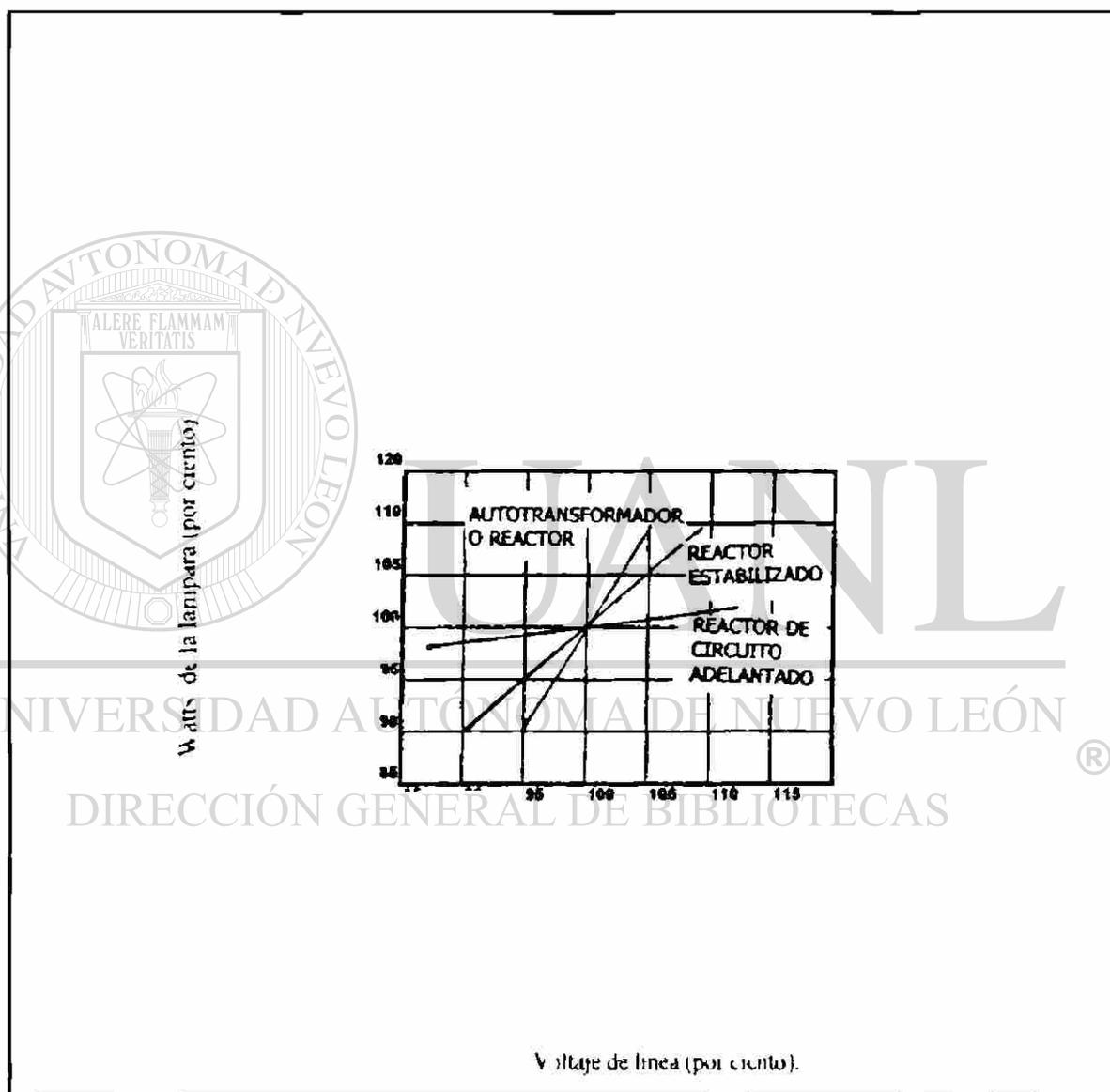


Figura V-33.- Reactores para lámparas de mercurio.

Efecto del voltaje de línea en la cantidad de watts de las lámparas.

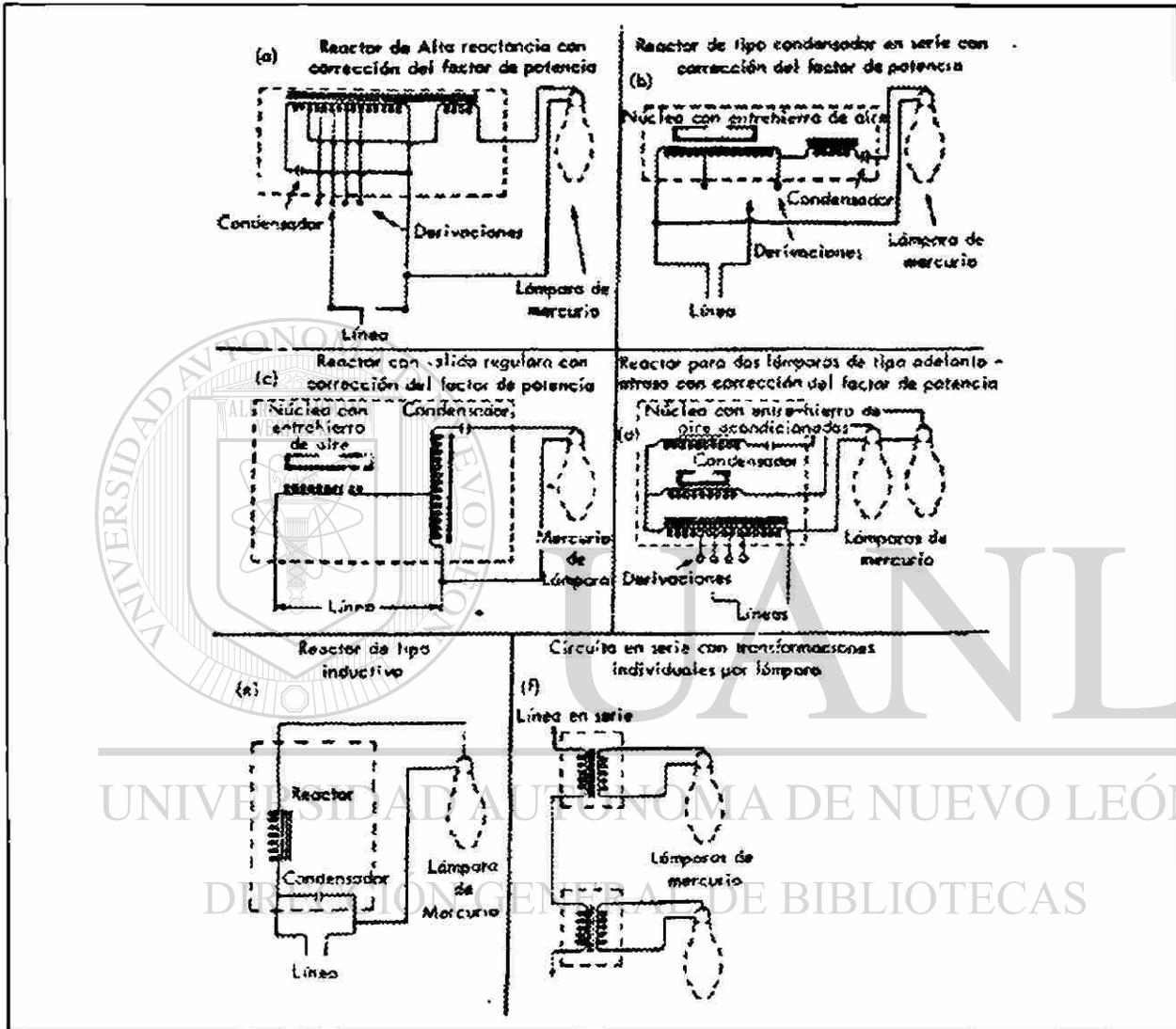


Figura 5-34.- Circuitos típicos para operar lámparas de mercurio.

### Watts radiados

Tipo de lámpara	Ultra-violeta	Clara	Infra-roja	Watts Conducidos por convección
Mercurio	8.3	64.3	207.4	120
Haluro	12.5	95.4	148.1	144
Sólido de alta presión.	0.8	120	175.2	104

Tabla 5-2.- Distribución de la potencia de entrada en lámparas típicas de descarga de alta

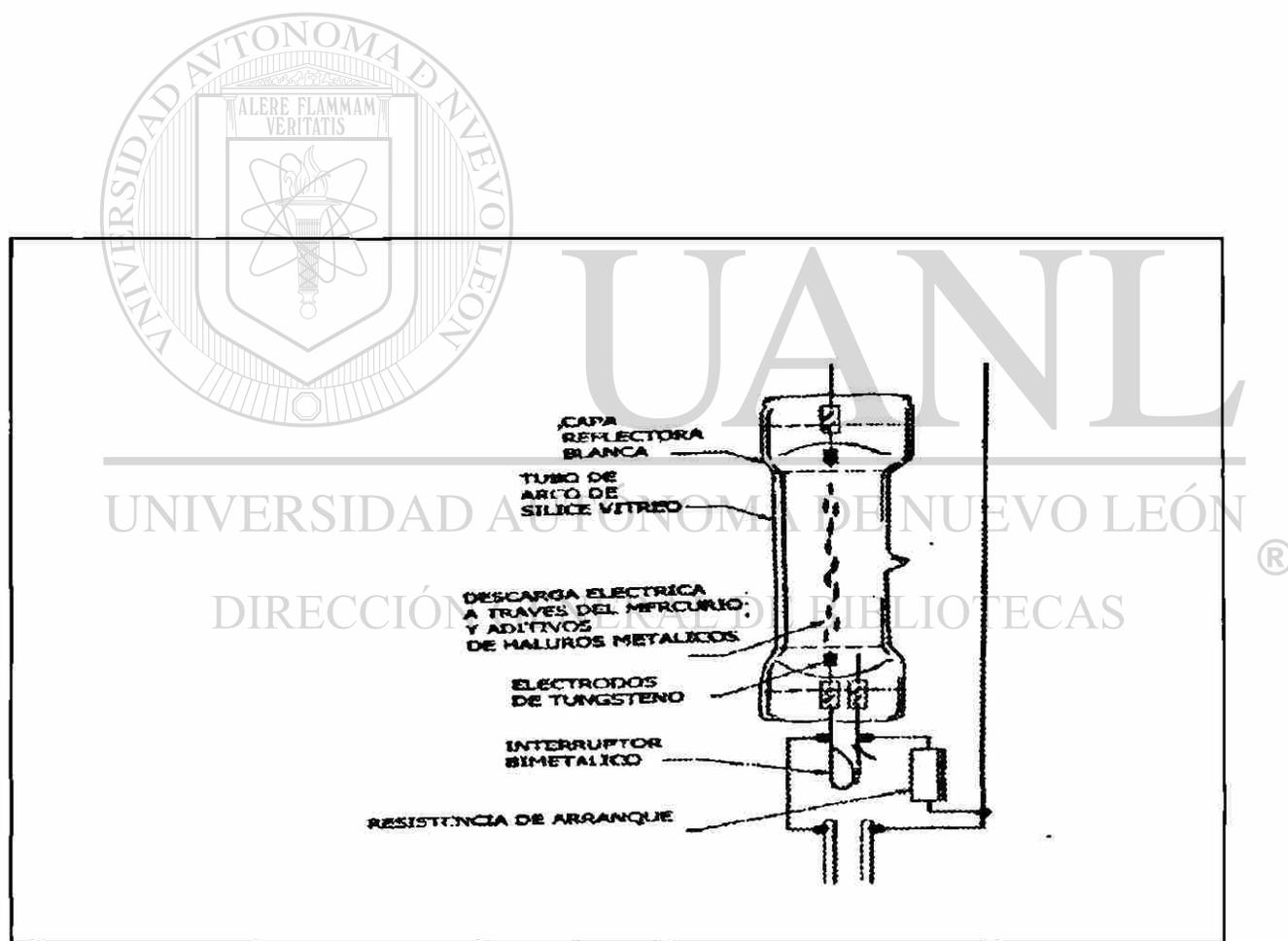


Figura 5-35.- Construcción típica de una lámpara de haluro metálico.

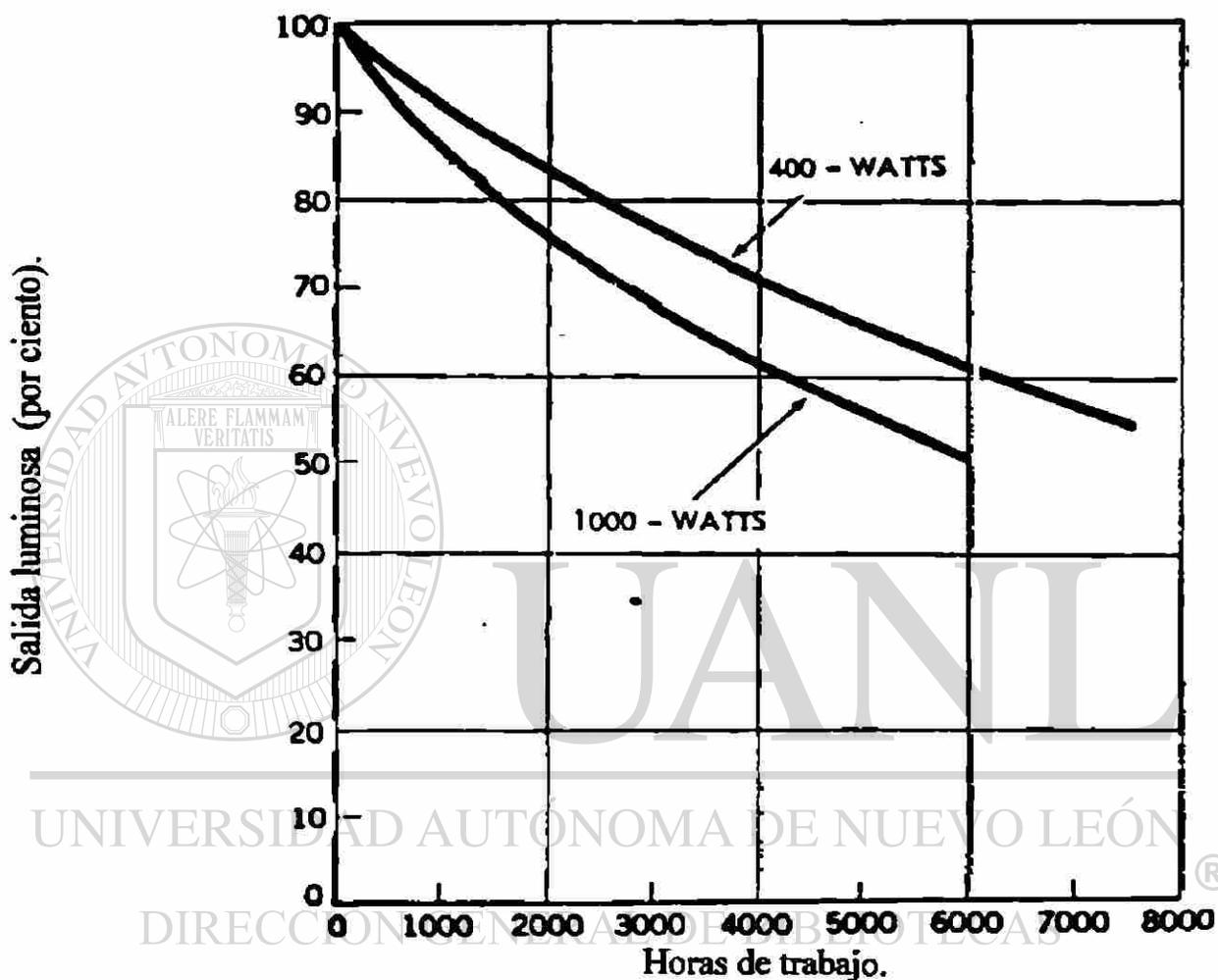


Figura 5- 36.- Curva típica de mantenimiento de salida luminosa para la lámpara de haluros metálicos. El porcentaje de la clasificación inicial de salida luminosa se determinó a las 100 horas.

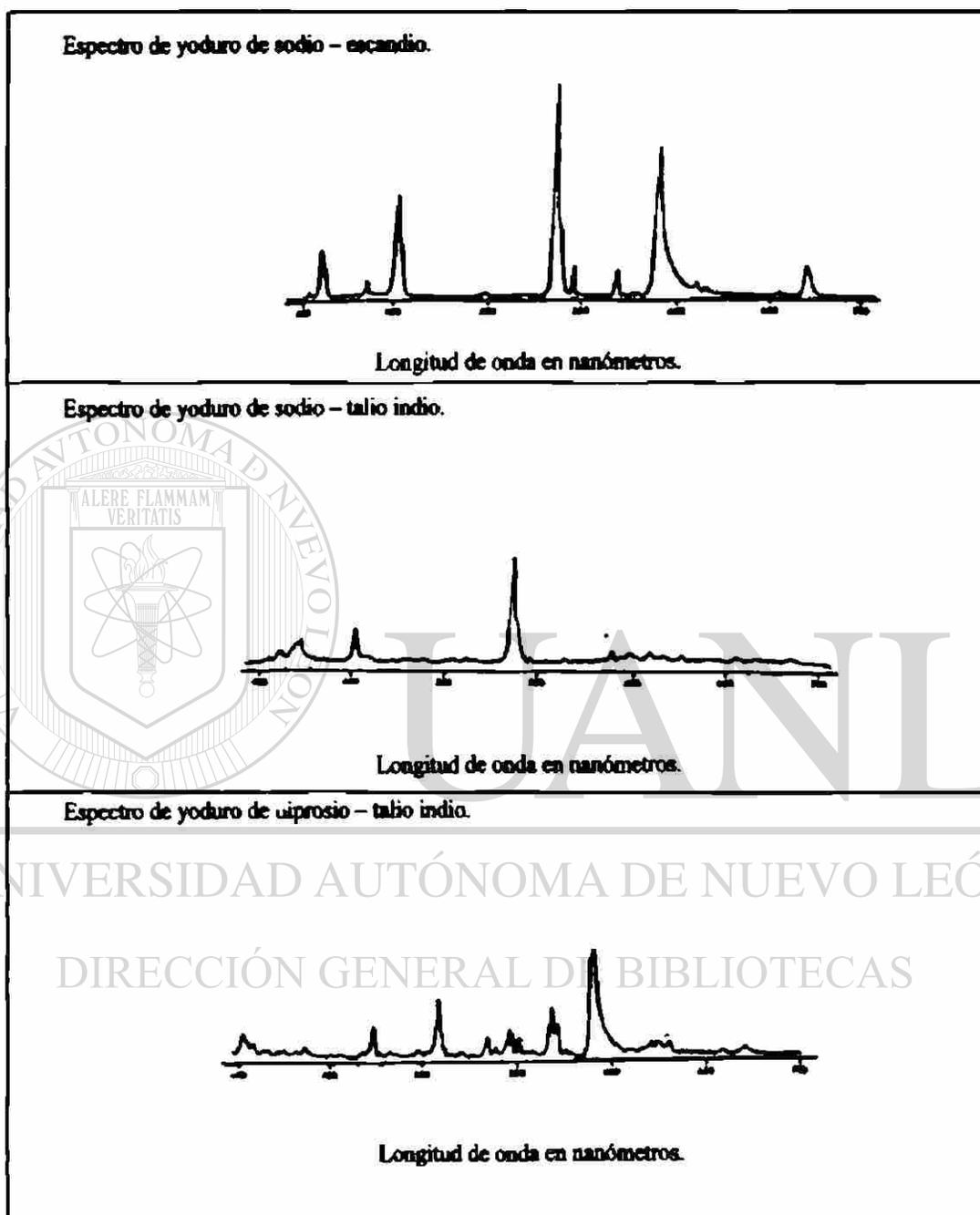
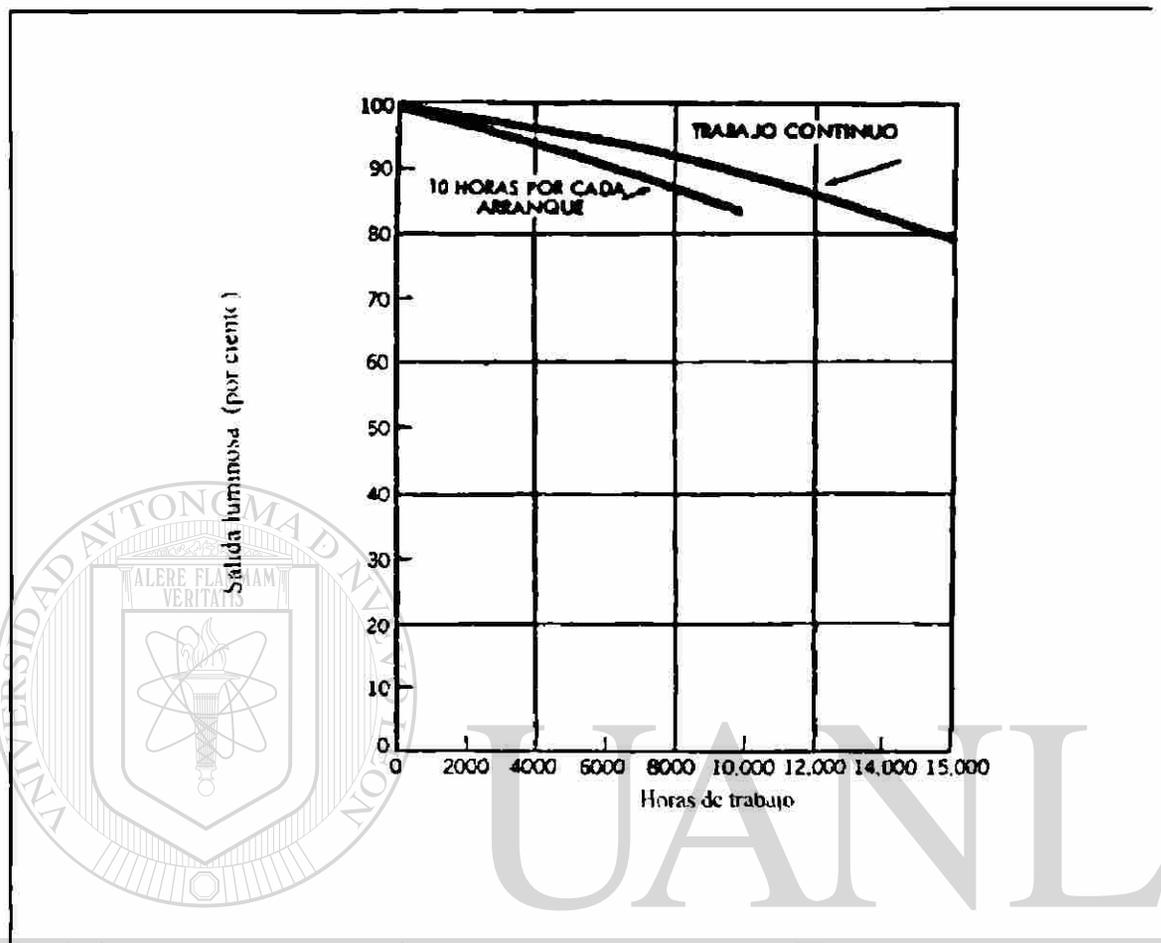


Figura 5-37.- Distribución típica de la energía espectral en las lámparas de haluros metálicos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 Figura 5-38.- Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa para las lámparas de sodio de alta presión.  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

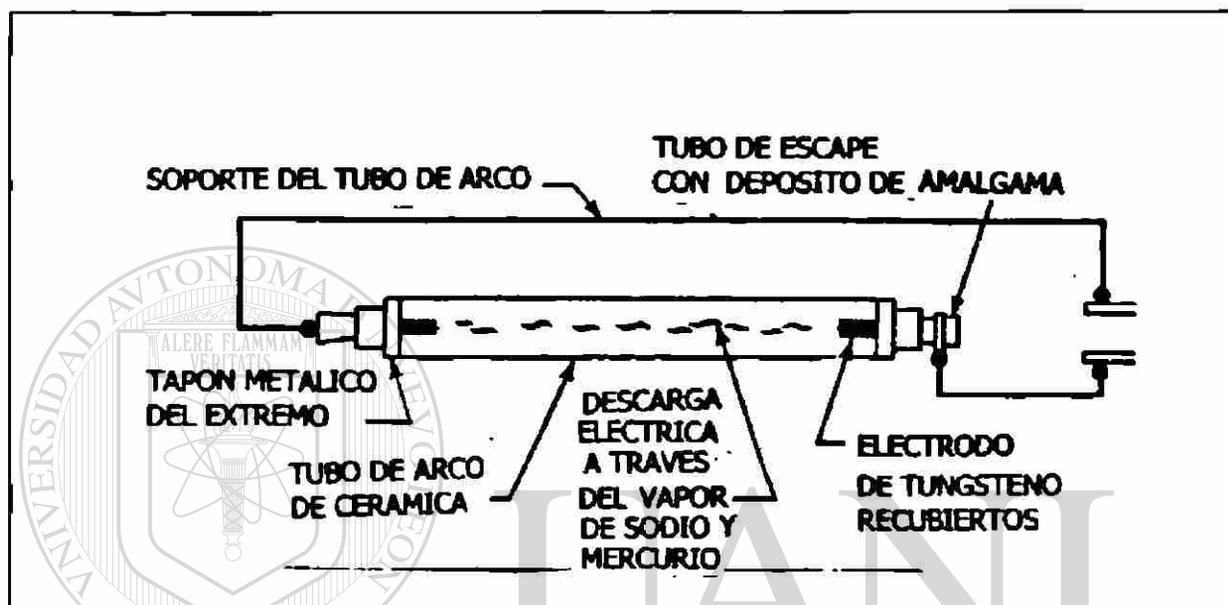


Figura 5-39.- Construcción típica de una lámpara de sodio de alta presión.

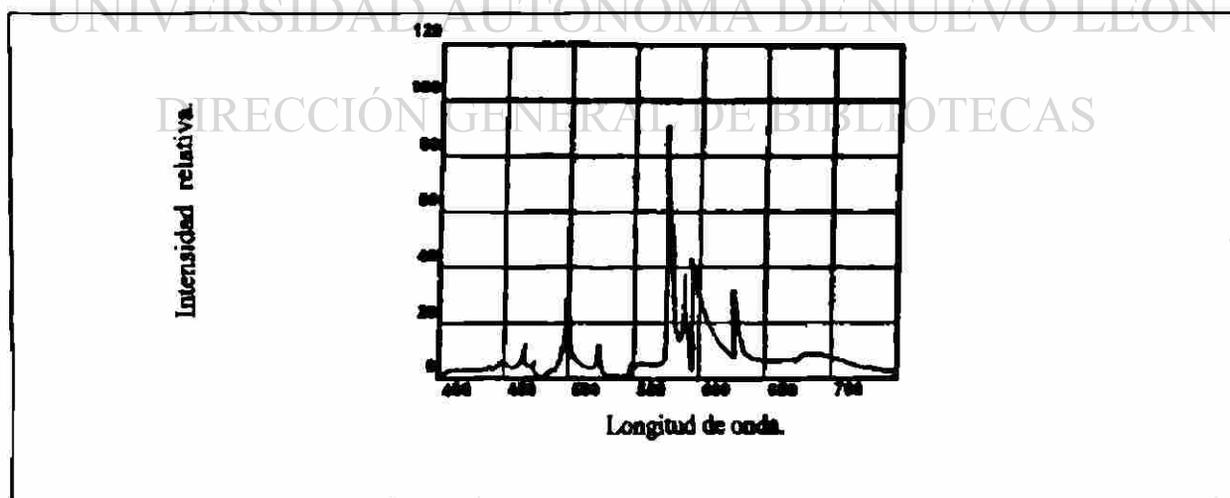


Figura 5-40.- El espectro de la lámpara de sodio de alta presión es continuo con algunos de todos los colores presentes.

	Salida luminosa por lámpara	Eficacia	Duración	Forma de aceptar los colores	Facilidad para controlar la luz	Mantenimiento de la salida luminosa
Incandescente	Regular	Baja	Baja	Alta	Alta	Buena
Tungsteno	Regular	Baja	Baja	Alta	Alta	Buena
Mercurio	Buena	Regular	Alta	Baja	Buena	Buena
Fósforo y mercurio	Buena	Regular	Alta	Regular/Buena	Regular	Regular
Haluros metálicos	Alta	Buena	Regular	Buena/Alta	Buena	Regular
Sodio de alta presión	Alta	Alta	Regular	Regular	Buena	Buena
Fluorescentes de 40 watts	Baja	Buena	Buena	Buena/Alta	Baja	Buena
Fluorescentes de alta salida	Regular	Buena	Buena	Buena/Alta	Baja	Buena
Fluorescentes de 1500 - ma	Buena	Buena	Regular	Buena/Alta	Baja	Regular

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 5-41.- Características comparativas de fuentes luminosas para propósitos de iluminación. Hay cuatro clasificaciones para cada característica: alta, buena, regular y baja.

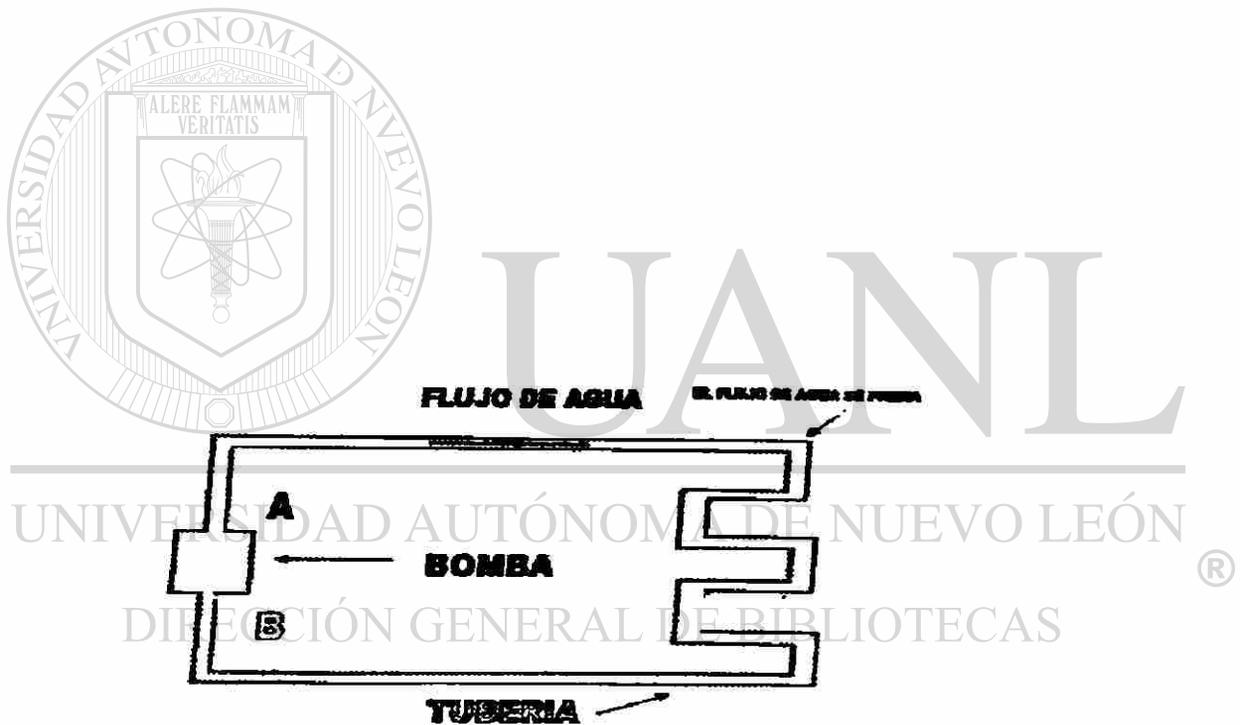
# CAPITULO 6

## BALASTROS H.I.D.

### Balastro:

Es el dispositivo que proporciona la energía necesaria par la operación de la lámpara, y limita la corriente en su funcionamiento.

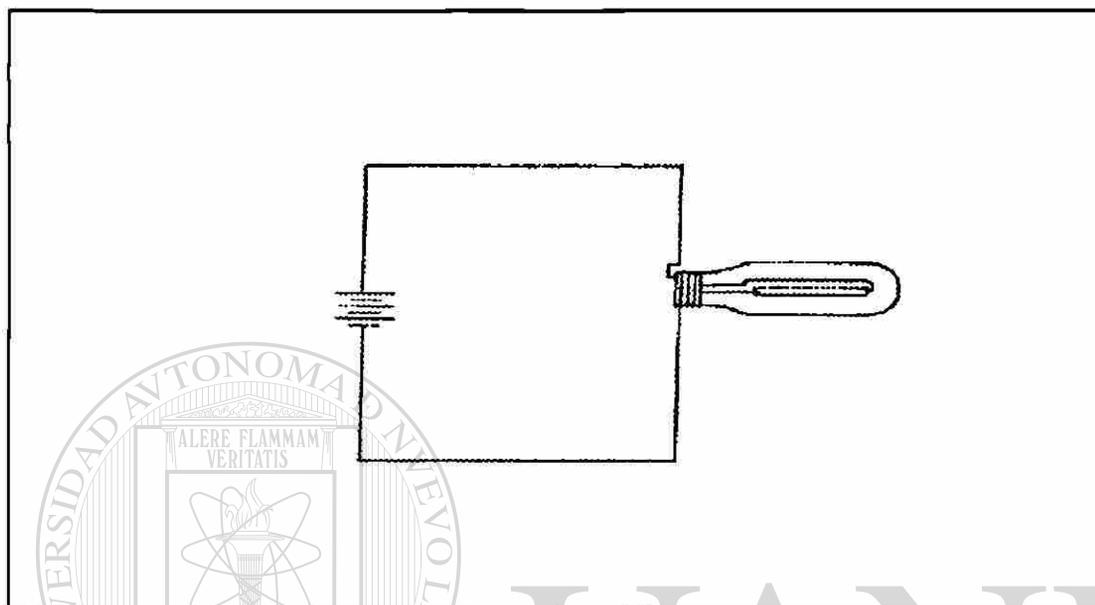
### Principio de funcionamiento de un balastro



Presión de B menor que la presión de A

Si comparamos el agua con la corriente, ésta se ve limitada por los dobleces de la tubería que equivaldría al conductor de corriente. La bomba en este caso sería la fuente de poder que genera la diferencia de potencial.

Conexión lámpara HID directa a la fuente de poder.



Instalación inadecuada, requiere de un elemento que limite la corriente de operación (balastro)

### Tipos más usuales de balastos:

#### a) Reactor serie bajo factor.

Ventajas: DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- Tamaño reducido, bajo costo.

Desventajas:

Bajo factor absorbe las variaciones de voltaje de  $\pm 5\%$  en línea a un  $\pm 13\%$  en la lámpara produciendo una reducción en la vida de la misma.

#### b) Reactor serie alto factor.

Ventajas :

Tamaño reducido, económico, alto factor por lo que regula la corriente de operación la lámpara.

Desventajas:

- Absorbe las variaciones de voltaje de  $\pm 5\%$  a un  $\pm 13\%$  en la lámpara .

c) **Autorregulado.**

Ventajas :

- Las variaciones de voltaje de línea las reduce de un  $\pm 10\%$  en la línea a un  $\pm 5\%$  en la lámpara por lo que la vida normal de la lámpara no se ve afectada.

Desventajas:

- Mas robusto y mayor costo.

### Factor de potencia.

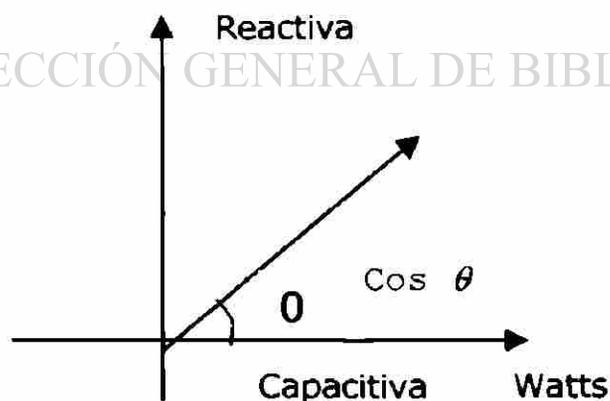
Es la relación entre la potencia real consumida y la potencia nominal.

$$FP = \frac{\text{Potencia nominal}}{\text{Potencia consumida}} = \frac{\text{Potencia nominal}}{\text{Voltaje X Corriente}} = \frac{\text{Watts}}{VAI}$$

De 0.9 a 1 **AFP Bueno**

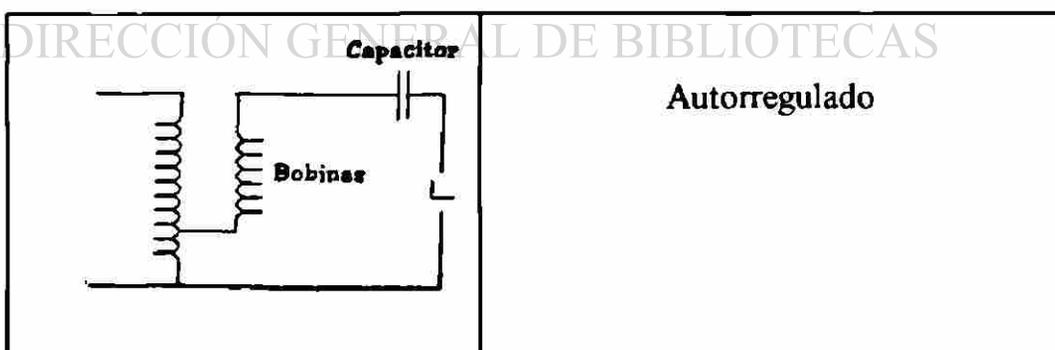
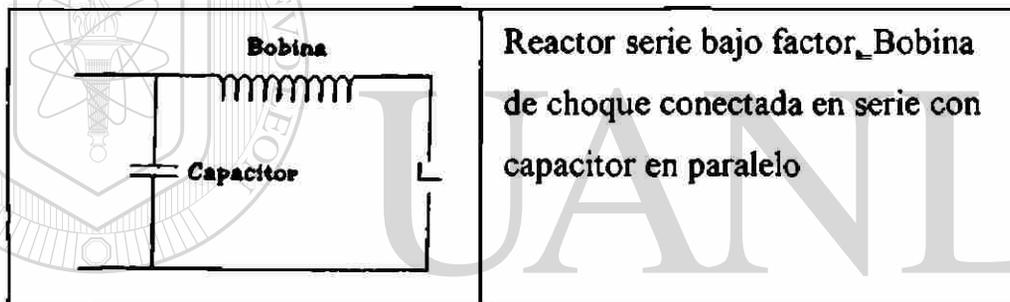
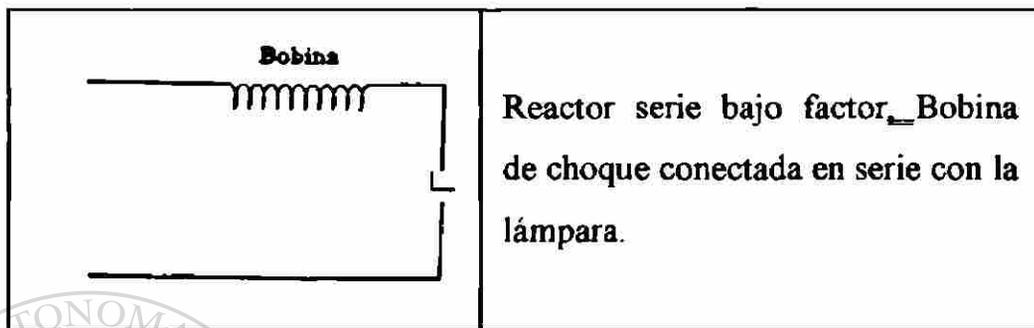
< 0.9 **BFP Malo**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

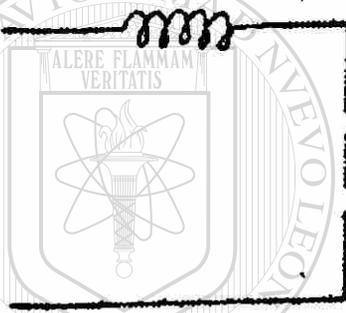
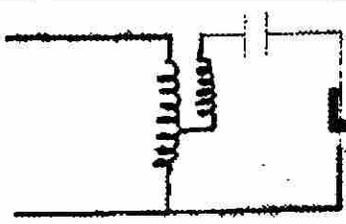


$$P \text{ watts} = I^2 R \longrightarrow \text{Calor}$$

## Tipos de balastro.



## Principales tipos de balastro

	<p>Reactor serie alto factor Bobina de choque Conectada en Serie con capacitada en paralelo.</p>
	<p>Reactor serie bajo Factor. Bobina de choque conectada en serie con la Lámpara.</p>
	<p>Autoregulado</p>

## **Lámparas de descarga de alta intensidad ( HID )**

Las lámparas de descarga de alta intensidad ( HID ) son aquellas que tienen un tubo de descarga gaseosa, que opera a presiones y densidad de corriente suficientes para generar la radiación visible deseable para proporcionar luz. Estas lámparas se han vuelto populares principalmente por tres razones:

1. Alta eficiencia – más lúmenes por watt de potencia consumida.
2. Fuentes de luz compactas – permiten un buen control de la luz con el uso de reflectores y refractores.
3. Larga vida y mantenimiento de lúmenes – se reducen los costos de operación.

Los tres tipos de lámparas HID que actualmente se utilizan son: la de mercurio, aditivos metálicos y vapor de sodio alta presión. También se utilizan, para ciertas aplicaciones, las lámparas de vapor de sodio de baja presión.

Las eficiencias relativas para producir luz están entre 38 y 57 lúmenes por watt en el caso de las lámparas de vapor de mercurio, entre 80 y 100 para el caso de las lámparas de aditivos metálicos y entre 80 y 140 para el caso de las lámparas de vapor de sodio alta presión. Las lámparas de vapor de sodio de baja presión logran obtener eficiencias mayores que las mencionadas aunque no se trata ya de fuentes luminosas compactas y por tanto el control de su emisión luminosa se dificulta más.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **Balastos para lámparas HID.**

Estas lámparas HID tienen algo en común - todas tienen una resistencia negativa, lo que significa que necesitan un dispositivo externo para limitar la corriente cuando se les aplica voltaje o de lo contrario se destruirán rápidamente. El dispositivo que se utiliza para limitar esta corriente es el balastro.

Además, el balastro provee el suficiente voltaje para encender la lámpara y operarla en forma estable. En todos los casos el balastro hace que la lámpara funcione al voltaje adecuado independiente del voltaje de alimentación que se tenga. Esto se logra con el uso de un transformador que es parte integrante del balastro.

## **Características eléctricas de las lámparas.**

Algunas características eléctricas de las lámparas tienen un efecto muy importante en la elección de los balastos y deben entenderse plenamente:

### **Tensión de encendido.**

Las lámparas de vapor de mercurio o de aditivos metálicos tienen electrodos especiales de encendido que les permite encender a voltajes relativamente bajos. El diseño de las lámparas de vapor de sodio de alta presión no permite el uso de electrodos de encendido, por lo tanto se requiere un dispositivo especial de encendido que provee pulsos intermitentes de 2,500 volts o más para ionizar los gases en el tubo del arco y lograr que éste se inicie.

### **Corriente de encendido.**

Esta corriente disponible para la lámpara durante el primer medio minuto de calentamiento. Si la corriente es demasiado elevada, la vida de la lámpara disminuirá.

### **Voltaje de operación de la lámpara.**

Para el caso de las lámparas de vapor de mercurio y de aditivos metálicos, la tensión de operación de la lámpara es casi constante a través de su vida. Debido a las tolerancias normales de manufactura, algunas lámparas pueden tener una variación en el voltaje de operación. Por ejemplo, la lámpara de 400 watts de vapor de mercurio tiene un voltaje nominal de operación de 135 volts, pero el voltaje de un grupo de lámparas puede variar de 125 volts a 145 volts.

Dependerá del tipo de balastro que la potencia de la lámpara varíe considerablemente con la tensión de la lámpara. El voltaje de operación de una lámpara de vapor de sodio de alta presión continúa aumentando a través de la vida de la lámpara y el balastro debe ser diseñado muy cuidadosamente para minimizar el cambio de los watts de la lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400 watts tiene un rango nominal de voltaje de 90 a 115 volts y aumenta hasta 140 volts al final de su vida.

### **Potencia de operación de la lámpara.**

Una lámpara de vapor de mercurio o de aditivos metálicos operará a su potencia nominal sólo si el voltaje de la lámpara y el voltaje de la línea son nominales. Teóricamente, el efecto total de estas variables puede causar que los watts de la lámpara varíen entre  $\pm 20\%$  de nominal. Sin embargo, debido a la distribución estadística de estas variables, más del 99% de las lámparas de un grupo grande variarán no más de  $\pm 10\%$  del nominal. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión pueden variar tanto como  $\pm 20\%$ , ya que el voltaje de la lámpara aumenta a través de su vida.

### **Factor de cresta de la onda de corriente de la lámpara.**

El factor de cresta es la razón del valor pico al valor eficaz de la corriente de operación de la lámpara. Las normas para lámparas permiten un factor de cresta máximo de 2 para el caso de las de vapor de mercurio y de 1.8 para las de aditivos metálicos o vapor de sodio alta presión. Un factor de cresta muy elevado acelerará la depreciación luminosa de las lámparas.

### **Sistemas de vapor de mercurio.**

La lámpara de mercurio es la más fácil de controlar debido a su estabilidad. La tensión de lámpara cambia muy poco durante su vida ( menos de 3% ).

### **Designaciones de las lámparas**

Todas las lámparas de vapor de mercurio tienen sus propias designaciones para identificación, totalmente distintas a las usadas en las lámparas fluorescentes e incandescentes.

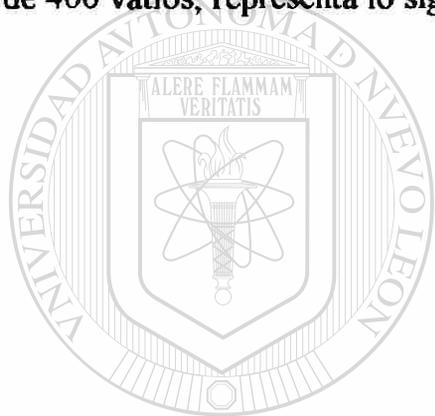
Este sistema de identificación está autorizado y controlado por el "American National Standard Institute" (ANSI). Todas las designaciones de las lámparas de vapor de mercurio comienzan con la letra "H" proveniente de la palabra griega "Hydrargyrum", que significa mercurio.

Después se agrega el número o números que identifican las características eléctricas de la lámpara y balastro (reactor).

Si son dos números, significa que la lámpara puede funcionar con cualquiera de los dos tipos de balastros (reactores). Las dos letras que siguen a los números sirven para identificar el tamaño, forma, acabado y otras características físicas del bulbo (con excepción del color).

Cuando el bulbo exterior tiene revestimiento interno de fósforo, se agregan una o más letras, separadas de las anteriores por una diagonal, con el propósito de especificar el color.

Por ejemplo la descripción H33 – GL / DX de una lámpara de vapor de mercurio blanco de 400 vatios, representa lo siguiente ( en la antigua representación ) ANSI .



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **Tipos de balastos para lámparas de vapor de mercurio.**

### **Reactor serie.**

El más sencillo de los balastro es el reactor serie. Es simplemente una bobina de choque inductiva en serie con la lámpara, operada directamente a partir de una tensión de línea apropiada. Como este circuito es muy inductivo, se obtiene un factor de potencia bajo, de alrededor del 50 %. El factor de potencia puede corregirse colocando a través de la línea un capacitor. Como ventajas, puede decirse que el reactor serie es de bajo costo y tiene pocas pérdidas, y es comparativamente pequeño y ligero.

Provee una buena regulación de los watts de la lámpara con variaciones de los volts de la lámpara cuando hay un cambio de 11% en los volts de la lámpara. Tiene un factor de cresta muy bajo, de alrededor de 1.4 y provee una corriente de encendido elevada para que la lámpara se caliente rápidamente.

El reactor serie tiene desventajas. Tiene un factor de potencia bajo a menos de que sea corregido por medio de un capacitor bastante costoso. Los watts de la lámpara varían  $\pm 12\%$  cuando el voltaje de línea varía en  $\pm 5\%$ . Sólo puede utilizarse cuando la tensión de línea provee condiciones necesarias para un encendido confiable y estabilidad de la lámpara – esto sucede generalmente a 220 volts ó 277 volts para lámparas de baja potencia y 480 volts para lámparas de mayor potencia. La corriente de línea es mayor durante el encendido que durante la operación, lo que debe tomarse en consideración cuando se instalan fusibles o interruptores en los circuitos. Este balastro tolerará disminuciones en la tensión de línea de solamente 15 %, y en las lámparas de alto voltaje este valor disminuye hasta el 10 %. A pesar de sus inconvenientes, el reactor serie, si es adecuadamente utilizado, puede funcionar en una instalación de bajo costo con la suficiente confiabilidad.

## **Autotransformador de alta reactancia.**

El autotransformador de alta reactancia consiste de un autotransformador más un reactor serie combinados en una sola estructura. Este balastro tiene características de operación similares a las del reactor serie, pero con la capacidad de operación a otras tensiones de línea.

Como el reactor serie, el autotransformador de alta reactancia tiene bajo factor de potencia que puede ser corregido utilizando un capacitor que opera en paralelo con un embobinado especial que permite ahorrar costos. Este balastro solamente se utiliza en aplicaciones de baja tensión de alimentación, ya que de lo contrario el costo del capacitor lo colocaría en un precio que sería más conveniente pagar para tener otros tipos de balastros que operan más satisfactoriamente.

El autotransformador de alta reactancia, disponible a 127 volts, tiene las mismas virtudes y desventajas que el reactor serie. Es inevitablemente más grande que el reactor serie, por lo que cuesta un poco más y tiene mayores pérdidas.

### **Autotransformador autorregulado.**

El autotransformador autorregulado combina las características de un autotransformador de alta reactancia con el circuito de potencia constante. Al utilizar una parte del devanado primario en común con el secundario, se reduce su tamaño. Debido a que solamente el devanado secundario contribuye a la buena regulación, el grado de regulación depende de la cantidad de tensión del primario que esté acoplada con el secundario.

El autotransformador autorregulado es de bajo costo, tamaño moderado y tiene un peso menor que el de potencia constante. Sus pérdidas son también menores. Su regulación es muy buena, aunque peor que la del de potencia constante, generalmente alrededor de  $\pm 5\%$  de cambio en la potencia de lámpara cuando se tiene  $\pm 10\%$  de cambio en la tensión de alimentación. Algunas de las ventajas del de potencia constante se observan en este circuito, incluyendo un buen factor de potencia, pequeña corriente de encendido y buena tolerancia a las disminuciones bruscas de la tensión de alimentación.

Una desventaja del autotransformador autorregulado en comparación con el de potencia constante, es su conexión eléctrica entre los desvanados primario y secundario.

### **Transformador de potencia constante.**

El balastro del circuito del transformador de potencia constante tiene los desvanados primario y secundario eléctricamente aislados entre sí, y la limitación de la corriente se logra a través de un capacitor que está en serie con la lámpara. El capacitor lo hace un circuito adelantado, en vez de un circuito atrasado. El balastro está diseñado de tal manera que la parte secundaria de la laminación trabaja a saturación magnética. La corriente del secundario permanece esencialmente constante cuando se tiene un rango amplio de tensiones de alimentación, lo que permite una regulación excelente de la potencia de la lámpara.

La tensión de alimentación puede cambiar en  $\pm 13\%$  y originará solamente un cambio de  $\pm 3\%$  en la potencia de lámpara.

El factor de potencia es de alrededor del 95%, y la corriente de línea durante el encendido es siempre menor que durante la operación estable. Las disminuciones abruptas de tensión de alimentación no representan un problema en este tipo de balastos, ya que aceptará disminuciones del 50% durante por lo menos 4 segundos de duración.

La virtud principal del balastro transformador de potencia constante es su facilidad de aplicación. Puede instalarse en cualquier circuito con una mínima preocupación en relación a la tensión de alimentación, a la disminución de dicha tensión, al aterrizaje o a la colocación de fusibles, y proveerá a una excelente operación.

### **Sistemas de aditivos metálicos.**

Las lámparas de aditivos metálicos tienen una gran semejanza a las lámparas de vapor de mercurio y sus características eléctricas (tensión de operación y corriente) son muy similares a las lámparas de mercurio equivalentes. Los tubos del arco de estas lámparas contienen, además de mercurio, ciertos aditivos metálicos, generalmente compuestos de haluros de yodo, que dan a la lámpara su gran eficiencia luminosa y sus

características de color. Sin embargo, estos aditivos metálicos, debido a la naturaleza de su ionización, tienen dos efectos muy importantes en los requisitos hacia el balastro.

Primero, se requiere una elevada tensión de circuito abierto para que se inicie el arco a temperatura especificada. Segundo, durante el ciclo de calentamiento existe un periodo de baja conducción en el plasma del arco y los requisitos de la tensión de reignición para restablecer el arco en cada medio ciclo exceden los valores generalmente disponibles en un balastro estándar de vapor de mercurio. Cuando se utiliza un balastro para vapor de mercurio con una lámpara de aditivos metálicos, esta condición existe y el arco se extinguirá, la lámpara se enfriará y tratara de reencender y se continuará repitiendo este ciclo. Esta condición empeora conforme la lámpara envejece y aunque el balastro para vapor de mercurio pueda operar una lámpara nueva satisfactoriamente, generalmente habrá problemas después de unas cuantas horas de operación. Para evitar estas deficiencias, se desarrolló un balastro especial para las lámparas de aditivos metálicos. A este balastro se le conoce como balastro adelantado con pico.

#### **Autotransformador autorregulado con pico.**

El circuito eléctrico de este balastro es idéntico del autotransformador autorregulado para vapor de mercurio.

La gran diferencia está en el circuito magnético del secundario. Una parte del núcleo que está bajo el devanado secundario tiene uno o más entre hierros que proveen una restricción y una saturación localizada. Estos entre hierros producen una onda de voltaje de circuito abierto de gran factor de cresta comparada a la forma de onda sinusoidal del voltaje del circuito abierto de un balastro de vapor de mercurio.

El entrecierro en el balastro de aditivos metálicos provee un pico de alto voltaje que ayuda al encendido de la lámpara. Reduce el valor eficaz del voltaje del circuito abierto, lo que disminuye el tamaño físico del balastro, que estaría determinado por sus característica de volts – amperes.

También provee un voltaje de sostenimiento elevado hacia la lámpara de tal manera que pueda salir adelante durante el tiempo de calentamiento de la misma sin que se extinga.

Reduce el tiempo cero de la corriente de encendido, el período durante el cual la onda de corriente está cerca de cero en una parte apreciable de cada medio ciclo, con lo cual aumenta la estabilidad de la lámpara. Finalmente, provee un factor de cresta bajo que permite a la lámpara tener una larga vida.

El balastro de aditivos metálicos generalmente provee de una buena regulación que se encuentra entre la del balastro autorregulado y la del balastro reactor serie. Para cambios de tensión de alimentación  $\pm 10\%$ .

Este balastro exhibe casi todas las ventajas del balastro autorregulado: elevado factor de potencia, baja corriente de encendido en la línea y buena tolerancia a la disminución substancial de la tensión de alimentación.

### **Sistemas de vapor de sodio de alta presión.**

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión son considerablemente diferentes tanto en apariencia física como en características de operación de las demás lámparas de descarga de alta intensidad. Se requieren balastros generalmente más grandes y costosos para este tipo de lámparas.

Existen dos características de la lámpara de vapor de sodio de alta presión que son la diferencia principal en lo que a requisitos del balastro se refiere. La tensión necesaria para encender la lámpara es mucho más elevada que la que se necesita para otras lámparas de descarga de alta intensidad. Esto obliga a la inclusión en el circuito de un dispositivo de arranque que provee un pulso de alta tensión de 2500 volts pico o más.

También, la tensión del arco de la lámpara aumenta con en edad en un rango bastante amplio y el balastro debe controlar la potencia de lámpara con relación a un rango específico a través del rango de la tensión de la lámpara – el trapecoide.

Los trapecoides son especificaciones por los fabricantes de lámparas.

El final de la vida de la lámpara generalmente sucede cuando el voltaje de lámpara aumenta de tal manera que la lámpara se apaga, momento en el cual la lámpara reciclará a intervalos regulares.

**Reactor serie.**

El reactor serie puede ser diseñado para dar una operación satisfactoria a las lámparas de vapor de sodio de alta presión. Si se utiliza con los ignitores apropiados y la tensión de alimentación es la suficiente, dará una potencia razonablemente constante a la lámpara de vapor de sodio alta presión a través de un rango específico de tensión de operación de la lámpara.

Estos balastos son de menor costo, tamaño y peso, y pueden obtenerse en alto o bajo factor de potencia. La variación permisible de tensión de alimentación iguales o superiores a las de encendido de la lámpara y exigen excelente regulación de la línea de alimentación. Operan adecuadamente dentro de las condiciones anteriores, dentro del trapecio ANSI correspondiente.

**Autotransformador de alta reactancia.**

El autotransformador de alta reactancia para lámparas de vapor de sodio de alta presión tiene las mismas características de operación que el reactor serie ya que es un reactor serie en combinación con un autotransformador, que están devanados en la misma laminación. Son adecuados para variaciones de tensión de alimentación de  $\pm 5\%$ .

**Balastro adelantado regulado.**

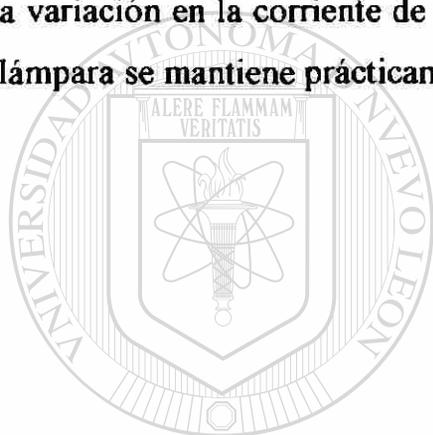
Este balastro es similar al balastro autorregulado de mercurio, pero tienen ciertos entrehierros especiales que producen una gran reactancia de fuga y un dispositivo de arranque que provee las características de encendido que son requisito de las lámparas de vapor de sodio de alta presión.

El balastro adelantado regulado puede utilizarse con tensiones de alimentación que tiene variaciones de  $\pm 10\%$ .

### **Sistemas de vapor de sodio de baja presión.**

En las lámparas de vapor de sodio de baja presión, el arco se mantiene a través de sodio vaporizado. La luz producida por el arco de sodio de baja presión es casi monocromática, consistiendo de una línea doble en la región amarilla del espectro a 589 y 589.6 nanómetros.

El arco de las lámparas de baja presión, igual que todas las demás lámparas de descarga de gas, tiene una característica negativa de volts – amperes y por tanto se requiere un dispositivo para limitar la corriente, generalmente un balastro reactor serie y transformador simultáneos. Este tipo de balastro generalmente son de alto factor de potencia y permiten una variación en la tensión de alimentación de  $\pm 5\%$  manteniendo una variación en la corriente de la lámpara de  $\pm 5\%$ . Debido a lo anterior la potencia de la lámpara se mantiene prácticamente constante.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



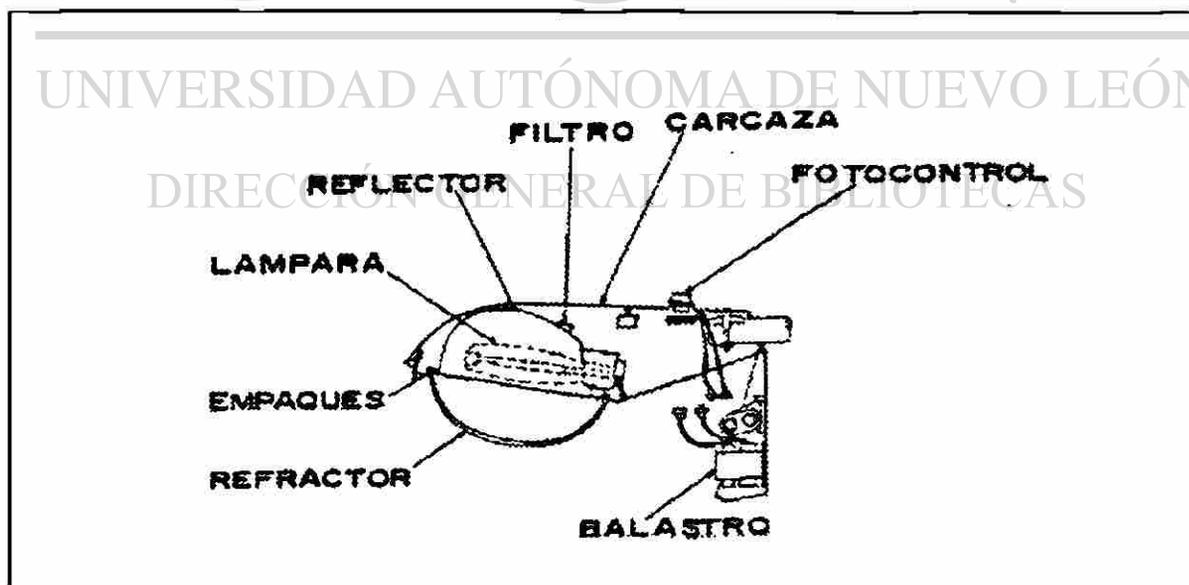
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPITULO 7

## CONTROL DE LUZ

Componentes básicos de un luminario típico de alumbrado público. Figura 7-1.

- a) Reflector.
- b) Refractor.
- c) Carcaza.
- d) Empaques y filtros.
- e) Balastos.
- f) Lámpara.



### **Luminario: construcción características y aplicaciones.**

El conjunto óptico es el elemento que nos sirve para aprovechar la luz emitida por la lámpara al máximo y canalizar el haz luminoso hacia el área donde se desee y con la intensidad que se requiera. Los principales componentes son reflector y lámpara.

Dependiendo de las características de estos componentes, harán que la luz se distribuya hacia el área, con la intensidad, uniformidad y el color de luz adecuado a las condiciones de trabajo.

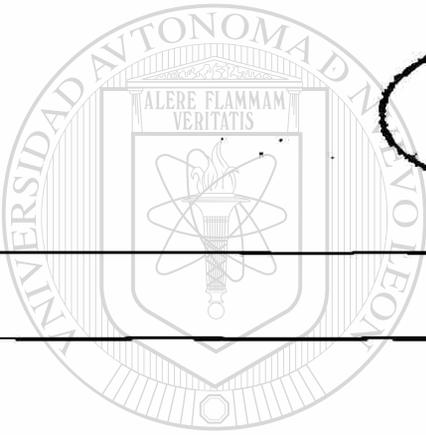
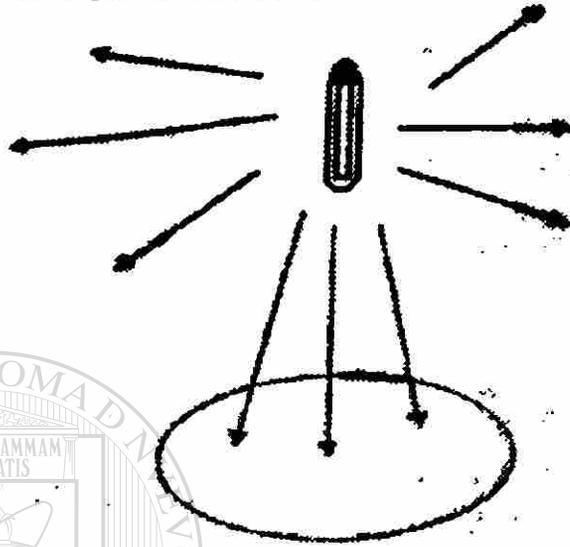
Una lámpara en posición vertical emite el 30% de los rayos luminosos hacia arriba y el 70% restante hacia los lados y hacia abajo; por lo tanto para aprovechar los rayos luminosos generado, colocamos un elemento reflector. El refractor es un elemento adicional que tiene, además de la función de control de luz, funciones adicionales como evitar el deslumbramiento, brindar protección al foco etc.

Los materiales más comúnmente utilizados para la fabricación de los refractores son: vidrio, borosilicato, acrílico, fibra de vidrio y en general cualquier plástico con ciertas características de resistencia principalmente al calor generado por la lámpara.

El portabalastro debe de ser ligero, ya que esto facilita su manejo en la instalación. Además de difundir o disipar el calor generado por el balastro. Para que el portabalastro reúna todas estas propiedades, debe estar construido de aluminio y contar con “aletas” disipadoras de calor.

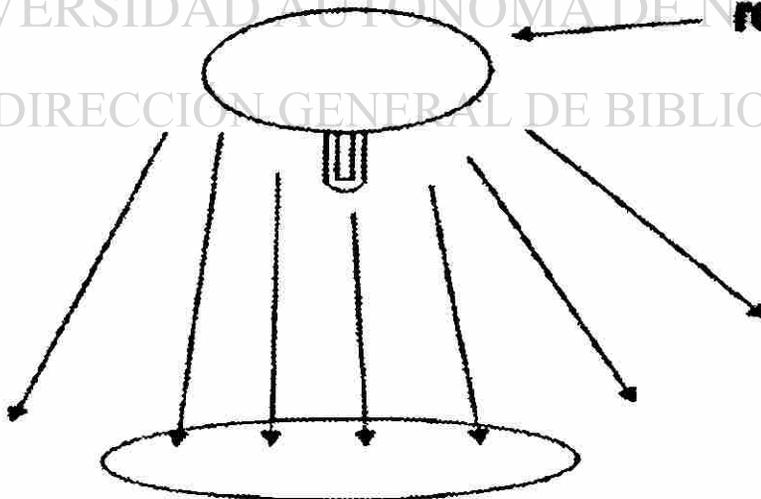
El balastro, como ya lo estudiamos es el dispositivo que proporciona la energía necesaria para la operación de la lámpara y limita la corriente en su funcionamiento. Aprovechamiento de la luz generada por una lámpara.

Se desprecia el eje óptico como en un foco

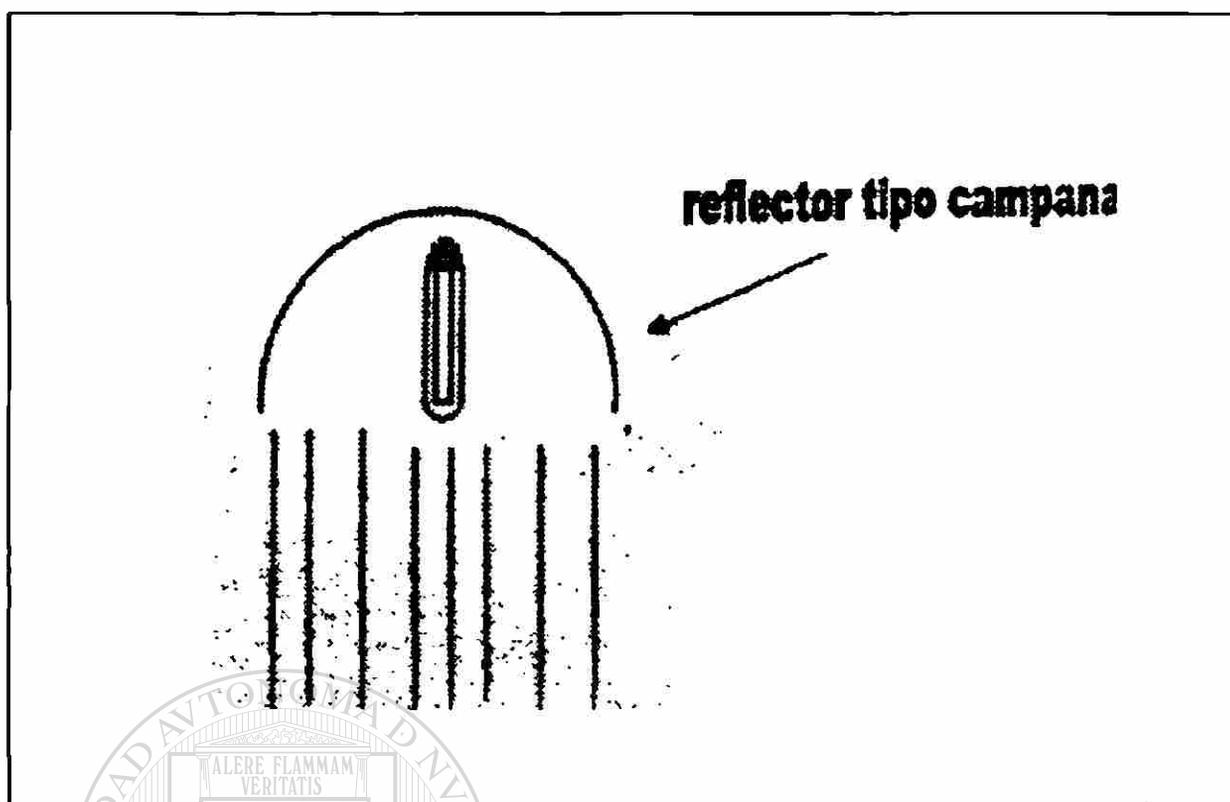


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



®

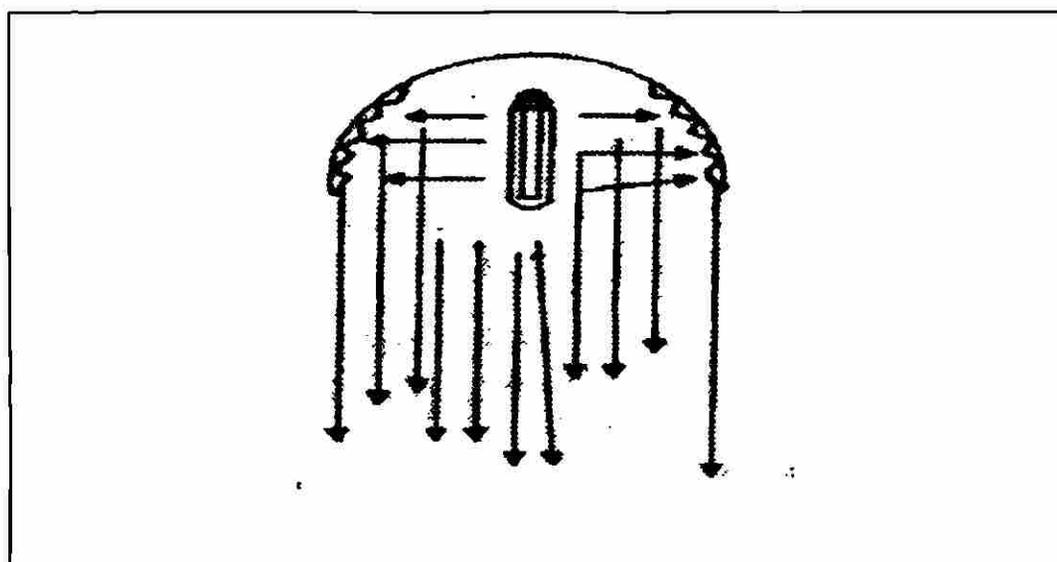


Aprovechamiento al máximo de los rayos luminosos en el área a iluminar = 80 %.

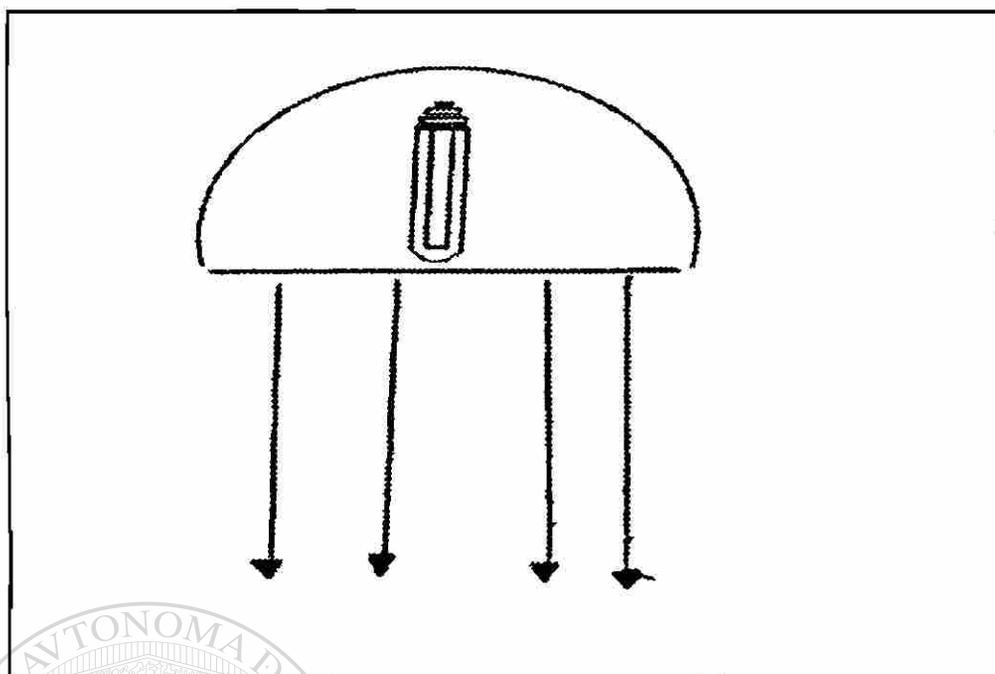
#### Reflector de facetas:

Evita el calentamiento excesivo del reflector y evita que los rayos incidan de rebote en el tubo de descarga de la lámpara alargando su vida útil.

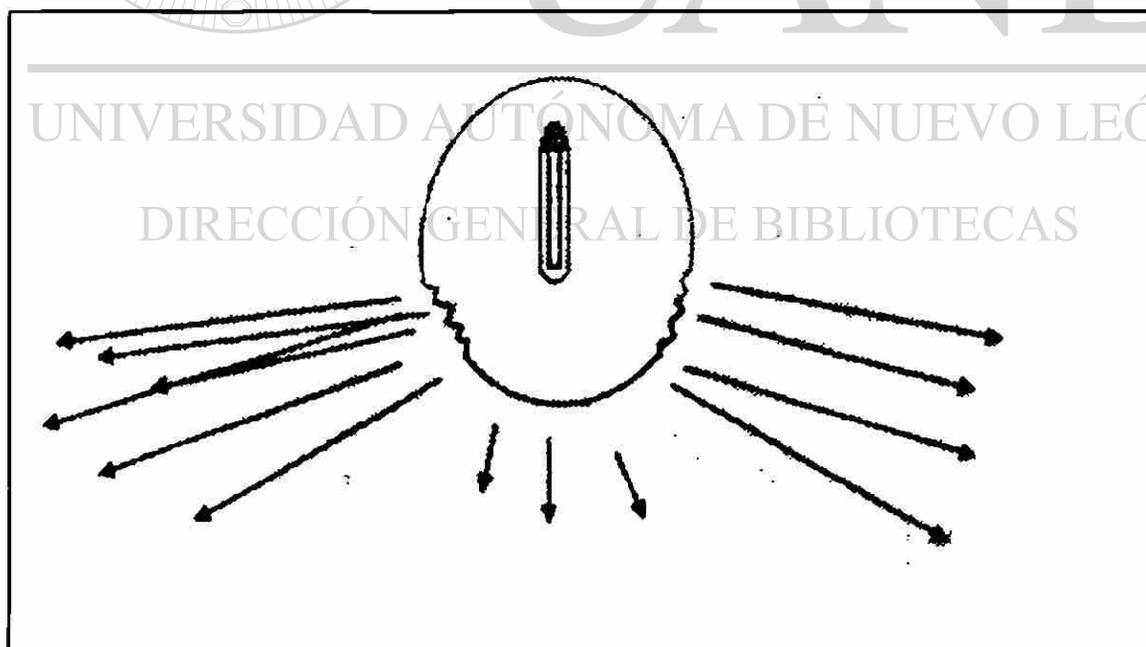
Todos los rayos son luminosos son canalizados hacia fuera del reflector (no hacia el tubo de arco de la lámpara).



1. Refractor plano: Rayos más rápidos y concentrados hacia abajo.

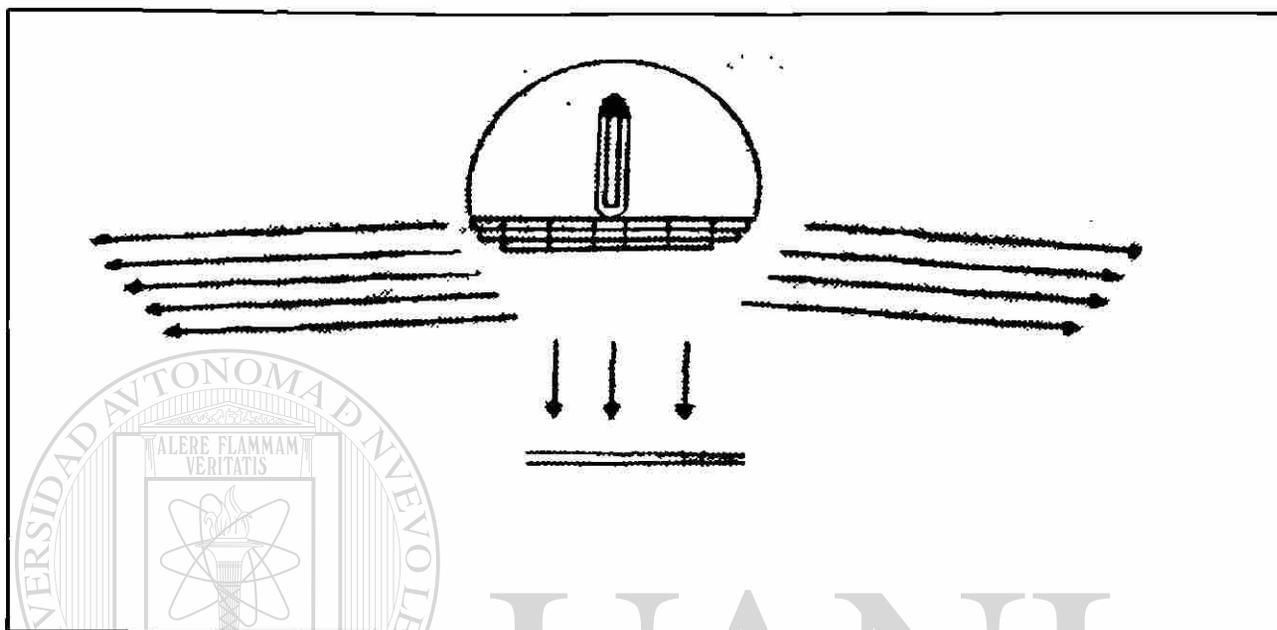
**Reflector facetado:**

Rayos más concentrados y dirigidos hacia el lado calle.

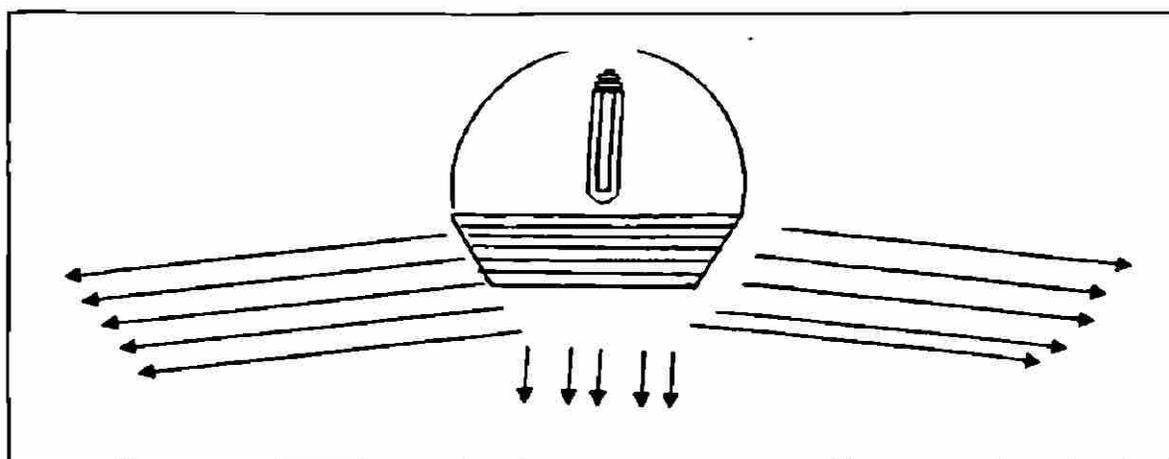


**Refractor facetado:**

Rayos más dirigidos hacia los lados que hacia abajo.

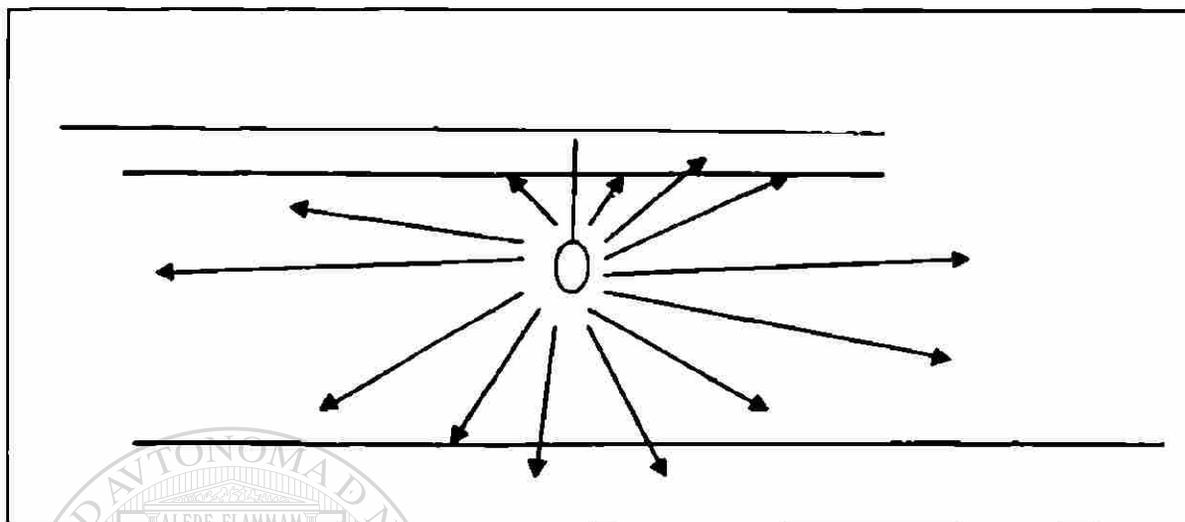
**Refractor facetado abierto:**

Rayos más concentrados hacia abajo y al lado calle.



El principio del alumbrado público se basa en que el luminario (principalmente por efecto del refractor) deberá distribuir la luz de la siguiente manera; el porcentaje mayor

de luz será dirigido hacia los lados de la calle, después deberá de proveer un tanto de luz hacia el frente, una cantidad todavía menor hacia la parte de atrás.



Un factor de gran importancia que debemos considerar al momento de calcular un sistema de alumbrado es el factor de depreciación por suciedad del luminario, el cual debe considerarse bajo los factores de la siguiente tabla.

#### DEPRECIACION POR SUCIEDAD DEL LUMINARIO

LUMINARIO FILTRADO Y SELLADO FACTOR 0.95

LUMINARIO SIN FILTRO GENERAL DE FACTOR 0.80

#### **Información fotométrica de luminarios de alumbrado público.**

La posición normal de operación de un luminario de alumbrado público se muestra en la figura al final del capítulo. La orientación es la misma en las curvas isofotcandle. La iluminación en el lado de la calle está comprendida en la región de los ángulos laterales  $90^{\circ} - 0^{\circ} - 270^{\circ}$  y el lado de la casa entre  $90^{\circ} - 180^{\circ} - 270^{\circ}$ . La luz hacia arriba es aquella por encima de los  $90^{\circ}$  verticales mientras que la luz hacia abajo es aquella de los  $90^{\circ}$  (del ecuador de la esfera).

La distribución de la iluminación se considera generalmente en un rango de condiciones típicas que incluyen: altura de montaje del luminario, localización

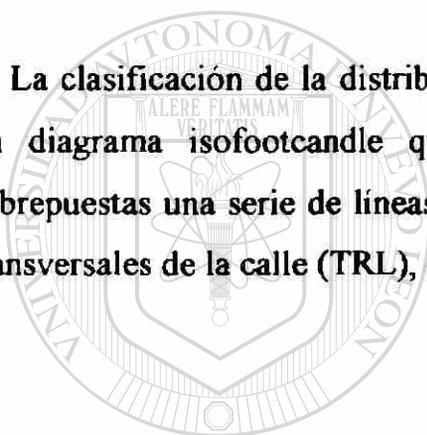
transversal de los luminarios (caña), espaciamiento longitudinal de luminarios, anchos de la calle a ser eficazmente iluminados, arreglo de luminarios, por ciento de iluminación de lámparas dirigido al pavimento y áreas adyacentes, así como la eficiencia mantenida al sistema.

### **7.1 Clasificación de luminarios.**

La IES establece ciertos métodos y criterios para clasificar los luminarios:

- 1.- Distribución vertical de la iluminación.
- 2.- Distribución lateral de la iluminación.
- 3.- Control de la distribución de la iluminación sobre la candela máxima.

La clasificación de la distribución de la iluminación puede hacerse sobre la base de un diagrama isofotocandle que es una malla rectangular coordinada que tiene sobrepuestas una serie de líneas longitudinales de la calle (LRL), y una serie de líneas transversales de la calle (TRL), ambas múltiplos de la altura de montaje (MH).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Curvas isofootcandle.

El diagrama isofootcandle muestra la distribución de la iluminación en la superficie de la calle en la vecindad del luminario. Las líneas sobre el diagrama unen todos los puntos que tienen igual iluminación, como los contornos lineales de un mapa topográfico que indica todos los puntos de igual elevación. En estos términos conocemos la magnitud y dirección de cualquier punto en el diagrama (o calle), como también el gradiente de la iluminación con respecto a puntos cercanos. Para hacer esta información más universal, los valores en los ejes horizontal y vertical se proporcionan en función de la altura de montaje.

Es conveniente algunas veces redibujar la información isofootcandle a otra escala para utilizarla en un plano que contenga la localización de los luminarios. Al sobreponer este diagrama, la distribución de la iluminación puede estudiarse. En la parte inferior de la tabla de alturas de montaje se encuentra el factor de corrección, uno puede encontrar la altura de montaje para que los datos sean calculados.

## Corrección de la altura de montaje.

Una corrección es aplicable en la información isolux si la altura de montaje utilizada es diferente de la calculada en la información

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACTOR DE CORRECCION DE LA ALTURA DE MONTAJE

USADO ABAJO=

100

(MH ACTUAL) (al cuadrado)

ALTURA DE MONTAJE (M)	7.5	8	8.5	9	9.5	10	11	12	13	14
FACTOR	1.78	1.56	1.38	1.23	1.11	1	0.83	0.69	0.59	0.51

Para obtener la iluminación a otras alturas de montaje, multiplique los valores de iluminación del diagrama isofootcandle por el factor de corrección como se muestra. Si el factor de corrección se requiere para otras alturas de montaje diferentes a las mostradas en la tabla, simplemente multiplique los niveles en luxes por el valor:

$$\frac{\text{MH al cuadrado de la información}}{\text{mh al cuadrado propuesto}} = \frac{(\text{MH})^2}{(\text{mh})^2}$$

NOTA: No utilice este factor de corrección mh en las curvas de utilización.

### Valores de flujo luminoso.

Los valores de flujo luminoso dan lúmenes de luz del luminario en cuadrantes: arriba, debajo de lado de la calle y del lado de la casa, y el total de lúmenes de salida del luminario (basados sobre 1000 lúmenes de salida de la lámpara. Ver factor de lámpara). Estos valores también se dan en por ciento de lúmenes nominales de lámpara. Este porcentaje representa exactamente la eficiencia del luminario

#### VALORES DE FLUJO LUMINOSO

	LúMENES	EFICIENCIA DE LA LAMPARA
LADO CALLE HACIA ABAJO	620	62
LADO CALLE HACIA ARRIBA	10	1
LADO ACERA HACIA ABAJO	160	16
LADO ACERA HACIA ARRIBA	10	1
TOTAL	800	80

#### Factor de lámpara.

Los valores de luxes, lúmenes y candelas de la curva fotométrica se ajustan para representar una lámpara que produce 1,000 lúmenes adentro del luminario. Por lo tanto, un factor de lámpara (LF) debe aplicarse cuando se utilicen estos valores en los cálculos.

Observe que esto permite a una curva fotométrica representar la distribución de más de una potencia de lámpara; por ejemplo lámparas de 250 y 400 w de vapor de sodio alta presión.

Multiplique los valores en lúmenes, candelas y luxes por:

$$LF = \frac{\text{Lúmenes reales de la lámpara}}{1000}$$

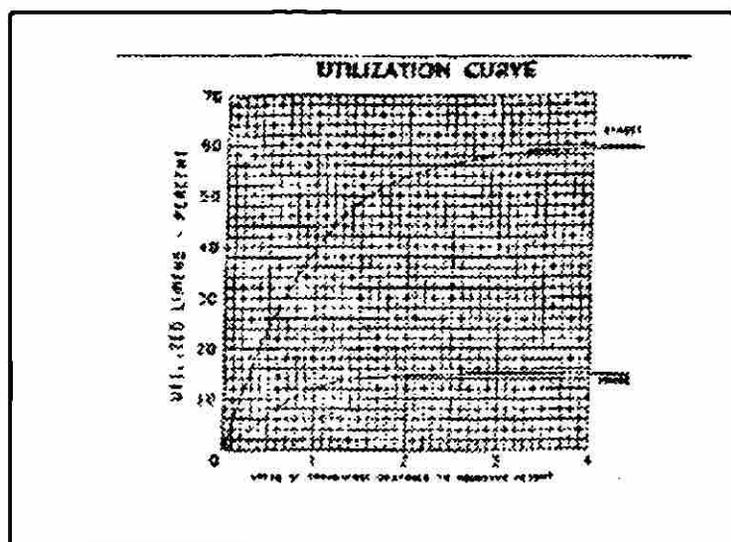
Algunas curvas viejas presentan información basándose sobre los lúmenes de alguna lámpara en específico, que pueden ser o no los mismos lúmenes de salida de la lámpara que actualmente se utiliza. Si el valor en lúmenes es diferente, el factor de lámpara aplicable se calcula como sigue:

$$\text{Factor de lámpara} = (LF) \frac{\text{Lúmenes de la información fotométrica}}{\text{Lúmenes nominales actuales de la lámpara}}$$

El factor de lámpara nunca deberá utilizarse en la curva de utilización cuando calcule el espaciamiento o el promedio de iluminación en luxes.

### Curva de utilización.

La curva de utilización, es la representación de la eficiencia del luminario que proporciona la cantidad de luz que incide en el arroyo y áreas adyacentes. La cantidad de luz que está utilizándose o incidiendo en el área a ser iluminada, es dibujada como porcentaje del total de luz generada por el luminario para varios valores de distancia transversal (a través de la calle desde el luminario sobre el lado de la calle y de la casa) a la altura del montaje. El coeficiente de utilización para algún caso específico se obtiene de esta curva.



## 7.2 Guía de referencia rápida para la clasificación de iluminación de alumbrado público.

### I. Distribución de iluminación vertical:

“larga”      “media”      “corta”.

La distribución de la luz vertical está determinada por las áreas consideradas por las siguientes líneas transversales de la calle (TRL). Estas áreas son definidas como las zonas transversales de máximas candelas.

Distribución “corta” TRL = 1.00 MH      a      TRL = 2.25 MH

Distribución “media” TRL = 2.25 MH      a      TRL = 3.75 MH

Distribución “larga” TRL = 3.75 MH      a      TRL = 6.00 MH.

La localización del punto de máxima candela en estas zonas transversales de máxima candela determinan la clasificación de la iluminación vertical.

### II. Control vertical.

“Cut-off”      “Semi-cut-off”      “Non-cut-off”.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los ángulos verticales de  $90^{\circ}$  y  $80^{\circ}$  son utilizados para clasificar el control vertical como se tabula:

Control vertical del luminario	Máxima intensidad emitida permisible.	
	900	800
Cut – off	25 cd/1000 Im (2.5%)	100 cd/100 Im (10%)
Semi – cut – off	50 cd/1000 Im (5%)	200 cd/100 Im (20%)
Non - cut – off	No limitada	No limitada

### III. Distribución de iluminación lateral.

#### Clasificación “tipo” IES

Localice la  $\frac{1}{2}$  de la línea de máxima candela en el diagrama isofootcandle y note su posición relativa a la línea especificada longitudinal a la calle (LR). Este “tipo” se determina por la localización de la  $\frac{1}{2}$  de la línea de máxima candela en la curva isofootcandle para todas a excepción del Tipo V.

**Tipo I:** La mitad de la línea de máxima candela entre el área de ambos lados de la línea de referencia (LRL= 0 MH) y permanece entre el área con relación a LRL =1.0 MH en ambos lados de la casa y de la calle en la zona transversal de máxima candela.

**TIPO II:** La mitad de la línea de máxima candela no cruzan LRL= 1.75 MH sobre el lado de la calle en la zona transversal de máxima candela.

**TIPO III:** La mitad de la línea de máxima candela en el área comprendida de LRL = 1.75 a LRL = 2.75 MH, sobre el lado de la calle en la zona transversal de máxima candela.

**TIPO IV:** La mitad de la línea transversal cruza a LRL = 2.75 MH en la zona transversal de máxima candela.

**TIPO V:** Cuando la forma tiene un círculo simétrico de la distribución de candela y es esencialmente igual en todos los ángulos laterales.

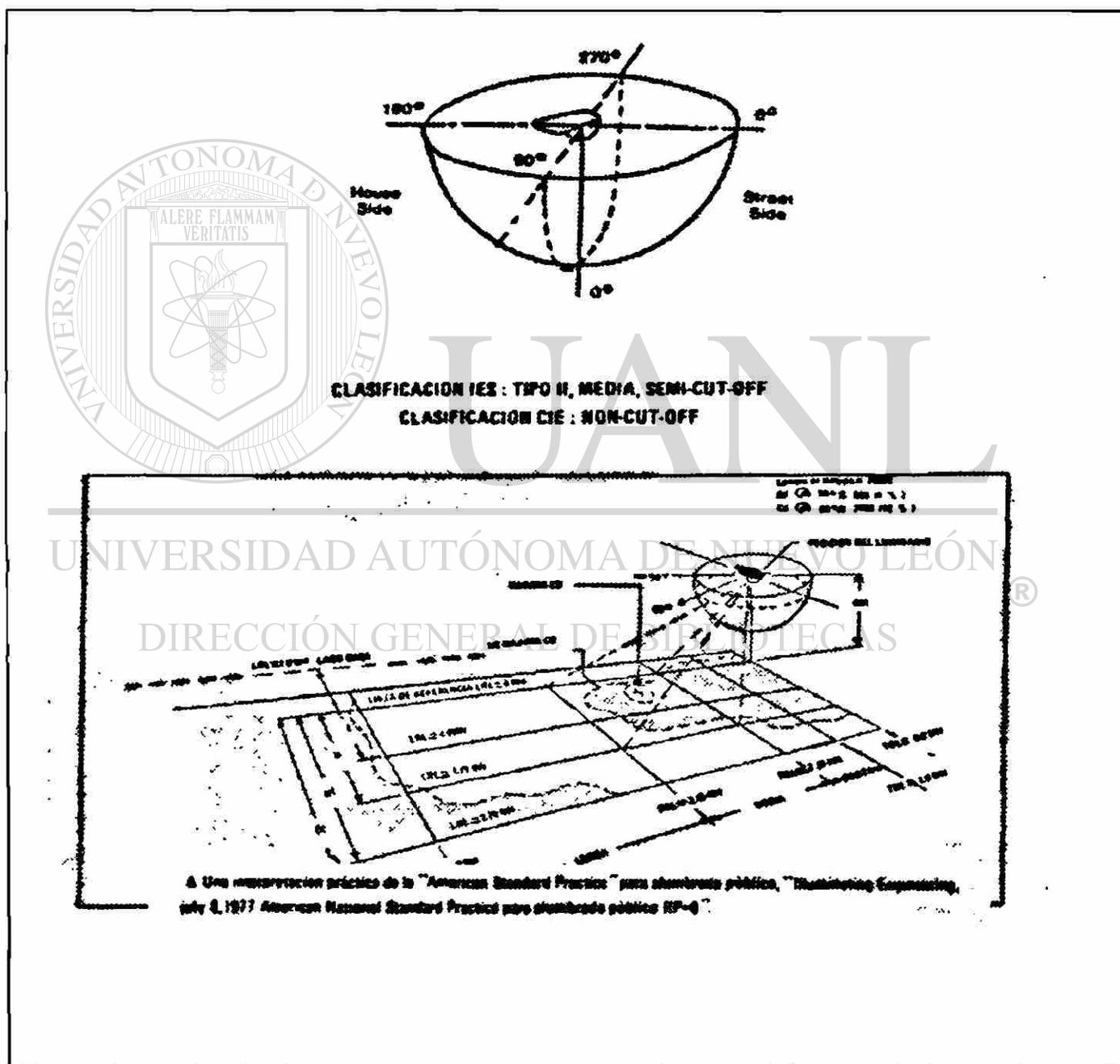
### IV. Clasificación CIE (Comisión Internationale de L’Eclariage).

La clasificación CIE es relativamente sencilla dado a que se basa primeramente en el control vertical. El criterio está tabulada:

Tipo de luminario	Localización del ángulo vertical de máxima cd.	Máxima intensidad emitida permisible	
		90°	80°
Cut-off	0 - 65°	*10cd/100Im(1%)	30cd/1000Im(3%)
Semi-cut-off	0 - 75°	*50cd/1000Im(5%)	100cd/1000Im(10%)
Non-cut-off	-	1000 cd	

\* Un máximo de 1000 cd, se permiten sin importar los lúmenes de lámpara.

### Posición normal de operación de un luminario de alumbrado público.



**Tipos de curvas utilizadas en alumbrado público**

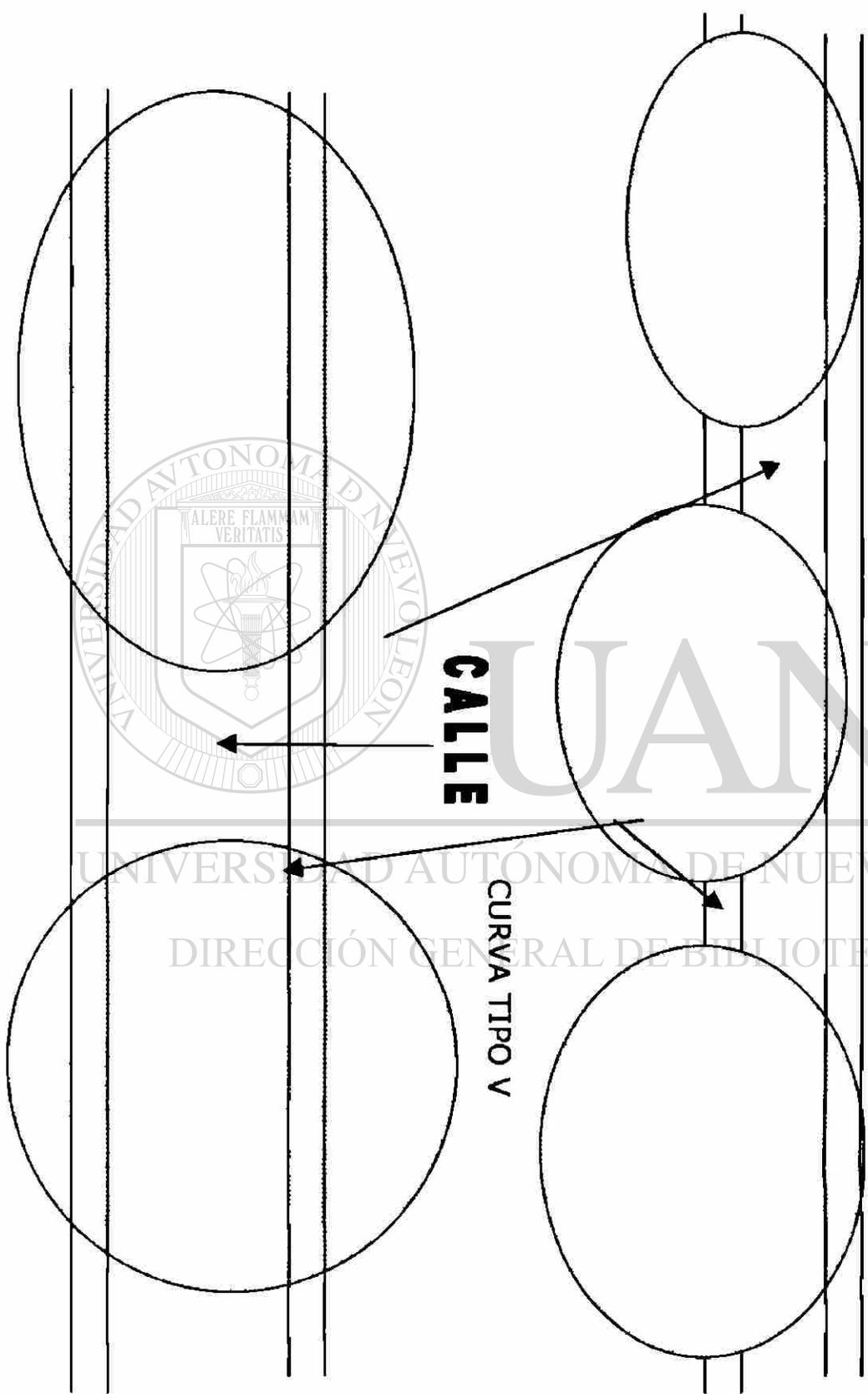
CURVA TIPO I

CURVA TIPO II

CURVA TIPO III

CURVA TIPO V

**CALLE**



# CAPITULO 8

## NIVELES DE ILUMINACION SEGÚN LA NORMA DE LA S.E.M.I.P.

(SERCETARIA DE ENERGIA MINAS E INDUSTRIA  
PARAESTATAL)

Y RECOMENDACIONES DE LA I.E.S.N.A.

(ILLUMINATING ENGINEERGIN SOCIETY OF NORTH  
AMERICA)

### Clasificación del área

#### Comercial:

El área de negocios de una municipalidad donde normalmente hay muchos peatones durante horas nocturnas. Esta definición se aplica a áreas de negocios de gran desarrollo, tanto dentro como fuera del centro de la municipalidad.

#### Intermedia:

Aquellas áreas de una municipalidad caracterizada por una moderna actividad peatonal nocturna, tal como zonas donde hay librerías, centros de recreación, grandes edificios de departamentos, edificios industriales o tiendas.

#### Residencial:

Areas destinadas para vivienda o mezcla de residencias y establecimientos comerciales pequeños, caracterizados por pocos peatones en la noche. Incluye zonas de habitación unifamiliares, y/o edificios de departamentos. Algunas zonas de oficinas o industriales caen en esta clasificación, si es consistente con la poca actividad nocturna de peatones.

VALORES MÍNIMOS MANTENIDOS DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA  
PARA ILUMINACION DE VIALIDADES

CLASIFICACION DE AREAS Y VIALIDADES	PROMEDIO DE LUMINANCIA	UNIFORMIDAD DE LUMINANCIA		RELACION DE DESILUMBRAMIENTO
	$L(\text{prom})$ (cd/m <sup>2</sup> )	$L_{\text{pro a}}$ $L_{\text{min}}$	$L_{\text{max a}}$ $L_{\text{min}}$	( MAXIMO ) $L_{\text{v}} \div L_{\text{pro}}$
AUTOPISTAS Y CARRETERAS	0.4	3.5 a 1	6 a 1	0.3 a 1
VIAS DE ACCESO	1.0	3 a 1	5 a 1	
CONTROLADO EN ZONA				
INTERMEDIA	0.8	3 a 1	5 a 1	0.3 a 1
RESIDENCIAL	0.6	3.5 a 1	6 a 1	
VIAS PRINCIPALES				
COMERCIAL	0.8	3 a 1	5 a 1	
INTERMEDIA	0.8	3.5 a 1	6 a 1	0.4 a 1
RESIDENCIAL	0.4	4 a 1	8 a 1	
VIAS SECUNDARIAS				
COMERCIAL	0.8	6 a 1	10 a 1	
INTERMEDIA	0.5	6 a 1	10 a 1	0.4 a 1
RESIDENCIAL	0.3	5 a 1	10 a 1	

NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS

CLASE DE AREA	CLASIFICACION DE CALLES	RECOMENDACIONES I.E.S.		LAMPARA SUGERIDA
		NIVEL DE LUXES MANTENIDOS PROMEDIO MINIMO	UNIFORMIDAD AVGMIN. E/E	
RESIDEN- CIAL	LOCAL	7	5:1	LU70, LU100, LU150
	COLECTOR	9	3:1	LU100, LU150
	MAYOR	12	3:1	LU150, LU250
INTERME- DIA	LOCAL	8	3:1	LU100, LU150
	COLECTOR	10	3:1	LU100, LU250
	MAYOR	16	3:1	LU250, LU400
COMERCIAL	LOCAL	0	0	0
	COLECTOR	14	3:1	LU250, LU400
	MAYOR	22	3:1	LU250, LU400, LU600

## **Clasificación de la calle.**

### **Mayor:**

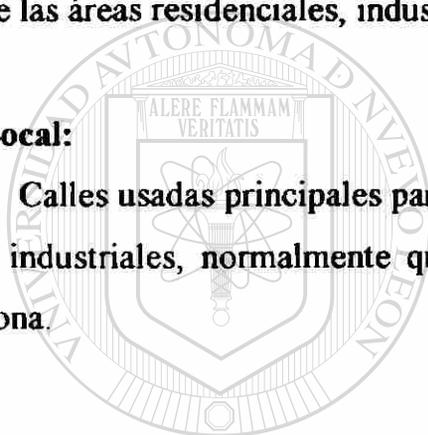
Parte de un sistema vial que sirve como red principal para el flujo de tráfico. Estas rutas conectan áreas de generación de tráfico importante con carreteras de acceso a la ciudad.

### **Colector:**

Calles de distribución y colección de tráfico que conectan calles de categoría “mayor” con calles de categoría “local”. Estas avenidas se usan principalmente para tráfico dentro de las áreas residenciales, industriales o comerciales.

### **Local:**

Calles usadas principales para acceso directo a propiedades residenciales, comerciales o industriales, normalmente quienes transitan en esas calles, viven o trabajan en esa zona.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPITULO 9

## CALCULO DE ALUMBRADO PUBLICO

### **Cálculo del alumbrado de calles y carreteras**

El cálculo del alumbrado de calles y carreteras se utilizará básicamente las mismas relaciones de lúmenes y áreas tal como se usa en el método de lumen que se sirve para el cálculo de alumbrado de interiores.- La diferencia existe en la forma de presentar e interpretar los datos fotométricos.

En la siguiente página encontrará una ilustración de la forma usual de presentar los datos fotométricos; dicha hoja corresponde a una luminaria tipo III y contiene toda la información necesaria para calcular un problema y además certificar predicciones.- Igualmente se pueden usar para comparar las características de los luminarios.

Un problema idealmente solucionado, sería cuando se logre con el máximo confort visual un nivel de iluminación constante en la superficie del lugar.

Los luminarios para la aplicación de alumbrado de calles deben tener una curva de distribución de la luz vertical y lateral tal que mediante su uso, se logre un nivel de iluminación constante.

La información fotométrica necesaria para calcular un problema, regularmente se proporciona mediante curvas que son llamadas: curvas de utilización, líneas isolux y curvas isofootcandle.

#### **Curvas de utilización:**

Las curvas de utilización son una medida de la cantidad de luz que cae sobre un plano horizontal enfrente o atrás de la luminaria, y por tanto mediante el uso de estas curvas se mide la fracción del flujo total producido por la luminaria que es utilizada en la calle, ya sea enfrente a la luminaria o sea el llamado lado calle, ya sea atrás de la luminaria, lo que comúnmente es llamado lado casa.

Los datos de la luminaria incluye los lúmenes emitidos por la lámpara, pero de estos en la propia luminaria son retenidos en cierta proporción dando una salida neta de la luminaria menor que los de la lámpara.- Asimismo la luminaria emite una pequeña fracción de su luz de la horizontal hacia arriba que no es utilizada en iluminar la calle.

Todo esto es tomado en cuenta al momento de trazar las curvas de utilización de la luz y por tanto estas son trazadas para que nos digan cuánta luz cae sobre la calle como una fracción de los lúmenes nominales de la lámpara, pero no revela cómo es distribuida la luz; y debe, por esta razón, usarse en conjunto con las líneas isolux para obtener las verdaderas características de los luminarios.

Las curvas de utilización son dibujadas teniendo como abscisa la siguiente relación:

Distancia lateral lado casa o calle

Altura de montaje

#### **Lineas isolux:**

Por medio del uso de líneas isolux se puede mostrar como es distribuida la luz en un plano horizontal, todos los puntos sobre una línea isolux recibe los mismos lúmenes por unidad de superficie o sea todos los puntos de esas líneas tienen el mismo nivel de iluminación y por medio de la superposición de puntos sobre el plano que contiene dichas líneas se puede estudiar la uniformidad de la iluminación y sirve para determinar el nivel de iluminación sobre cualquier punto específico sobre la calle.

Las curvas isolux son hechas para una altura de montaje dada, pero la distancia horizontal está expresada en relaciones de la distancia real a la altura de montaje; los factores de corrección para otras alturas de montaje aparecen acompañando las líneas pero pueden calcularse de la siguiente manera:

Factor de corrección: Altura de montaje de las líneas isolux al cuadrado

Altura de montaje real al cuadrado

Igualmente, las curvas isolux son trazadas para una luminaria de determinados luxes, para luminarias del mismo tipo pero con otros lúmenes pueden obtenerse los niveles de iluminación de cualquier punto incrementado, disminuyendo los valores obtenidos en relación proporcional directamente a los lúmenes de la luminaria en uso.

Nivel promedio =  $\frac{\text{Lúmenes promedio de la lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de mantenimiento de la luminaria}}{\text{En el servicio} \times \text{espaciamiento entre luminarias} \times \text{ancho de la calle}}$

O lo que es lo mismo:

$$\frac{\text{Espaciamiento entre} = (\text{lúmenes por promedio}) \times (\text{coeficiente de}) \times (\text{factor de})}{\text{De la lámpara} \times \text{utilización} \times \text{mannto. De la luminaria}}$$

$$\text{Espaciamiento entre luminarias} \times \text{ancho de la calle}$$

Una modificación adicional a esta fórmula es necesaria para determinar la iluminación promedio sobre la pavimento cuando la fuente luminosa está en su mas bajo nivel de emisión. Para tales cálculos la fórmula se expresa así:

$$\text{Nivel} = \frac{(\text{lúmenes de la lámpara}) \times (\text{factor de mtto.})}{\text{Mínimo al momento del (coeficiente de utilización) de la luminaria}}$$

$$\text{Promedio} = \frac{\text{reemplazo} \times \text{X} \times \text{X}}{\text{Espaciamiento entre las Luminarias} \times \text{ancho de la calle}}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 9.2 CASO PRACTICO

Ejemplo de alumbrado público, partiendo de:

(W) ancho de calle = 50 feet.  
 (E) nivel de iluminación prom. Mantenido = 2 fc.  
 (MH) altura de montaje = 40 feet.  
 Distancia del poste a la orilla de la acera = 2 feet.  
 Longitud del brazo = 12 feet.

### Curvas isocandle:

Otra manera de presentar la distribución de la intensidad luminosa es por medio de curvas isocandle. Las curvas representan los puntos de igual intensidad luminosa, cayendo sobre una superficie esférica que rodea la luminaria.

Como las curvas de todos los luminarios asimétricos son generalmente simétricas en el plano vertical en ángulo recto con la línea paralela a la calle, sólo es necesario mostrar la distribución de la luz en una hemiesfera.

## 9.1 ARREGLOS

### Ecuación para diseñar el alumbrado de calles

Tal como se menciona al iniciar este tema, en el diseño de alumbrado de calles se usa en principio el método de lúmenes solo con la diferencia que:

- a) Se calcula el espaciamiento entre luminarias y no el número total de luminarias a usar.
- b) Se usa un método diferente pero sencillo para el cálculo del coeficiente de utilización.
- c) Se requiere comprobar al final, si con la separación resultante del cálculo, se obtiene una distribución uniforme del nivel de iluminancia.

La fórmula del método de lumen dice:

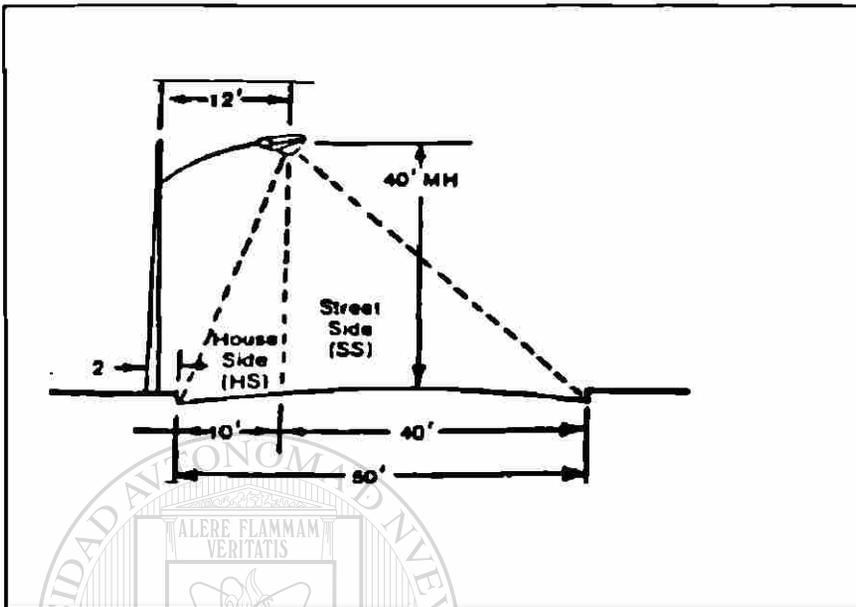
$$\text{No. de lámparas} = \frac{(\text{nivel de iluminación}) \times \text{área total a iluminar}}{\text{Lúmenes por lámpara} \times \text{coeficiente de utilización} \times \text{factor de mantenimiento}}$$

En el cálculo de alumbrado de calles, el número de lámparas se hace igual a la unidad y el área a iluminar es igual al área que le corresponde iluminar a esa luminaria o sea :

$$\text{Área a iluminar} = (\text{ancho de la calle}) \times (\text{espaciamiento entre luminarias})$$

Según estas consideraciones, la fórmula del método de lumen se convierte, para usarse en alumbrado de calles, en lo siguiente:

Información fotométrica (figura calle-poste, anexa).



Encontrar:

- Espaciamiento de luminarias a un solo lado para 2 fc.
- Uniformidad.

Seleccionamos (V.S.A.P. 400 watts).

Donde:

- E = Nivel de iluminación en luxes.
- LL = Lúmenes iniciales de lámpara.
- LLD = Depreciación de lúmenes de lámparas.
- LDD = Depreciación por suciedad en el luminario.
- MF = Factor de mantenimiento.
- W = Ancho de la calle.
- CU = Coeficiente de utilización.
- S = Espaciamiento de luminarios.
- L = Lámpara LU 400 watts V.S.A.P.

### 9.3 Coeficiente de utilización.

$$CU = CU_{\text{lado calle}} + CU_{\text{lado casa o acera}}$$

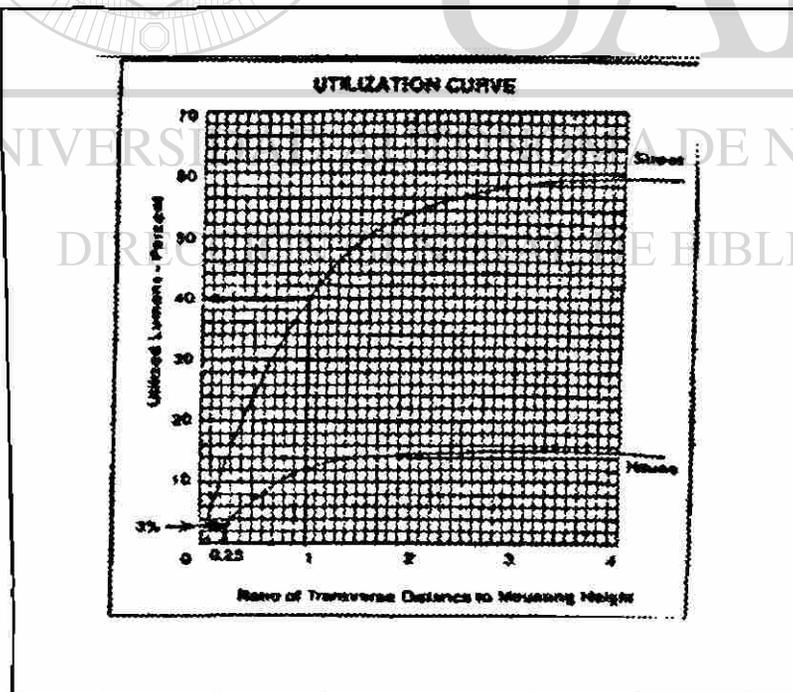
$$CU_{LC} + CU_{LA}$$

$$CU_{LC} = \frac{DT}{MF} = \frac{50 - 10}{40} = 1 \quad (\text{de la curva de utilización corresponde un } CU_{LC} = 40\%)$$

$$CU_{LA} = \frac{DT}{MF} = \frac{10}{40} = 0.25 \quad (\text{corresponde un } CU_{LA} = 3\%)$$

$$CU = CU_{LC} + CU_{LA} = 40\% + 3\% = 43\%$$

$$CU = 0.43$$



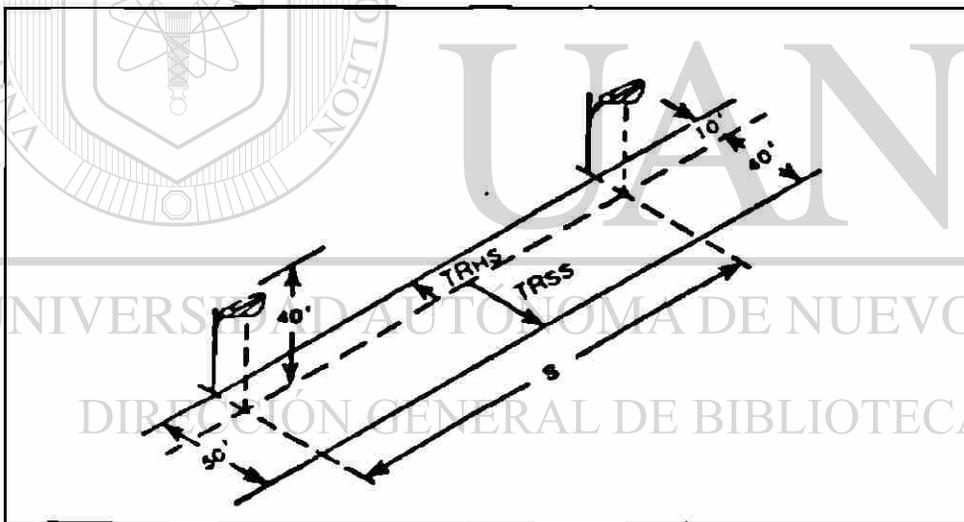
La ecuación para iluminación promedio es:

$$E = \frac{(LL)(CU)(MF)}{(W)(S)}$$

- $MF = (LDD)(LDD)$
- $MF = (0.73)(0.95)$
- $MF = 0.69$

a) Espaciamiento requerido:

$$S = \frac{(LL)(CU)(MF)}{(E)(W)} \quad S = \frac{50,000 \times 0.43 \times 0.69}{2 \times 50} \quad S = 150 \text{ feet.}$$

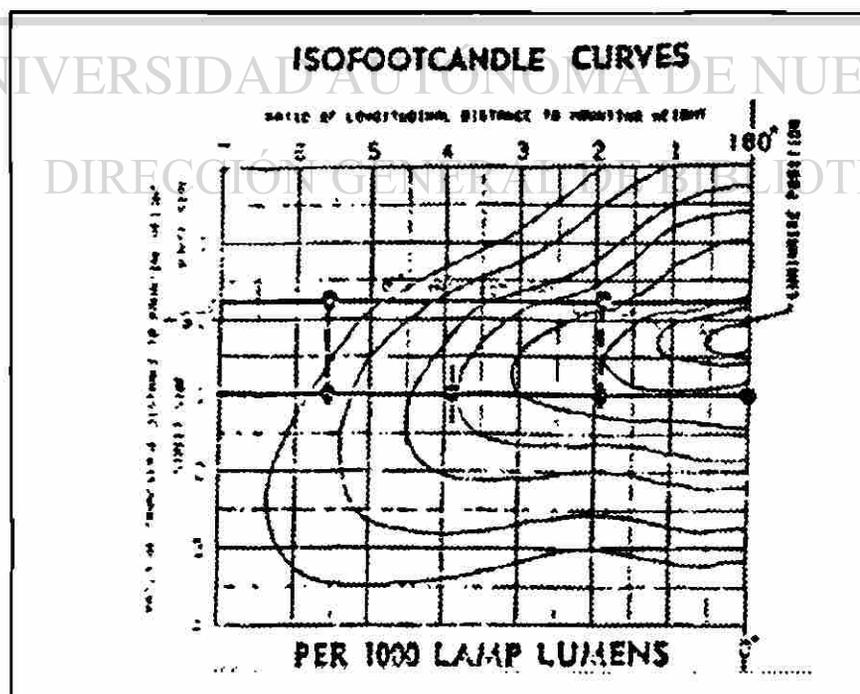


El valor mínimo de iluminación puede obtenerse estudiando el diagrama isofootcandle y considerando la contribución de luminarios en estudio. Generalmente el valor mínimo se encuentra longitudinalmente a la mitad del camino entre dos luminarios espaciados consecutivamente. Ahora este no es siempre el caso, ya que depende de la posición geométrica y la curva de distribución del modelo del luminario.

El nivel de iluminación significativa de los luminarios puede determinarse para los puntos  $P_1$ ,  $P_2$ , etc., en forma de que estamos seguros de determinar el punto de mínima iluminación. Ver tabla anexa.

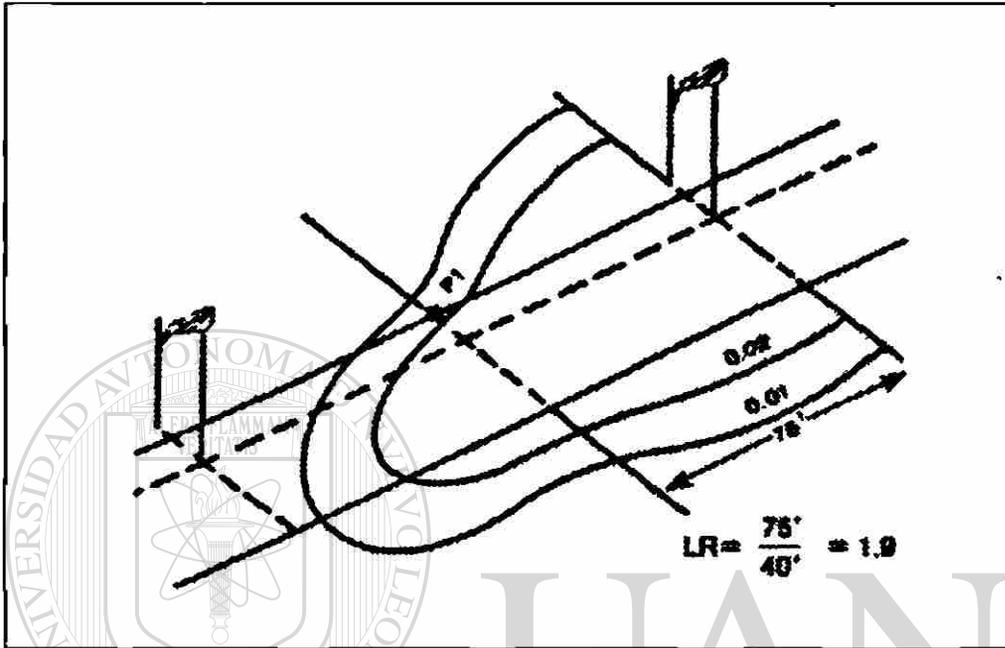
	Distancia/ Altura de Montaje								
	Radio Transversal			Radio Longitudinal					
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
A	-0.25	1.0	1.0	5.6	5.6	7.5	-	0.0014	-
B	-0.25	1.0	1.0	1.9	1.9	3.8	0.0150	0.0350	0.0100
C	-0.25	1.0	1.0	1.9	1.9	0	0.0150	0.0350	0.0400
D	-0.25	1.0	1.0	5.6	5.6	3.8	-	0.0014	0.0100
<b>Totales</b>							<b>0.0300</b>	<b>0.0728</b>	<b>0.0600</b>

Los valores tabulados abajo como coordenadas corresponden a los valores de iluminación que se leen en la curva isofootcandle.



El valor más bajo total de piescandelas es seleccionado de la tabulación. Este valor sería de 0.03 candelas (0.15 piescandelas de cada luminario) y está localizado en P<sub>1</sub>.

La siguiente figura muestra una visión en perspectiva de dos líneas de isopiescandelas que son consideradas cuando se determina el valor de iluminación en  $P_1$ .



Los siguientes factores no deben ser aplicados a éste valor “crudo” de piescandelas como se muestra en la siguiente fórmula:

$$FC \text{ mín} - (fc) (LF) (MF) (CF)$$

FC mín - Punto mínimo de piescandelas.

fc = Piescandelas crudas totales del diagrama de isopiescandelas.

LF = Factor de la lámpara.

MF = Factor de mantenimiento.

CF - Factor de corrección de altura de montaje.

El punto mínimo de piescandelas es  $(0.030) (50) (0.69) (0.56) = 0.58$ . Por lo tanto, la tasa de uniformidad del promedio al mínimo sería.

$$\frac{2}{0.58} = 3.4 \text{ tasa de uniformidad.}$$

## 9.4 Iluminación con postes altos

### Iluminación con superpostes:

Se refiere al uso del grupos de luminarios montados en postes de 20 m. o más de altura. Sus usos principales son los intercambios viales y estacionamientos, aunque se usa también en otro tipo de áreas.

La iluminación con superpostes es de gran interés entre otras cosas por la buena uniformidad que se logra en grandes distancias, siempre y cuando no se exceda el s/mh respectivo.

En general resulta más económico usar lámparas de mayor potencia a mayores alturas, que usar potencias menores a menor altura y con espaciamientos menores.

#### Ventajas:

- Sistema más económico.
- Mayor limpieza visual.
- Mejor uniformidad en mayores distancias.
- Mantenimiento más sencillos (si cuenta con sistema móvil).

Las alturas típicas de postes altos son:

20 m

25 m

30 m

Un criterio para la selección adecuada, sería el espaciamiento necesario para cubrir un área que deba quedar libre de postes.

#### Metodología:

- Clasificación del área (visto anteriormente).
- Clasificación de la calle (visto anteriormente).
- Clasificación del nivel de iluminación (visto anteriormente).
- Selección de la altura del poste.
- Determinación del número de postes.

- Selección del luminario.
- Determinación del número de luminarios por poste.
- Ubicación.

### **Determinación de la altura del poste**

Un poste cubre eficientemente una distancia de 4 alturas de montaje, o sea un área de un círculo cuyo diámetro sea 4 mh. Sin embargo es común tener un espaciamiento entre 4 y 5 mh. El número de postes será entonces la necesaria para iluminar adecuadamente según la combinación anterior de requerimientos.

### **Selección de luminarios.**

#### **Básicamente existe dos tipos de iluminación:**

- Luminarios de alumbrado público.- Su coeficiente de utilización es más alto y con menos deslumbramiento.
- Reflectores .- Su principal ventaja es que se pueden crear patrones asimétricos. Es más versátil.

#### **Determinación del número de luminarios por poste.**

El área cubierta por un poste es de:

$$A_p = (mh \times 2s)$$

El #número de luminarios por poste será:

$$N^{\circ} = \frac{EXA_p}{fXfmXcu}$$

# = Número de luminarios por poste.

E = Nivel de iluminación (lux).

A<sub>p</sub> = Área / poste (m<sup>2</sup>).

F = Flujo luminoso (lumen).

F<sub>m</sub> = Factor de mantenimiento.

C<sub>u</sub> = coeficiente de utilización.

**Ubicación:**

El método más sencillo para ubicar los postes es el método gráfico.

Debe determinarse el nivel de iluminación en los puntos (e1, e2 y e3) mediante la curva isolux correspondiente, además del nivel promedio para 2.0 y 2.5 mh.

**Coefficiente de utilización:**

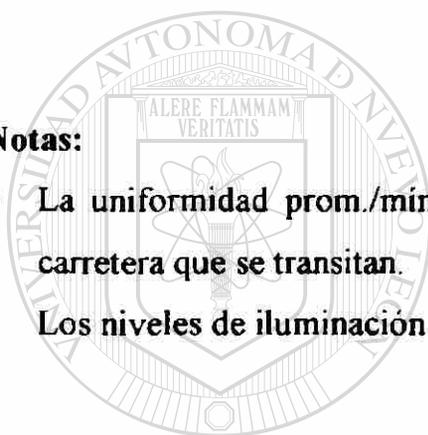
Lado acera

lado calle

$$Cu = cu_{\text{lado calle}} + cu_{\text{lado acera}}$$

**Notas:**

- La uniformidad prom./mín. deberá ser menor de 3:1 y se aplica a los tramos de carretera que se transitan.
- Los niveles de iluminación cuando se traslapan los círculos, se suman.



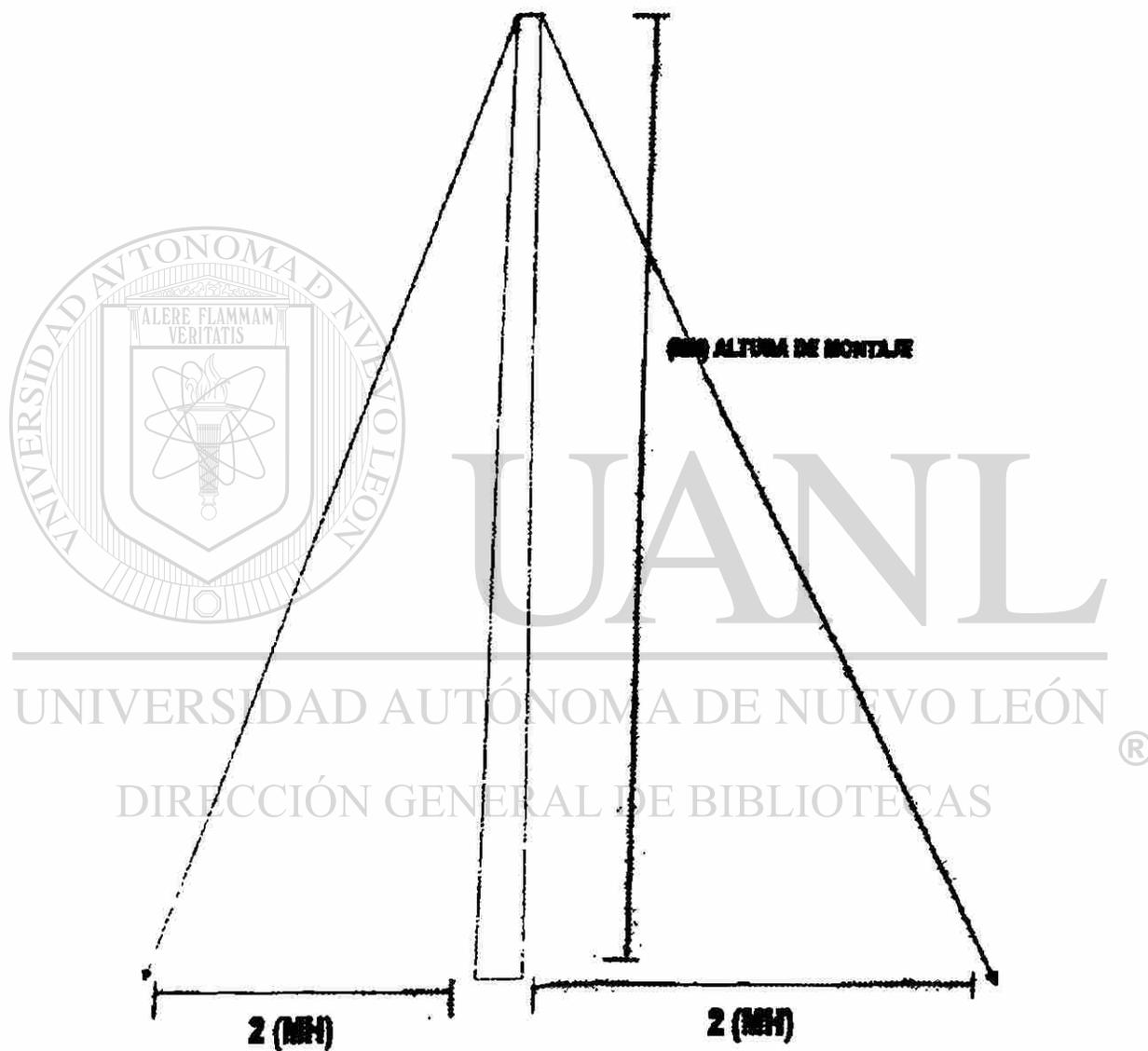
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

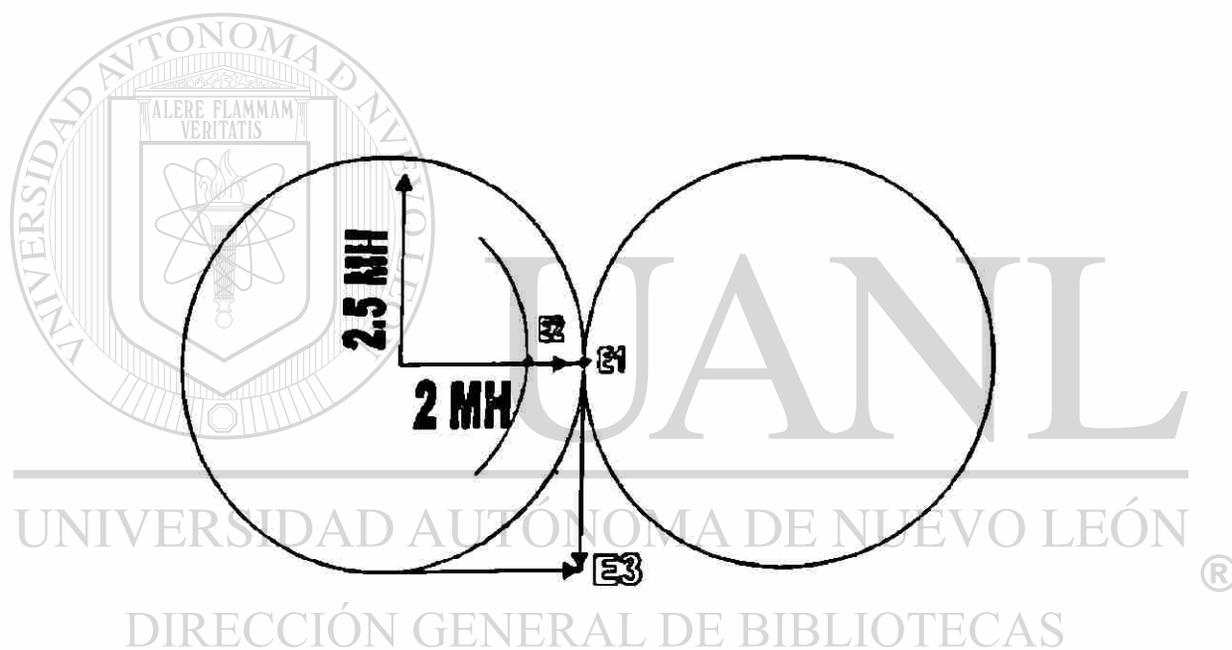
## Determinación de la altura del poste.

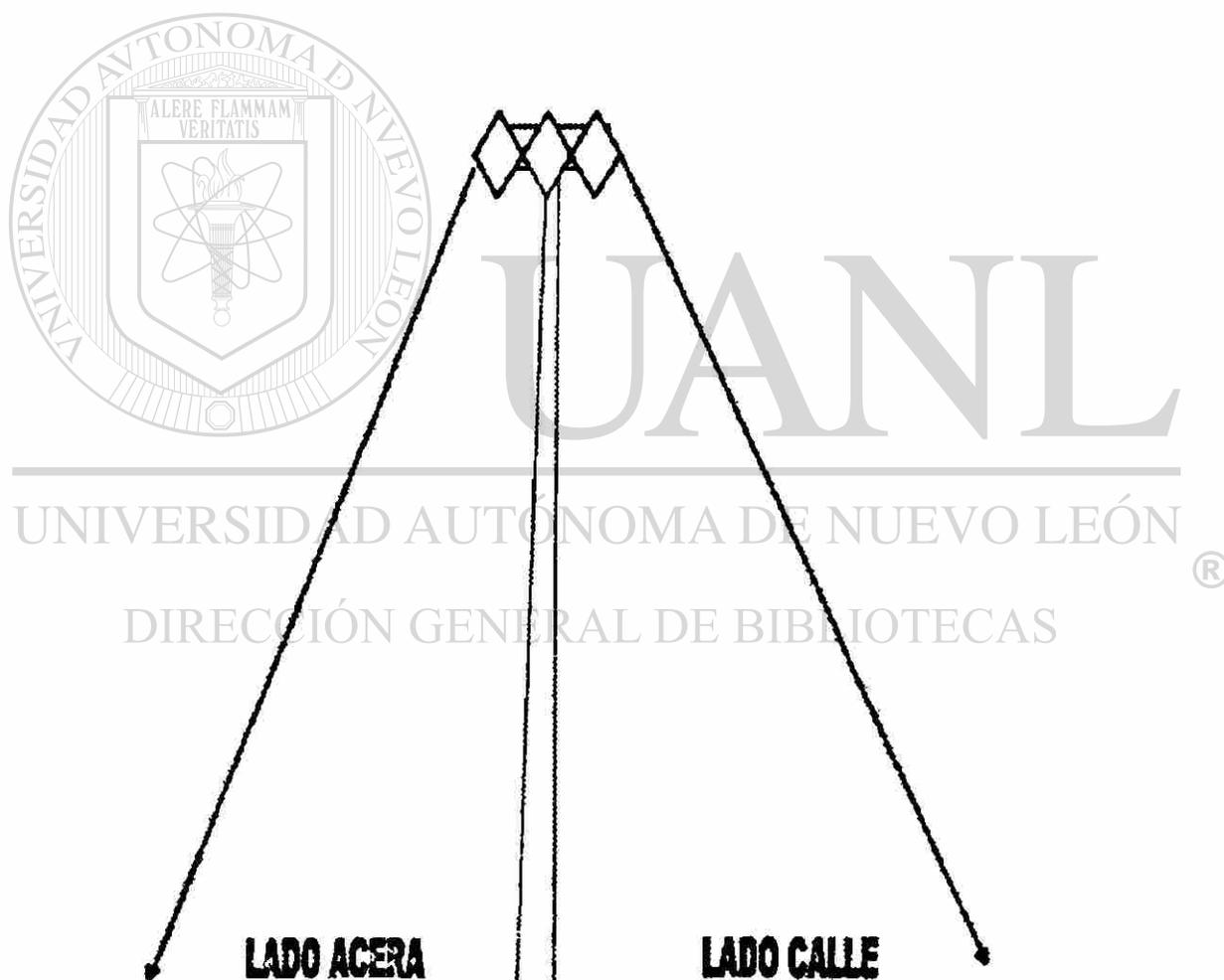


Un poste cubre eficientemente una distancia de 4 alturas de montaje, es decir, un área de un círculo cuyo diámetro es de 4 mh. Sin embargo, es común tener un espaciamiento de entre 4 y 5 mh.

### **Ubicación por medio del método gráfico.**

Debe determinarse el nivel de iluminación en los puntos (e1, e2, e3) mediante la curva isolux correspondiente además del nivel promedio para 2.0 y 2.5 mh.



**Coeficiente de utilización.**

$$CU(TOTAL) = CU (LADO CALLE) + CU (LADO ACERA)$$

## **Iluminación de túneles.**

### **Definición de túnel:**

Un túnel es definido como una estructura en un camino el cual restringe la iluminación normal de la luz del día de tal manera que la visibilidad del conductor es substancialmente disminuida.

### **Clasificación de túneles.**

#### **Túneles cortos:**

Cuando la distancia es igual o menor que la distancia de frenado segura.

#### **Túneles largos:**

Cuando la distancia es mayor que la distancia de frenado segura o bien tiene una alineación o curvatura tal que impide al conductor ver el final del túnel.

#### **Túneles divididos o individuos:**

Cuando cuenta con estructura que delimita el tráfico por su sentido.

#### **Bajopasos o sobrepasos:**

Cuando la longitud del paso no excede el ancho del carril por el que pasa.

Factores que influyen la necesidad de iluminación de un túnel:

- a. Entorno general.
- b. Localización geográfica.
- c. Condiciones climáticas.
- d. Orientación de la estructura del túnel.
- e. Velocidad del tráfico.
- f. Volumen del tráfico.
- g. Materiales usados en la construcción del túnel.
- h. Estructuras divididas o no divididas.
- i. Aditamentos o adornos especiales.

## **Visibilidad en el área de acercamiento y el portal del túnel.**

### **General:**

Requiere de una orientación entre las instancias de ingeniería, de diseño, estructurales y de arquitectura para proveer las mejores condiciones de visibilidad en esta área. La reunión de criterios debe darse al inicio del proyecto.

### **Tipo de pavimento en el área de aproximamiento:**

Dado que la adaptación del ojo antes de entrar a un túnel es afectada por el pavimento inmediato exterior, debe proveerse una superficie ennegrecida antes del umbral.

### **Efecto “hoyo negro”:**

Esto se debe a las diferencias entre las luminarias externas e internas. Ocurre cuando el conductor disminuye su velocidad ya que no alcanza a distinguir si el camino adelante está despejado.

### **Efecto “apagón”:**

Los conductores que entren a un túnel a una velocidad relativamente alta, requerirá de cierto tiempo para que el ojo se adapte a las nuevas condiciones de visibilidad. Si la zona del umbral es demasiado corta el tiempo de adaptación será también muy corta, resultando así el efecto apagón.

Podemos entonces, identificar la zona del umbral, que debe ser por lo menos de una distancia de frenado seguro. La zona de transición, que debe ser de por lo menos igual longitud. (Véase tabla de distancias de frenado seguro). La iluminación del túnel puede ser reducida gradualmente por hasta sobrepasar estas dos etapas iniciales primordiales.

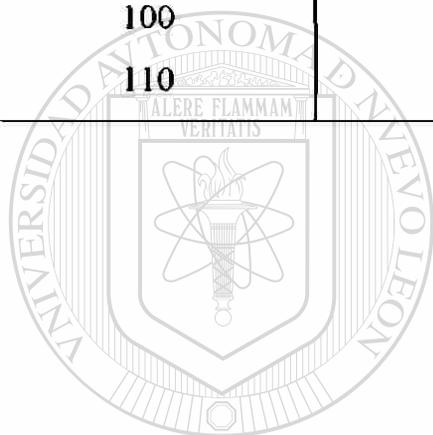
Factores a considerar en la luminancia en las superficies interiores de un túnel:

- Características de arquitectura o tipo de túnel.
- Características reflectivas del techo, paredes y piso.
- Anchura del túnel.

### **Distancia de frenado seguro en pavimento mojado**

(según la AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials).

<b>VELOCIDADES DEL TRAFICO</b>		<b>DISTANCIA SEGURA DE FRENADO</b>	
<b>Km/h</b>	<b>Mph</b>	<b>Metros</b>	<b>Pies</b>
50	30	60	200
60	40	90	300
80	50	140	450
90	55	160	530
100	60	190	620
110	65	220	720



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# Capítulo 10

## CASO PRACTICO

### DISEÑO DE ALUMBRADO DE LA AV. FIDEL VELAZQUEZ

#### ESTUDIO DE ALUMBRADO

#### OBJETIVO :

Determinar el Sistema de Alumbrado mas recomendable desde el punto de vista funcional y operacional al menor costo posible, y además que cumpla con las normas de diseño recomendadas por la SEMIP ( Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal de Oct. 10 '94 ) y también con las recomendaciones de IES ( Illuminating Engineering Society ).

Por otra parte también hacer estudios económicos comparativos para determinar los costos totales de Alumbrado por KM. de avenida y por año para cada sistema de los analizados sin sacrificar niveles de iluminación por debajo de las normas.

#### NIVEL DE ILUMINACION

Los Niveles de Iluminación recomendados para este tipo Avenidas son según lo especificado por la SEMIP y la IES, son las siguientes :

Se recomiendan como niveles de iluminación aceptables

NORMA	TIPO DE AVENIDA	TIPO DE AREA	NIVEL	UNIFORMIDAD
SEGÚN SEMIP	VIA PRINCIPAL	AREA COMERCIAL	12 LUXES	3 a 1
SEGÚN LA IES	EXPRESSWAY	COMERCIAL	15 LUXES (1.4 FC)	3 a 1

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>ANTERIOR</b>	<b>PROYECTADO</b>
LUMINARIOS POR MILIMETRO	50	28
CARGA EN WATTS POR MILIMETRO	23250	13020
POSTES	25	14
DISTANCIA INTERPOSTAL	40 mts.	72 mts.
ALTURA DE MONTAJE	10 mts.	13 mts.
NIVEL DE ILUMINACION	25 Luxes	15 Luxes
UNIFORMIDAD LUMINOSA	6.62	2.56

Es importante destacar que el alumbrado anterior no cumplió con la uniformidad luminosa ya que debe tener una relación de 3 a 1 máximo y aun que el nivel promedio de iluminación es mayor ( 25 Luxes ) es aun más importante la uniformidad luminosa que el nivel de iluminación.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para este proyecto se selecciona el valor mínimo de 15 ( Quince ) Luxes mantenidos durante toda la vida útil de las lámparas.

## **UNIFORMIDAD**

Para estas aplicaciones se recomienda un factor de uniformidad no mayor de:

### **3 a 1 PARA CONFORT VISUAL Y SEGURIDAD**

Que es el aceptado por ambas normas antes mencionadas.

La fotometría del equipo de iluminación representa la eficiencia del sistema ya que

- Es mejor poca luz distribuida uniformemente en un tramo largo de carretera (Uniformidad Luminosa )

vs

- Mucha luz en un tramo menor de carretera con sombras en medio de los luminarios ( Z - Efecto Zebra)

## **SISTEMA DE ILUMINACION**

Se ha seleccionado el sistema de vapor de sodio alta presión , por su alta eficiencia ( Lúmenes por Watt ) y control de Distribución fotometrica por ser puntiforme la fuente luminosa.

El luminario seleccionado es tipo OV-25, Marca General Electric, Cat. M4AR40STAIGMS32 con curva de distribución perfeccionada y cristal de alta distribución luminosa. Siendo su equivalente en la Marca Lumisistemas el Modelo Cromalite \*400, Cat. CRS7F35. Ambos luminarios son para operar una lámpara de 400 Watts, en Vapor de Sodio Alta Presión.

## **DISTANCIA INTERPOSTAL**

Actualmente las distancias utilizadas son cuarenta metros ( 40 Metros ) pero después de hacer las comparaciones de niveles de iluminación, uniformidad y eficiencia luminica que cumple con los niveles mínimos recomendados, se encontró

que una distancia interpostal hasta setenta y dos metros satisface los requerimientos de las dos normas como se muestra en las gráficas que se adjuntan la páginas que se han obtenido de los programas de General Electric para lisis de Instalaciones de alumbrado en vías publicas ( Aladan II GE Lighting Systems ).

## ARREGLO ( UBICACIÓN DE POSTES

Los postes se colocan sobre la barrera central de 85 cm. de alto, el poste que mide 11 mts. de altura, con brazos dobles que se elevan a 1.15 mts. mas y a cada 72 metros de separación por razones de modulación en este proyecto en particular.

## ANCHO DE CALLE

La avenida tiene cinco carriles en cada dirección en este tramo lo que representa un ancho de 17.5 metros en cada cuerpo.

Altura de montaje 13 mts.

Longitud de brazo 2.40 mts.

Nivel de Iluminación 15.02 luxes

Uniformidad luminosa 2.56

## ANALISIS

Para determinar la Distribución luminosa se han utilizado los programas de computadora y los resultados se anexan en las páginas No.

Para la comparación de sistema propuesto con otras alternativas de solución de alumbrado, se ha utilizado una tabla comparativa que resume los resultados de los siguientes sistemas.

# GE LIGHTING SYSTEMS - ILLUMINATION/UNIFORMITY GRAPH

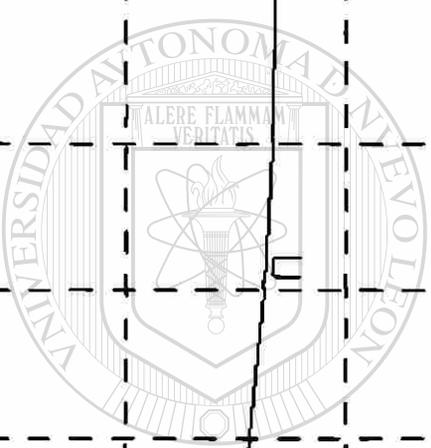
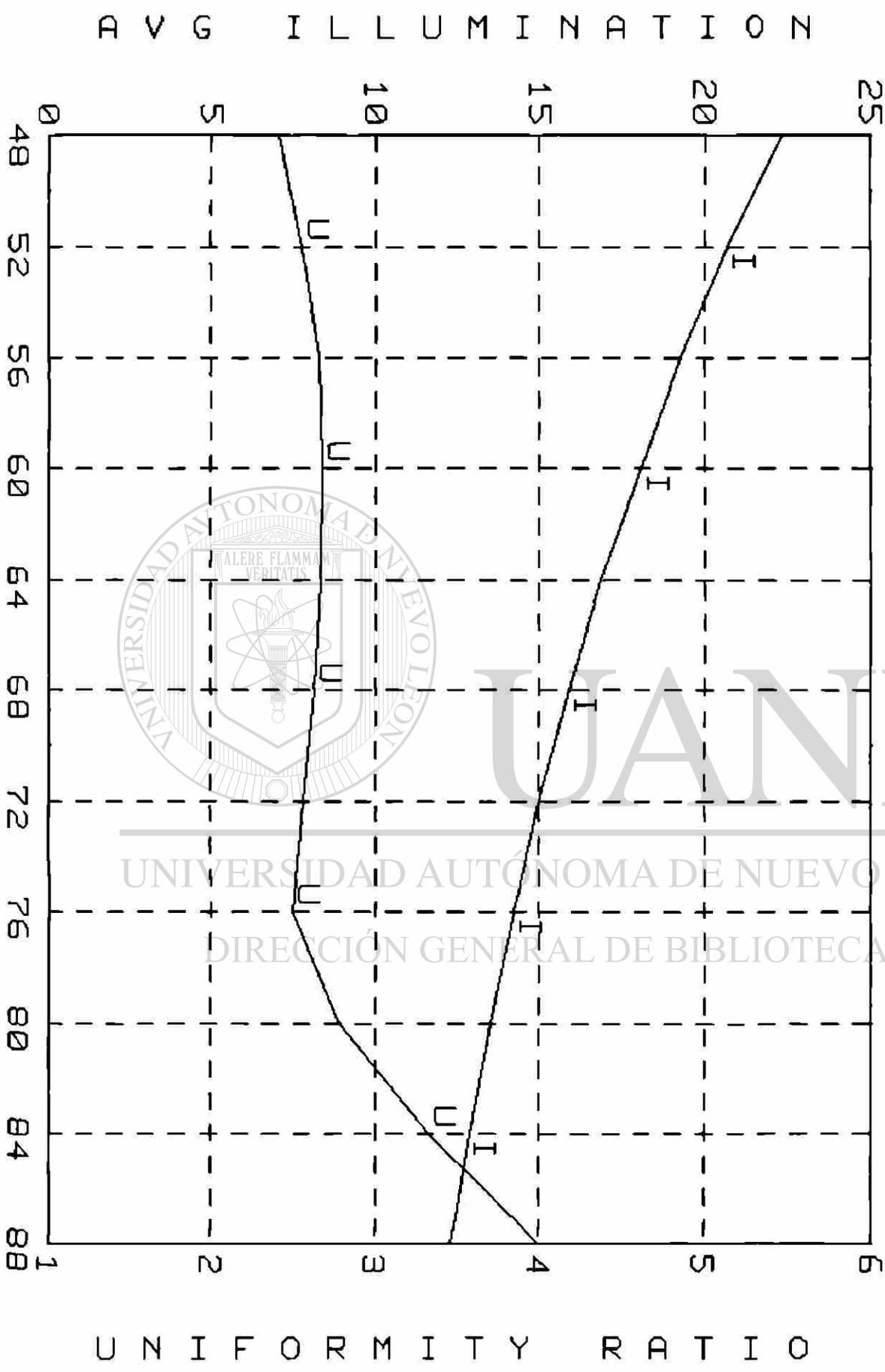
M-400R2

HPS 200-400

GE PHOTOMETRIC ID: 177318 CALCULATIONS BASED ON 34675 LUMENS

ROAD WIDTH = 18.00 MH = 13.00 OVERHANG = 21.00

MEDIAN WIDTH = 0.7 09-08-1999



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UANA

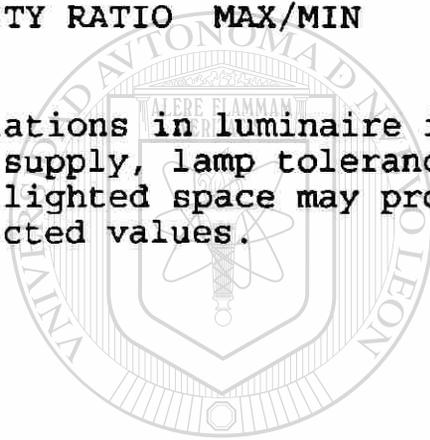
00A2 CUTOFF HPS 400  
PHOTOMETRIC ID: 177620 29200 LUMENS  
DRWAY WIDTH= 18.0, MH= 10.0, CURB OVERHANG= 21.0  
LAN WIDTH = 0.7,  
CING= 40 OPPOSITE ACROSS MEDIAN

0.00	20.22	25.81	36.99	65.90	66.74
0.50	23.83	27.02	43.66	71.41	55.10
1.00	21.74	21.67	24.45	26.43	23.37
1.50	12.13	11.70	12.63	11.15	9.00
2.00	4.68	5.16	5.52	4.76	3.84
	*	*	*	*	*
	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0

I L L U M I N A N C E S U M M A R Y

HORIZONTAL GRID SPACING	5.00	VERTICAL GRID SPACING	4.50
MAXIMUM GRID POINT VALUE	71.41	MINIMUM GRID POINT VALUE	3.84
AVERAGE OF 25 GRID POINTS	25.40	UNIFORMITY RATIO AVG/MIN	6.62
UNIFORMITY RATIO MAX/MIN	18.61	NO. OF LUMINAIRES USED	8.00

Small deviations in luminaire installation, lighted area geometry, electrical supply, lamp tolerances, luminaire tolerances, and obstructions within the lighted space may produce illumination levels different from the predicted values.



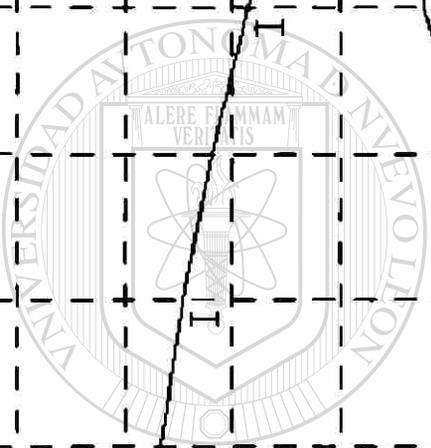
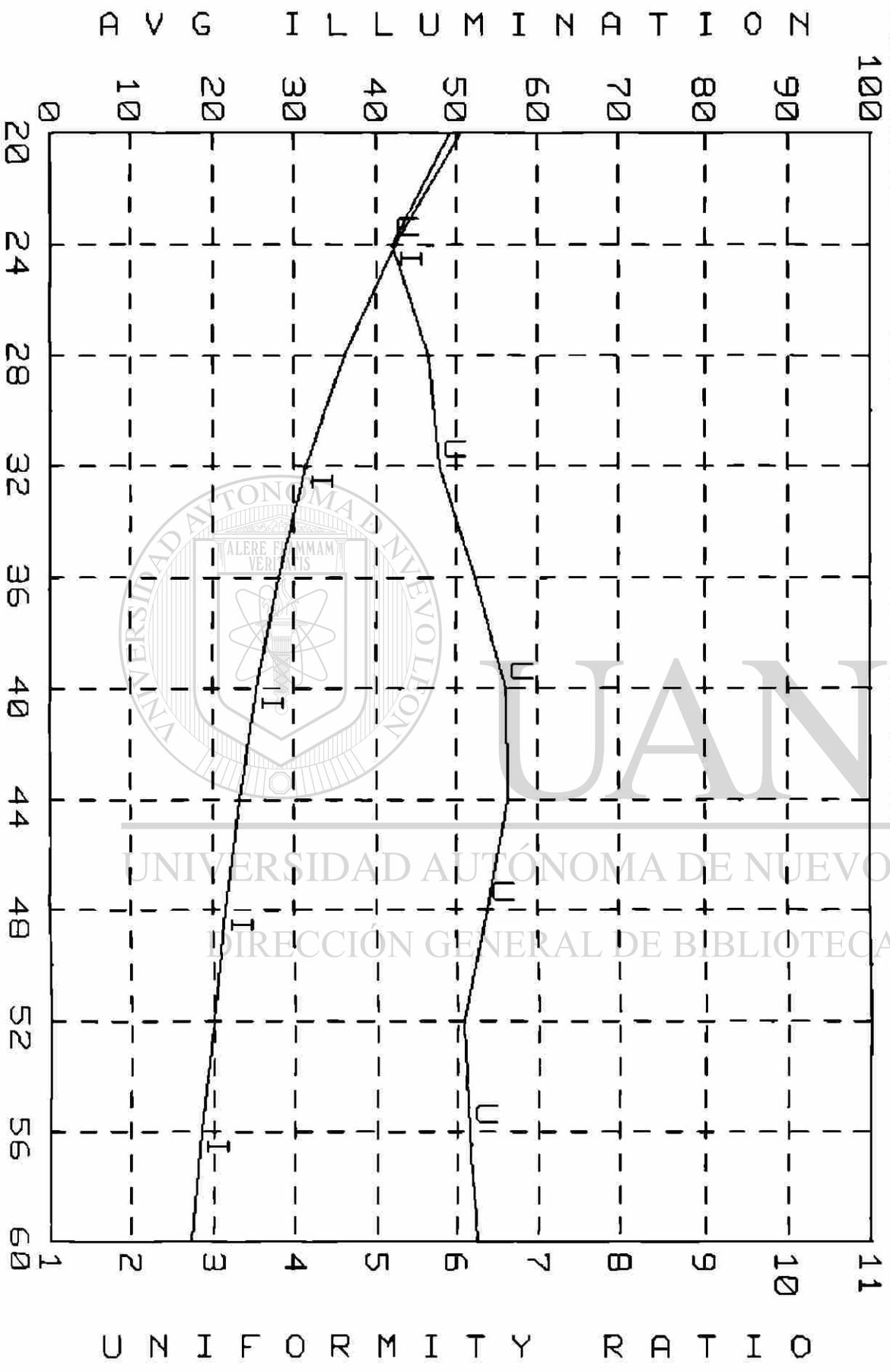
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

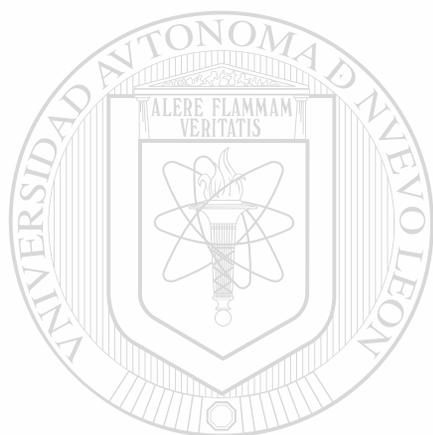
GE LIGHTING SYSTEMS - ILLUMINATION/UNIFORMITY GRAPH  
 M-400A2 CUTOFF HPS 400  
 GE PHOTOMETRIC ID: 177620 CALCULATIONS BASED ON 29200 LUMENS  
 ROAD WIDTH = 18.00 MH = 10.00  
 MEDIAN WIDTH = 0.7 OVERHANG = 21.00  
 09-08-1999



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**COMENTARIOS:**

- 40% MENOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA
- 48% MENOS DE MANTENIMIENTO
- 48 % MENOS DE POSIBILIDAD DE PERCANSSES VIALES EN POSTES
- EXELENTE UNIFORUDAD LUMNOSA
- MAYOR VIDA UTIL DE SUBESTACION ELECTRICA CABLES, UNIDADES DE ENCENDIDO, FOTOCELDAS POR TRABAJAR UN 48% DE MENOR CARGA ELECTRICA.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Programa de mantenimiento de alumbrado público

En alumbrado público el mantenimiento recae prácticamente en

- 1.- Cambio de lámparas
- 2.- Cambio de balastos
- 3.- Revisión de unidades de encendido ( Amperaje y voltaje en circuitos
- 4.- Limpieza de luminarios (suciedad).

### 1.- Cambio de lámparas

La vida de la lámpara (foco) de V.S.A.P. es de 24,000 horas. La depreciación de lúmenes en el transcurso de la vida es de .73 al final de la vida. Se recomienda el cambio cada 4 años ( 16,000 horas de operación ).

Esta pérdida nos representa de acuerdo al fabricante

- 20 % de lámparas apagadas
- 15 % de pérdida de luz

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Nota : en el diseño de alumbrado público se consideran los lúmenes al final de la vida de foco, es decir, una pérdida de luz de 27% a 24,000 horas.

### 2.- Cambio de balastos

La vida promedio de éste es de mas de 20, 000 horas de operación y lo que mas le afecta son las variaciones de voltaje.

Nota : en la revisión de unidades de encendido ( voltaje y amperaje ) se detectan posibles fallas en balastos y cortos en el sistema.

### 3.- Limpieza de luminarios ( suciedad)

La suciedad en un luminario es un factor de pérdida de luz debido a la disminución de reflexión (eficiencia) de los lúmenes de salida de; luminario y la temperatura dentro de; mismo hace que las partículas de suciedad, polvo, gases, etc. se horneen y queden adheridas desminuyendo la especularidad de reflector, es decir, perdiendo productividad.

**Nota :** se recomiendan luminarios sellados y filtrados con filtro de carbón activado y empaque E.P.T. (etileno, propileno, termopolímero).

### 4.- Revisión de unidades de encendido ( amperaje y voltaje en circuitos )

Este punto es muy importante ya que un corto circuito o falla de tierra representa fallas continuas de encendido y apagado de; sistema con el consiguiente incremento en el consumo de energía eléctrica y la disminución de la vida de los equipos.

Una fotocelda en mal estado implica que el alumbrado no prenda a tiempo, encienda antes o quede en operación ininterrumpida por día y noche, siendo esto desperdicio de energía eléctrica y disminución de vida de los equipos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Recomendaciones**

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Sugerimos que todo el alumbrado se alimente eléctricamente a través de subestación, ( con tarifa en alta tensión por ser mas económica ) unidades de encendido, y luminarios nuevos instalados en postes metálicos para lograr mejor distribución de iluminación y menor consumo de energía eléctrica.

# CAPITULO 11

## ANALISIS ECONOMICO

Información necesaria para preparar un análisis económico comparativo de alumbrado público.

Tanto el costo inicial como el de operación afectan el diseño de un sistema de iluminación. No hay seguridad para distinguir entre excelente y buena iluminación, buena y promedio, promedio y pobre. No existe un camino fácil para predecir el valor exacto de un sistema de iluminación que proporcione seguridad, moral de conductores y peatones y sobre todo visibilidad; es difícil evaluar la importancia de la iluminación en pesos y centavos.

No obstante los ingenieros consultores pueden equilibrar los costos, comparando los resultados obtenidos en el desarrollo de un sistema de iluminación confiable para una gran extensión, de acuerdo con lo presente, sobre experiencias previas obtenidas en la solución de problemas parecidos.

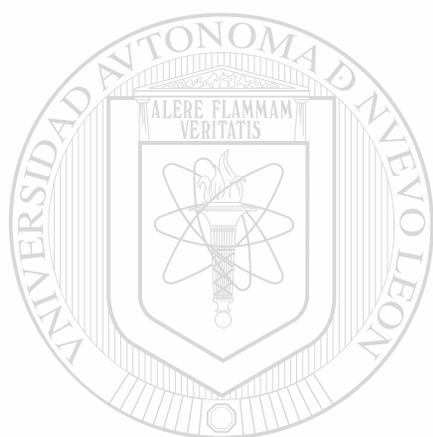
En la tabla 1 se muestra la información necesaria a considerar, para realizar dicho estudio. En algunos casos, no todos los factores pueden ser aplicados.

Pero cuando este método se utiliza en la determinación de factores individuales para incluirse en un análisis económico, hay que recordar que usted es un comprador de iluminación y no de luminarios. Por lo tanto, el resultado a comparar, siempre será en términos de “pesos-por-lux”.

**El análisis económico total deberá incluir:**

- 1) Inversión inicial en equipo
- 2) Trabajo inicial
- 3) Cálculos de iluminación
- 4) Costo anual
- 5) Materiales y mano de obra anual por mantenimiento

- 6) Costo anual de luminarios (Amortización)
- 7) Costo relativo de luz



# UANL

---

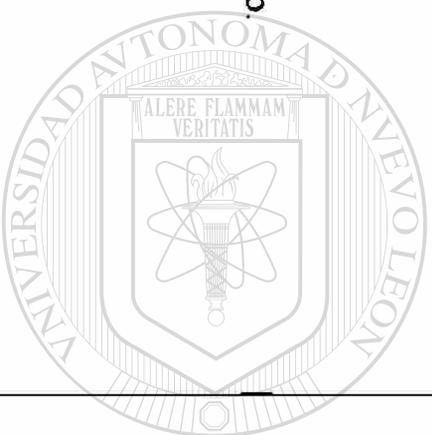
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

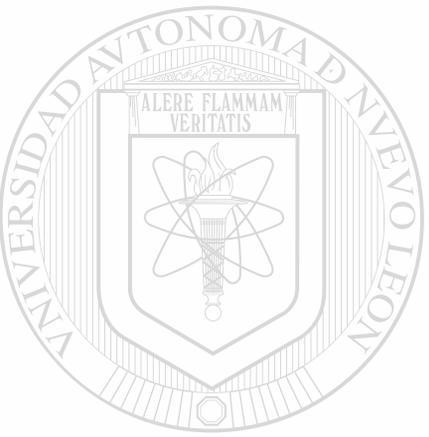
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Identificación del trabajo

Áreas y Calle (Tensión de alimentación)	Información de Entrada	Sistemas			
Unidades utilizadas en la comparación	Identificación del Luminario	I	II	III	IV
Cantidad de luminarios.	Especificados				
Costos por luminario.	\$ Especificados				
Número de postes.	Especificados				
Altura de montaje.	M				
Poste + brazo.	\$ Especificados				
Número de lámparas / luminario.	Especificados				
Costo de lámpara	\$ Calculado				
Factor de utilización.	Especificado				
Factor de mantenimiento.	Especificado				
Nivel de iluminación.	Luxes				
Kw / luminario.	Especificado				
Operación anual.	Horas / año				
Periodo de reemplazo.	Horas				
Reemplazo de lámparas / luminario.	Horas – hombre				
Tiempo de limpieza / luminario.	Horas – hombre				
Áreas de espaciamiento.	M <sup>2</sup> o m.				
Postes (madera, lámina, etc.).	Especificados				
Costos por cimentación.	\$ Especificados				
Costo por cimentación.	\$				



Costo de parado de poste.	® \$				
Costo de instalación de luminario.	\$				
Costo de trabajo de mano de obra por mantenimiento / horas hombre.	\$				
Costo de energía / KWH.	Horas – hombre \$ / Kw / Mes				
Tiempo de pintura / poste.	Horas – hombre % / 100				
Carga demandada.					
Tiempo al lugar de replazo.					
Cantidad de lámparas remplazadas en el lugar.					
Número de limpiezas al año.	Especificados				

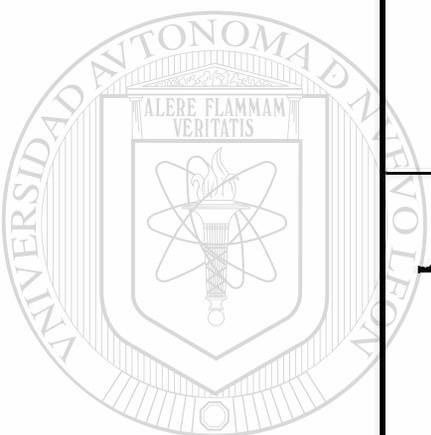


## ANÁLISIS ECONOMICO DEL CASO PRACTICO :

AVE. FIDEL VELAZQUEZ, MONTERREY, N.L.

DESCRIPCION	ALTERNATIV	
	A	B
LUMINARIO	M400R2	M400A2
LAMPARA	V.S.A.P. 400 WATTS	V.S.A.P. 400 WATTS
GRUVA FOTOMETRICA	177318	177620
LUMENES INICIALES POR LUMINARIO	50,000	50,000
DURACION DE LA LAMP EN HS A 11 HS DE ENCENDIDO	24,000	24,000
WATTS TOTALES POR LUMINARIO	465	465
COSTO PROMEDIO KWH	\$ 1.00	\$ 1.00
HORAS DE OPERACION ANUALES	4,015	4,015
DEPRECIACION DE LUMENES DE LA LAMPARA (LDD)	0.73	0.73
DEPRECIACION POR SUCIEDAD DE LUMINARIO (LDD)	0.95	0.8
LUMENES EFECTIVOS MANTENIDOS POR LUMINARIO	34,675	29,200
NIVEL DE ILUMINACION MANTENIDO PROMEDIO (LUXES)	15.1	25.4
UNIFORMIDAD LUMINOSA	2.56	6.62
ESPACIAMIENTO DE LOS LUMINARIOS MTS	72	40
NUMEROS DE LUMINARIOS	26	50
C STO POR LUMINARIO	\$ 1,950.00	\$ 1,730.00

COSTO ESTIMADO POR POSTE	\$ 1,929.00	\$ 1,500.00
COSTO MDE O EST POR INSTALAR CADA LUMINARIO	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
COSTO NETO DE LAS LAMPARA POR LUMINARIO	\$ 140.00	\$ 140.00
COSTO TOTAL INICIAL POR LUMINARIO	\$ 5,019.00	\$ 4,370.00
<b>INVERSION INICIAL TOTAL</b>	<b>\$ 140,532.00</b>	<b>\$ 218,500.00</b>
NUMERO DE LAMPARAS REEMPLAZADAS POR AÑO	4.7	8.4
COSTO ANUAL DE LAS LAMPARAS REEMPLAZADAS	\$ 658.00	\$ 1,176.00
COSTO ANUAL M DE O POR REEMPLAZAR LAMPARAS	\$ 2,350.00	\$ 4,200.00
COSTO TOTAL ANUAL DE LA ENERGIA	\$ 52,275.00	\$ 93,345.00
<b>COSTO ANUAL TOTAL</b>	<b>\$ 55,283.00</b>	<b>\$ 98,721.00</b>
INVERSION INICIAL RELATIVO	1	1.555
COSTO ANUAL OPERACION - RELATIVO	1	1.785



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## COMENTARIOS :

- 40% MENOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA
- 48% MENOS DE MANTENIMIENTO
- 8 % MENOS DE POSIBILIDAD DE PERCANSSES VIALES CON LOS POSTES
- EXELENTE UNIFORMIDAD LUMNOSA
- MAYOR VIDA UTIL DE SUBESTACION ELECTRICA CABLES, UNIDADES DE ENCENDIDO, FOTOCELDAS POR TRABAJAR
- CON UN48Y CON MENOS CARGA ELECTRICA.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS®

# CAPITULO 12

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El alumbrado público es indispensable para reducir los accidentes viales, el vandalismo y minimizar las horas de recorrido de los automovilistas ya que al contar con alumbrado se incrementa la velocidad vehicular ( reduciendo tiempo de traslado ) pero se tiene que contar con personal profesional en la materia que dirija el alumbrado público de una localidad para optimizar y minimizar la cantidad de equipos instalados y con mejoras en los niveles de iluminación y uniformidad con los beneficios de menor inversión inicial y reducción del consumo de energía eléctrica, logrando con esto menor gasto de mantenimiento y operación de los sistemas de alumbrado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

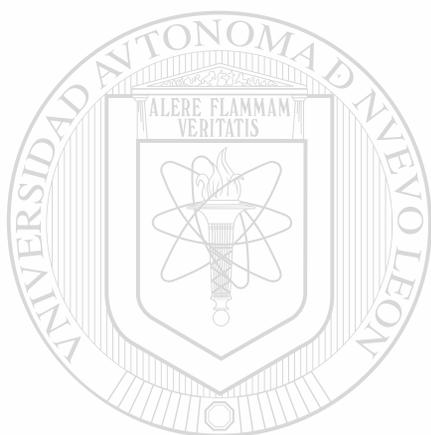
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# BIBLIOGRAFIA

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA 1995

8 TH EDITION

LIGHTING HANDBOOK



U A N L  
G.E. LIGHTING SYSTEMS

---

UNIVERSIDAD MAKING THE WORLD BRIGHTER NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

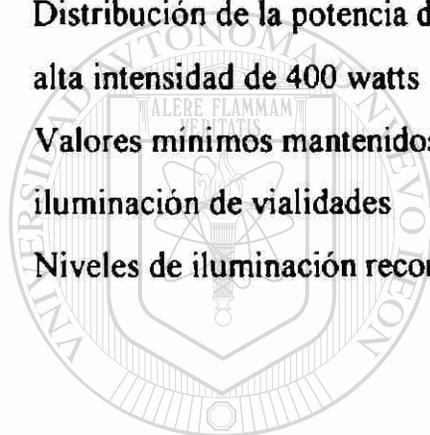
G.E. LIGHTING SYSTEMS

HENDERSONVILLE, NC ABRIL 1993

H.I.D. LIGHTING APPLICATION PROGRAMS & FOTOMETRY

# LISTADO DE TABLAS

Tabla		Página
	Tareas prácticas realizado por el IERI	26
2.2	Valores de luminancia para tareas típicas	27
2.3	Valores de luminancia para tareas típicas	27
3.1	Sistema de Internacional de Unidades	47
3.3	Términos usuales en iluminación	47
5.2	Distribución de la potencia de entrada en lámparas típicas de descarga de alta intensidad de 400 watts	110
5.2	Valores mínimos mantenidos de luminancia e iluminancia para iluminación de vialidades	148
	Niveles de iluminación recomendados	148



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# LISTADO DE GRAFICAS

Figura	Página
2.8	23
2.9	23
2.10	24
2.11	25
2.12	24
2.13	24
2.14	26
2.15	25
2.16	28
3.1	39
<p>estereorradian (ángulo sólido área esférica/radio <math>2</math>) en una esfera hay 4 esterradianes</p>	
3.2	40
3.3	40
3.4	41
3.5	41
3.6	42
3.7	42
3.8	43

3.9	<b>Reflexión difusa completa</b>	43
3.10	<b>Refracción</b>	44
3.11	<b>Transmisión extendida</b>	45
3.12	<b>Transmisión totalmente difusa</b>	45
5.1	<b>Espectro continuo. Distribución espectral de energía en la región visible característica de filamentos de tungsteno de igual wattaje, pero diferente temperatura</b>	83
5.2	<b>Espectro de línea. Distribución espectral de energía típica de una lámpara transparente de mercurio</b>	83
5.3	<b>Espectro combinado continuo y de línea. Curvas de distribución de energía espectral en lámparas fluorescentes típicas</b>	84
5.5	<b>Curva de depreciación para fuentes típicas de filamento incandescente</b>	85
5.6	<b>Curva de mortalidad promedio para un grupo de lámparas de filamento Incandescente</b>	85
5.7	<b>Lámpara de filamento incandescente</b>	86
5.8	<b>Formas típicas de filamentos</b>	86
5.9	<b>Formas típicas y designación de las bombillas</b>	88
5.10	<b>Algunas bases de lámparas incandescentes</b>	90
5.11	<b>Los filtros dicróicos de interferencia internos de las lámparas PAR les permite separar selectivamente la energía radiada por el filamento</b>	91
5.12	<b>Distribución típica de la luz en lámparas de reflector plateado</b>	91
5.13	<b>Lámparas Tungsteno – Halógeno</b>	92
5.14	<b>Eficacia y vida relativa de varias lámparas de filamento de 100 watts</b>	93
5.15	<b>Ennegrecimiento de una lámpara. Corrientes de convección dentro de una bombilla con gas, mostrada a la izquierda con la base hacia arriba y a la derecha con la base hacia abajo</b>	93
5.16	<b>Temperatura de color</b>	94
5.17	<b>Características típicas de lámparas incandescentes</b>	95
5.18	<b>Funcionamiento de la lámpara fluorescente</b>	95
5.19	<b>Corte de una lámpara fluorescente del tipo de cátodo caliente y</b>	96

	arranque precalentado que muestra unos electrodos típicos	
5.20	La lámpara fluorescente existe en configuraciones rectas, en forma de “ U ” y circulares de varios diámetros	97
5.21	Sección amplificado de un electrodo de cátodo caliente	98
5.22	Diagrama de cromaticidad CIE, que muestra algunas lámparas fluorescentes blancas y de color en relación con la curva de un cuerpo negro	98
5.23	Circuito de pre-calentado que utiliza un reactor para una sola lámpara con condensador	99
5.24	Distribución de energía en una lámpara fluorescente de color blanco fresco	100
5.25	Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa en lámparas fluorescentes que funcionan durante tres horas cada arranque	100
5.25	Características típicas de temperatura de lámparas fluorescentes	101
5.27	Lámpara de mercurio con cubierta de fósforo de 400 watts	102
5.28	Formas de bombillas típicas de mercurio de lámparas de mercurio	103
5.29	El sistema ANSI utilizado para designar características de las lámparas	104
5.30	Distribución espectrales de energía típicas en la mayoría de las lámparas de mercurio	105
5.31	Curva de mortalidad de las lámparas de mercurio	106
5.32	Curva de mantenimiento de la salida luminosa es una lámpara transparente de mercurio de 400 watts con un tubo de arco de cuarzo	107
5.33	Reactores para lámparas de mercurio de mercurio	108
5.34	Circuitos típicos para operar lámparas de mercurio	109
5.35	Construcción típicas de una lámparas de haluro metálico	110
5.36	Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa para la lámpara de haluros metálicos	111
5.37	Distribución típica de la energía espectral en las lámparas de haluros metálicos	112
5.38	Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa para la lámpara	113

	<b>de sodio de alta presión</b>	
5.39	<b>Construcción típica de una lámpara de sodio de alta presión</b>	<b>114</b>
5.40	<b>El espectro de la lámpara de sodio de alta presión es continuo con algunos de todos los colores presentes</b>	<b>114</b>
5.41	<b>Características comparativas de fuentes luminosas para propósitos de iluminación</b>	<b>115</b>
6	<b>Principio de funcionamiento de un balastro</b>	<b>116</b>
	<b>Conexión lámpara HID directa a la fuente de poder</b>	<b>117</b>
	<b>Factor de potencia</b>	<b>118</b>
	<b>Tipos de balastro</b>	<b>119</b>
	<b>Principales tipos de balastro</b>	<b>120</b>
7	<b>Componentes básicos de un luminario típico de alumbrado público</b>	<b>132</b>
	<b>Aprovechamiento de la luz generada por una lámpara</b>	<b>134</b>
	<b>Aprovechamiento al máximo de los rayos luminosos en el área a iluminar= 80%</b>	<b>135</b>
	<b>Refractor plano: Rayos más rápidos y concentrados hacia abajo</b>	<b>135</b>
	<b>Rayos más dirigidos hacia los lados que hacia abajo</b>	<b>137</b>
	<b>Rayos más concentrados hacia abajo y al lado calle</b>	<b>137</b>
	<b>Posición normal de operación de un luminario de alumbrado público</b>	<b>145</b>
	<b>Tipos de curvas utilizadas en alumbrado público</b>	<b>146</b>

## APENDICE



### **A) Información técnica de fabricantes de equipos de iluminación**

# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

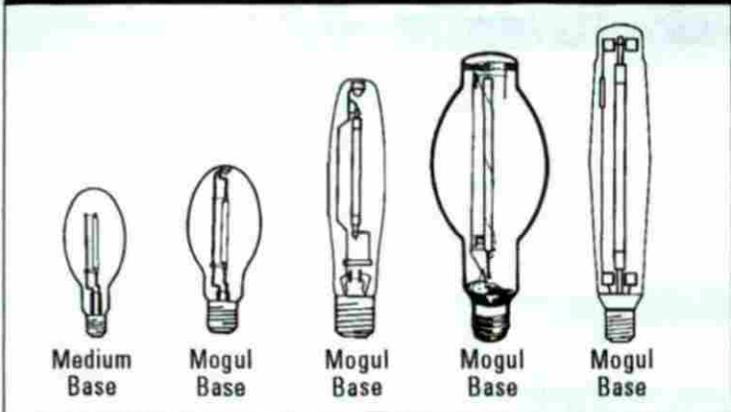
®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

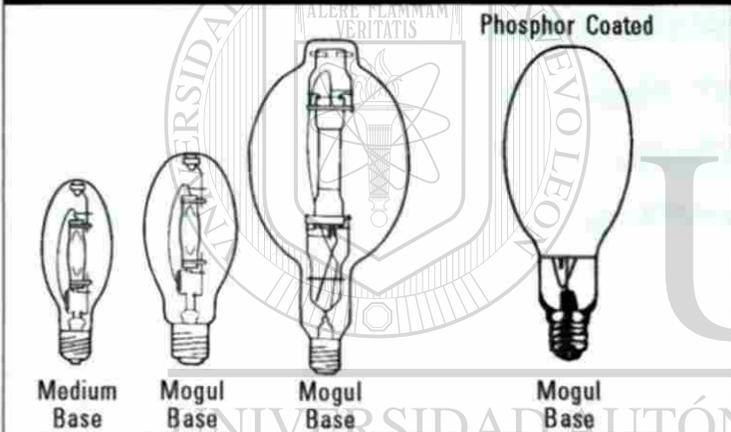
## LAMP DATA

The following data represents inputs available from lamp manufacturers at the time of publication of this catalog. We suggest that you consult the most current lamp data available for critical design purposes.

### HIGH PRESSURE SODIUM (HPS) LAMPS



### METAL HALIDE AND MERCURY LAMPS



### HIGH INTENSITY DISCHARGE LAMPS

High Intensity Discharge (HID) lamps are those which have a gaseous discharge arc tube, operating at pressures and current densities sufficient to generate desired quantities of visible radiation within their arcs alone. These lamp types have become popular primarily for three reasons.

1. High efficacy – more lumens per watt of power consumed.
2. Long lamp life and good lumen maintenance – reduces operating expenses.
3. Compact source – permits good light control by use of reflectors and refractors, resulting in high system efficiency.

The three principal HID lamps now in common use are mercury, metal halide and high pressure sodium (HPS).

### STROBOSCOPIC EFFECT

HID lamp output tends to follow the alternating current waveform. This can cause small moving objects to flicker. To avoid this annoyance, three-phase power is suggested for mercury and HPS lamps. Split phase ballasting can also be used with mercury lamps. Single-phase power can be used with metal halide lamps.

### LAMP WARM-UP CHARACTERISTICS

(TIME TO REACH 80% LIGHT OUTPUT)

Mercury	5-7 minutes
Metal Halide	2-4 minutes
High Pressure Sodium	3-4 minutes

### HID RESTRIKE CHARACTERISTICS

All HID lamps will deionize when there is a power interruption or if the lamp socket voltage drops below the amount required to sustain the arc for more than a few cycles. Because it takes greater voltage to ionize the arc tube vapors while they are hot and under high pressure, the lamp will not restart immediately. Hot lamp instant restart is available for certain products and wattage ratings (see product pages).

### TIME TO RESTRIKE

Mercury	3-6 minutes
Metal Halide	10-15 minutes
Pulse Start Metal Halide	Approximately 4 Minutes
High Pressure Sodium	1 minute

### LIGHT LOSS FACTOR

The lighting system light loss factor (LLF) is the product of the lamp lumen depreciation (LLD) and the luminaire dirt depreciation (LDD). The lamp lumen depreciation is given in manufacturer's lamp tables for both the "mean" and the "end of relamping period." The mean value is taken at approximately 40% life for metal halide and 50% life for HPS lamps. For mercury lamps the value is taken at 8,000 hours. This is due to the lamp lumen depreciation characteristics of mercury lamps. A 16,000-hour economic life is suggested for this lamp. The values for "end of relamping period" are taken at the end of the lamp's life. The user may also use a more convenient group relamping period and should adjust the value accordingly.

Luminaire dirt depreciation (LDD) is a function of the in-service conditions and the type of luminaire. Enclosed and filtered luminaires have built-in maintenance characteristics which reduce the amount and effect of dirt accumulation. While it is not possible to select one number to describe all conditions, the following LDD values are suggested.

### OUTDOOR APPLICATIONS

LUMINAIRE TYPE	LUMINAIRE DIRT DEPRECIATION (LDD)
Enclosed and filtered	0.95
Unfiltered	0.80

### INDOOR APPLICATIONS

LUMINAIRE TYPE	LUMINAIRE DIRT DEPRECIATION (LDD)		
	Light	Medium	Heavy
Enclosed and filtered	0.97	0.93	0.88
Enclosed	0.94	0.86	0.77
Open and ventilated	0.94	0.84	0.74

# METAL HALIDE LAMP DATA (See WARNING, Next Page)

ORDERING ABBREVIATION	ANSI CODE	FINISH	LIGHT CENTER LENGTH INCHES	VERTICAL BURNING		HORIZONTAL BURNING	
				INITIAL LUMENS	RATED AVERAGE LIFE 10 HOURS PER START	INITIAL LUMENS	RATED AVERAGE LIFE 10 HOURS PER START
<b>70-WATT (ENCLOSED FIXTURE ONLY) — MEDIUM BASE, REQUIRES STARTING AID</b>							
MXR70/U/MED	M98SJ-70/U	Clear	3-7/16	5,500	10,000	5,300	7,500
<b>100-WATT (ENCLOSED FIXTURE ONLY) — MEDIUM BASE, REQUIRES STARTING AID</b>							
MXR100/U/MED	M90TW-100/U	Clear	3-3/8	9,000	15,000	8,500	15,000
<b>175-WATT (ENCLOSED FIXTURE ONLY) — MOGUL BASE</b>							
MVR175/U	M57PE-175/U	Clear	5	14,000	10,000	12,000	6,000
MXR175/BU	M57PE-175/XBU	Clear	5	16,600	10,000	—	—
MXR175/BD	M57PE-175/XBD	Clear	5	16,600	10,000	—	—
MXR175/C/BU	M57PF-175/XBU	Coated	5	15,800	10,000	—	—
MXR175/C/BD	M57PF-175/XBD	Coated	5	15,800	10,000	—	—
MVR175/C/U	M57PF-175/U	Coated	5	13,200	10,000	11,300	6,000
MVR175/BU/E**	—	Clear	5	16,800	15,000	—	—
MVR175/C/BU/E**	—	Coated	5	16,800	15,000	—	—
MXR175/BU/E**	—	Clear	5	17,100	15,000	—	—
MXR175/C/BU/E**	—	Coated	5	16,250	15,000	—	—
<b>175-WATT (ENCLOSED FIXTURE ONLY) — MEDIUM BASE</b>							
MVR175/U/MED	M57-	Clear	3-7/16	14,000	10,000	12,000	6,000
MVR175/C/U/MED	M57-	Coated	3-7/16	12,400	10,000	11,400	6,000
<b>250-WATT (ENCLOSED FIXTURE ONLY) — MOGUL BASE</b>							
MVR250/U	M58PG-250/U	Clear	5	21,000	10,000	19,500	6,000
MVR250/C/U	M58PH-250/U	Coated	5	19,800	10,000	18,300	6,000
MS250/BU/ER	—	Clear	5	23,750	20,000	—	—
MS250/C/BU/ER	—	Coated	5	22,600	20,000	—	—
<b>320 WATT (PULSE START AND ENCLOSED FIXTURE ONLY) — MOGUL BASE</b>							
MS320/PS/BU ONLY**	M132	Clear	—	32,000	15,000	—	—
<b>350 WATT (PULSE START ONLY) — MOGUL BASE</b>							
MP350V**	M131PJ-350	Clear	—	36,000	20,000	—	—
<b>400-WATT (REDUCED OUTER JACKET LAMP) — MOGUL BASE</b>							
MVR400/HBD/ED28	M59-	Clear	5	36,000	20,000	32,000	15,000
<b>400-WATT — MOGUL BASE</b>							
MVR400/U*	M59PJ-400/U	Clear	7	36,000	20,000	32,000	15,000
MVR400/C/U*	M59PK-400/U	Coated	7	33,900	20,000	30,100	15,000
MVR400/VBU†*	M59PJ-400/VBU	Clear	7	41,000	20,000	—	—
MVR400/VBD*	M59PJ-400/VBD	Clear	7	41,000	20,000	—	—
MVR400/C/VBU†*	M59PK-400/VBU	Coated	7	37,600	20,000	—	—
MVR400/C/VBD*	M59PK-400/VBD	Coated	7	37,600	20,000	—	—
MVR400/VBU/XL	M59PJ-400/VBU	Clear	7	42,000	20,000	—	—
MVR400/C/VBU/XL	M59PK-400/VBU	Coated	7	39,600	20,000	—	—
MVR400/BU/E**	—	Clear	7	44,000	20,000	—	—
MVR400/C/BU/E**	—	Coated	7	42,000	20,000	—	—
MXR400/BU/E**	—	Clear	7	44,000	20,000	—	—
MXR400/C/BU/E**	—	Coated	7	42,000	20,000	—	—
<b>400-WATT (POSITION-ORIENTED MOGUL BASE-POMB) ENCLOSED FIXTURES ONLY</b>							
MVR400/HORT	M59PJ-400/HOR	Clear	7	—	40,000	—	20,000
<b>1000-WATT — MOGUL BASE</b>							
MVR1000/U*	M47PA-1000/U	Clear	9-1/2	110,000	12,000	107,800	12,000
MVR1000/C/U*	M47PB-1000/U	Coated	9-1/2	105,000	12,000	100,000	12,000
MVR1000/VBU†*	M47PA-1000/VBU	Clear	9-1/2	115,000	12,000	—	—
MVR1000/VBD*	M47PA-1000/VBD	Clear	9-1/2	115,000	12,000	—	—
MS1000/HOR/SPORT60†	M47--	Clear	9-1/2	—	—	115,000	12,000
MS1000/U/BT37	M47--	Clear	7	110,000	12,000	107,800	12,000
<b>1500-WATT (ENCLOSED FIXTURE ONLY) — MOGUL BASE</b>							
MVR1500/HBU	M48PC-1500/HBU	Clear	9-1/2	155,000	3,000	150,000	3,000
MVR1500/HBD	M48PC-1500/HBD	Clear	9-1/2	155,000	3,000	150,000	3,000
MH1500/U/XL	M48--	Clear	9-1/2	155,000	6,000	—	—
MS1500/HOR/XP/SPORT60†	M48--	Clear	9-1/2	—	—	162,000	3,000
<b>DOUBLE ENDED METAL HALIDE — HORIZONTAL BURNING ± 4° (ENCLOSED FIXTURE ONLY) WIRE LEADS</b>							
MQJ1500/T8/40	—	Clear	5	—	—	150,000	6,000
MQJ2000/T9/40	—	Clear	5	—	—	200,000	3,000

†SAF-T-GARD\* lamps are available. Lamp designation is changed from MVR to MVT. Lumens and Life data are reduced.

\*Vertical ± 15°, open fixture—all other, enclosed fixture.

\*\*Requires ballast with pulse ignitor † - POMB Base (Position Oriented Mogul Base)

NOTE: Longer than rated lamp life can occur when operating cycles exceed an average of 10 hours per start - contact lamp manufacturer. Consult lamp manufacturer for lamp lumen depreciation. All MXR lamps have an apparent color temperature rated at 3,200° Kelvin and all MVR lamps have an apparent color temperature of 4,000° Kelvin.



# METAL HALIDE AND MERCURY LAMP DATA (See WARNING below)

## METAL HALIDE LAMP TILT FACTOR

When the following metal halide lamps are operated in other-than-vertical positions (as in floodlights), initial vertical-burning lumens are reduced by the multipliers in this table.

LAMP	ANGLE OFF VERTICAL*						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
MVR1500/HBD/E MVR1500/HBU/E MVR1600/U	1.0	0.95	0.94	0.90	0.88	0.87	0.98
MVR400/U and lower wattages	1.0	0.95	0.94	0.90	0.88	0.87	0.94

\*This data is for GE lamps only.

## METAL HALIDE BURNING POSITIONS

MXR175/VBU or VBD MVR400/VBU or VBD MVR1000/VBU or VBD	Vertical burning only BU—Base up ± 15° BD—Base down ± 15°
MXR70U, M100/U, MVR175/U, MVR250/U, MVR400/U, MVR1000/U	Universal burning
MVR1500/HBU or HBD	HBU—Base up to 15° below horizontal HBD—Base down to 15° above horizontal
MVR400/HOR MS1000/HOR, MS1500/HOR, MS1600/HOR	Horizontal ± 15° Horizontal ± 60°

## QUARTZ HALOGEN LAMP DATA

ORDERING ABBREVIATION	RATED WATTS	RATED VOLTS	MAX OVERALL LENGTH, IN.	BURNING POSITION	APPROXIMATE LUMENS		LIFE HOURS
					INITIAL	MEAN	
Q225T2/CL/HIR	225	120	4-11/16	Horiz.	5,950	5,852	3,000
Q300T3/CL(EHM)	300	120	4-11/16	Horiz.	5,950	5,760	2,000
Q350T3/CL/HIR	350	120	4-11/16	Horiz.	10,000	9,500	2,000
Q425T3/CL	425	120	4-11/16	Horiz.	8,900	8,600	2,000
Q500T3/CL(FCL)	500	120	4-11/16	Horiz.	11,100	10,750	2,000
Q500T3/CL(DVS)	500	130	4-11/16	Horiz.	10,550	10,250	2,000
Q900T3/CL/HIR	900	240	10-1/16	Horiz.	32,000	30,400	2,000
Q1500T3/CL	1500	208	10-1/16	Horiz.	35,800	34,700	2,000
	1500	220	10-1/16	Horiz.	35,800	34,700	2,000
	1500	240	10-1/16	Horiz.	35,800	34,700	2,000

### LAMPS FOR INSTANT-ON AUTOMATICALLY SWITCHED QUARTZ

Q100CL/DC	100	120	2-7/16	Vert.	1,600	2,000	2,000
Q150CL/DC	150	120	2-1/2	Any	2,800	2,600	2,000
Q250CL/DC	250	120	3	Any	5,000	4,850	2,000

## FLUORESCENT LAMP DATA

ORDERING ABBREVIATION	WATTS	LENGTH (In.)	INITIAL LUMENS	MEAN LUMENS	LIFE (HOURS)*	STARTING TEMP °F	BASE STYLE
<b>FOR H4 LUMINAIRE</b>							
F40/30BX/SPX30/RS	39	22-1/2	3,150	2,840	20,000	50	2G11, Single End, 4-Pin
<b>FOR MINI-GARD LUMINAIRE</b>							
F13DBX23T4/SPX27	13	4.8	860	730	10,000	32	GX23-2, Single End, 2-Pin
F13DBXT4/SPX27	13	5.6	900	765	10,000	5	G24d-1, Single End, 2-Pin
F26DBXT4/SPX27	26	7.6	1,800	1,530	10,000	15	G24d-3, Single End, 2-Pin
<b>FOR DFL LUMINAIRE</b>							
F13BX/SPX41	13	7-1/2	825	710	10,000	32	GX23, Single End, 2-Pin
<b>FOR WFL LUMINAIRE</b>							
PL-C15mm/22W/27	22	5-15/16	1,200	—	—	-20	GX32d-2, Single-End, 2-Pin

NOTE: \*3 Hours/Start; will be longer at 10 Hours/Start

## MERCURY LAMP DATA

ORDERING ABBREVIATION	ANSI CODE	FINISH	LIGHT CENTER LENGTH INCHES	VERTICAL BURNING	HORIZONTAL BURNING
				INITIAL LUMENS	INITIAL LUMENS
<b>100-WATT-LIFE 24,000 HOURS 10 HOURS/START-MOGUL BASE</b>					
HR100A38	H38HT-100	Clear	5	3,850	3,650
HR100DX38†	H38JA-100/DX	Deluxe	5	4,200	4,200
<b>175-WATT-LIFE 24,000 HOURS 10 HOURS/START-MOGUL BASE</b>					
HR175A39	H39KB-175	Clear	5	7,950	7,570
HT175DX39†	H39KC-175/DX	Deluxe	5	8,600	8,600
HR175WDX39	H39KC-175/W DX	Warm DX	5	7,000	7,000
<b>250-WATT-LIFE 24,000 HOURS 10 HOURS/START-MOGUL BASE</b>					
HR250A37	H37KB-250	Clear	5	11,200	10,700
HR250DX37†	H37KC-250/DX	Deluxe	5	12,100	12,100
HR250WDX37	H37KC-250/W DX	Warm DX	5	10,000	10,000
<b>400-WATT-LIFE 24,000 HOURS 10 HOURS/START-MOGUL BASE</b>					
HR400A33	H33CD-400	Clear	7	21,000	20,000
HR400DX33†	H33GL-400/DX	Deluxe	7	22,500	22,500
HR400WDX33	H33GL-400/W DX	Warm DX	7	19,500	19,500
<b>1000-WATT-LIFE 24,000 HOURS 10 HOURS/START-MOGUL BASE</b>					
HR1000A36	H36GV-1000	Clear	9-1/2	57,000	54,000
HR1000DX36†	H36GW-1000/DX	Deluxe	9-1/2	63,000	60,000

†SAF-T-GARD® lamps are available. Lamp designation is changed from HR to HT, lumens reduced approximately 10% and life of the 100W and 175W is only 16,000 hrs.

## WARNING

(ALL MERCURY AND METAL HALIDE LAMPS)

This lamp can cause serious skin burn and eye inflammation from short wave ultraviolet radiation if outer envelope of the lamp is broken or punctured and the arc tube continues to operate. Do not use where people will remain for more than a few minutes unless adequate shielding or other safety precautions are used. Certain types of lamps that will automatically extinguish when the outer envelope is broken or punctured are commercially available from the General Electric Company. These are self-extinguishing Safe-T-Gard® mercury and Multi-Vapor® metal halide lamps.

# Vapor de Mercurio

reactor serie y autotransformador alta reactancia

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No. DE PZAS.
						B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
1-80	HPL-N80	220	6LD9006 /AB	R	98	0.80	-	220	A	1	25	60	1.250	-	-	-
1-100	H-38	127	71C9239 /AB	HX	120	2.00	-	260	C	3	37	67	3.185	-	-	-
		127	71HC9239 /AB	HX	120	-	1.00	260	B	3	37	67	3.300	A	98.4	1
		220	6LD9040 /AB	R	110	0.86	-	220	A	1	25	60	1.165	-	-	-
		220	6HD9040 /AB	R	110	-	0.53	220	B	1	25	60	1.500	A	60.3	1
		254	71C9242 /AB	HX	120	0.98	-	260	C	3	37	67	3.185	-	-	-
		277	71C9243 /AB	HX	120	0.90	-	260	C	3	37	67	3.185	-	-	-
1-125	H-42	440	71C9244 /AB	HX	120	0.57	-	260	C	3	37	67	3.185	-	-	-
		127	71C9263 /AB	HX	150	2.50	-	260	C	3	30	60	3.225	-	-	-
		220	6LD9064 /AB	R	140	1.15	-	220	A	1	38	73	1.485	-	-	-
		220	6HD9064 /AB	R	140	-	0.68	220	B	1	38	73	1.860	A	60.3	1
		254	71C9265 /AB	HX	150	1.20	-	260	C	3	30	60	3.225	-	-	-
1-175	H-39	277	71C9266 /AB	HX	150	1.10	-	260	C	3	30	60	3.225	-	-	-
		440	71C9267 /AB	HX	150	0.68	-	260	C	3	30	60	3.225	-	-	-
		127	71C9233 /AB	HX	200	3.50	-	265	C	3	37	67	3.310	-	-	-
		220	6LD9034 /AB	R	190	1.50	-	220	A	1	44	79	1.610	-	-	-
		220	6HD9034 /AB	R	190	-	0.92	220	B	1	44	79	1.980	A	60.3	1
1-250	H-37	254	71C9236 /AB	HX	200	1.60	-	265	C	3	37	67	3.310	-	-	-
		277	71C9237 /AB	HX	200	1.45	-	265	C	3	37	67	3.310	-	-	-
		440	71C9238 /AB	HX	200	0.90	-	265	C	3	37	67	3.310	-	-	-
		127	71C9221 /AB	HX	285	4.40	-	260	C	3	51	81	4.475	-	-	-
		220	71C9222 /AB	HX	285	2.55	-	260	C	3	51	81	4.475	-	-	-
		220	6LD9022 /AB	R	270	2.10	-	220	A	2	39	73	2.200	-	-	-
		220	6HD9022 /AB	R	270	-	1.30	220	B	2	39	73	2.640	A	60.3	1
		254	71C9224 /AB	HX	285	2.25	-	260	C	3	51	81	4.475	-	-	-
1-400	H-33	277	6LD9025 /AB	R	270	2.10	-	220	A	2	39	73	2.200	-	-	-
		440	6HD9025 /AB	R	270	-	1.05	220	B	2	39	73	2.640	A	60.3	1
		220	6LD9016 /AB	R	430	3.20	-	220	A	2	53	83	3.950	-	-	-
		220	6HD9016 /AB	R	430	-	2.10	220	B	2	53	88	4.725	A	73	1

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

HX. = ALTA REACTANCIA

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

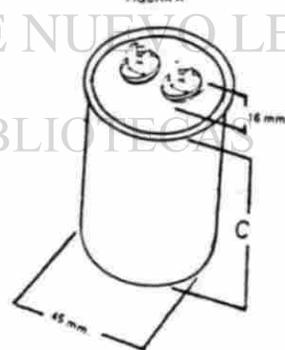
R. = REACTOR

L = LAMPARA

6.5.48



FIGURA A



CARACTERISTICAS

MENOR COSTO

MENOR TAMAÑO Y MENOR PESO

ALTO O BAJO FACTOR DE POTENCIA.

CORRIENTE DE LINEA DURANTE EL ENCENDIDO MAYOR QUE LA DE OPERACION NORMAL.

VARIACION PERMISIBLE EN LA TENSION DE ALIMENTACION  $\pm 5\%$

VARIACION DE POTENCIA DE LAMPARA  $\pm 12\%$

EXIGE EXCELENTE REGULACION EN LA LINEA

AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

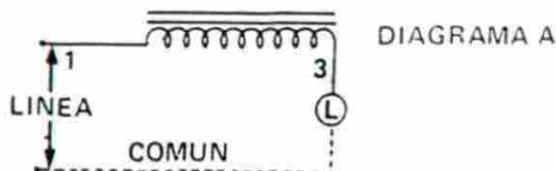


DIAGRAMA B

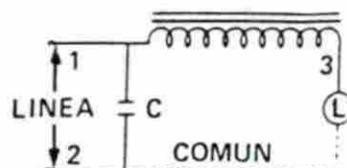
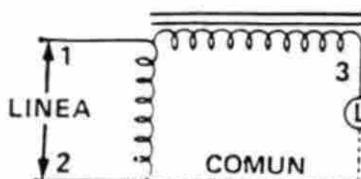


DIAGRAMA C



LA LINEA COMUN NO SE SUMINISTRA (USAR AWG16)

# Vapor de Mercurio

Transformador auto regulado

TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No. DE PZAS.
					B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
HPL-N80	127	71C9105 /AB	CWA	100	-	0.85	250	A	1	33	71	3.335	A	60.3	1
	220	71C9106 /AB			-	0.47									
	254	71C9108 /AB			-	0.43									
	277	71C9109 /AB			-	0.40									
	440	71C9110 /AB			-	0.25									
H-38	127	71C9139 /AB	CWA	120	-	1.00	253	A	1	37	75	3.375	A	60.3	1
	220	71C9140 /AB			-	0.60									
	254	71C9142 /AB			-	0.52									
	277	71C9143 /AB			-	0.47									
	440	71C9144 /AB			-	0.30									
H-42	127	71C9163 /AB	CWA	150	-	1.25	250	A	1	30	68	2.776	A	60.3	1
	220	71C9164 /AB			-	0.70									
	254	71C9165 /AB			-	0.62									
	277	71C9166 /AB			-	0.57									
	440	71C9167 /AB			-	0.36									
H-39	127	71C9133 /AB	CWA	205	-	1.70	250	A	1	37	75	3.640	A	73.0	1
	220	71C9134 /AB			-	0.95									
	254	71C9136 /AB			-	0.82									
	277	71C9137 /AB			-	0.75									
	440	71C9138 /AB			-	0.47									
H-37	127	71B9121 /AB	CWA	285	-	2.30	250	A	2	29	67	4.132	A	73.0	1
	220	71B9122 /AB			-	1.31									
	254	71B9124 /AB			-	1.15									
	277	71B9125 /AB			-	1.08									
	440	71B9126 /AB			-	0.66									
H-33	127	73B9115 /AB	CWA	450	-	3.60	250	A	2	40	78	4.966	A	98.4	1
	220	73B9116 /AB			-	2.10									
	254	73B9118 /AB			-	1.80									
	277	73B9119 /AB			-	1.65									
	440	73B9120 /AB			-	1.05									
H-35	127	71B9145 /AB	CWA	770	-	6.23	420	A	3	73	111	9.580	A	98.4	1
	220	71B9146 /AB			-	3.60									
	254	71B9148 /AB			-	3.12									
	277	71B9149 /AB			-	2.85									
	440	71B9150 /AB			-	1.80									
H-36	127	71B9127 /AB	CWA	1075	-	8.70	420	A	3	73	111	9.952	B	98.4	1
	220	71B9128 /AB			-	5.00									
	254	71B9130 /AB			-	4.35									
	277	71B9131 /AB			-	4.00									
	440	71B9132 /AB			-	2.50									

= BAJO FACTOR DE POTENCIA

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

C. W. A. = AUTO REGULADO

L. = LAMPARA

## CARACTERISTICAS

LA SOLUCION MAS ECONOMICA CUANDO LA VARIACION DE LA TENSION DE ALIMENTACION EXCEDE  $\pm 5\%$ .

DESEABLE CUANDO PUEDEN EXISTIR PROBLEMAS DE EXTINCION DE LA LAMPARA DEBIDO A GRANDES DISMINUCIONES EN LA TENSION DE ALIMENTACION.

ALTO FACTOR DE POTENCIA.

VARIACION PERMISIBLE EN LA TENSION DE ALIMENTACION  $\pm 10\%$

VARIACION DE POTENCIA DE LAMPARA  $\pm 5\%$

CORRIENTE DE LINEA DURANTE EL ENCENDIDO, MENOR QUE LA DE OPERACION NORMAL.

AISLAMIENTO  $180^\circ C$

CAPACITORES DE  $90^\circ C$

FIGURA 1

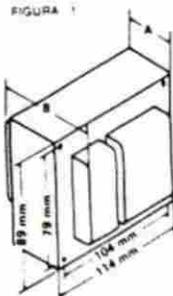


FIGURA 2

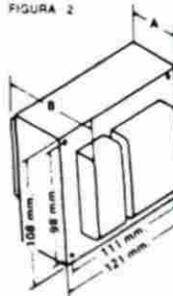


FIGURA 3

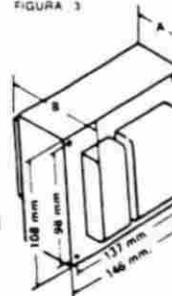


FIGURA 4

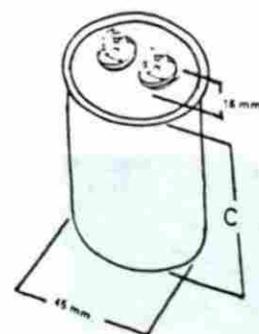


FIGURA 5

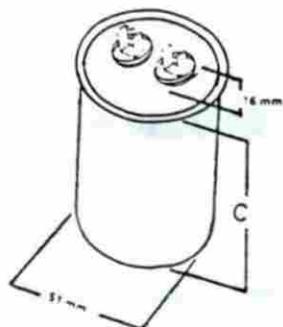
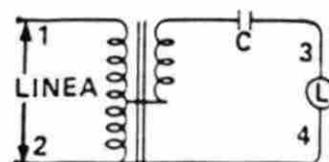


DIAGRAMA A



# Vapor de Mercurio

transformador de potencia constante

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No. DE PZAS.
						B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
2-400	H-33	127	71A9010 /AB	CW	880	-	6.90	515	A	1	79	117	10.759	C	150.0	1
		220	71A9011 /AB			-	4.00									
		254	71A9012 /AB			-	3.50									
		277	71A9013 /AB			-	3.20									
		440	71A9014 /AB			-	2.00									

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

C. W. A. = AUTO REGULADO

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

L. = LAMPARA

## CARACTERISTICAS

- CIRCUITO DE DEVANADOS AISLADOS ELECTRICAMENTE.
- PERMITE EL ATERRIZAJE DE LA LAMPARA.
- VARIACION PERMISIBLE DE TENSION DE ALIMENTACION  $\pm 13\%$
- VARIACION EN LA POTENCIA DE LA LAMPARA  $\pm 3\%$ .
- ALTO FACTOR DE POTENCIA.
- CORRIENTE DE LINEA DURANTE EL ENCENDIDO, MENOR QUE LA DE OPERACION NORMAL.
- DESEABLE CUANDO PUEDEN EXISTIR PROBLEMAS DE EXTINCION DE LA LAMPARA DEBIDO A GRANDES DISMINUCIONES EN LA TENSION DE ALIMENTACION.
- AISLAMIENTO  $180^{\circ}$  C
- CAPACITORES DE  $90^{\circ}$  C

DIAGRAMA A

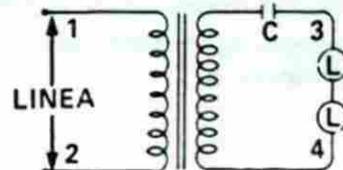


FIGURA 1

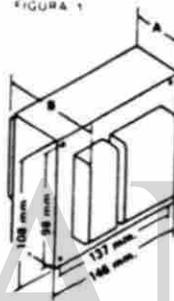
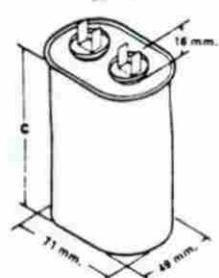


FIGURA 2



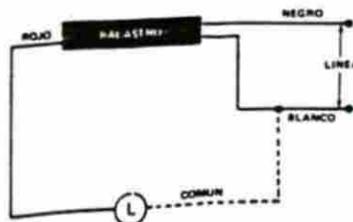
# Vapor de Mercurio Interiores

autotransformador auto regulado

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIMENSIONES		PESO TOTAL Kg.	DIAG. DE CONEX.
						B.F.P.	A.F.P.		LARGO DE CAJA	SEC. CION		
1-175	H-39	127	71E9133 /1	CWA	205	-	1.70	250	424 (MM)	A	7.000	A
		220	71E9134 /1			-	0.95					
1-250	H-37	127	71E9121/1	CWA	205	-	2.3	250	488	A	9.000	A

## CARACTERISTICAS

- PARA INSTALACION EN INTERIORES TAMAÑO Y FORMA SIMILAR A LOS FLUORESCENTES
- BAJA TEMPERATURA DE OPERACION  $105^{\circ}$  C
- ALTO FACTOR DE POTENCIA
- CARACTERISTICAS SIMILARES AL AUTOTRANSFORMADOR AUTO REGULADO
- MAS SILENCIOSO (CLASE C) ADECUADO PARA INSTALACIONES EN PLAFONES LUMINOSOS, EN TIENDAS, ETC.
- TERMOPROTEGIDO (OPCIONAL)
- CAPACITORES DE  $90^{\circ}$  C



# Aditivos Metálicos

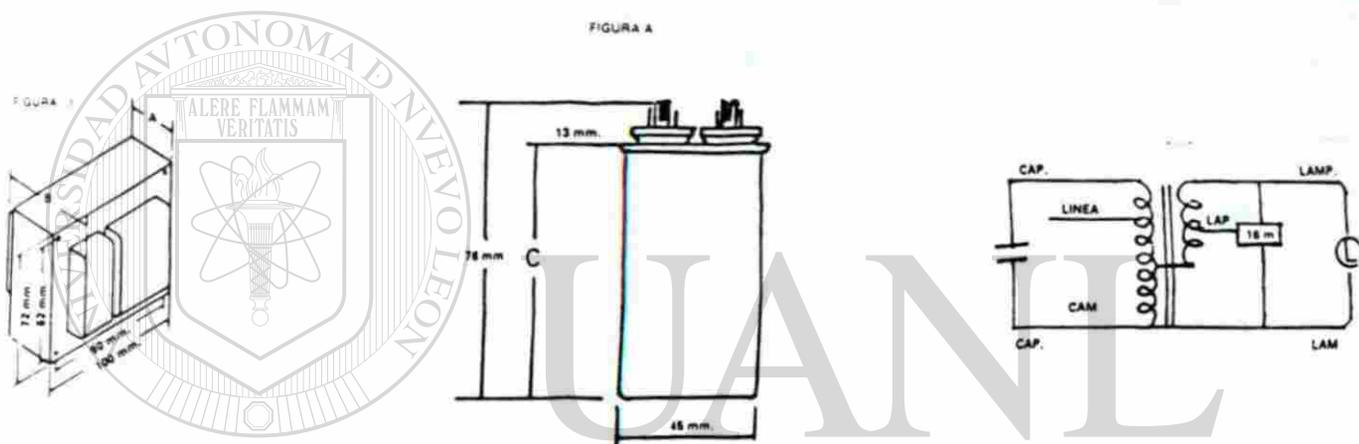
autotransformador alta reactancia

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No. DE PZAS
						B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
1-70	M-98	127	71HI9321 /AB	HX	95	-	0.805	255	A	1	37	71	2.100	A	63	1
		220	71HI9322 /AB			-	0.475									
		254	71HI9324 /AB			-	0.410									
		277	71HI9325 /AB			-	0.370									
1-100	M-90	127	71HI9327 /AB	HX	129	-	1.050	285	A	1	45	80	2.580	A	63	1
		220	71HI9328 /AB			-	0.640									
		254	71HI9330 /AB			-	0.550									
		277	71HI9331 /AB			-	0.490									
1-150	M-102	127	71HI9333 /AB	HX	185	-	1.540	255	A	1	65	100	3.520	A	63	1
		220	71HI9334 /AB			-	0.880									
		254	71HI9336 /AB			-	0.780									
		277	71HI9337 /AB			-	0.700									

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

HX. = ALTA REACTANCIA

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA  
L. = LAMPARA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CARACTERISTICAS

ALTO O BAJO FACTOR DE POTENCIA.

VARIACION PERMISIBLE EN LA TENSION DE ALIMENTACION  $\pm 5\%$

VARIACION EN LA POTENCIA DE LAMPARA DE 7 A  $\pm 12\%$

CORRIENTE DE LINEA DURANTE EL ENCENDIDO MAYOR QUE LA DE OPERACION NORMAL.

DISEÑO PARA SATISFACER TODOS LOS REQUISITOS DE LAS LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS

AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

IGNITORES DE 90° C

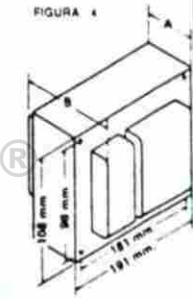
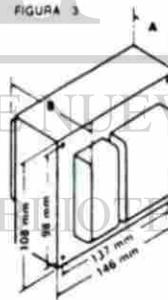
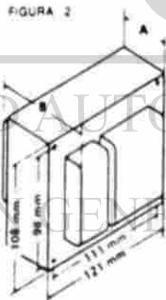
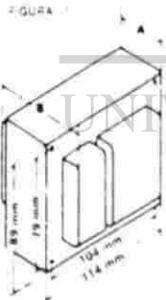
# Aditivos Metálicos

autotransformador auto regulado

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No DE PZA
						B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
1-175	AM ó H39	127 220 254 277 440	71C9039/AB 71C9040/AB 71C9042/AB 71C9043/AB 71C9044/AB	CWA	205	- - - - -	1.74 0.97 0.86 0.75 0.47	290	A	1	48	86	5.050	A	60.3	1
1-250	AM ó H37	127 220 254 277 440	71C9045/AB 71C9046/AB 71C9048/AB 71C9049/AB 71C9050/AB	CWA	285	- - - - -	2.30 1.35 1.15 1.08 0.68	320	A	2	38	76	6.465	A	73.0	1
1-400	AM ó H33	127 220 254 277 440	74B9051/AB 74B9052/AB 74B9054/AB 74B9055/AB 74B9056/AB	CWA	455	- - - - -	3.80 2.12 1.90 1.70 1.10	305	A	2	54	92	7.610	B	98.4	1
1-1000	AM ó H36	127 220 254 277 440	73B9057/AB 73B9058/AB 73B9060/AB 73B9061/AB 73B9062/AB	CWA	1070	- - - - -	8.70 5.00 4.35 4.10 2.50	425	A	3	87	125	13.000	B	98.4	1
1-500	AM	127 220 254 277 440	73F9063/AB 73F9064/AB 73F9066/AB 73F9067/AB 73F9068/AB	CWA	1610	- - - - -	13.80 7.90 6.90 6.30 3.70	445	A	4	87	125	15.600	C	150.0	2

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA  
C. W. A. = AUTO REGULADO

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA  
L. = LAMPARA



## CARACTERISTICAS

- ALTO FACTOR DE POTENCIA
- VARIACION PERMISIBLE EN LA TENSION DE ALIMENTACION  $\pm 10$
- VARIACION EN LA POTENCIA DE LAMPARA DE 7 A  $\pm 12$  %
- CORRIENTE DE LINEA DEL ENCENDIDO, MENOR QUE LA DE OPERACION NORMAL
- DISEÑADO PARA SATISFACER TODOS LOS REQUISITOS DE LAS LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS
- PUEDE OPERAR LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO, QUE TENGAN CARACTERISTICAS SIMILARES A LAS DE ADITIVOS METALICOS.

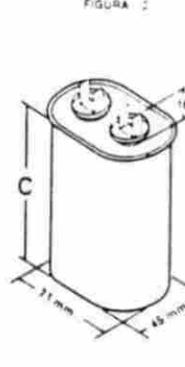
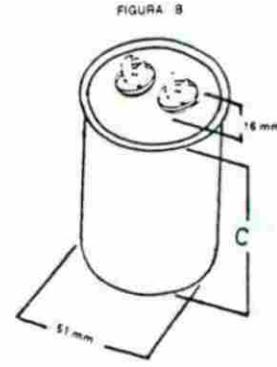
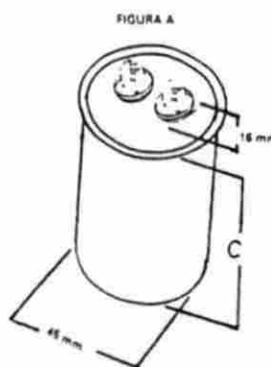
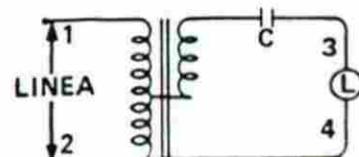


DIAGRAMA A



# Vapor de Sodio Alta Presión

Reactor serie y autotransformador alta reactancia

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No. DE PZAS.
						B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
1-35	S-76	127	6LG8432 /AB	-R	43	0.83	-	127	A	3	16	51	0.700	-	-	-
1-50	S-68	127	6LG8450 /AB	-R	60	1.10	-	127	A	3	23	58	0.850	-	-	-
1-70	S-62	127	6LG8470 /AB	-R	83	1.60	-	127	A	3	33	68	1.010	-	-	-
1-100	S-54	127	6LG8439 /AB	-R	118	2.10	-	127	A	3	38	73	1.223	-	-	-
1-150	S-55	127	6LG8416 /AB	-R	170	3.10	-	127	A	3	50	85	1.561	-	-	-
1-150	S-55	127	6HG8416 /AB	-R	170	-	1.40	127	B	3	50	85	2.516	B	98.4	1
1-150	S-56	220	6LD8417 /AB	-R	170	1.85	-	220	A	1	44	79	1.650	-	-	-
1-150	S-56	220	6HD8417 /AB	-R	170	-	0.80	220	B	1	44	79	2.410	A	60.3	1
1-150	S-55	220	71LC8217 /AB	HX	180	1.90	-	125	C	4	51	81	4.500	-	-	-
1-150	S-55	220	71HC8217 /AB	HX	180	-	0.88	125	C	4	51	81	5.000	A	73.0	1
1-250	S-50	220	6LD8407 /AB	-R	278	3.00	-	220	A	2	39	74	2.200	-	-	-
1-250	S-50	220	6HD8407 /AB	-R	278	-	1.35	220	B	2	39	74	3.100	A	73.0	1
1-400	S-51	220	6LD8401 /AB	-R	440	4.70	-	220	A	2	51	86	3.900	-	-	-
1-400	S-51	220	6HD8401 /AB	-R	440	-	2.15	220	B	2	51	86	4.450	B	121.0	1
1-400	S-51	254	6LD8403 /AB	-R	440	4.65	-	254	A	2	51	86	3.900	-	-	-

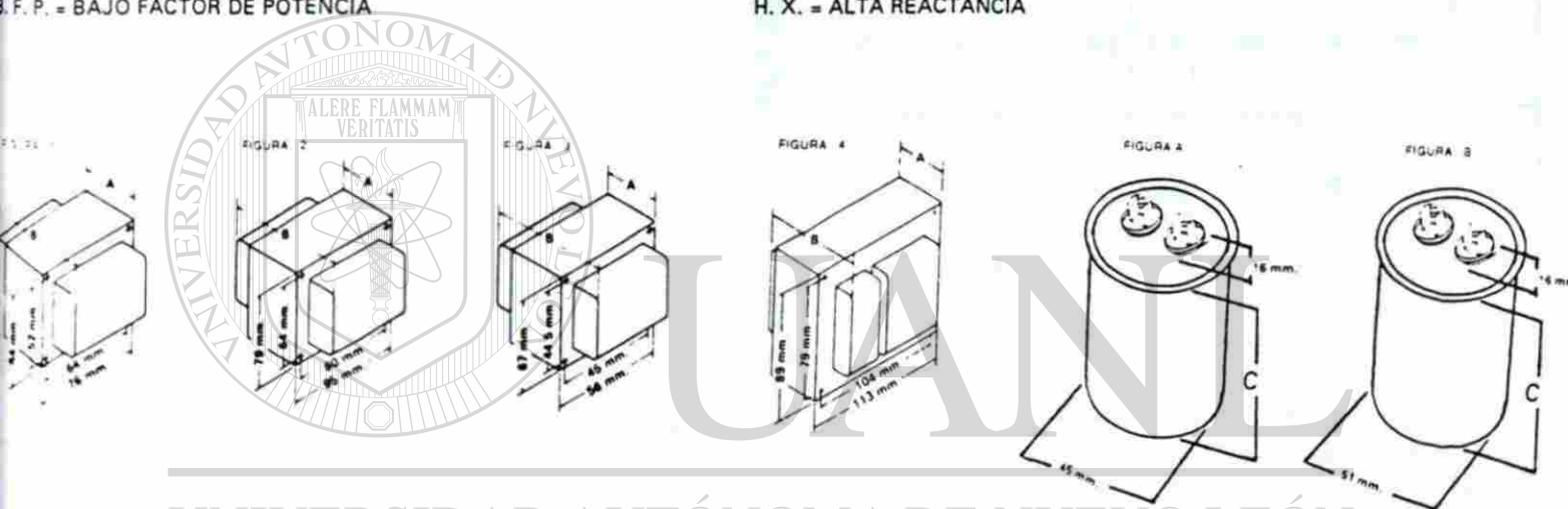
A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

R. = REACTOR

H. X. = ALTA REACTANCIA

IGN. = IGNITOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CARACTERISTICAS

MENOR COSTO

MENOR TAMAÑO Y MENOR PESO.

ALTO O BAJO FACTOR DE POTENCIA.

VARIACION PERMISIBLE EN LA TENSION DE ALIMENTACION  $\pm 5\%$

EXCLUSIVAMENTE PARA CONECTARSE A TENSIONES DE ALIMENTACION IGUALES O SUPERIORES A LAS DE ENCENDIDO DE LAMPARA.

EXIGE EXCELENTE REGULACION EN LA LINEA.

POTENCIA DE LAMPARA DENTRO DEL TRAPEZOIDE NOM CORRESPONDIENTE.

IGNITOR ENCAPSULADO (90° C)

AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

NOTA - PARA INSTALACION DEL BALASTRO ES IMPORTANTE QUE SE INSTALE DE ACUERDO A LAS INSTRUCCIONES DE LA ETIQUETA DEL BALASTRO

LA LINEA COMUN NO SE SUMINISTRA (USAR AWG. 16). LA PUNTA No. 4 DEBE CONECTARSE A LA TERMINAL CENTRAL DEL PORTALAMPARAS.

LA PUNTA No. 4 DEBE CONECTARSE A LA TERMINAL CENTRAL DEL PORTALAMPARAS.

DIAGRAMA A

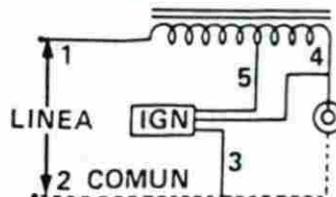


DIAGRAMA B

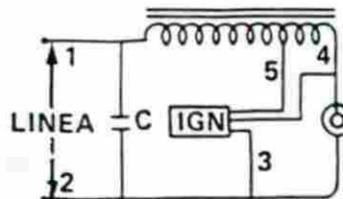
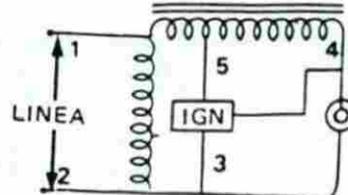


DIAGRAMA C



# Vapor de Sodio Alta Presión

Plantado regulado

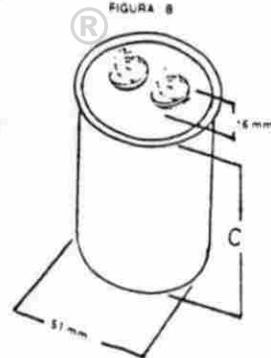
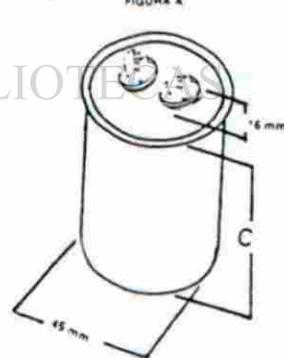
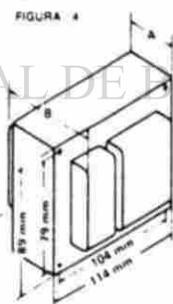
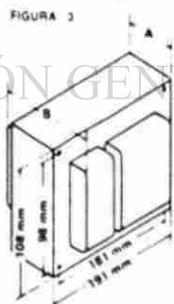
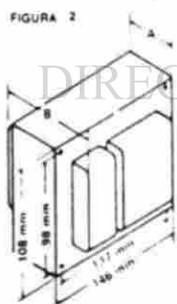
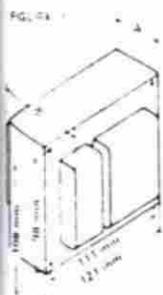
CATEGORÍA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No. DE PZAS.
						B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
170	S-62	127	71A8370 /AB	ADELANT.	95	-	0.800	120	A	4	25.4	68.4	3.082	A	73.0	1
		220	71A8371 /AB			-	0.470									
		254	71A8373 /AB			-	0.410									
		277	71A8374 /AB			-	0.375									
		440	71A8375 /AB			-	0.235									
100	S-54	127	71A8339 /AB	ADELANT.	130	-	1.090	120	A	4	38.0	81.0	4.250	A	98.4	1
		220	71A8340 /AB			-	0.630									
		254	71A8341 /AB			-	0.545									
		277	71A8342 /AB			-	0.500									
		440	71A8343 /AB			-	0.315									
150	S-55	127	71A8316 /AB	ADELANT.	185	-	1.500	115	A	4	56.0	99.0	5.750	B	98.4	1
		220	71A8317 /AB			-	0.900									
		254	71A8319 /AB			-	0.750									
		277	71A8320 /AB			-	0.700									
		440	71A8321 /AB			-	0.450									
250	S-50	127	71A8306 /AB	ADELANT.	295	-	2.350	195	A	1	44.0	87.0	5.500	A	98.4	1
		220	71A8307 /AB			-	1.390									
		254	71A8309 /AB			-	1.200									
		277	71A8310 /AB			-	1.100									
		440	71A8311 /AB			-	0.700									
400	S-51	127	71A8300 /AB	ADELANT.	465	-	4.000	191	A	2	71.0	114.0	11.310	B	121.0	1
		220	71A8301 /AB			-	2.250									
		254	71A8303 /AB			-	2.000									
		277	71A8304 /AB			-	1.800									
		440	71A8305 /AB			-	1.150									
1000	S-52	127	71A8327 /AB	ADELANT.	1100	-	9.100	435	A	3	79.0	131.0	14.300	C	125.0	2
		220	71A8312 /AB			-	5.100									
		254	71A8314 /AB			-	4.500									
		277	71A8314A /AB			-	4.150									
		440	71A8315 /AB			-	2.600									

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

ADELANT. = ADELANTADO

ING. = IGNITOR



## CARACTERISTICAS

CIRCUITO AUTOTRANSFORMADOR AUTO REGULADO CON EL CAPACITOR ENTRE DEVANADOS PRIMARIO Y SECUNDARIO

ALTO FACTOR DE POTENCIA

VARIACION PERMISIBLE EN LA TENSION DE ALIMENTACION ± 10%

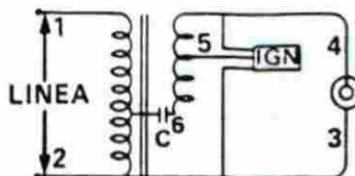
POTENCIA DE LAMPARA DENTRO DEL TRAPEZOIDE NOM CORRESPONDIENTE

IGNITOR ENCAPSULADO (90° C)

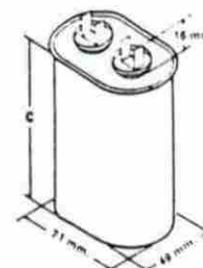
AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

## DIAGRAMA A



## FIGURA C



NOTA PARA INSTALACION DEL BALASTRO ES IMPORTANTE QUE SE INSTALE DE ACUERDO A LAS INSTRUCCIONES DE LAS ETIQUETAS DEL BALASTRO.

LA PUNTA No. 4 DEBE CONECTARSE A LA TERMINAL CENTRAL DEL PORTA-LAMPARAS.

# Vapor de Sodio Baja Presión

Autotransformador alta reactancia

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	DIMENSIONES			PESO TOTAL Kg.	CAPACITOR		No. DE PZAS.
						B.F.P.	A.F.P.			FIG. No.	A (mm)	B (mm)		FIG. No.	C (mm)	
1-18	BAJA P.	127	71C8640 /AB	HX BFP	32	1.00	-	310	B	4	18.5	56.5	0.894	-	-	-
		220	71C8641 /AB			0.58	-									
		254	71C8642 /AB			0.50	-									
		277	71C8643 /AB			0.46	-									
		440	71C8644 /AB			0.29	-									
1-35	BAJA P.	127	71C8506 /AB	HX AFP	60	-	0.47	480	A	1	51	83	3.560	A	60.3	1
		220	71C8507 /AB			-	0.27									
		254	71C8509 /AB			-	0.24									
		277	71C8510 /AB			-	0.22									
		440	71C8511 /AB			-	0.13									
1-55	BAJA P.	127	71C8515 /AB	HX AFP	80	-	0.65	480	A	1	51	83	3.560	A	60.3	1
		220	71C8516 /AB			-	0.38									
		254	71C8517 /AB			-	0.33									
		277	71C8518 /AB			-	0.30									
		440	71C8519 /AB			-	0.19									
1-90	BAJA P.	127	71A8520 /AB	HX AFP	125	-	1.05	500	A	2	54	67	5.955	A	98.4	1
		220	71A8521 /AB			-	0.60									
		254	71A8522 /AB			-	0.52									
		277	71A8523 /AB			-	0.48									
		440	71A8524 /AB			-	0.30									
1-135	BAJA P.	127	71A8525 /AB	HX AFP	178	-	1.50	660	A	3	70	108	8.532	A	60.3	1
		220	71A8526 /AB			-	0.87									
		254	71A8527 /AB			-	0.75									
		277	71A8528 /AB			-	0.68									
		440	71A8529 /AB			-	0.43									
1-180	BAJA P.	127	71A8530 /AB	HX AFP	220	-	1.90	660	A	3	70	108	8.532	A	60.3	1
		220	71A8531 /AB			-	1.10									
		254	71A8532 /AB			-	0.95									
		277	71A8533 /AB			-	0.87									
		440	71A8534 /AB			-	0.55									

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

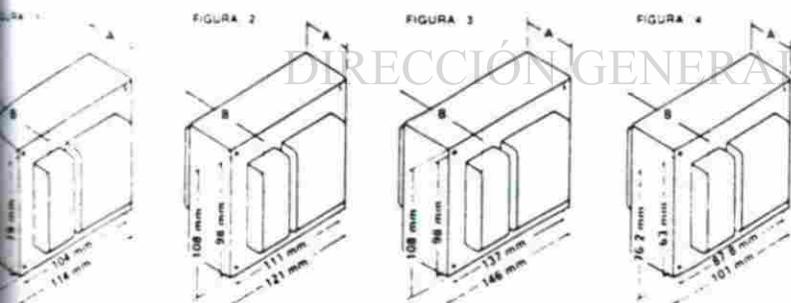
HX-AFP = ALTA REACTANCIA, ALTO FACTOR DE POTENCIA

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

L. = LAMPARA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## CARACTERISTICAS

CIRCUITO AUTOTRANSFORMADOR ALTA REACTANCIA

ALTO FACTOR DE POTENCIA.

VARIACION PERMISIBLE EN LA TENSION DE ALIMENTACION ± 5%

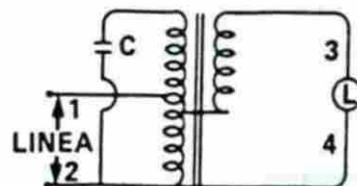
VARIACION EN LA CORRIENTE DE LAMPARA ± 5%

POTENCIA DE LAMPARA PRACTICAMENTE CONSTANTE.

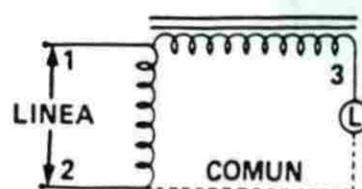
AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

## DIAGRAMA A



## DIAGRAMA B



# Balastros Tipo Intemperie (en bote)

vapor de mercurio.

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	F. ALTURA (mm)	PESO TOTAL Kg.	FIG. No.
						B.F.P.	A.F.P.					
1-100	H-38	127	71C9139/B	CWA	120	-	1.00	253	C	260	5.125	1
		220	71C9140/B			-	0.60					
		254	71C9142/B			-	0.52					
		277	71C9143/B			-	0.47					
		440	71C9144/B			-	0.30					
1-125	H-42	127	71C9163/B	CWA	150	-	1.25	250	C	260	5.170	1
		220	71C9164/B			-	0.70					
		254	71C9165/B			-	0.62					
		277	71C9166/B			-	0.57					
		440	71C9167/B			-	0.36					
1-175	H-39	220	6LD9034/B	R	190	1.5	-	220	B	122	2.200	2
		220	6HD9034/B			-	0.92					
1-250	H-37	127	71B9121/B	CWA	285	-	2.30	250	C	260	5.882	1
		220	6LD9022/B	R	270	2.1	-	220	B	122		2
		220	6HD9022/B	R	270	-	1.30	220	A	152		2
		220	71B9122/B	CWA	285	-	1.31	250	C	260		1
		254	71B9124/B	CWA	285	-	1.15	250	C	260		1
		277	71B9125/B	CWA	285	-	1.08	250	C	260		1
		440	71B9126/B	CWA	285	-	0.66	250	C	260		1
1-400	H-33	127	73B9115/B	CWA	450	-	3.60	250	C	260	6.716	1
		220	6LD9016/B	R	430	3.2	-	220	B	122		2
		220	6HD9016/B	R	430	-	2.10	220	A	152		2
		220	73B9116/B	CWA	450	-	2.10	250	C	260		1
		254	73B9118/B	CWA	450	-	1.80	250	C	260		1
		277	73B9119/B	CWA	450	-	1.65	250	C	260		1
440	73B9120/B	CWA	450	-	1.05	250	C	260	1			

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

C. W.A. = AUTO REGULADO

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

R. = REACTOR

L. = LAMPARA

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### CARACTERÍSTICAS

RECIPIENTE PARA USO INTEMPERIE

RECIPIENTE CILINDRICO DE ALUMINIO ANODIZADO

TAPA DE ALUMINIO FUNDIDA A PRESION

NIPLE ROSCADO Y TAPA FORMAN UNA SOLA PIEZA, GRAN RIGIDEZ

ROSCA CONICA DE NIPLE ASA B 2.1 No. 11 1/2" 1 1/4" DE DIAMETRO

LIGEROS

ETIQUETA DE ALUMINIO CON INSTRUCCIONES Y DIAGRAMA DE CONEXIONES

AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

FIGURA 1



FIGURA 2



DIAGRAMA A



DIAGRAMA B

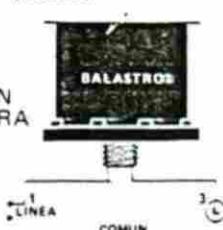


DIAGRAMA C



# Balastros Tipo Intemperie (en bote)

aportador de mercurio, aditivos metálicos.\*

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	F. ALTURA (mm)	PESO TOTAL KG.	FIG. No.
						B.F.P.	A.F.P.					
2-400	H-33	127	71A9010 /B	CW	880	-	6.90	515	B	330	12.760	1
		220	71A9011 /B			-	4.00					
		254	71A9012 /B			-	3.50					
		277	71A9013 /B			-	3.20					
		440	71A9014 /B			-	2.00					
1-700	H-35	127	71B9145 /B	CWA	770	-	6.23	420	A	305	11.250	1
		220	71B9146 /B			-	3.60					
		254	71B9148 /B			-	3.12					
		277	71B9149 /B			-	2.85					
		440	71B9150 /B			-	1.80					
1-1000	H-36	127	71B9127 /B	CWA	1075	-	8.70	420	A	330	11.702	1
		220	71B9128 /B			-	5.00					
		254	71B9130 /B			-	4.35					
		277	71B9131 /B			-	4.00					
		440	71B9132 /B			-	2.50					
1-400	*AM ó H-35	127	74B9051 /B	CWA	455	-	3.80	305	A	305	10.750	1
	220	74B9052 /B	-			2.12						
	254	74B9054 /B	-			1.90						
	277	74B9055 /B	-			1.70						
	440	74B9056 /B	-			1.10						
1-1000	*AM ó H-33	127	73B9057 /B	CWA	1070	-	8.70	425	A	305	15.000	1
	220	73B9058 /B	-			5.00						
	254	73B9060 /B	-			4.35						
	277	73B9061 /B	-			4.10						
	440	73B9062 /B	-			2.50						

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA  
C. W. = POTENCIA CONSTANTE

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA  
L. = LAMPARA CWA = AUTO REGULADORA

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### CARACTERÍSTICAS

RECIENTE PARA USO INTEMPERIE

RECIENTE CILINDRICO DE ALUMINIO ANODIZADO

TAPA DE ALUMINIO FUNDIDA A PRESION

NIPLE ROSCADO Y TAPA FORMAN UNA SOLA PIEZA, GRAN RIGIDEZ

ROSCA CONICA DE NIPLE ASA B 2.1 No. 11 1/2" 1 1/4" DE DIAMETRO

LIGEROS

ETIQUETA DE ALUMINIO CON INSTRUCCIONES Y DIAGRAMA DE CONEXIONES

AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

DIAGRAMA A

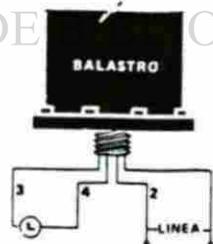


DIAGRAMA B

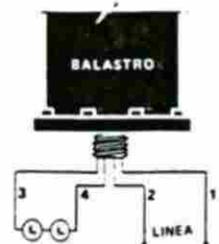


FIGURA 1



# Balastros Tipo Intemperie (en bote)

Medio alta y baja presión.

POTENCIA DE LAMP.	TIPO DE LAMP.	TENSION DE LINEA	NUMERO DE CATALOGO	CIRCUITO TIPO	POTENCIA DE LINEA	CORRIENTE DE LINEA		TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	DIAG. DE CONEX.	F ALTURA (mm)	PESO TOTAL Kg.	FIG. No.
						B.F.P.	A.F.P.					
1-150	S-55	127 220 254 277 440	71A8316 /B 71A8317 /B 71A8319 /B 71A8320 /B 71A8321 /B	ADELANT.	185	- - - - -	1.50 0.90 0.75 0.70 0.45	115	A	330	7.950	1
1-250	S-50	127 220 254 277 440	71A8306 /B 71A8307 /B 71A8309 /B 71A8310 /B 71A8311 /B	ADELANT.	295	- - - - -	2.35 1.39 1.20 1.10 0.70	195	A	305	7.700	1
1-400	S-51	127 220 254 277 440	71A8300 /B 71A8301 /B 71A8303 /B 71A8304 /B 71A8305 /B	ADELANT.	465	- - - - -	4.00 2.25 2.00 1.80 1.15	191	A	368	13.810	1
1-1000	S-52	127 254 277 440	71A8312 /B 71A8314 /B 71A8314A /B 71A83115/B	ADELANT.	1100	- - - -	5.10 4.50 4.15 2.60	435	A	420	25.300	1
1-90	BAJA P.	127 220 254 277 440	71A8520 /B 71A8521 /B 71A8522 /B 71A8523 /B 71A8524 /B	HX AFP	125	- - - - -	1.05 0.6 0.52 0.48 0.30	500	A	260	7.700	1
1-135	BAJA P.	127 220 254 277 440	71A8525 /B 71A8526 /B 71A8527 /B 71A8528 /B 71A8529 /B	HX AFP	178	- - - - -	1.50 0.87 0.75 0.69 0.43	660	A	305	10.280	1
1-180	BAJA P.	127 220 254 277 440	71A8530 /B 71A8531 /B 71A8532 /B 71A8533 /B 71A8534 /B	HX AFP	220	- - - - -	1.90 1.1 0.95 0.87 0.55	660	A	305	10.280	1

B. F. P. = BAJO FACTOR DE POTENCIA

A. F. P. = ALTO FACTOR DE POTENCIA

ADELANT. = ADELANTADO

L. = LAMPARA

HX-AFP. = ALTA REACTANCIA, ALTO FACTOR DE POTENCIA

## CARACTERISTICAS

RECIPIENTE PARA USO INTEMPERIE

RECIPIENTE CILINDRICO DE ALUMINIO ANODIZADO

TAPA DE ALUMINIO FUNDIDA A PRESION

NIPLE ROSCADO Y TAPA FORMAN UNA SOLA PIEZA, GRAN RIGIDEZ

ROSCA CONICA DE NIPLE ASA B 2.1 No. 11 1/2" 1 1/4" DE DIAMETRO

LIGEROS

ETIQUETA DE ALUMINIO CON INSTRUCCIONES Y DIAGRAMA DE CONEXIONES

AISLAMIENTO 180° C

CAPACITORES DE 90° C

DIAGRAMA A



FIGURA 1





# GENERAL ELECTRIC BALLAST ELECTRICAL DATA – MULTIVOLT, 60Hz HPS, METAL HALIDE AND MERCURY

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
----------------	-------	------------	------------------------	------------	----------------	-----------------------	------------------------------

### HPS BALLAST-REGULATOR (LAG TYPE) – MAGNETIC REGULATOR ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%

S-51	400	120	4.0	478	90+	1.6	55 to 25
		208	2.3	475		1.0	
		240	2.0	475		0.8	
		277	1.7	475		0.7	
		347	1.4	475		0.6	
S-67	310	120	3.3	383	90+	1.5	55 to 25
		208	2.2	382		1.0	
		240	1.7	382		0.8	
		277	1.5	382		0.7	
		347	1.2	382		0.6	
S-50	250	120	2.5	312	90+	1.4	55 to 25
		208	1.5	312		0.8	
		240	1.3	312		0.7	
		277	1.1	312		0.6	
		347	0.9	312		0.5	
S-66	200	120	2.2	253	90+	1.2	55 to 25
		208	1.3	251		0.9	
		240	1.1	250		0.8	
		277	1.0	250		0.7	

### HPS BALLAST-REGULATOR (LEAD TYPE) – CWI ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%

S-50	250	120	2.5	296	90+	2.0	50 to 10
		208	1.5	296		1.2	
		240	1.3	296		1.0	
		277	1.2	296		0.9	
		347	0.9	296		0.7	
S-66	200	120	2.1	238	90+	1.4	50 to 10
		208	1.2	238		1.0	
		240	1.1	238		0.7	
		277	0.9	238		0.6	
		347	0.7	238		0.5	

### HPS BALLAST-AUTO-REGULATOR (LEAD TYPE) – CWA ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%

S-52	1000	120	9.6	1096	90+	5.6	35 to 10
		208	5.8	1102		3.5	
		240	4.8	1096		2.9	
		277	4.4	1096		2.7	
		347	3.5	1104		2.2	
S-51	400	120	3.9	466	90+	3.0	35 to 10
		208	2.2	467		1.9	
		240	2.0	468		1.6	
		277	1.7	468		1.4	
		347	1.4	468		1.0	
S-50	250	120	2.6	300	90+	2.6	35 to 10
		208	1.5	300		1.5	
		240	1.3	300		1.2	
		277	1.2	300		1.1	
		347	0.9	300		0.7	
S-66	200	120	2.1	238	90+	1.2	35 to 10
		208	1.2	238		0.7	
		240	1.0	238		0.6	
		277	0.9	238		0.6	
		347	0.7	240		0.4	
S-55	150	120	1.6	189	90+	0.9	45
		208	1.0	189		0.5	
		240	0.9	189		0.5	
		277	0.7	189		0.4	
		347	0.6	189		0.4	
S-54	100	120	1.2	127	90+	0.7	45
		208	0.7	126		0.4	
		240	0.6	126		0.4	
		277	0.5	126		0.3	
		347	0.4	127		0.2	
S-62	70	120	0.8	118	90+	0.5	20
		208	0.5	119		0.4	
		240	0.4	119		0.3	
		277	0.3	119		0.3	
		347	0.3	120		0.2	

### HPS BALLAST-REACTOR TYPE (HIGH POWER FACTOR LAG) ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±5%

S-111	750	120	7.5	840	90 to 65	13.5**	15 to 7
		208	4.0	820		7.0**	
		240	3.8	834		6.8**	
		480	3.2	832		6.0**	
S-55	150	120	1.6	183	90 to 65	2.6**	15 to 7
		208	0.9	184		1.5**	
		240	0.8	184		1.3**	
		277	0.7	184		1.0**	
		347	0.4	184		0.9**	
S-54	100	120	1.0	120	90 to 65	2.0**	15 to 7
		208	0.6	121		1.2**	
		240	0.5	121		1.0**	
		277	0.4	121		0.8**	
		347	0.3	121		0.7**	
S-62	70	120	0.8	86	90 to 65	1.4**	15 to 7
		208	0.5	86		0.8**	
		240	0.4	86		0.7**	
		277	0.4	86		0.7**	
		347	0.3	86		0.5**	
S-68	50	120	0.6	62	90 to 65	1.2**	15 to 7
		208	0.4	63		0.7**	
		240	0.3	63		0.6**	
		277	0.3	63		0.5**	
		347	0.2	63		0.4**	

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
----------------	-------	------------	------------------------	------------	----------------	-----------------------	------------------------------

### HPS BALLAST – REACTOR TYPE (NORMAL POWER FACTOR LAG) ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±5%

S-55	150	120	3.8	187	90+	4.1	15 to 7
		208	2.2	187		4.1	
		240	1.9	187		4.1	
		277	1.6	187		4.2	
		347	1.3	187		4.1	
S-54	100	120	2.8	122	90+	3.6	15 to 7
		208	1.6	122		3.6	
		240	1.4	122		3.6	
		277	1.2	121		3.6	
		347	1.0	120		3.5	
S-62	70	120	2.2	86	90+	3.4	15 to 7
		208	1.3	86		3.4	
		240	1.1	86		3.4	
		277	1.0	86		3.4	
		347	0.8	85		3.3	
S-68	50	120	1.8	62	90+	3.0	15 to 7
		208	1.0	62		3.0	
		240	0.9	62		3.0	
		277	0.7	62		3.1	
		347	0.6	62		3.1	

### METAL HALIDE BALLAST – AUTO-REGULATOR TYPE (PEAD LEAD) CWA ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%

	1650	120	15.0	1770	90+	9.0	50
		208	9.0	1770		5.0	
		240	7.7	1770		4.4	
		277	6.3	1770		4.0	
		347	5.3	1770		3.5	
M-48	1500	120	14.2	1625	90+	11.2	50
		208	8.4	1630		6.9	
		240	7.2	1630		5.6	
		277	6.2	1630		4.7	
		347	5.0	1630		3.9	
M-47	1000	120	9.0	1063	90+	6.6	50
		208	5.4	1068		4.1	
		240	4.8	1068		3.5	
		277	4.1	1068		2.9	
		347	3.6	1068		2.8	
M-59	400	120	4.0	453	90+	4.0	50
		208	2.5	454		2.5	
		240	2.0	455		2.0	
		277	1.7	456		1.7	
		347	1.4	456		1.4	
M-58	250	120	2.5	287	90+	2.0	50
		208	1.5	288		1.2	
		240	1.2	288		1.0	
		277	1.1	288		0.8	
		347	0.9	292		0.6	
M-57	175	120	1.8	206	90+	1.4	50
		208	1.0	207		0.9	
		240	0.9	207		0.7	
		277	0.8	207		0.7	
		347	0.6	209		0.5	

### METAL HALIDE BALLAST – MAGNETIC REGULATOR ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%

	400	120	4.0	461	90+	1.6	45
		208	2.3	461		0.9	
		240	2.0	460		0.8	
		277	1.7	460		0.7	
		347	1.3	458		0.6	

### METAL HALIDE BALLAST – REACTOR TYPE (HIGH POWER FACTOR LAG) ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±5%

M-90	100	120	1.0	121	90+	2.0**	20
		208	0.6	121		1.2**	
		240	0.5	121		1.0**	
		277	0.4	121		0.4**	
S-62	70	120	0.8	89	90+	2.0**	20
		208	0.5	89		1.2**	
		240	0.4	89		1.0**	
		277	0.3	89		0.9**	

### MERCURY BALLAST – REGULATOR BALLAST (CWI) ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±13%

H-36	1000	120	9.2	1096	90+	2.4	50
		208	5.3	1092		1.4	
		240	4.5	1088		1.2	
		277	3.9	1088		1.0	
H-33	400	120	4.0	458	90+	11.7	50
		208	2.3	459		0.9	
		240	2.0	455		0.9	
		277	1.7	457		0.8	
H-37	250	120	2.4	288	90+	1.2	50
		208	1.4	288		0.7	
		240	1.2	288		0.5	
		277	1.1	288		0.5	
H-39	175	120	1.7	205	90+	1.0	50
		208	1.0	206		0.6	
		240	0.9	206		0.5	
		277	0.7	205		0.5	
H-38	100	120	1.2	126	90+	0.6	50
		208	0.7	125		0.4	
		240	0.6	125		0.3	
		277	0.5	125		0.3	

\*\* Note that these starting currents are power factor capacitor currents which flow if the lamp draws no current, for example, hot restart conditions. Normal current will be lower.



**GENERAL ELECTRIC BALLAST CIRCUITS AND OPERATING CHARACTERISTICS**

Lamp Type	Circuit Diagram	Line Volts	Voltage Input Range	Total Lamp Regulation Spread	Power Factor	Starting Current (Variation From Operating Current)	Input Voltage Dip	Ballast Losses	Crest Factor of Lamp Current
<b>HIGH PRESSURE SODIUM</b>	<b>Magnetic Regulator</b> 	Any Voltage	± 10%	14-18%	90% +	Lower	55% to 25%	High	1.7
	<b>Regulator (CWI)</b> 	Any Voltage	± 10%	20-30%	90% +	Lower	35% to 10%	Medium	1.6-1.8
	<b>Lead-Type Regulator (Auto-regulator) (CWA)</b> 	Any Voltage	± 10%	20-30%	90% +	Lower	35% to 10%	Medium	1.6-1.8
	<b>Reactor</b> 	120 Volt for 35-150 Watt 208 & 240 Volt for 200-400 Watt 480 Volt for 1000 Watt	± 5%	25%	90%+ to 80% HPF 55% to 40% NPF	Higher	15% to 7%	Low	1.4-1.5
	<b>Lag</b> 	240 & 277 Volt for 50-150 Watt 120 Volt for 200 & 250 Watt	± 5%	25%	90%+ to 80% HPF 50% to 30% NPF	Higher	15% to 7%	Medium	1.4-1.5
<b>METAL HALIDE</b>	<b>Magnetic Regulator</b> 	Any Voltage	± 10%	5%	90% +	Lower	45%	High	1.6
	<b>Regulator (CWI)</b> 	Any Voltage	± 10%	11-17%	90% +	Higher	50%	Medium	1.6-1.7
	<b>Auto-Regulator (Peak Lead) (CWA)</b> 	Any Voltage	± 10%	20%	90% +	Lower	50%	Medium	1.6-1.8
	<b>Lag</b> 	Any Voltage	± 5%	25%	90%+ HPF	Higher	20%	Low	1.4-1.5
<b>MERCURY</b>	<b>Regulator (CWI)</b> 	Any Voltage	± 13%	4%	90% +	Lower	60%	High	1.8-2.0
	<b>Auto-Regulator (CWA)</b> 	Any Voltage	± 10%	10%	90% +	Lower	50%	Medium	1.8-2.0
	<b>Reactor</b> 	240 Volt for 100-400 Watt 480 Volt for 700 & 1000 Watt	± 5%	20%	90%+ HPF 60% to 50% NPF	Higher	25%	Low	1.4-1.5
	<b>Lag (High Reactance)</b> 	120 Volt for 100-400 Watt	± 5%	20%	55% to 40%	Higher	25%	Medium	1.4-1.5



# GUIDE FORM SPECIFICATIONS

## HIGH PRESSURE SODIUM BALLASTS (35 THROUGH 1000 WATTS)

(SEE TABLE FOR AVAILABLE BALLAST TYPES)

### GENERAL DESCRIPTION

The ballast shall be capable of starting and operating one \_\_\_\_\_ (specify 35, 50, 70, 100, 150 (55V), 200, 250, 310, 400 or 1000) watt high pressure sodium (HPS) lamp from a nominal \_\_\_\_\_ (specify 120, 208, 240, 277, 347 or 480) volt, 60 Hertz power source and be in full compliance with the lamp/ballast specifications available to the fixture manufacturer at the time of manufacture. The ballast, including the ignitor, must protect itself against normal lamp failure modes and shall be capable of operation with the lamp in an open or short circuit condition for six months without accelerated loss of ballast life. The ballast shall be capable of a 2,500 volt, one-minute APPLIED POTENTIAL (HI-POT) TEST and a 10,000 volt TRANSIENT INSULATION LEVEL (TIL) TEST as described in ANSI C82.4, C82.6 and C92.1.

### (ALTERNATE WORDING)

The fixture manufacturer shall provide a statement that the ballast furnished is in full compliance with the lamp/ballast specifications available to the fixture manufacturer from the lamp manufacturer at the time of manufacture.

### LAMP WATTAGE

The ballast design center shall not vary more than \_\_\_\_\_ (specify from below) from rated lamp watts for nominal line voltage and nominal lamp voltage.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
±5%	±5%	±5%

### REGULATION

The lamp wattage regulation spread (as defined in ANSI 82.4 and ANSI 82.6) at any lamp voltage, from nominal through end of rated life, shall not exceed \_\_\_\_\_ (specify from below) line voltage variation.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
25% for ±5%	35% for ±10%	18% for ±10%

### (ALTERNATE WORDING)

The luminaire manufacturer shall supply ballast electrical data including lamp operating "lamp watts vs. lamp volts" traces for nominal and \_\_\_\_\_ (specify from below) rated line voltage to verify ballast performance and compliance with lamp specifications for the rated life of the lamp.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
±5%	±10%	±10%

### STARTING REQUIREMENTS

The ballast must reliably start and operate the lamp in ambient temperatures down to -40°F for the rated life of the lamp. The ballast primary current during starting \_\_\_\_\_ (specify from below) exceed normal operating current.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
may (1.5X)	must not	must not

### (ALTERNATE WORDING)

The ignitor shall contain no more than four electrical components and shall be capable of operation in a 125°C ambient temperature for up to 500 hours with a failure rate of less than 10%.

### BALLAST LINE EXTINCTION VOLTAGE (DIP TOLERANCE)

The ballast shall be capable of sustaining lamp operation with a line voltage dip or sag of \_\_\_\_\_ (specify from below) for up to 4 seconds when operating a nominal voltage lamp with nominal voltage applied to the primary as defined in ANSI 82.6.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
15%	35%	50%

### (ALTERNATE WORDING)

The fixture manufacturer shall submit ballast electrical data including ballast operating "dip tolerance vs. lamp volts" traces for nominal and \_\_\_\_\_ (specify from below) rated line voltage and for nominal lamp voltage through rated end-of-life lamp voltage.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
±5%	±10%	±10%

### LAMP CURRENT CREST FACTOR (OPTIONAL)

The current crest factor (ratio of peak current to rms as defined in ANSI 82.4) shall not exceed 1.8 for \_\_\_\_\_ (specify from below) line voltage variation, including lamp starting, or from nominal lamp voltage through rated end-of-life voltage.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
±5%	±10%	±10%

### BALLAST LINE POWER FACTOR (OPTIONAL)

The line power factor of the lamp/ballast system shall not drop below \_\_\_\_\_ (specify from below) line voltage variations at any lamp voltage from nominal through rated end-of-life lamp voltage as described in ANSI 82.6.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
(HPF) 65% for ±5% (NPF) 30% for ±5%	65% for ±10%	90% for ±10%

### (ALTERNATE WORDING)

The fixture manufacturer shall supply ballast electrical data including lamp operating "line power factor vs. lamp volts" traces for nominal and \_\_\_\_\_ (specify from below) line voltage to verify ballast line power factor performance from nominal lamp voltage through rated end-of-life lamp voltage.

Non-regulating (Reactor, Lag)	Autoregulator	Magnetic Regulator
±5%	±10%	±10%

### HPS BALLAST TYPE AVAILABILITY TABLE

(Check luminaire product page for ballast availability)

Wattage	NON-REGULATING (REACTOR, LAG)		AUTO-REGULATOR	MAGNETIC REGULATOR
	HPF	NPF		
35	120	120	N/A	N/A
50	X	X	N/A	N/A
70, 100, 150 (55V)	X	X	X	*
200, 250	**	**	X	X
310, 400	208, 240	208, 240	X	X
750	X	N/A	*	N/A
1000	480	480	X	N/A

N/A = Not Available  
X = Available in all voltages including multivolt  
\* = Available in all voltages except multivolt



# GENERAL ELECTRIC METAL HALIDE AND MERCURY BALLAST ELECTRICAL DATA - SINGLE VOLTAGE, 60Hz

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	% Allowable Line Voltage Variation	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
----------------	-------	------------	------------------------------------	------------------------	------------	----------------	-----------------------	------------------------------

### METAL HALIDE BALLAST - AUTO-REGULATOR TYPE (PEAK LEAD) CWA

2000	208	±10	11.2	2125	90+	50	10.0	50
	240		9.5	2115			8.5	
	277		8.3	2115			7.2	
	347		6.6	2122			5.6	
	480		4.8	2132			4.4	
1650	120	±10	15.0	1770	90+	50	9.0	50
	208		9.0	1770			5.0	
	240		7.7	1770			4.4	
	277		6.5	1765			4.0	
	347		5.4	1770			3.5	
M-48	1500	±10	14.4	1630	90+	50	11.2	50
	208		8.5	1630			6.9	
	240		7.3	1630			5.6	
	277		6.3	1630			4.7	
	347		4.8	1620			3.9	
M-47	1000	±10	9.0	1080	90+	50	6.6	50
	208		5.4	1070			4.1	
	240		4.8	1080			3.5	
	277		4.1	1080			2.9	
	347		3.6	1070			2.9	
M-59	400	±10	4.0	450	90+	50	3.5	50
	208		2.3	456			2.3	
	240		2.0	456			2.0	
	277		1.7	456			1.7	
	347		1.6	457			1.4	
M-58	250	±10	2.5	288	90+	50	2.0	50
	208		1.5	288			1.2	
	240		1.2	288			1.0	
	277		1.1	292			0.8	
	347		0.9	289			0.6	
M-57	175	±10	1.8	207	90+	50	1.4	50
	208		1.0	207			0.9	
	240		0.9	207			0.7	
	277		0.8	207			0.7	
	347		0.6	209			0.5	

### METAL HALIDE BALLAST - MAGNETIC REGULATOR TYPE

400	120	±10	4.0	461	90+	45	1.6	45
	208		2.3	461			0.9	
	240		2.0	460			0.8	
	277		1.7	460			0.7	
	347		1.3	455			0.6	

### METAL HALIDE BALLAST - REACTOR TYPE (HIGH POWER FACTOR LAG)\*\*\*

M-90	100	±10	1.0	119	90+	20	2.1	20
	208		0.6	119			1.2	
	240		0.5	119			1.1	
	277		0.4	119			1.0	
	480		0.3	125			0.6	
M-98	70	±10	0.8	89	90+	20	2.0	20
	208		0.5	89			1.2	
	240		0.4	89			1.0	
	277		0.3	89			0.9	
	480		0.2	94			0.5	

### SUPER LOW LOSS BALLAST

### METAL HALIDE BALLAST - AUTO-REGULATOR TYPE (PEAK LEAD) CWA

M-59	400	±10	3.00	437	90+	50	3.00	50
	208		2.20	438			1.65	
	240		1.90	439			1.43	
	277		1.79	438			1.34	
	480		0.97	444			0.73	
M-58	250	±10	2.48	272	90+	50	2.20	50
	208		1.43	278			1.28	
	240		1.25	278			1.10	
	277		1.00	274			0.92	
	480		0.63	281			0.48	

### WARNING: Size branch circuits to accommodate line-operating amperes or line starting amperes-whichever is larger.

### WARNING: The data listed is typical of that obtained when a ballast is tested under laboratory conditions as a separate component. When these components are encapsulated, or mounted in luminaires, the values listed below will vary depending upon the enclosure being used, lamp position and lamp variations. The component value method of testing is used in order that uniform testing procedures may be followed on all ballasts.

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	% Allowable Line Voltage Variation	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
----------------	-------	------------	------------------------------------	------------------------	------------	----------------	-----------------------	------------------------------

### MERCURY BALLAST - REGULATOR TYPE (CWI)

H-36	1000	±13	90+	2.4	1095	90+	0.7	60
	700			1.8	780		0.4	
	400			4.3	464		1.8	
H-33	240	±13	90+	2.1	460	90+	0.9	60
	277			1.8	460		0.7	
	480			1.1	460		0.4	
H-37	250	±13	90+	2.7	305	90+	1.2	60
	240			1.3	302		0.6	
	277			1.2	300		0.5	
H-39	175	±13	90+	0.7	292	90+	0.2	60
	120			1.8	210		0.6	
	277			0.8	210		0.3	
H-38	100	±13	90+	0.5	210	90+	0.1	60
	120			1.1	127		0.7	
	240			0.6	127		0.3	
H-38	100	±13	90+	0.5	127	90+	0.2	60
	240			0.6	127		0.3	
	277			0.5	127		0.2	
H-38	100	±13	90+	0.3	127	90+	0.1	60
	240			0.6	127		0.3	
	277			0.5	127		0.2	

### MERCURY BALLAST - AUTO-REGULATOR TYPE (CWA)

H-36	1000	±10	90+	9.7	1082	90+	7.4	50
	208			5.6	1082		4.4	
	240			4.9	1082		3.7	
	277			4.2	1082		3.2	
	480			2.4	1082		2.0	
H-33	400	±10	90+	4.2	453	90+	3.5	50
	208			2.4	453		2.0	
	240			2.1	453		1.8	
	277			1.8	457		1.5	
	480			1.1	453		0.9	
H-37	250	±10	90+	2.7	292	90+	2.1	50
	120			1.6	292		1.3	
	208			1.4	292		1.1	
	240			1.4	292		1.1	
	277			1.2	292		0.95	

### MERCURY BALLAST - REACTOR TYPE (HIGH POWER FACTOR)\*\*

H-36	1000	±5	90+	2.4	1070	90+	3.3	25
	700			1.5	735		2.2	
	400			2.0	430		3.0	
	250			1.2	275		1.7	
	175			0.9	195		1.5	
H-38	100	±5	90+	0.5	115	90+	0.9	25
	240			0.9	115		0.9	

### MERCURY BALLAST - REACTOR TYPE (NORMAL POWER FACTOR)

H-33	400	±5	90+	3.4	430	90+	5.1	25
	250			2.1	275		3.3	
	175			1.6	193		2.6	
	100			0.9	115		1.6	

### MERCURY BALLAST - REACTOR TYPE (NORMAL POWER FACTOR LAG)

H-33	400	±5	90+	7.3	454	90+	10.8	25
	250			4.8	286		5.1	
	175			3.4	205		5.7	
	100			2.0	117		4.8	

### MERCURY BALLAST - SERIES TYPE

ANSI Lamp Type	Watts	Frequency Hz	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Loading Factor ***
H-36	1000	60	6.6	1070	86	1.55
H-33	400			445	86	0.65
H-37	250			285	84	0.47
H-39	175			207	84	0.40
H-38	100			125	84	0.30

- Input voltage variations over the full range of allowable percentage range will vary lamp wattage as shown below: MH mag-regulator = 5%; MH regulator (CWI) = 11% to 17%; MH auto-regulator (CWA) = 20%; MH lag = 12% to 15%; mercury regulator = 4%; mercury auto-regulator (CWA) = 10%; mercury reactors and lags = 20%.
  - The voltage of high pressure sodium lamps changes with lamp life causing corresponding changes in lamp watts, so that the regulation cannot be stated in the same terms as for other HID lamp types. All HPS ballast types, over the full range of "allowable line voltage variation," control lamp watts within the prescribed limits of operation throughout the rated life of the lamp, as defined by trapezoidal limits in ANSI Standards for High Pressure Sodium lamps.
  - Mercury reactor ballasts listed in wattage 100 to 400 may be used at 50Hz as follows: 240 volts (60Hz) at 220 volts (50Hz). Reactors used on 220 volts are only adequate for lamp starting to 0°F.
  - All ballasts will provide satisfactory lamp starting to -20°F (-40°F for HPS) minimum over the recommended line-voltage variation.
  - Fusing: Not recommended as protection for individual HID ballast. If specified, fuses should be rated 3 times maximum current. Fusing may cause nuisance interruptions. The fusing of a reactor type ballast should be avoided.
- \*\* Note that these starting currents are power factor capacitor currents which flow if the lamp draws no current, for example, hot restart conditions. Normal current will be lower.
- \*\*\* Kilowatts of constant-current transformer capacity per ballast recommended for proper operation.



# GENERAL ELECTRIC HPS BALLAST ELECTRICAL DATA – SINGLE VOLTAGE, 60Hz

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
<b>HPS BALLST-REGULATOR (LAG TYPE) – MAGNETIC REGULATOR</b> ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%							
S-51	400	120	4.1	475*		1.6	
		208	2.4	475		1.1	
		240	2.1	475		0.8	
		277	1.8	475		0.7	
		347	1.4	475		0.6	
		480	1.1	475		0.5	
S-67	310	120	3.3	383		1.5	
		208	2.0	383		1.0	
		240	1.7	383		0.8	
		277	1.5	383		0.7	
		347	1.2	383		0.6	
		480	0.9	383		0.4	
S-50	250	120	2.7	312		1.0	
		208	1.6	312		0.6	
		240	1.4	312		0.5	
		277	1.2	312		0.4	
		347	0.9	312		0.3	
		480	0.7	312		0.3	
S-66	200	120	2.1	246	90+	0.9	55 to 20
		208	1.2	246		0.6	
		240	1.1	246		0.5	
		277	0.9	246		0.4	
		347	0.7	246		0.3	
		480	0.6	246		0.3	
S-55	150	120	1.7	193		0.9	
		208	1.0	193		0.5	
		240	0.9	193		0.5	
		277	0.8	193		0.4	
		347	0.6	193		0.4	
		480	0.5	193		0.3	
S-54	100	120	1.2	136		0.7	
		208	0.7	136		0.4	
		240	0.6	136		0.4	
		277	0.5	136		0.3	
		347	0.4	136		0.2	
		480	0.3	136		0.2	
S-62	70	120	0.9	99		0.5	
		208	0.5	99		0.4	
		240	0.5	99		0.3	
		277	0.4	99		0.3	
		347	0.3	99		0.2	
		480	0.2	99		0.2	
<b>HPS BALLST-REGULATOR (LEAD TYPE) – CWI</b> ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%							
S-50	250	120	2.5	298		2.0	
		208	1.5	298		1.2	
		240	1.3	298		1.0	
		277	1.2	298		0.9	
		347	0.9	299		0.7	
		480	0.7	300		0.5	
S-66	200	120	2.1	238	90+	1.4	35 to 10
		208	1.2	238		1.0	
		240	1.1	238		0.7	
		277	0.9	238		0.6	
		347	0.7	240		0.5	
		480	0.5	260		0.6	
S-55	150	120	1.7	190		0.9	
		240	0.9	190		0.5	
S-54	100	120	1.2	132		0.7	
		240	0.6	132		0.4	
S-62	70	120	0.8	96		0.5	
		240	0.4	96		0.3	

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
<b>HPS BALLST-AUTO-REGULATOR (LEAD TYPE) – CWA</b> ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%							
S-52	1000	120	9.6	1096		5.6	
		208	5.8	1102		3.5	
		240	4.8	1096		2.9	
		277	4.4	1096		2.7	
		347	3.5	1104		2.2	
		480	2.5	1102		1.6	
S-111	750	120	7.1	839		6.4	
		208	4.0	836		3.5	
		240	3.5	838		3.1	
		277	3.1	841		2.7	
		347	2.5	849		2.2	
		480	1.8	849		1.5	
S-51	400	120	3.9	466		3.0	
		208	2.2	467		1.9	
		240	2.0	468		1.6	
		277	1.7	468		1.4	
		347	1.4	468		1.0	
		480	1.0	470		0.8	
S-50	250	120	2.6	300		2.6	90+ to 65
		208	1.5	300		1.5	
		240	1.3	300		1.2	
		277	1.2	300		1.1	
		347	0.9	300		0.7	
		480	0.7	300		0.6	35 to 10
S-66	200	120	2.1	238		1.2	
		208	1.2	238		0.7	
		240	1.0	238		0.6	
		277	0.9	238		0.6	
		347	0.7	240		0.5	
		480	0.6	240		0.4	
S-55	150	120	1.6	189		0.9	
		208	1.0	189		0.5	
		240	0.9	189		0.5	
		277	0.7	189		0.4	
		347	0.6	190		0.4	
		480	0.5	190		0.3	
S-54	100	120	1.2	127		0.7	
		208	0.7	126		0.4	
		240	0.6	126		0.4	
		277	0.5	126		0.3	
		347	0.4	127		0.2	
		480	0.3	127		0.2	
S-62	70	120	0.8	118		0.5	
		208	0.5	119		0.4	
		240	0.4	119		0.3	
		277	0.3	119		0.3	
		347	0.3	120		0.2	
		480	0.2	120		0.2	
<b>SUPER LOW LOSS BALLAST</b> HPS BALLST-AUTO-REGULATOR (LEAD TYPE) – CWI ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±10%							
S-51	400	120	3.75	442		2.63	90+
		208	2.20	449		1.50	
		240	1.90	449		1.30	
		277	1.73	449		1.21	
		347	1.00	453		0.70	
		480	1.00	453		0.70	35 to 10
S-60	250	120	2.40	280		1.85	
		208	1.40	287		1.10	
		240	1.20	287		0.97	
		277	1.00	285		0.81	
		347	0.63	291		0.49	

\*For outdoor products the line watts are 481.



# GENERAL ELECTRIC HPS BALLAST ELECTRICAL DATA – SINGLE VOLTAGE, 60Hz

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
----------------	-------	------------	------------------------	------------	----------------	-----------------------	------------------------------

**HPS BALLAST-REACTOR TYPE (HIGH POWER FACTOR REACTOR OR REACTOR AUTO-TRANSFORMER)**  
ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±5%

S-52	1000	480	2.3	1062		4.2**	90+ to 80	15 to 7
S-51	400	208	2.3	440		3.8**		
		240	1.9	438		3.8**		
S-67	310	208	1.8	335		2.8**		
		240	1.5	339		2.5**		
S-50	250	208	1.5	276		2.3**		
		240	1.4	284		2.4**		
S-66	200	208	1.2	225		1.8**		
		240	1.1	230		1.9**		
S-55	150	120	1.6	171		2.4**		
S-54	100	120	1.1	117		1.7**		
S-62	70	120	0.8	83		1.3**		
S-68	50	120	0.5	58		0.9**		

**HPS BALLAST-REACTOR TYPE (NORMAL POWER FACTOR REACTOR AUTO-TRANSFORMER)**  
ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±5%

S-52	1000	480	4.8	1062	46	7.0	15 to 7
S-51	400	208	4.7	436	44	6.6	
		240	4.7	438	39	6.2	
S-67	310	208	3.7	337	44	5.0	
		240	3.6	335	40	4.6	
S-50	250	208	3.0	275	45	3.9	
		240	3.1	281	40	3.8	
S-66	200	208	2.4	224	45	3.3	
		240	2.4	227	40	3.2	
S-55	150	120	3.3	171	44	4.5	
S-54	100	120	2.2	117	45	2.9	
S-62	70	120	1.6	83	42	2.0	
S-68	50	120	1.2	58	41	1.5	
S-76	35	120	0.8	41	41	1.1	

**HPS BALLAST-REACTOR TYPE (HIGH POWER FACTOR LAG)**  
ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±5%

S-111	1000	480	1.8	827		3.3**	90+ to 80	15 to 7
S-50	250	120	2.6	295		4.7**		
S-66	200	120	2.1	226		3.1**		
S-55	150	240	0.8	184		1.3**		
		277	0.2	184		1.2**		
		347	0.6	184		0.9**		
		480	0.4	194		0.4**		
S-54	100	240	0.5	121		1.0**		
		277	0.4	121		0.8**		
		347	0.4	121		0.7**		
		480	0.3	129		0.5**		
S-62	70	240	0.4	86		0.7**		
		277	0.4	86		0.7**		
		347	0.3	86		0.7**		
		480	0.2	93		0.3**		
S-68	50	240	0.3	63		0.6**		
		277	0.3	63		0.5**		
		347	0.2	63		0.4**		
		480	0.2	68		0.3**		

ANSI Lamp Type	Watts	Line Volts	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Line-Starting Amperes	% Allowable Line Voltage Dip
----------------	-------	------------	------------------------	------------	----------------	-----------------------	------------------------------

**HPS BALLAST-REACTOR TYPE (NORMAL POWER FACTOR LAG)**  
ALLOWABLE LINE VOLTAGE VARIATION: ±5%

S-51	400	120	9.4	454	40	13.3	15 to 7
S-50	250	120	5.7	288	42	8.0	
S-66	200	120	4.8	231	41	6.5	
S-55	150	240	1.9	187	41	2.4	
		277	1.6	187	42	2.1	
		347	1.3	186	41	1.6	
S-54	100	240	1.4	122	36	1.7	
		277	1.2	121	36	1.5	
		347	1.0	120	35	1.2	
S-62	70	240	1.1	86	34	1.4	
		277	1.0	86	34	1.2	
		347	0.8	85	33	1.1	
		480	0.6	91	32	0.9	
S-68	50	240	0.9	62	30	1.0	
		277	0.7	62	31	0.9	
		347	0.6	62	31	0.7	
		480	0.5	67	29	0.6	

ANSI Lamp Type	Watts	Line-Operating Amperes	Line Watts	Power Factor %	Loading Factor ***
----------------	-------	------------------------	------------	----------------	--------------------

**HPS BALLAST-SERIES TYPE**

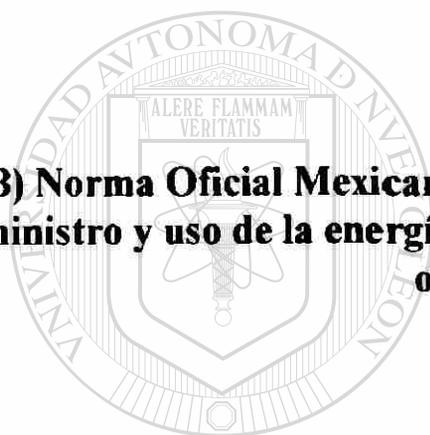
S-50	250	6.6	285	77	0.96
S-66	200		233	76	0.75
S-55	150		174	82	0.57
S-54	100		121	81	0.40
S-62	70		85	77	0.28
S-68	50		64	79	0.22

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## APENDICE

**B) Norma Oficial Mexicana Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica ( Illuminating Engineering Society of North America )**



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# ILUMINACION EISA S.A. DE C.V.

LAUREL 2774 COL. MODERNA, MONTERREY, N.L. C.P. 64530

TELS Y FAX: 351-15-77, 331-01-21, 331-30-11, 331-30-71, 351-69-90, 331-58-79

**E-mail: [eisa97@nl1.telmex.net.mx](mailto:eisa97@nl1.telmex.net.mx)**

ESTIMADOS CLIENTES Y AMIGOS:

Iluminación EISA S.A. DE C.V. empresa pionera en el diseño e instalación de sistemas de iluminación, particularmente en el área de alumbrado público, considerando su interés de mantenerse informados y actualizados en asuntos relacionados a la iluminación, lleva a ustedes a través de esta publicación las disposiciones que atañen al alumbrado público en nuestro país.

La información fue publicada en el Diario Oficial de la Federación con fecha del lunes 10 de octubre de 1994 en el capítulo nueve, quinta parte, y comprende de las páginas 29 a la 56.

Seguros que les será de utilidad nos reiteramos, como siempre, a sus amables indicaciones.

Atentamente.-

Ing. Alvaro García Garza

Director General

Lunes 10 Octubre de 1994

DIARIO OFICIAL

(Quinta Parte)

## QUINTA PARTE

### CAPITULO 9 ALUMBRADO PUBLICO

Este capítulo entrara en vigor seis meses después del día siguiente a su publicación en el Diario Oficial de la Federación

#### ARTICULO 901. DISPOSICIONES DE CARACTER GENERAL

##### 901-1. Objetivos del alumbrado público

El propósito del alumbrado público es el proporcionar una visión rápida, precisa y confortable durante las horas de la noche. Estas cualidades de visión pueden salvaguardar, facilitar y fomentar el tráfico vehicular y peatonal

Los principales objetivos de un sistema de alumbrado público son:

- Aumentar la seguridad y la fluidez de la circulación en las vialidades, ayudando a reducir el número de accidentes durante la noche.
- Aumentar la seguridad de las personas y sus bienes.
- Promover las actividades comerciales e industriales durante las horas de la noche.
- Promover el espíritu de comunidad y su crecimiento.
- Ayudar a la protección policiaca.

Esta norma establece las necesidades de calidad de iluminación para diferentes tipos de vialidades, áreas de peatones, o ciclistas de acuerdo con los requerimientos durante las horas de la noche. Para lograr esto, los niveles de iluminancia deben ser determinados adecuadamente debido a:

- La eficiencia visual es muy baja en la noche.
- La capacidad de percepción del individuo decrece con la edad.
- Las características de operación del ojo humano varían con las diferentes intensidades de iluminancia.

- La percepción varía en función de la velocidad de circulación.

La iluminación nocturna proporciona visibilidad a los usuarios de tres formas:

- a).- El sistema de iluminación propia de la vialidad.
- b).- De las fuentes de luz ajenas a la vialidad.
- c).- Del sistema propio de los automóviles.

La obscuridad ocasiona accidentes a los usuarios de las vialidades en relación de aproximadamente tres veces más que durante el día. Algunos factores que interactúan con las reducidas condiciones de visibilidad durante la noche son los siguientes:

- Deslumbramiento debido a luces extrañas en el entorno.
- Falta de señalización.
- Mal uso de las luces vehiculares, defectuosas, inadecuadas o en mal estado.
- Incremento de la fatiga del conductor.
- Uso del alcohol o drogas.
- Decremento de la capacidad visual (percepción, adaptación, acomodación y deslumbramiento) particularmente en conductores de avanzada edad.

#### 901-2. Antecedentes para los criterios de diseño

Los criterios para el diseño de la iluminación de vialidades se han basado en el concepto de iluminancia horizontal. Sin embargo el criterio de cálculo de la luminancia del pavimento y el deslumbramiento perturbador proporcionan una mejor correlación con la orientación visual debido a la calidad de la iluminación de la vialidad.

Esta norma establece los valores de luminancia de pavimento, deslumbramiento perturbador e iluminancia.

La luminancia de pavimento es determinada por la localización del observador, la cantidad de luz que incide en el pavimento, su incidencia relativa y las características de reflexión del mismo.

La iluminancia horizontal es una función solamente de la cantidad de luz que llega a varias partes de la superficie y sobre la dirección vertical del haz de luz. No depende solamente de la dirección lateral o de las características de reflectancia del pavimento, sino varía también de acuerdo a la geometría y a las características de reflectancia del luminario que puede causar una amplia variación en la percepción de brillantez del pavimento, que no se contempla en el uso del criterio de iluminancia.

El deslumbramiento perturbador proporciona información y mide el efecto del brillo como un porcentaje de la luminancia del promedio total.

La iluminancia es la base primordial de esta norma pero el criterio de luminancia es aceptable y está incluido como una alternativa.

#### 901-3. Criterios de calidad en el alumbrado público

Las necesidades fundamentales pueden expresarse en términos de percepción visual a partir de esta necesidad se establecen los criterios fundamentales de calidad en el alumbrado público.

1.- Es la relativa habilidad de los sistemas de iluminación de proporcionar las diferencias de contraste que permitan que el usuario pueda detectar y/o reconocer en forma más rápida, precisa y confortable los detalles principales para la tarea visual.

2.- Para producir mejor calidad de iluminación, deben considerarse los factores siguientes que se interrelacionan:

- Los deslumbramientos molestos y perturbadores deben ser reducidos al mínimo.
- El brillo reflejado especular debe permitir una diferencia de contraste.
- Un cambio de luminancia del pavimento cambiara los contrastes.

- La uniformidad de luminancia del pavimento y otras áreas del entorno y la uniformidad de luminancia horizontal y vertical.

3.- En algunos casos, los cambios encaminados a optimizar un factor relacionado a la calidad, pueden afectar adversamente a otros factores y en consecuencia la calidad total de la resultante de la instalación puede verse disminuida. Con el objeto de lograr un apropiado balance entre estos factores, esta norma proporciona recomendaciones y definiciones que cubren los siguientes aspectos:

- a).- Distribución de luz del luminario en relación a su distribución vertical, lateral y al control vertical.
  - b).- Altura de montaje como una función de la máxima potencia en candelas.
  - c).- Luminancia mínima en cualquier punto de la vialidad relacionada a los valores promedio, así como a la relación de máxima a mínima.
  - d).- Localización de los luminarios en relación a los elementos de la vialidad.
- 4).- En un sistema de iluminación debe considerarse el consumo de energía del sistema luminario  
 ampara - balastro

#### ARTICULO 902. DEFINICIONES

##### Acomodación

Proceso por el cual el ojo humano modifica espontáneamente la distancia focal para asegurar una clara imagen de los objetos a diferentes distancias.

##### Adaptación.

Proceso por el cual el ojo humano es capaz de procesar información dentro de un amplio rango de niveles de luminancia.

##### Coefficiente de luminancia (q).

Es la relación entre la luminancia en un punto determinado y la iluminancia horizontal en el mismo punto.

$$q = \frac{L}{E}$$

##### Confort visual.

Se refiere al grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.

Curva de distribución de intensidad. (Denominada comúnmente isocandela).

Curva fotométrica, generalmente en coordenadas polares, que representa la intensidad luminosa, en un plano que pasa por el eje de la fuente, en función del ángulo formado por el vector de la intensidad con una dirección dada.

Curva isolux (curva iso-iluminación).

Lugar geométrico de los puntos de una superficie que tienen igual iluminancia.

##### Deslumbramiento

Es la condición de visión en la cual existe incomodidad 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.

Deslumbramiento cegador.

Deslumbramiento tan intenso que no puede verse ningún objeto durante un tiempo apreciable.

Deslumbramiento directo.

Deslumbramiento debido a un objeto luminoso situado en la misma o casi misma dirección que el objeto a percibir

Deslumbramiento incómodo.

Deslumbramiento que produce una sensación desagradable sin empeorar la visión de los objetos.

Deslumbramiento indirecto.

Deslumbramiento debido a un objeto luminoso situado en la misma o casi en la misma dirección que el objeto a percibir

Deslumbramiento perturbador.

Deslumbramiento que empeora la visión sin causar necesariamente una sensación desagradable.

Deslumbramiento por reflexión.

Deslumbramiento producido por la reflexión especular de la luz de una fuente, particularmente cuando la superficie donde se refleja es aquella que se observa, o esta situada en sus inmediaciones.

Eficacia luminosa de una fuente ( $\eta$ ).

Es la relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente y la potencia total consumida, expresada en Lumens por watt (Lm/w), SIMBOLO: h.

Factor de balastro

Es la razón de Watts de lámpara medidos sobre Watts de lámpara-luminario

Factor de mantenimiento o conservación.

Es la relación entre la iluminancia media en el plano de trabajo después de que una instalación de alumbrado ha estado en uso durante un periodo específico y la iluminancia media de una instalación nueva en las mismas condiciones.

Factor de uniformidad global de luminancia ( $u_0$ ) es igual al cociente de la luminancia mínima de un determinado tramo de la vialidad a la luminancia media de la misma.

$$U_0 = \frac{L \text{ min.}}{L \text{ med.}}$$

Factor de uniformidad longitudinal ( $u_l$ ) es igual al cociente de la luminancia mínima a la máxima a lo largo de una línea paralela al eje de la vialidad pasando por la posición del observador.

$$UL = \frac{L \text{ min}}{L \text{ max}}$$

Factor de utilización (para una superficie dada).

Es la relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie dada y el flujo emitido por las lámparas.

Flujo luminoso ( $\phi$ ).

Es la cantidad de flujo de energía luminosa por unidad de tiempo, expresada en Lumens (Lm).

Flujo luminoso inicial de una lámpara.

Es el flujo luminoso que emite una lámpara después de transcurridas las horas de envejecimiento especificadas según el tipo. Se expresa en lumens (lm).

Iluminancia o iluminación. (E)

Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área de la misma, expresada en Lux (Lumen/metro cuadrado).

$E_m =$

$$E_m = \frac{\phi}{A}$$

Índice de rendimiento de color.

Es la medición del grado del cambio de color de los objetos cuando son iluminados por una fuente luminosa respecto al color de aquellos mismos objetos cuando son iluminados por una fuente de referencia de temperatura de color comparable.

Intensidad luminosa en un punto de una superficie y en una dirección (I).-

Es la densidad de flujo luminoso en una dirección. Indica la habilidad de una fuente de luz para producir iluminación en una dirección, expresada en candelas (cd).

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega}$$

Luz.

Es la energía radiante que es capaz de excitar la retina y producir una sensación visual.

La porción visible del espectro electromagnético está comprendido entre 380 y 770 nm.

Luminancia en un punto de una superficie y en una dirección (L).-

Es la relación de la intensidad luminosa en la dirección dada, de un elemento infinitesimal de superficie que contiene al punto considerado y el área del elemento proyectado ortogonalmente sobre un plano perpendicular a la dirección considerada, expresada en candelas por metro cuadrado.

$$L = \frac{I}{s \cos \alpha}$$

Luminario para alumbrado público.

Dispositivo que distribuye, filtra o controla la radiación luminosa emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijar, sostener y proteger las mismas y conectarlas al circuito de alimentación.

Potencia de un ensamble (lámpara y accesorios)

Es la potencia total en relación a la tensión nominal, que consumen la lámpara y sus accesorios en funcionamiento normal. (Deben de considerarse las pérdidas propias de los balastos), expresada en watts (w)

Potencia de una lámpara.

Es la potencia que consume la lámpara a la tensión nominal especificada por el fabricante, expresada en watts (W)

Proyector

Luminario que concentra la luz en un ángulo sólido determinado, por medio de un sistema óptico (espejos o lentes) para conseguir una intensidad luminosa elevada.

**Radiación**

Es la emisión o transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas.

**Rendimiento normalizado de un luminario.**

Llamado también factor de eficiencia o rendimiento óptico de un luminario. Es la relación entre el flujo emitido por el luminario, medido bajo condiciones específicas y la suma de los flujos individuales de las lámparas colocadas en el mismo.

**Temperatura de color.**

Es el término que se utiliza para describir el color aparente de una fuente luminosa, y se expresa en grados kelvin (K).

**Tensión nominal de una lámpara.**

Es la tensión que debe aplicarse a la lámpara para que sus características de funcionamiento sean las que especifica el fabricante, se expresa en volts (v).

**Uniformidad de iluminancia.-** Es la razón entre el valor del nivel de iluminancia promedio y el nivel mínimo de iluminancia en un tramo de la vialidad.

$$E_u = \frac{E_{pro}}{E_{min}}$$

**Vida nominal promedio de una lámpara.**

Es el número de horas transcurridas de un número determinado de lámparas en condiciones de laboratorio, desde su instalación hasta que el 50% de las mismas quedan fuera de operación. Las lámparas que muestren una marcada reducción en la producción luminosa, pueden considerarse como lámparas falladas.

**Vida útil de una lámpara.**

Es el número de horas durante las cuales las lámparas funcionando a su tensión nominal, conservan por término medio, un flujo luminoso igual o superior a un porcentaje determinado del flujo luminoso inicial.

**ARTICULO 903. NIVELES DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA****903-1. Deslumbramiento (brillo).**

El deslumbramiento se produce cuando dentro del campo visual existen fuentes luminosas molestas que provocan una perturbación de las condiciones de visión que se traducen en molestia o en una reducción de la aptitud para distinguir los objetos.

El deslumbramiento depende de la luminancia del luminario, de sus dimensiones, de la posición dentro del campo visual y de la relación entre su luminancia y la luminancia del entorno. Así mismo, del aumento de la potencia de la lámpara y de la desviación angular entre la dirección de la visión y el luminario.

El deslumbramiento (brillo) se divide principalmente en dos componentes:

- Deslumbramiento perturbador.
- Deslumbramiento incómodo o molesto.

**Deslumbramiento perturbador**

El deslumbramiento perturbador es motivado por la luz de las fuentes que aparecen en dirección de la retina ocasionando que un velo brillante se sobreponga a la imagen nítida, provocando pérdida en el rendimiento visual.

Debido a que el deslumbramiento perturbador no puede eliminarse completamente, se recomienda que la suma de las luminancias  $L_v$  de todos los luminarios del sistema de iluminación cuando son vistos desde la posición del observador, no excedan los valores indicados en la Sección 904-6

La luminancia equivalente de velo y el estado de adaptación del ojo, que para el alumbrado de vialidades está determinado principalmente por la luminancia media de la calzada  $L_{prom}$ , juegan un papel combinado en el rendimiento visual deficiente provocado por el deslumbramiento.

**Deslumbramiento molesto.**

El deslumbramiento molesto no reduce la habilidad para ver un objeto, pero produce una sensación de incomodidad ocular.

El deslumbramiento molesto al igual que el deslumbramiento perturbador están relacionados al flujo luminoso producido, tamaño de la fuente, ángulo de desplazamiento de la fuente, iluminancia en el ojo, nivel de adaptación, luminancia del entorno, tiempo de exposición y movimiento. Todos estos factores afectan en forma diferente y únicamente la iluminancia en el ojo y el ángulo de incidencia del flujo son comunes para ambos casos.

**Uniformidad de luminancia e iluminancia de la vialidad.**

Los valores de luminancia e iluminancia deben cumplir con lo especificado en las tablas 904 6(a) Y (b) Sección 904-6

Los factores que se deben considerar con respecto a la relación del espaciamiento y altura de montaje y que influyen en la relación de uniformidad son: la potencia y tipo de lámpara y su posición con respecto al reflector la posición transversal del luminario, la altura de montaje y el ángulo de inclinación del luminario

**Contraste**

El contraste, es una de las características sobre la cual depende el comportamiento visual.

El contraste se puede definir simplemente como la diferencia de brillantez de un objeto (mas o menos brillante) en comparación con el entorno sobre el cual se está observando.

**Reflectancia del pavimento**

Para el cálculo de la luminancia de la superficie de una vialidad es indispensable conocer acerca de sus características reflectivas.

Para el proposito de esta norma, las características de reflectancia del pavimento se indican las establecidas en la tabla 903.1.

**TABLA 903.1**  
**Clasificación de las superficies de la vialidad**

Clase	Qo	Descripción	Tipo de reflectancia
R1	0.10	Superficie de concreto cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales	casi difuso
R2	0.07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava. (Tamaño mayor de 10mm.) Superficie de asfalto con 10 a 15% abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Mezclado (difuso y especular)
R3	0.07	Superficie de asfalto (regular y recubrimiento sellado) con agregados oscuros (roca, roca volcánica); textura rugosa después de algunos meses de uso. (Típico de autopistas).	Ligeramente especular
R4	0.08	Superficie de asfalto con textura muy tersa	Muy especular

Nota: Qo. Representa el coeficiente de luminancia media.

**ARTICULO 904. SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO.****904-1. Clasificación de vialidades.****Generalidades**

El nivel de iluminancia o luminancia requerido en una vialidad, se debe seleccionar de acuerdo a la clasificación de la misma, en cuanto a su uso y tipo de zona en la cual se encuentra localizada

A la proyectar una zona debe definirse:

- Las zonas o calles en las que los niveles serán máximos
- Las zonas o calles en las que los niveles serán mínimos
- Las categorías intermedias.

**Clasificación de vías públicas (según su uso).**

La vía pública se integra de un conjunto de elementos cuya función es permitir el tránsito de vehículos, ciclistas y peatones, así como facilitar la comunicación entre las diferentes áreas o zonas de actividad. Las vías públicas se clasifican en:

- I - Autopista - Vialidad con control total de acceso sin cruces a nivel independientemente si se paga o no peaje
- II - Carretera - Vialidad que interconecta dos poblaciones, con cruces a nivel, independientemente si se paga o no peaje
- III - Vías primarias - Corresponden a la parte del sistema vial que sirve como red principal del flujo de tráfico. Estas vialidades conectan áreas de generación de tráfico y accesos carreteros
  - a) - Vías de acceso controlado
    - 1) anular o periférica
    - 2) radial
    - 3) vialidad

b).- Vias principales

- 1) eje vial
- 2) avenida
- 3) paseo
- 4) calzada
- 5) boulevard

IV.- Vias secundarias - Vialidades usadas fundamentalmente para acceso directo a zonas residenciales, comerciales industriales y casas de campo Caminos locales de gran longitud generalmente divididos en cortas secciones por el sistema de vias de trafico intenso.

- a) Calle colectoras
- b) calle local
  - 1) residencial
  - 2) industrial
- c) callejon
- d) callejuela
- e) rinconada
- f) cerrada
- g) privada
- h) terraceria
- i) calle peatonal
- j) pasaje
- k) andador

V.- Ciclopistas - Cualquier camino, calle o trayectoria, la cual especificamente es designada para viajar en bicicleta o compartida con otro medio de transporte.

VI.- Areas de transferencia.-Son las áreas publicas donde confluyen diferentes tipos de vialidades, tales como

- a) Estacionamiento y lugares de resguardo para bicicletas
- b) Terminales urbanas, suburbanas y foraneas Sistemas de transporte colectivo
- c) Paraderos
- d) Otras estaciones

Clasificacion de areas (Considerando el uso del terreno)

I).- Comercial - Area de negocios de una poblacion o ciudad donde generalmente existe una gran cantidad de peatones durante las horas de la noche.

II).- Intermedia - Estas areas se caracterizan por un trafico de peatones moderado durante las horas de la noche

III).- Residencial - Un desarrollo residencial o una mezcla de residencias y pequeños establecimientos comerciales

IV).- Uso especifico - Tales como area de oficinas, clubes deportivos o parques industriales.

**904-2. Clasificación de materiales**

En la configuración de todo sistema de alumbrado intervienen diferentes materiales, mismos que para su consideración se agrupan conforme a los siguientes elementos:

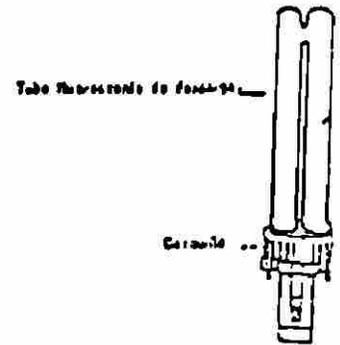
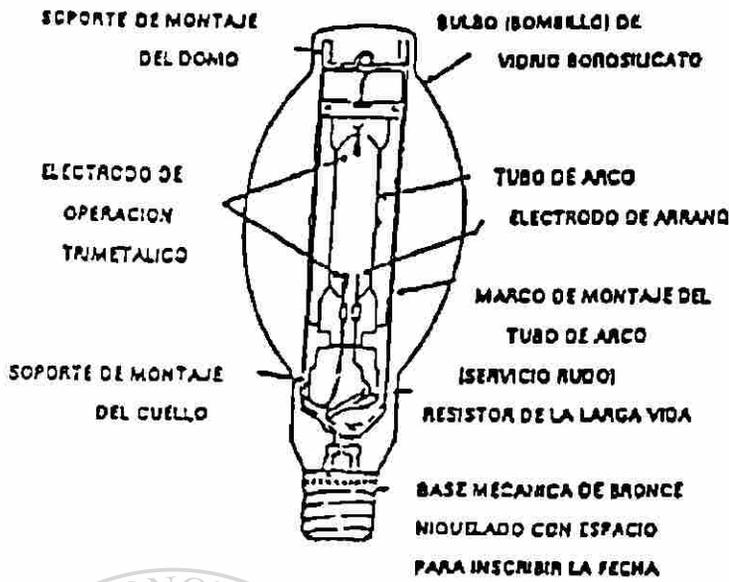
- Materiales luminicos
- Materiales eléctricos
- Materiales mecanicos y constructivos

Los materiales utilizados en los sistemas de alumbrado público deben contar con las características necesarias que les permitan garantizar una operación segura y confiable.

**904-3. Materiales lumínicos**

Clasificación de lámparas (ejemplos de los principales tipos en Figura 904 3):

- Incandescentes
- Fluorescentes
- Luz mixta
- Vapor de mercurio
- Aditivos metalicos
- Vapor de sodio de alta presión
- Vapor de sodio de baja presión

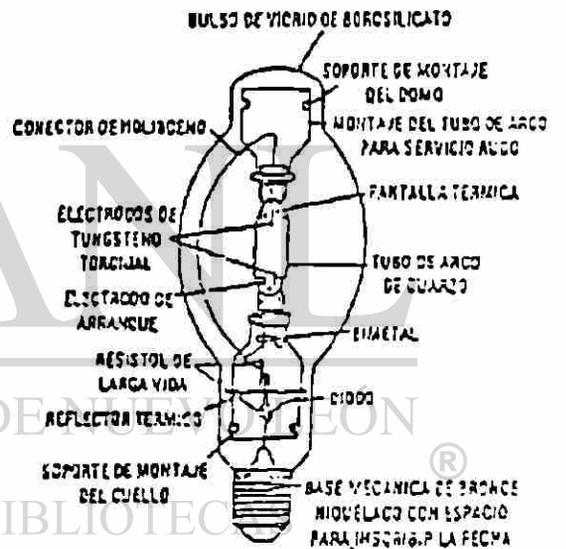


FLUORESCENTES COMPACTAS

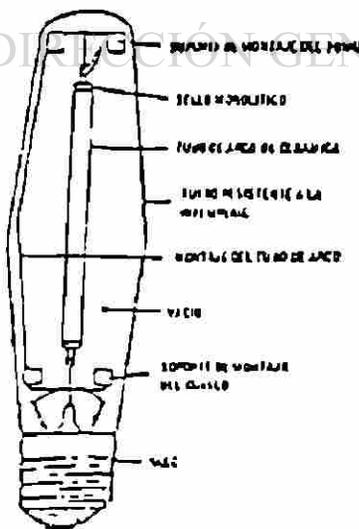
VAPOR DE MERCURIO



VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESION.



ADITIVOS METALICOS



VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION

Fig 904 3 Diferentes tipos de lámparas

**Lámparas incandescentes.**

El uso y aplicación de las lámparas incandescentes no es recomendable debido a su alto consumo de energía, pero se permite en los siguientes casos:

- 1 - Iluminación de ornato. (Fuentes, murales decorativos para efectos festivos, etc.)
- 2 - Iluminación para casos y/o efectos especiales, tales como: anuncios públicos de eventos especiales, alumbrado provisional para efectos de seguridad y/o señalización.
- 3 - Semáforos y señalización.
- 4 - Alumbrado de emergencia en túneles y pasos a desnivel vehiculares o peatonales que requieren de iluminación, locales donde existe la posibilidad de grandes concentraciones de personas y/o lugares bajo techo donde no debe permitirse en caso de fallas de suministro de energía eléctrica quedar sin luz en ningún momento.

**Lámparas fluorescentes**

El uso y aplicación de las lámparas fluorescentes es limitado en el alumbrado de vialidades. En algunos casos se permite para iluminación de túneles o pasos vehiculares a desnivel, alumbrado de seguridad o bien para iluminación de equipo de señalización.

**Lámparas de luz mixta**

Las lámparas de luz mixta se pueden usar en condiciones similares a las lámparas incandescentes.

**Lámparas de vapor de mercurio**

Las lámparas de vapor de mercurio se pueden usar en forma restringida en áreas jardinadas.

**Lámparas de acitivos metálicos**

La lámpara de acitivos metálicos se recomienda en aquellas instalaciones donde se requiere hacer juicio de colores como son:

Estacionamientos, fachadas, carteleras, monumentos, áreas deportivas, etc.

**Lámparas de vapor de sodio de alta presión.**

La principal aplicación de las lámparas de vapor de sodio de alta presión es en el alumbrado público.

**Lámparas de vapor de sodio de baja presión.**

Se permite cuando la percepción de contrastes es primordial, y no es importante la reproducción correcta de los colores como por ejemplo en autopistas, puertos y zonas de clasificación en ferrocarriles.

El uso y aplicación se determinan en función del rendimiento lumínico, vida útil, rendimiento de color y/o luminosidad, resistencia a las variaciones de tensión, costo de las mismas y consumo de energía.

**Luminarios**

El luminario es un dispositivo que distribuye, filtra o transforma la radiación luminosa emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los elementos necesarios para fijar, sostener y proteger las mismas y conectarlas al circuito de alimentación. En la figura 904.3a se muestra un luminario típico y sus componentes.

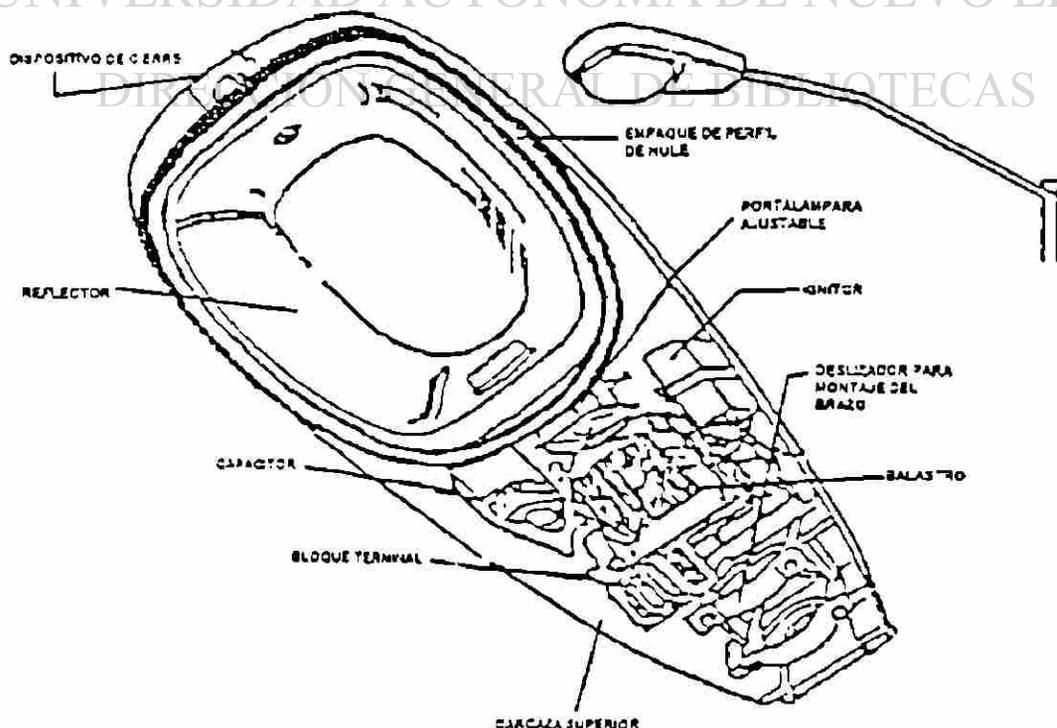


Fig. 904.3a Componentes de un luminario típico

Clasificación de luminarios.

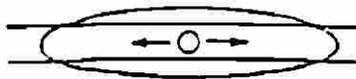
La clasificación de la distribución de luz debe hacerse en base a las curvas isocandelas, como se indica en las figuras 904.3ab y 904.3ac.

Los luminarios se clasifican de acuerdo a su distribución en: vertical, lateral y por su control vertical de distribución de luz.

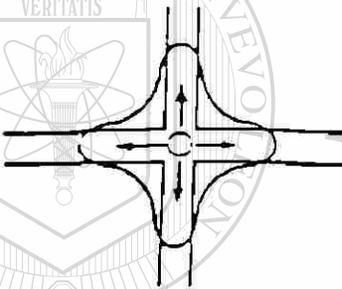
a, - Distribución de iluminación vertical.

1) - Distribución corta.- Un luminario se clasifica como de distribución corta, cuando la localización del punto de máxima candela se sitúa entre 1.0 y 2.25 veces la distancia transversal entre la altura de montaje

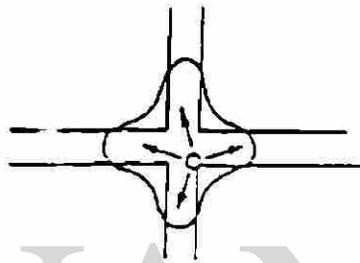
2 - Distribución media - Un luminario se clasifica como de distribución media, cuando la localización del punto de máxima candela se sitúa entre 2.25 y 3.75 veces la distancia transversal entre la altura de montaje



(A) TIPO I



(B) TIPO I-4-VIAS.



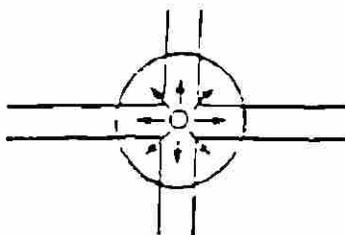
(C) TIPO II-4-VIAS



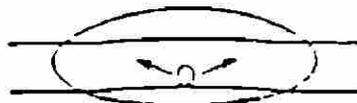
(D) TIPO II



(E) TIPO III



(F) TIPO IV



(G) TIPO V

Figura 904.3ab Clasificación de la distribución de luz

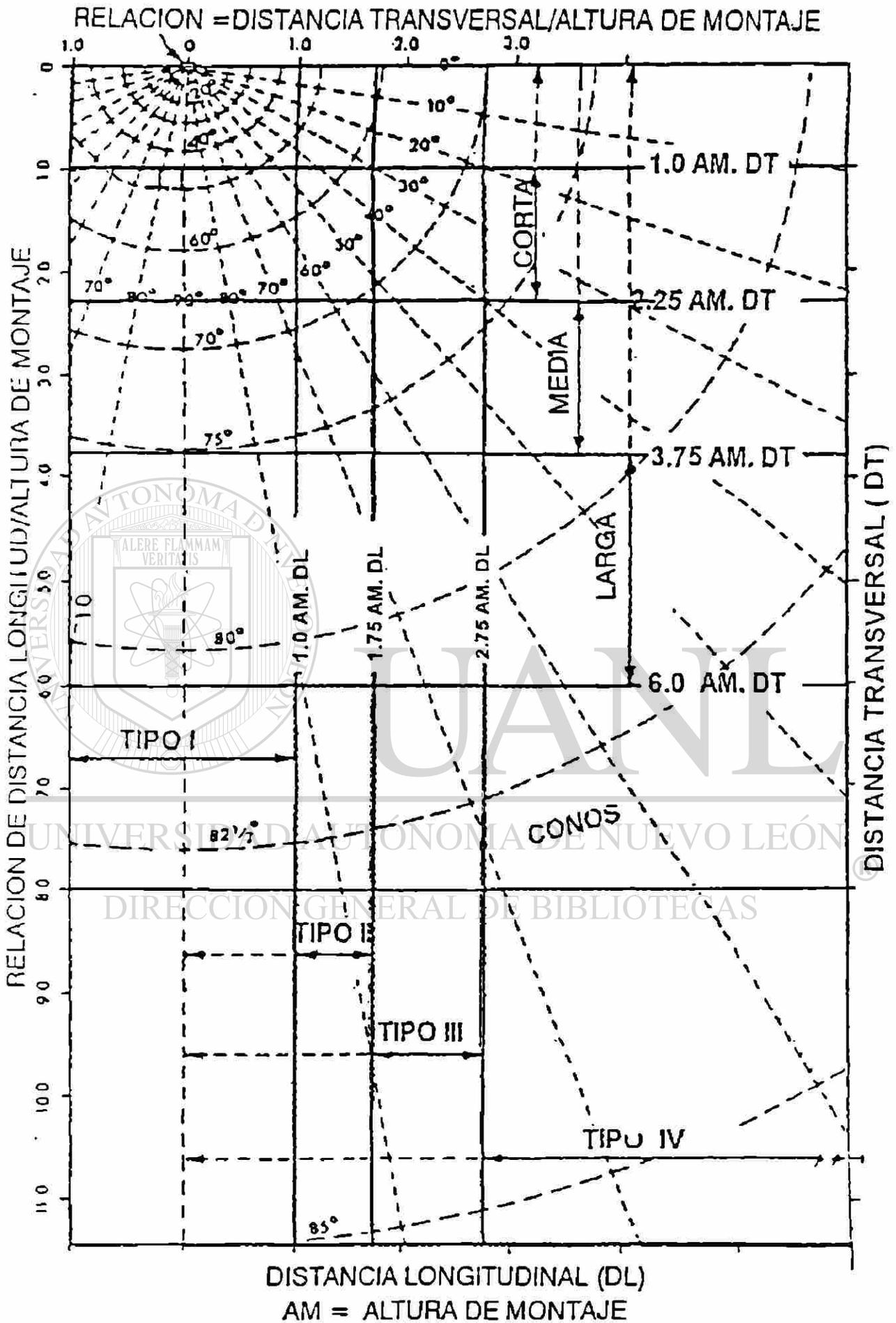


Fig. 904.3ac Curvas de Isocandelas

3).- Distribución larga.- Un luminario se clasifica como de distribución larga, cuando la localización del punto de máxima candela se sitúa entre 3.75 y 6.0 veces la distancia transversal entre la altura de montaje

b).- Distribución de iluminación lateral.

La clasificación de los luminarios en cuanto a su distribución lateral, se determina de acuerdo a la localización de la mitad de la línea de máxima candela en el diagrama isocandela y su posición relativa a la línea especificada longitudinal a la calle (lrl). Esta clasificación no se aplica para el tipo de curva v

- Tipo I.- La mitad de la línea de máxima candela entre el área de ambos lados de la línea de referencia (lrl= 0 AM) y permanece entre el área con relación a lrl = 1.0 AM. En ambos lados de la calle y cae en la zona transversal de máxima candela.
- Tipo II - La mitad de la línea de máxima candela no cruza la línea lrl = 1.75 AM sobre el lado de la calle en la zona transversal de máxima candela.
- Tipo III - La mitad de la línea de máxima candela en el área comprendida de lrl = 1.75 AM a lrl = 2.75 AM sobre el lado de la calle en la zona transversal de máxima candela.
- Tipo IV.- La mitad de la línea transversal cruza a lrl = 2.75 AM en la zona transversal de máxima candela.
- Tipo V.- Cuando tiene la forma de un círculo simétrico de la distribución de candela , es esencialmente igual en todos los ángulos laterales.

Dentro de la clasificación de los luminarios del tipo I y II, existen variaciones cuando se produce distribución de luz en cuatro direcciones.

Nota: AM - altura de montaje

c).- Control vertical de distribución de luz.

La clasificación se basa principalmente en el control vertical y se encuentra tabulada a continuación.

Tabla 904.1 Definición de los tipos de distribución de intensidad luminosa para el alumbrado de vías públicas.

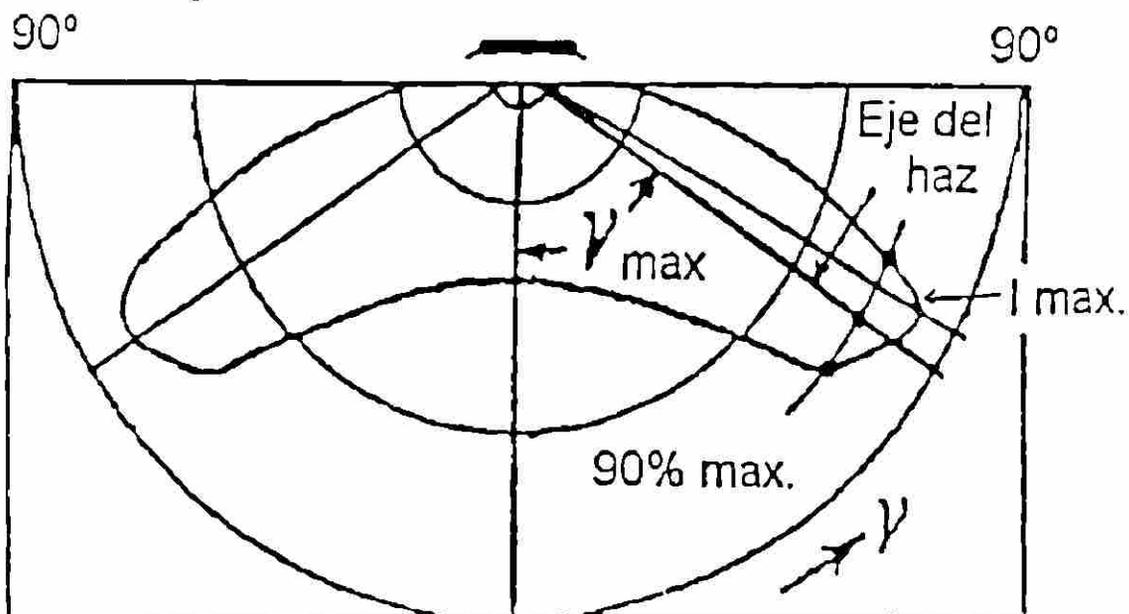
	Maximo valor permitido de la intensidad emitida a un ángulo de elevación de		Direccion de intensidad max inferior a
	80°	90°	
Haz cortado	30 cd 1000 lm	10 cd 1000 lm *	65°
Haz semi cortado	100 cd 1000 lm	50 cd 1000 lm *	75°
Haz no cortado	cualquiera		

\* hasta un valor máximo de 1000 cd.

Recientemente se ha establecido una nueva clasificación que considera los parametros siguientes

- Alcance

Esta definido por el ángulo de elevación (medido desde el nadir hacia arriba) del centro del haz max. Es el angulo medio entre los dos ángulos de elevación del 90% de Imax. Del plano que pasa al maximo con , se muestra en la figura 904 3c.



0° Figura 904 3c Alcance

3).- Distribucion larga.- Un luminario se clasifica como de distribucion larga, cuando la localizacion del punto de maxima candela se situa entre 3.75 y 6.0 veces la distancia transversal entre la altura de montaje

b).- Distribucion de iluminacion lateral.

La clasificacion de los luminarios en cuanto a su distribucion lateral, se determina de acuerdo a la localizacion de la mitad de la linea de maxima candela en el diagrama isocandela y su posicion relativa a la linea especificada longitudinal a la calle (Irl). Esta clasificacion no se aplica para el tipo de curva v

- Tipo I.- La mitad de la linea de maxima candela entre el area de ambos lados de la linea de referencia (Irl= 0 AM) y permanece entre el area con relacion a Irl = 1.0 AM. En ambos lados de la casa y de calle en la zona transversal de maxima candela.

- Tipo II - La mitad de la linea de maxima candela no cruza la linea Irl = 1.75 AM sobre el lado de la calle en la zona transversal de maxima candela.

- Tipo III - La mitad de la linea de maxima candela en el area comprendida de Irl = 1.75 AM, a Irl = 2.75 AM sobre el lado de la calle en la zona transversal de maxima candela.

- Tipo IV.- La mitad de la linea transversal cruza a Irl = 2.75 AM en la zona transversal de maxima candela

- Tipo V.- Cuando tiene la forma de un circulo simetrico de la distribucion de candela, es esencialmente igual en todos los angulos laterales.

Dentro de la clasificacion de los luminarios del tipo I y II, existen variaciones cuando se produce distribucion de luz en cuatro direcciones.

Nota AM - altura de montaje

c).- Control vertical de distribucion de luz.

La clasificacion se basa principalmente en el control vertical y se encuentra tabulada a continuacion:

Tabla 904.1 Definición de los tipos de distribución de intensidad luminosa para el alumbrado de vías públicas.

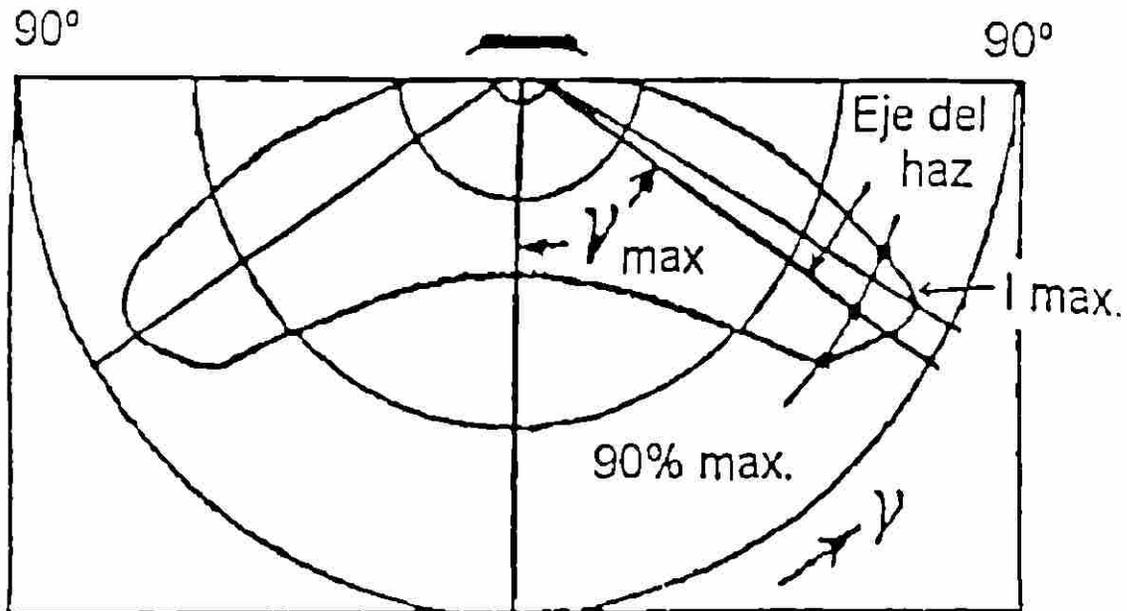
	Maximo valor permitido de la intensidad emitida a un ángulo de elevacion de		Dirección de intensidad max inferior a
	80°	90°	
Haz cortado	30 cd 1000 lm	10 cd 1000 lm *	65°
Haz semi coratdo	100 cd 1000 lm	50 cd 1000 lm *	75°
Haz no cortado	cualquiera		

\* hasta un valor máximo de 1000 cd.

Recientemente se ha establecido una nueva clasificación que considera los parametros siguientes

- Alcance

Esta definido por el ángulo de elevación (medido desde el nadir hacia arriba) del centro del haz max. Es el angulo medio entre los dos ángulos de elevacion del 90% de Imax. Del plano que pasa al maximo candela, se muestra en la figura 904 3c.



0° Figura 904 3c Alcance

Curva polar de intensidad en el plano de intensidad luminosa máxima, con indicación del ángulo  $\gamma_{\max}$ .

Para determinar el alcance del luminario.

Se definen tres grados de alcance, que son:

$\gamma_{\max} < 60^\circ$  : ALCANCE CORTO

$60^\circ \leq \gamma_{\max} \leq 70^\circ$  : ALCANCE MEDIO

$\gamma_{\max} > 70^\circ$  : ALCANCE LARGO

(01)

-Dispersión

Esta definida por la posición de la línea que, siendo paralela al eje de la vialidad, es tangente al contorno de la curva 90% de  $I_{\max}$ . En la vialidad de las dos líneas que aparecen normalmente, la más alejada del luminario es la que se considera. La posición de esta línea se representa por el ángulo como se indica en la figura 904.3 d.

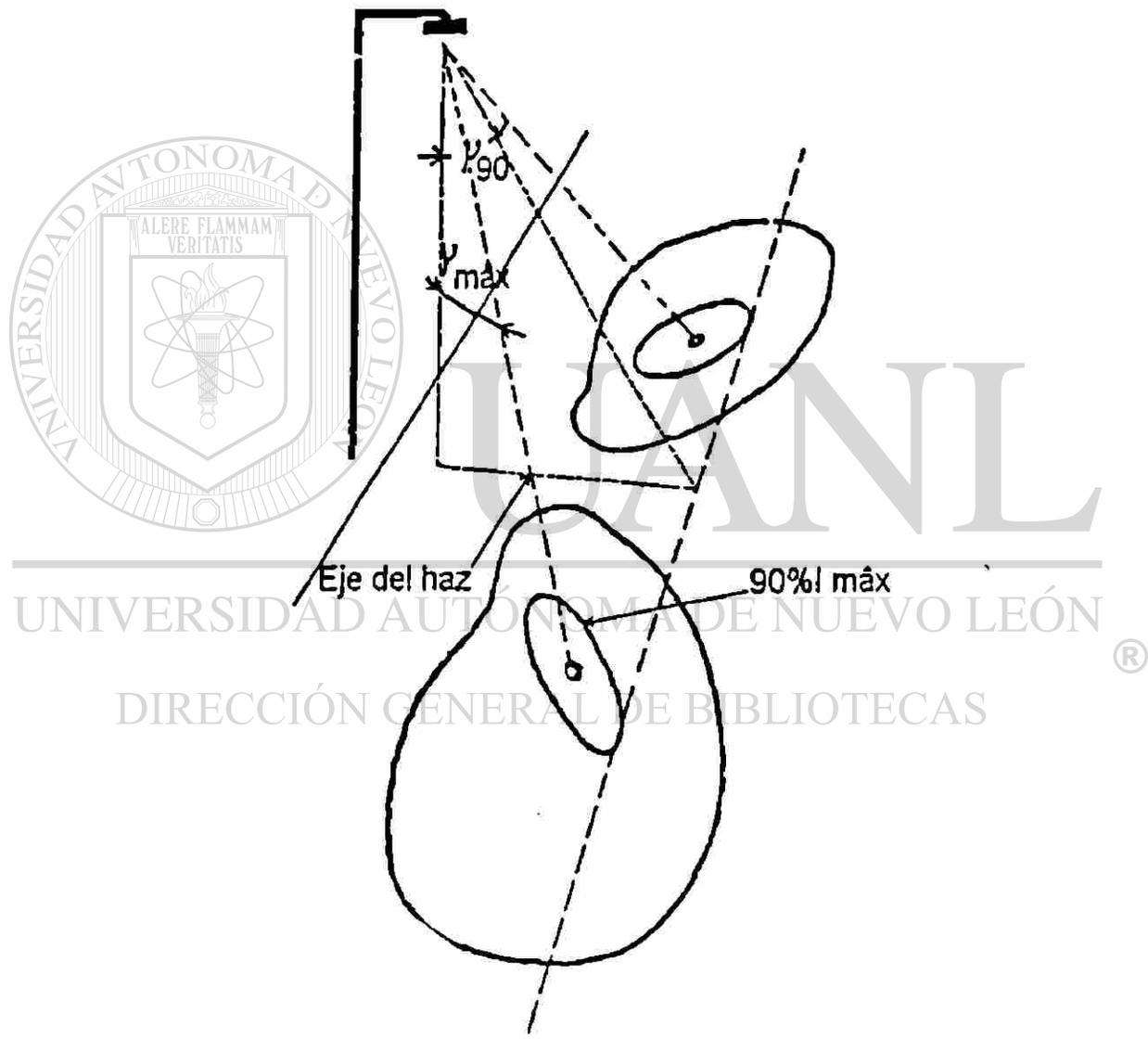


Figura 904 3d Dispersión

Diagrama isocandela relativo proyectado en la vialidad que incluye una indicación del ángulo  $\gamma_{90}$  para determinación de la dispersión.

Los tres grados de dispersión se definen de la siguiente manera:

$\gamma_{90} < 45^\circ$  DISPERSION ESTRECHA

$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$  DISPERSION MEDIA

$\gamma_{90} > 55^\circ$  DISPERSION ANCHA

Tanto el alcance como la dispersión de un luminario pueden determinarse fácilmente a partir del diagrama de intensidad del luminario en proyección azimutal. Este método se muestra en la figura 904.3e.

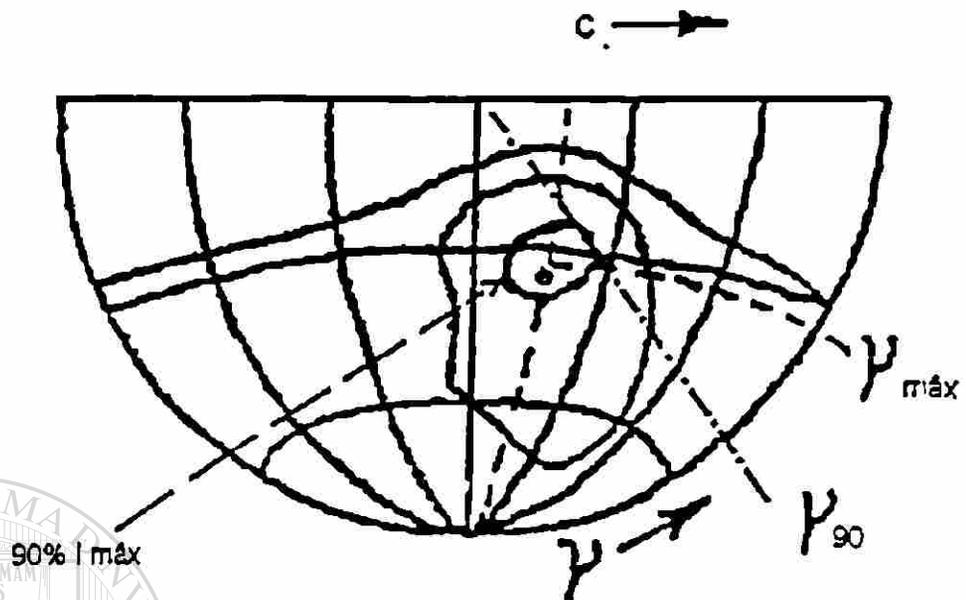


Figura 904.3e Diagrama de intensidad de luminario en proyección azimutal

Diagrama isocandela relativo en proyección azimutal (sinusoidal), con indicación de los ángulos  $\gamma$  máx y  $\gamma$  90 para la determinación y la dispersión.

Control.

Está definido por el índice específico del luminario. Denominado SLI. El índice específico del luminario es parte del índice de deslumbramiento, que está determinado únicamente por las propiedades del luminario

$$SLI = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \log (I_{80}/I_{0.5}) - 0.08 \log I_{80}/I_{88} + 1.29 \log F + C$$

Siendo:

$I_{80}$ : La intensidad luminosa para un ángulo de elevación de 80, en un plano paralelo al eje de la vía (cd)

$I_{80}/I_{88}$ : Razón entre las intensidades luminosas para 80 y 88 (razón de retroceso).

F. Superficie aparente del área del luminario, visto bajo un ángulo de 76 (en  $m^2$ ).

C. Factor cromático, dependiendo del tipo de lámpara:

- Sodio baja presión + 0.4
- Otros tipos 0

También para el control se definen tres grados:

$sli < 2$	control limitado
$2 \leq sli \leq 4$	control moderado
$sli > 4$	control intenso

Las definiciones anteriores se resumen en la Tabla 904.2

Tabla 904.2 Sistema de clasificación para las propiedades fotométricas de los luminarios

Alcance		Dispersión		Control	
corto	$\gamma < 60^\circ$	estrecha	$\gamma_{90} < 45^\circ$	limitado	$sli < 2$
intermedio	$60^\circ \leq \gamma \leq 70^\circ$	media	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$	moderado	$2 \leq sli \leq 4$
largo	$\gamma > 70^\circ$	ancha	$\gamma_{90} > 55^\circ$	intenso	$sli > 4$

Cualquier tipo de luminario debe satisfacer los objetivos siguientes:

1- Distribuir el flujo luminoso emitido por la lámpara de tal forma que se obtenga la distribución deseada, asegurando que las lámparas mantengan las características de flujo, duración, intensidad y tensión cercanas a las características nominales.

2- Controlar el flujo luminoso para evitar toda molestia visual a los usuarios y con esto obtener el máximo confort visual.

3- Tener las características eléctricas y mecánicas de acuerdo a su propio uso, en particular las que permitan la seguridad de las personas tanto usuarios como de mantenimiento.

4- Proteger y mantener en condiciones óptimas las lámparas, dispositivos ópticos y eléctricos contra la acción de la intemperie o de agentes del medio ambiente para evitar perjudicar su eficiencia luminosa.

Los luminarios para iluminación exterior, deben de cumplir con las normas técnicas que regulan las características mecánicas y eléctricas de los elementos que la constituyen. Para tal efecto se deben efectuar pruebas de los diferentes parámetros en laboratorios acreditados.

Elementos determinantes para la selección del luminario.

Para la selección de luminarios se deben definir y/o satisfacer las siguientes condiciones:

a).- Técnicas:

1.- Necesidad o no de usar un luminario cerrado.

b).- Ópticas.

1.- Tipo y potencia de la lámpara.

2.- Distribución del flujo luminoso.

3.- Factor de utilización.

4.- Clase y comportamiento de los dispositivos ópticos

5.- Mantenimiento de las características ópticas.

c).- Eléctricas y térmicas.

1.- Temperaturas de operación del balastro y lámpara.

2.- Calidad y seguridad de los contactos.

3.- Calidad del balastro y lámpara.

El flujo luminoso de las lámparas es la base del sistema de iluminación, establecido en esta Norma, las condiciones para el balastro (92.5% bf) se determinan en la siguiente tabla:

Potencia nominal típica	Flujo nominal	Eficacia nominal
70	6300	83.25
100	9500	87.88
150	16000	98.67
200	22000	101.75
250	28000	103.60
400	50000	125.00
1000	140000	140.00

Los valores del flujo nominal se refieren únicamente a las lámparas de acabado claro.

4.- Materiales aislantes y conductores eléctricos que soporten altas temperaturas.

d).- Mecánicas.

1.- Dimensiones del luminario.

2.- Calidad y tipo de materiales de construcción.

3.- Rigidez y robustez del cuerpo del luminario.

4.- Elementos de fijación.

5.- Simplicidad y seguridad de los elementos del porta-lámpara (diferentes posiciones).

6.- Protección de la lámpara y accesorios.

7.- Resistencia a la corrosión y vibraciones.

e).- Operativas.

1.- Fácil reemplazo de la lámpara y balastro.

2.- Facilidad de limpieza y mantenimiento

Los luminarios y sus componentes deben de cumplir con las normas de calidad que se especifican en las normas de producto correspondientes y pruebas de calidad de laboratorio.

Los luminarios deben cumplir como mínimo con los coeficientes de utilización lado calle de acuerdo a los valores siguientes:

Tipo	Relación de distancia trasversal a altura montaje	Curvas	
		I	III
Haz cortado	1	0.36	0.32
	2	0.44	0.39
Haz semicortado	1	0.36	0.32
	2	0.44	0.39
Haz no cortado	1	0.30	0.29
	2	0.40	0.38

El balastro debe cumplir con la Norma Mexicana vigente, de alto factor de potencia y bajas pérdidas de acuerdo a los valores que siguen:

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (w) balastro-lámpara	Pérdidas máximas (W)	% de pérdidas máximas
70	90	20	28.5
100	125	25	25
150	174	24	16
200	236	36	16
250	290	40	16
310	359.6	49.6	16
400	464	64	16

Los porcentajes se relacionan a la potencia nominal de la lámpara.

#### 904-4. Materiales eléctricos.

##### Balastros

El balastro es un dispositivo que por medio de inductancias, capacitancias o resistencias, solas o en combinación, limita la corriente de la lámpara al valor requerido para su operación correcta y proporciona la tensión y corriente de arranque.

Todas las lámparas de descarga de alta intensidad requieren de balastro.

##### Clasificación de balastros

##### Balastros en atraso.

- a).- Balastro tipo serie.- En éste, la corriente va atrasada respecto a la tensión. Se utiliza para lámparas cuya tensión de encendido es menor que la tensión de línea. Normalmente es de bajo factor de potencia y si se requiere un alto factor, se agrega un capacitor en paralelo con la línea.
- La corriente de encendido es mayor que la corriente nominal de operación, por lo que debe tomarse esto en cuenta para el cálculo de las protecciones del circuito.
  - La tensión de extinción es alta provocando que se apague la lámpara si existen fuertes variaciones en la tensión de línea.
  - Regulación: (Para lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos) con una variación de  $\pm 5\%$  de tensión de línea se tiene  $\pm 12\%$  de variación de potencia (w) de lámpara.

b).- Autotransformador alta reactancia.- Es un autotransformador que utiliza un acoplamiento magnético entre la bobina primaria y secundaria para controlar la reactancia. Este circuito tiene características de operación similares a las de un balastro tipo reactor pero por medio de un autotransformador eleva o disminuye a la tensión necesaria para operar una lámpara de descarga de alta intensidad.

c).- Autotransformador autoregulado.- (Autotransformador de potencia constante).

Es un circuito que debe ser de alto factor de potencia y cuenta con un capacitor en serie con la lámpara que nos proporciona una mejor regulación que los circuitos tipo Reactor y Alta Reactancia.

Regulación (para lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos): con una variación de  $\pm 10\%$  de tensión de línea se tiene  $\pm 5\%$  de potencia (W) de lámpara.

- Su corriente de encendido o arranque es menor que la corriente nominal de operación.
- Su tensión de extinción es menor que en los circuitos en atraso.

d) - Transformadores de potencia constante.- En este tipo de balastro no existe conexión eléctrica entre el primario y el secundario.

Regulación (para lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos): con una variación de  $\pm 13\%$  de tensión de línea se tiene  $\pm 2\%$  de variación de potencia (watts) de lámpara.

- Su principal característica es que no existe conexión entre el primario y el secundario
- La ventaja que se deriva de esta condición es la seguridad del usuario.

La corriente de línea durante el encendido es menor que la corriente nominal de operación. La tensión de extinción es tan baja que prácticamente no existen problemas de lámparas apagadas por variaciones severas de la tensión de línea.

##### Balastros para lámparas de vapor de sodio de alta presión.

La lámpara de vapor de sodio de alta presión debido a su construcción, el balastro requiere de un circuito auxiliar que genera pulsos de arranque de aproximadamente 2500 a 4000 V pico. Con el único objetivo de encender la lámpara. Este dispositivo denominado ignitor está constituido de elementos semiconductores y está conectado al circuito.

En el caso específico de balastros para lámpara de vapor de sodio de alta presión, la regulación no se especifica por un simple porcentaje debido a que la tensión en el tubo de descarga se incrementa durante la operación de la lámpara, por lo tanto para mantener la potencia de la lámpara dentro de sus límites de

operación a una tensión nominal es necesario que el balastro compense dicho aumento en la tensión de operación de la lámpara.

Consecuentemente existen límites que restringen la operación de la lámpara y del balastro en este tipo de sistemas, dichos límites reciben el nombre de trapecoide.

Los circuitos utilizados en los balastros para lámparas de vapor de sodio de alta presión son los siguientes.

- Circuito en atraso.
- Circuito en adelanto - regulado.
- Circuito en atraso - regulado.
- Circuito Híbrido.
- Circuito Electrónico.

Los balastros para lámparas de vapor de sodio de alta presión, independientemente del circuito que utilicen deben de cumplir con un factor de balastro mínimo de 92.5% además de mantener las curvas características del balastro dentro del trapecoide y deberán de tener unas pérdidas máximas de 16% para potencias mayores de 100 watts y 25% para potencias menores de 100 watts.

Dispositivos de control

Fotocontroles.

Dispositivos eléctricos diseñados para abrir o cerrar automáticamente un circuito eléctrico, con el propósito de encender una o varias lámparas al disminuir la intensidad de la luz del día y apagarlas al amanecer

Aplicación

A).- Para control de una sola lámpara.

B).- Para control de varias lámparas cuando estas se encuentran en un mismo circuito.

C).- Para el control de circuitos de alumbrado a través de un conjunto relevador-contactor

En los dos primeros casos, se debe asegurar que la capacidad de las lámparas no excedan la capacidad permisible para la interrupción de la corriente máxima permitida por el elemento interruptor del fotocontrol

Controles Temporizados

Para el caso de ciertas instalaciones tales como parques, estacionamientos, anuncios luminosos, etc. se deben emplear controles programables en el sitio para encender y apagar a determinadas horas con un recuperador automático en caso de falla en la alimentación eléctrica y considerar para su correcta operación la orientación, tensión de diseño y mantenimiento adecuado.

Las combinaciones de alumbrado se utilizan para el control de circuitos múltiples con dos o más luminarios por circuito.

#### 904-5. Materiales mecánicos y constructivos.

Soportes

Los luminarios para alumbrado público se instalan sobre soportes, por medio de ménsulas o arbotantes (postes) de lamina de acero, aluminio u otros materiales en forma circular, octagonal, cuadrado, recto o de concreto

Un arbotante para alumbrado público debe de cumplir los siguientes requisitos:

Resistir los esfuerzos debido al viento y a los choques normales.

Resistir los efectos de la intemperie y la corrosión.

Ofrecer un alojamiento y fácil acceso a los dispositivos auxiliares que deben instalarse

Requerir el mínimo de acciones de mantenimiento.

Que armonice con el entorno urbano.

#### 904-6. Consideraciones para el diseño de alumbrado público

##### 904-6.1. Introducción

Los sistemas de iluminación para alumbrado público, deben de cumplir con las necesidades visuales de la vialidad nocturna ya sea vehicular o peatonal, tomando en consideración la clasificación de la vialidad según el uso.

Las necesidades visuales del entorno a lo largo de la vialidad se describen en términos de la luminancia del pavimento, uniformidad de luminancia y el deslumbramiento producido por la fuente de luz. Así en la tabla 904.6 parte (a) se indican los valores de luminancia recomendados para el diseño, así como, la uniformidad y la relación entre la luminancia promedio ( $L_{pro}$ ) y la luminancia indirecta ( $L_v$ ).

Las necesidades visuales a lo largo de la vialidad pueden también satisfacerse utilizando el criterio de luminancia. En la tabla 904.6 parte (b) se indican los valores de luminancia recomendados para el diseño considerando las diferentes características de reflectancia del pavimento.

**TABLA 904.6. VALORES MINIMOS MANTENIDOS DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA PARA ILUMINACION DE VIALIDADES.**

(a) VALORES MANTENIDOS DE LUMINANCIA

CLASIFICACION DE AREAS Y VIALIDADES		PROMEDIO DE LUMINANCIA	UNIFORMIDAD DE LUMINANCIA		RELACION DE DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR
		L(pro) (cd/m <sup>2</sup> )	Lpro a Lmin	Lmax a Lmin	(MAXIMO) Lv a Lpro
AUTOPISTAS Y CARRETERAS		0.4	3.5 a 1	6 a 1	0.3 a 1
VIAS DE ACCESO CONTROLADO EN ZONA	COMERCIAL	1.0	3 a 1	5 a 1	
	INTERMEDIA	0.8	3 a 1	5 a 1	0.3 a 1
	RESIDENCIAL	0.6	3.5 a 1	6 a 1	
VIAS PRINCIPALES	COMERCIAL	0.8	3 a 1	5 a 1	
	INTERMEDIA	0.6	3.5 a 1	6 a 1	0.4 a 1
	RESIDENCIAL	0.4	4 a 1	8 a 1	
VIAS SECUNDARIAS	COMERCIAL	0.6	6 a 1	10 a 1	
	INTERMEDIA	0.5	6 a 1	10 a 1	0.4 a 1
	RESIDENCIAL	0.3	6 a 1	10 a 1	

(b) VALORES MINIMOS MANTENIDOS DE ILUMINANCIA (Epro) EN LUX.

CLASIFICACION DE AREAS Y VIALIDADES		CLASIFICACION DEL PAVIMENTO			UNIFORMIDAD ILUMINANCIA
		R1	R2 Y R3	R4	(Epro a E min)
AUTOPISTAS Y CARRETERAS					
		4	6	5	3 a 1
VIAS DE ACCESO CONTROLADO EN ZONA	COMERCIAL	10	14	13	
	INTERMEDIA	8	12	10	3 a 1
	RESIDENCIAL	6	9	8	
VIAS PRINCIPALES	COMERCIAL	8	12	10	
	INTERMEDIA	6	9	8	4 a 1
	RESIDENCIAL	4	6	5	
VIAS SECUNDARIAS	COMERCIAL	6	9	8	
	INTERMEDIA	5	7	6	6 a 1
	RESIDENCIAL	3	4	4	

Notas:

Lv = luminancia indirecta.

1.- La relación entre los valores de luminancia e iluminancia se derivan de las condiciones generales para pavimentos secos y vialidades rectas. Esta relación no se aplica a los promedios.

2.- Para autopistas con doble cuerpo (doble vialidad) donde el sistema de iluminación puede diferir de uno a otro, los cálculos deben realizarse para cada vialidad en forma independiente.

3.- Para autopistas, los valores mínimos se aplican tanto para la vialidad principal como para las rampas de acceso.

4.- Las tablas anteriores no se aplican a sistemas de iluminación en base a superpostes. Alturas de montaje mayores a 20 m.

En el caso de diseño de iluminación utilizando superpostes para aceras y ciclopiistas, los niveles de iluminancia mínimos se indican en las tablas siguientes:

**TABLA 904.6.1 NIVELES DE DISEÑO MÍNIMOS MANTENIDOS DE ILUMINANCIA PARA INSTALACIONES CON SUPERPOSTES.**

CLASIFICACION DE VIALIDADES	ILUMINANCIA HORIZONTAL (E <sub>pro</sub> ) EN LUX		
	AREA COMERCIAL	AREA INTERMEDIA	AREA RESIDENCIAL
AUTOPISTAS Y CARRETERAS	5	6	6
VIAS DE ACCESO CONTROLADO	10	8	6
VIAS PRINCIPALES	12	9	6
VIAS SECUNDARIAS	8	6	6

Nota 1 Uniformidad mínima de iluminación 3:1 (promedio a mínimo) para todas las clasificaciones de vialidades a los niveles de iluminancia recomendados anteriormente.

Nota 2 Estos valores de diseño se aplican solamente a la porción de rodamiento de las vialidades. Los intercambios (distribuidores) se analizan individualmente con el propósito de establecer los niveles de iluminancia y uniformidad.

**TABLA 904.6.2 NIVELES DE ILUMINANCIA RECOMENDADOS PROMEDIO MANTENIDOS PARA CIRCULACION DE PEATONES\* EN LUX.**

CLASIFICACION DE ACERAS O ANDADORES Y CICLOPISTAS	NIVEL HORIZONTAL MÍNIMO PROMEDIO (E <sub>pro</sub> )	NIVEL VERTICAL PROMEDIO PARA SEGURIDAD PEATONAL (E <sub>pro</sub> )**
ACERAS Y CICLOPISTAS DE LA VIALIDAD		
AREAS COMERCIALES	10	22
AREAS INTERMEDIAS	6	11
AREAS RESIDENCIALES	2	5
ACERAS Y CICLOPISTAS SEPARADAS DE LA VIALIDAD		
ACERAS, CICLOPISTAS Y ESCALERAS	5	5
TUNELES DE PEATONES	43	54

\* Los cruces intermedios peatonales a mitad de las calles y las intersecciones deben de calcularse con iluminación adicional.

\*\* Para identificación de peatones a una distancia, los valores considerados serán de 1.8 Metros arriba de la acera.

Diseño de alumbrado público.

El objetivo de un proyecto de iluminación es determinar la implantación (altura de montaje, espaciamiento) de los luminarios, así como la potencia luminosa requerida que cumpla con las necesidades de la vialidad a iluminar.

Los criterios de calidad más importantes para una instalación de alumbrado público desde el punto de vista de rendimiento y comodidad visuales son:

a.- Nivel de luminancia.

El nivel de luminancia en la superficie de una vialidad influye sobre la sensibilidad a los contrastes del ojo del conductor y sobre el contraste de los obstáculos en la calzada con respecto a su alrededor; tiene por consecuencia una influencia directa sobre el rendimiento visual de los conductores. Se debe regir por los valores indicados en la tabla 904.6.a

b.- Uniformidad de los niveles de luminancia.

La uniformidad de los niveles de luminancia influye tanto en el rendimiento como en la comodidad visual del conductor. Se debe regir por los valores indicados en la tablas 904.6.a

c.- Eficiencia de la geometría de la instalación para la orientación visual.

Se deben tomar medidas en la geometría de la instalación para que permita una orientación visual al conductor transmitiendo una imagen rápida para que inmediatamente identifique el curso de la vía y

particularmente de la dirección que debe seguir a una distancia que dependerá del límite de velocidad permitida

Una disposición de luminarios que siga con exactitud la dirección de la vialidad mejora la orientación y contribuye así a la seguridad y conveniencia de sus usuarios. Esto es especialmente importante en el caso de vías que tienen muchas curvas e intersecciones.

d - Eficiencia energética.

Por lo tanto, al proyectar una instalación de alumbrado público hay que pensar en una adecuada orientación del usuario y en especial en las zonas conflictivas donde la orientación puede ser errónea. Los siguientes puntos son de importancia especial:

- En autopistas con vanas calzadas y camellón central se logra una buena orientación visual, adicional a otras ventajas colocando los postes en el camellón central.

- Para indicar claramente el curso de la vía en una curva se deben colocar los postes en su lado exterior. Lo anterior da como resultado que la vialidad tenga una luminancia más uniforme y su dirección esté claramente indicada por la hilera de luminarios.

**ARTICULO 905. PASOS VEHICULARES**

**905-1. Introducción**

**Túnel**

Se define como una sección cerrada de una vialidad en la cual se encuentra restringida la iluminación natural durante el día, por lo tanto se debe evaluar necesidad de una iluminación suplementaria que permita una adecuada visibilidad al conductor

En el presente documento no se consideran los pasos a desnivel para uso diferente a vehículos automotores ni los pasos para peatones; los pasos vehiculares con longitud menor a 25 mts no requieren alumbrado durante el día

El objetivo del sistema de iluminación en los pasos a desnivel es proporcionar una buena visibilidad, por lo que para realizar el diseño será necesario considerar las características del túnel en sí y su área adjunta. Muchos factores contribuyen a disminuir la visibilidad, por lo tanto todos estos factores deben ser identificados en la acción a cada instalación

Los factores que se deben de considerar son los siguientes:

- 1.- Características de aproximación de la vialidad.
- 2.- Características de la superficie rodante del túnel, paredes y techo.
- 3.- Características del área circundante en la entrada del túnel.
- 4.- Condiciones atmosféricas y ambientales.
- 5.- Características de operación del tráfico.
- 6.- Orientación del túnel con respecto al sol.

**905-2. Definiciones**

La norma incorpora conceptos fundamentales para la interpretación del diseño de iluminación en túneles como son



Figura 905 2

Descripción de terminos asociados con iluminación de túneles

Zona de acercamiento - Área externa de la vialidad de acercamiento al túnel.

Portal o entrada - Plano de entrada al túnel.

Zona de umbral - Área donde se efectúa una transición de altos niveles de iluminancia a niveles menores del interior

Zona interior - La mayor parte del túnel donde se establece un bajo nivel de iluminancia

Nota - Las longitudes de las zonas varían de acuerdo a los parámetros de diseño.

**Iluminación diurna**

Es el sistema de iluminación que permite reducir la relación de la luminancia externa a la interna durante las horas del día. Por consecuencia el valor de la luminancia durante las horas del día es mayor que durante la noche. Este sistema de iluminación se utiliza para túneles largos, curvos o pasos que presenten desnivel pronunciado con respecto a la vialidad

**Iluminación nocturna**

Es el sistema de iluminación que permite lograr un nivel de iluminancia durante las horas de la noche de tal manera que se reduzca al mínimo el problema de adaptación al agujero negro que se presenta a la salida del túnel.

**Distancia mínima de seguridad de frenado.**

Es la distancia mínima requerida para que un conductor pueda parar con seguridad su automóvil, para no impactarse con el o los objetos que se encuentran dentro del túnel. Esta distancia varía de acuerdo a la velocidad de circulación como se indican en la tabla 905.2

**Zona de entrada o umbral**

La zona de umbral es la zona inicial del túnel y es igual a la distancia mínima de seguridad de frenado menos 15 m. La luminancia del túnel en esta zona, durante las horas del día debe ser relativamente alta con

el fin de proporcionar visibilidad durante el proceso de adaptación, conforme el conductor se internó en el túnel

#### Zona de transición.

La luminancia durante las horas del día en la zona de transición, debe ir disminuyendo desde la zona del umbral hasta la zona interior en forma gradual a lo largo de una distancia igual a la distancia mínima de seguridad de frenado. Dependiendo del largo del túnel pueden existir varias zonas de transición.

#### Zona interior.

En túneles largos, a la zona de transición (o de adaptación) sigue otra en la que el nivel de luminancia se mantiene constante. En esta zona, la adaptación no se ha logrado al 100% y es necesario disponer en ella de un nivel de luminancia suficientemente elevado.

**TABLA 905.2. DISTANCIA MINIMA DE SEGURIDAD DE FRENADO**

VELOCIDAD TRAFICO	MINIMA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE FRENADO
KILOMETROS POR HORA	METROS
48	60
64	90
80	140
88	165
96	200
104	220

#### 905-3. Clasificación de túneles

Un túnel se puede clasificar de acuerdo a sus características físicas como un túnel corto o largo dependiendo de su longitud.

##### a).- Túnel corto

Es aquel en el que sin tráfico la salida y sus alrededores son claramente visibles desde un punto situado fuera de la entrada del mismo. Un túnel corto puede tener hasta 25 m de largo, sin que necesite alumbrado durante las horas del día, siempre y cuando sea recto o el tráfico no sea muy intenso. Si el paso es curvo o existe tráfico intenso el efecto silueta es menos marcado, en cuyo caso se debe instalar iluminación artificial.

##### b).- Túnel largo

Se considera un túnel largo, aquel cuya longitud total es mayor a la distancia mínima de seguridad de frenado

#### 905-4. Optimización de visibilidad en túneles y características de acercamiento

El conductor que se aproxima a la entrada de un túnel durante el día necesariamente ha de adaptar sus ojos del alto nivel de luminancia que prevalece en el exterior a la luminancia existente en el interior del túnel. Por consiguiente, si el túnel es largo y el nivel de luminancia dentro de él es mucho más bajo que el de fuera, el túnel se presentará como un "agujero negro", dando como resultado que ningún detalle de su interior sea visible. El efecto del agujero negro es creado por la alta diferencia de luminancias existentes en el exterior y el interior del túnel.

El diseño físico del túnel, así como el diseño del área de aproximación al mismo y el entorno, es muy importante, ya que en combinación con un buen diseño del sistema de iluminación permite incrementar la luminancia dentro del túnel, reduciendo de esta manera la alta diferencia de luminancias entre el interior y el exterior

#### 905-5. Reducción de la luminancia externa de adaptación

Para hacer visible los obstáculos dentro del túnel hay que aumentar el nivel de luminancia de su entrada, esto es, en la zona de umbral. El nivel de luminancia requerido en esta zona depende de la denominada "luminancia externa de adaptación", que es función a su vez de la magnitud y distribución de las luminancias exteriores al túnel

Las luminancias exteriores, que juntas determinan la luminancia externa de adaptación, difieren grandemente según los diversos tipos de túneles. Para pasos inferiores o bajo pasos elevados, la luminancia externa de adaptación depende parcialmente de la estructura en cuestión y parcialmente de la luminancia del cielo. Sin embargo, en zonas edificadas el cielo solo forma a menudo una pequeña parte del campo de visión.

Para la mayoría de los tipos de túneles se pueden tomar medidas especiales para bajar la luminancia externa de adaptación. Tales medidas incluyen el empleo de materiales oscuros no reflectivos para la superficie de la vialidad en la zona de aproximación del túnel, en forma adicional, para la fachada de la entrada del túnel y las paredes en el acceso; plantar árboles o arbustos al lado y encima de la entrada para protegerla del brillante cielo, o bien hacer la entrada al túnel tan alta y ancha como sea posible.

#### 905-6. Factores de diseño del área de aproximación y entrada de un túnel.

La cantidad y la longitud, a la cual la luz del día alcanza a penetrar en un túnel depende en gran medida de la orientación del mismo. El sistema de iluminación de un túnel deberá estar acorde con la orientación, ya que esta se determina con base en otros criterios.

El incrementar la altura en la entrada del túnel, así como el ancho del mismo, permite aumentar la penetración y cantidad de luz del día al túnel, lo que representa una reducción de las necesidades de iluminación artificial.

#### 905-7 Optimización de la visibilidad en el interior del túnel.

Para obtener un nivel alto de luminancia dentro del túnel, la vialidad y las paredes deben tener un alto grado de reflectancia al menos un 50% inicialmente (deberá aumentarse artificialmente el brillo de la vialidad).

Para una buena orientación visual es deseable que haya una pequeña diferencia de luminancia o de color entre la superficie de la vialidad y las paredes. Deben de evitarse superficies con reflexión especular. El acabado de las paredes debe ser de material fácil de limpiar.

El uso de terminados corrugados en las paredes verticales, acabado burdo en el pavimento de la vialidad u otros tratamientos que produzcan relieves en las superficies, incrementaran la reflexión de la luz y por lo tanto, la penetración de la luz solar en el área de entrada del túnel.

La diferencia de luminancia externa a la interna se lograra reducir por el uso de materiales oscuros en la superficie de aproximación al túnel y materiales claros en la superficie de la vialidad interna del mismo, en una longitud igual a la distancia mínima de seguridad de frenado. Dando como resultado una menor necesidad de iluminación de umbral.

#### 905-8 Consideraciones para el diseño de iluminación.

Las consideraciones básicas para el diseño de la iluminación de túneles son las siguientes:

- 1.- Características de volumen y velocidad del tráfico.
- 2.- Luminancia externa.
- 3.- Características del túnel.
- 4.- Luminancias del túnel durante el día y la noche.
- 5.- Equipo eléctrico y de iluminación.
- 6.- Iluminación de emergencia
- 7.- Efecto de parpadeo

#### 1.- Características de volumen y velocidad del tráfico.

Los túneles con alto volumen de tráfico y alta velocidad, requieren de altos niveles de luminancia, en comparación con los túneles de bajo volumen y baja velocidad, ya que, los altos niveles de luminancia permiten al conductor mejor comportamiento en el desarrollo de las tareas propias de manejo.

#### 2.- Luminancia externa.

Deben considerarse los niveles de luminancia existentes en el área de entrada del túnel y su entorno, debido a que en el momento de aproximación al túnel la visión se encuentra adaptada al nivel de luminancia exterior.

En la figura siguiente se indican los factores que producen altos o bajos niveles de luminancia externa.

#### Luminancia externa más alta

- |     |   |
|-----|---|
| / \ | *Orientación del túnel este-oeste. La salida y la puesta del sol impiden la visualizar la entrada del túnel.  |
|     | *Ningún objeto sobre el horizonte tales como los que se pueden encontrar a la entrada del túnel. El cielo brillante compone la mayoría el campo visual. |
|     | *Los colores muy claros del entorno. Las laderas de las montañas cubiertas de nieve, los edificios pequeños y de color muy claro.                       |
|     | *Las entradas de túneles en los pasos a desnivel.   |
| A   | *Los túneles orientados norte-sur.  |
|     | *Las laderas cubiertas de vegetación durante todo el año.   |
|     | *Los numerosos edificios de color oscuro. Las pendientes oscuras y pronunciadas de las montañas (nunca cubiertas de nieve).                             |
|     | *Las medidas artificiales que se emplean para reducir la brillantez exterior tales como muros inclinados o los paralumenes para el sol.                 |
| \ / |   |

#### Luminancia externa mínima

Figura 905 B Factores que afectan la luminancia externa de un túnel.

#### 3.- Características del Túnel

Los túneles cortos rectos relativamente a nivel, con una longitud igual o menor a 25 m deberán de tener una adecuada visibilidad sin iluminación suplementaria diurna. En estos casos, la visibilidad se obtiene por medio de contraste negativo con altos valores de luminancia en la salida del túnel.

En túneles curvos, donde la salida del túnel no es visible, se requiere de iluminación suplementaria. En estos casos, se debe de considerar un solo sistema de iluminación que será igual al de la zona de umbral

Para túneles largos se deben considerar diferentes zonas de iluminación.

#### 4.- Luminancia del túnel

##### Zona de entrada o umbral

La luminancia del túnel en esta zona, durante las horas del día debe ser relativamente alta para proporcionar visibilidad al conductor durante el tiempo de adaptación a la entrada del túnel. La luminancia requerida en la zona de umbral dependerá de las características propias del túnel además del volumen de tráfico y la velocidad del mismo. Se debe seleccionar de acuerdo a la tabla 905.8 Que relaciona dichos parametros.

**TABLA 905.8 Recomendaciones de luminancia**

CARACTERÍSTICAS DEL TUNEL	VELOCIDAD DEL TRAFICO KILOMETRO/HORA	* VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL EN AMBAS DIRECCIONES			
		<25,000	25,000 -90,000	90,001 -150,000	>150,000
		CANDELAS POR METRO CUADRADO**			
TUNELES DE MONTAÑA DECLIVE GRADUAL DONDE LA NIEVE PUEDE ACUMULARSE O TUNELES CON POCOS EDIFICIOS EN SU ALREDEDOR. ORIENTACION DEL TUNEL ESTE-CESTE	81 61-80 60	210 180 140	250 220 140	290 260 230	330 300 270
TUNELES DE MONTAÑA CON PENDIENTE TALUDES OSCURAS O CONDICIONES CLIMATICAS DONDE LA NIEVE NO PUEDE ACUMULARSE EL ENTORNO ALREDEDOR DE LA ENTRADA TIENE BRILLANTEZ MEDIA DURANTE TODO EL AÑO	81 61-80 60	145 130 105	175 160 140	205 190 170	235 220 200
ENTRADA DEL TUNEL OCULTA SUPERFICIES OSCURAS O EDIFICIOS ALREDEDOR DE LA ENTRADA DEL TUNEL MEDIDAS ARTIFICIALES PARA REDUCIR LA BRILLANTEZ EXTERIOR ORIENTACION DEL TUNEL NORTE-SUR	81 61-80 60	80 70 60	100 90 80	115 105 95	130 120 110

\* Tráfico diario anual promedio en ambas direcciones

\*\* Para valores aproximados en candelas por pie cuadrado multiplicar por 0.1

Zona de transición

Requisitos durante el día

La luminancia durante el día en la zona de transición debe ir disminuyendo desde la zona de umbral hasta la zona interior en forma gradual a lo largo de una distancia igual a la distancia mínima de seguridad de frenado. Dependiendo del largo del túnel pueden existir varias zonas de transición.

**ARTICULO 906. SISTEMA DE ILUMINACION PARA AREAS GENERALES****906-1 Estacionamientos**

El objetivo del sistema de iluminación de estacionamientos es el de permitir el tránsito ordenado y seguro de vehículos y peatones, así como proporcionar seguridad y evitar el vandalismo en las áreas destinadas para ese propósito.

Los estacionamientos se clasifican en cubiertos y abiertos; los requerimientos de iluminación dependen del tipo o nivel de actividad.

Se establecen 3 niveles de actividad: alta, media y baja. Estos niveles reflejan la actividad peatonal y vehicular ilustrándose con los siguientes ejemplos:

Alta	Eventos deportivos de importancia Eventos cívicos y culturales de relevancia Centros comerciales regionales Restaurantes
Media	Centros comerciales locales Eventos cívicos, culturales o recreacionales Áreas de oficinas Áreas de hospitales Áreas de terminales aéreas, terrestres y de transbordo Complejos residenciales
Baja	Centros comerciales pequeños Áreas Industriales Áreas Escolares Iglesias

Si el nivel de actividad involucra un gran número de vehículos durante la noche, los ejemplos citados para los niveles de actividad baja y media se deberán clasificar en el inmediato superior.

En el caso de estacionamientos cubiertos de varios niveles, el sistema de iluminación del nivel superior, si es abierto, deberá clasificarse como un estacionamiento abierto.

Requerimientos de iluminación.

Los siguientes requerimientos se deben observar con el objeto de permitir el tránsito seguro y visión satisfactoria para peatones y automovilistas.

- **Áreas de tráfico intenso.**- En estacionamientos abiertos se deben observar los niveles de iluminancia indicados en la tabla 906.1 (a) con el objeto de dar especial atención a las salidas, entradas, zonas de carga, cruces peatonales y carriles colectores para permitir una rápida identificación y mayor seguridad.

En estacionamientos cubiertos, la distancia de transición (15 m) entre el punto de entrada y el área de estacionamiento deberá tener niveles de iluminancia adecuados para la adaptación visual del conductor. Indicados en la tabla 906.1 (b).

- **Caminos de acceso.**- El nivel de iluminancia mantenida promedio debe ser compatible con los sistemas de iluminación de las vialidades adyacentes y las condiciones locales, así mismo la relación de uniformidad promedio mínimo no debe exceder de 3 a 1

- **Alumbrado de emergencia.**- En estacionamientos cubiertos se deberá instalar en sitios estratégicos luminarios de emergencia que proporcionen un nivel de iluminación mínimo en el caso de una interrupción de suministro normal de energía. Se deberá proporcionar aproximadamente un diez por ciento de los niveles de iluminación establecidos en esta Norma.

- **Iluminación de seguridad.**- Por razones de seguridad, economía y mantenimiento fuera de las horas de alta actividad es necesario mantener el sistema de iluminación con niveles requeridos para baja actividad

- **Áreas de estacionamiento (iluminancias verticales)** - Los valores de iluminancia vertical deberán de ser iguales a los valores de iluminancia horizontal establecidos en la tabla No. 906.1 (b) a una altura de 1.8 m sobre el nivel del pavimento con el propósito de obtener una apropiada visión de objetos tales como paredes y columnas

Calidad de iluminación.

Generalidades- Los sistemas de iluminación para áreas de estacionamiento no deberán proveer únicamente los niveles de iluminación requeridos, sino también proveer una alta calidad considerando el rendimiento de color, uniformidad y minimizando el deslumbramiento.

Rendimiento de color.- En muchas instalaciones la salida espectral de la lámpara debe ser capaz de producir un rendimiento de color que permita que las personas que utilizan las áreas de estacionamiento ya sea conduciendo o caminando, sean capaces de distinguir colores y diferenciar objetos.

Uniformidad- La iluminancia en las diversas áreas de un estacionamiento puede variar considerablemente, por tanto, la relación de uniformidad promedio a mínimo no debe exceder los valores de la tabla 906.1

Deslumbramiento.- Deberán instalarse luminarios que permitan reducir el deslumbramiento a los conductores o peatones que utilizan las áreas de estacionamiento, ya que con la edad el deslumbramiento afecta la habilidad para percibir objetos u obstrucciones.

Tabla 906.1

## Luminancias horizontales mantenidas requeridas para estacionamientos

## (a) Estacionamientos abiertos

NIVEL DE ACTIVIDAD	ÁREA GENERAL DE ESTACIONAMIENTO Y ÁREA PEATONAL		ÁREA EXCLUSIVA DE VEHÍCULOS	
	LUX (MÍNIMO SOBRE PAVIMENTO)	UNIFORMIDAD (PROMEDIO/MÍNIMO)	LUX (PROMEDIO SOBRE PAVIMENTO)	UNIFORMIDAD (PROMEDIO/MÍNIMO)
ALTA	10	4:1	22	3:1
MEDIA	6	4:1	11	3:1
BAJA	2	4:1	5	4:1

## (b) Estacionamientos cubiertos.

ÁREAS	DÍA	NOCHE	
	LUX (PROMEDIO SOBRE PAVIMENTO)*	LUX (PROMEDIO SOBRE PAVIMENTO)	RELACION DE UNIFORMIDAD (PROMEDIO/MÍNIMO)
ÁREA GENERAL DE ESTACIONAMIENTO Y ÁREA PEATONAL.	54	54	4:1
RAMPAS Y ESQUINAS.	110	54	4:1
ACCESOS	540	54	4:1
ESCALERAS	RANGO	DE	ILUMINANCIAS
	LUX 100-150-200	100 -150-200	100-150-200

\* Suma de luz artificial y natural

## 906-2 Áreas residenciales y peatonales.

El objetivo del sistema de iluminación en áreas residenciales y peatonales, es el de permitir una mayor seguridad tanto vial como peatonal.

En las áreas residenciales en que está permitido el tráfico vehicular, el nivel de luminancia e iluminancia deben ser seleccionadas de acuerdo a las tablas 904.6 (a) y (b).

En aquellas donde no está permitido el tráfico vehicular, deberán seleccionarse los niveles de iluminación de acuerdo a la tabla 906.2

## Requerimientos.

Los requerimientos de alumbrado para áreas peatonales pueden resumirse como sigue:

Peatones: Debe facilitar el movimiento y la orientación así como posibilitar el reconocimiento de los rasgos faciales.

Debe ayudar al residente a detectar la presencia de intrusos y que no existan deslumbramientos que constituyan una incomodidad.

Ambos grupos: Debe mejorar el atractivo de los alrededores siendo suficientemente funcional para reprimir el vandalismo y el crimen.

## Nivel de iluminación.

De acuerdo a los requerimientos anteriores, los niveles de iluminación para el alumbrado de paseos públicos y áreas peatonales deberán considerarse los siguientes factores:

Seguridad de movimientos.- Es importante para los peatones poderse mover de manera segura, por lo que el alumbrado debe ser suficiente para revelar los obstáculos del camino potencialmente peligrosos, así como irregularidades y baches.

## Reconocimiento facial

Es importante para los peatones poderse reconocer entre sí cuando se encuentran y poder distinguir los rasgos faciales, desde una distancia a la que sea factible evitar un posible ataque.

## Orientación

Una buena orientación implica la capacidad de identificar casas, edificios y peculiaridades de los alrededores. Los letreros con los nombres de las calles en especial deberán estar bien iluminados.

**Seguridad**

El alumbrado residencial debe cumplir una función doble desde el punto de vista de la seguridad; debe disuadir a posibles intrusos o ladrones o al menos revelar la presencia de estos a los residentes y transeúntes.

Cuando se considera la seguridad de los peatones, el alumbrado de las áreas residenciales se deberá diseñar en base a los valores recomendados para iluminancia horizontal, que se muestran en la siguiente tabla.

Iluminancia	Observaciones
0.2 lux	Mínimo para seguridad de movimientos; detección de obstáculos.
5 lux	Media para "seguro" reconocimiento facial.
20 lux	Alumbrado atractivo.

**Control del deslumbramiento**

Una regla importante para mantener el deslumbramiento en un mínimo aceptable, es no colocar fuentes de luz a la altura de los ojos; deben instalarse por debajo de un metro y por arriba de tres metros aproximadamente.

**Tabla 906.2**  
Niveles de Iluminancia Mínima (Luxes)

FACTORES
Seguridad de Movimiento
Reconocimiento

1

5

**CAPITULO 10 TABLAS**

**A. Tablas**

**Notas a las tablas**

1. Las tablas 3A, 3B y 3C, se aplican solamente a sistemas completos de tubos conduit o tuberías y no se pretende aplicar a secciones de tubos conduit o tuberías que se emplean para proteger de daños mecánicos a los alambrados expuestos.

2. Cuando se instalan conductores para la puesta a tierra e interconexión de equipos, éstos deben incluirse para calcular el porcentaje de relleno de los tubos conduit. Para el cálculo deben emplearse las dimensiones reales de dichos conductores.

3. Cuando en un tubo conduit se instalan niples, con una longitud no mayor de 60 cm, para conectar a cajas, gabinetes, o envoltentes similares, el porcentaje de relleno en el niple pueda ser de hasta el 60% de su área de sección transversal total. El Artículo 310, Nota 8(a) de las notas a las tablas de capacidad de corriente de 0 a 2 000 V no se aplican a esta condición.

4. Para conductores que no se incluyen en el Capítulo 10, tales como los cables multiconductores, deben emplearse las dimensiones reales.

5. Véase la Tabla 1 para el porcentaje de relleno de los tubos conduit o tuberías.

**Nota**

La Tabla 1 está basada en las condiciones usuales de cableado y alineación adecuada de los conductores y cuando la longitud del tendido y el número de dobleces está dentro de límites razonables.

Para ciertas condiciones debe considerarse un tamaño mayor de tubo conduit o un menor porcentaje de relleno.

**Tabla 1. Porcentajes de relleno de conductores para tubos conduit o tuberías.**  
(%)

Numero de conductores	1	2	más de 2
Todos los tipos	53	30	40

Nota 1. Véanse las tablas 3A, 3B y 3C para el número de conductores, todos del mismo tamaño, en tamaños comerciales de tubos conduit o tuberías de 13 mm hasta 150 mm.

Nota 3. Para conductores con área de sección transversal mayor de 380.0 mm<sup>2</sup> (750 kCM) o para combinaciones de conductores de diferentes tamaños, úsense las tablas 4, 5 y 8 de este Capítulo para las dimensiones de los conductores, de los tubos conduit y de las tuberías.

Nota 4. Cuando, para conductores del mismo tamaño se calcula el área total ocupada (considerando el área de sección transversal total de cada uno, incluyendo su aislamiento), afectando este cálculo por el factor de relleno correspondiente y resulta una fracción decimal de 0.8 o mayor que el área de un tubo conduit de tamaño comercial, debe seleccionarse el tubo conduit o tubería de tamaño comercial inmediato superior.

Nota 5. Se permite el uso de las dimensiones para conductores desnudos dadas en la tabla 8 de este Capítulo cuando el uso de conductores desnudos está autorizado en otras secciones de esta Norma.

Nota 6. Un cable multiconductor de dos o más conductores debe considerarse como un solo cable para el cálculo del porcentaje de relleno del tubo conduit. Para cables con sección transversal elíptica debe considerarse la distancia mayor como el diámetro externo del cable y con esto calcular el porcentaje de

# PARA 1000 LUMENS DE LAMPARA



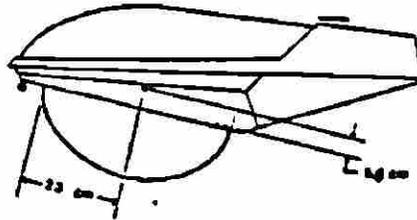
LUMISISTEMAS CM.S.A.

## INFORMACION FOTOMETRICA

NÚMERO DE CURVA	NÚM.	FECHA	REVISIÓN
35-175816			

APROBADO POR [Signature] FECHA 6/1/77  
 DEPTO. DE INGENIERIA DEL PRODUCTO  
 NAUCALPAN I.D.O. DE MEXICO

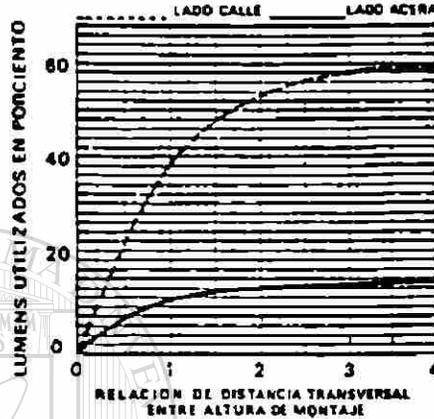
PARA 1000 LUMENS DE LAMPARA



**DESCRIPCION DEL LUMINARIO**  
 LUMINARIO CROBALITE 400 /  
 MARCA CS  
 REFLECTOR 25-27188-05  
 REFRACTOR 818  
 POSICION DEL PORTALAMPARAS : 2

**LAMPARA:**  
 VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 250 + 400 WATTS  
 LU 250/80 + LU 400/80

### CURVA DE UTILIZACION



**TIPO ANSI/IES**  
 MEDIO/NO-CUTOFF/TIPO III

**TIPO CIE**  
 NO-CUTOFF

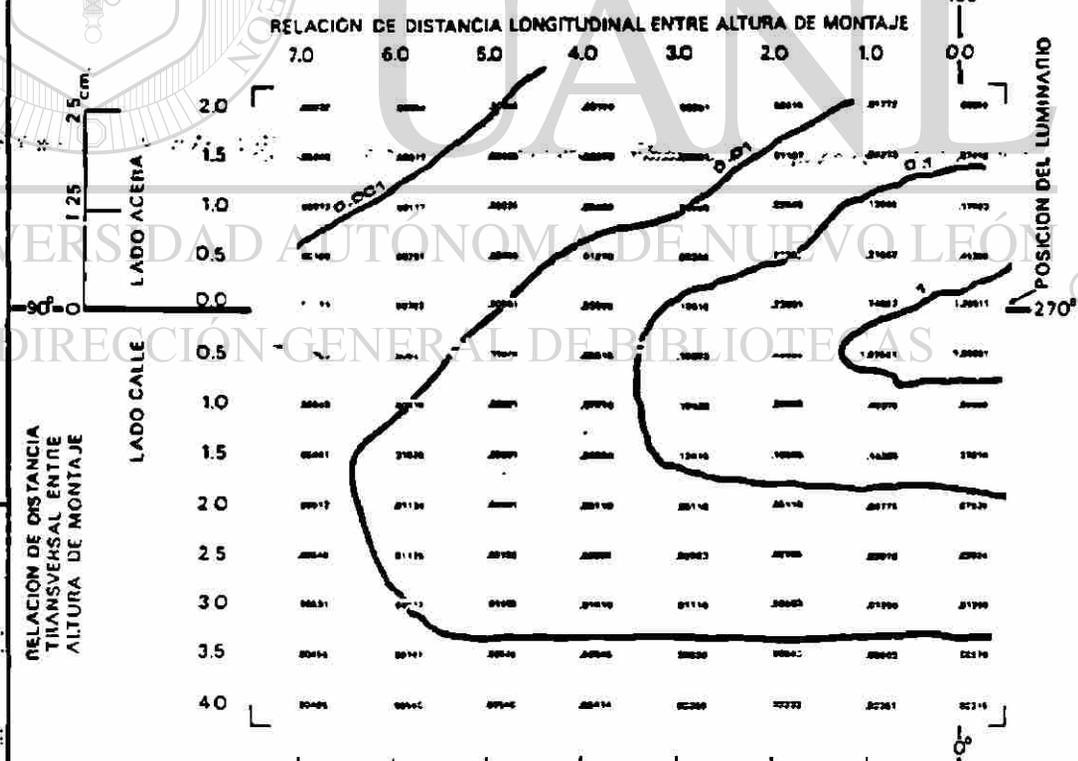
**INFORMACION GENERAL**  
 PRUEBA No. 74-002  
 DISTANCIA DE PRUEBA (METROS) 3  
 LUMENS DE PRUEBA 1000  
 Si el número de lumens que proporciona la lámpara es diferente de 1000 lumens, multiplique todos los valores, candelas y luxes por el siguiente factor.

(d)

FACTOR	LUMENS REALES DE LAMPARA	LUMENS DE PRUEBA
CANDELAS MAXIMAS	775	775
CONO MAXIMO	72.8°	72.8°
PLANO VERTICAL MAXIMO	73.9°/207.9°	73.9°/207.9°
CANDELAS MAXIMAS A 0°	42	42
CANDELAS MAXIMAS A 90°	200	200
LUXES EN EL MARCH	1.206	1.206
CANDELAS EN EL MARCH	227	227

PRUEBA FOTOMETRICA SEGUN PROCEDIMIENTOS DE LA IES

### CURVAS ISOLUX



(b)

**VALORES DE FLUJO LUMINOSO**

	LUMENS	PORCIENTO DE LAMPARA
LADO CALLE HAC A ARRIBA	420	42
LADO CALLE HAC A ABAJO	10	1
LADO ACERA HAC A ARRIBA	180	18
LADO ACERA HAC A ABAJO	10	1
TOTA.	630	63

RELACION DE DISTANCIA TRANSVERSAL ENTRE ALTURA DE MONTAJE

**FACTORES DE CONVERSION**

- 1 LUX = 0.0929 FOOTCANDELES
- 1 METRO = 3.28 PIES (FEET)

LOS DATOS DE LUXES ESTAN BASADOS EN UN LUMINARIO MONTADO A DIEZ METROS DE ALTURA, PARA OTRAS ALTURAS DE MONTAJE MULTIPLIQUE LOS VALORES DE LUXES POR EL FACTOR DE CORRECCION DADO EN LA SIGUIENTE TABLA.

(c)

ALTURA DE MONTAJE (m)	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	11	12	13	14	15
FACTOR DE CORRECCION	1.76	1.60	1.30	1.25	1.11	1.00	0.83	0.68	0.58	0.51	0.44

NÚMERO	NÚM.	REVISIÓN
35-175816		

FIG. 2

# AUTOBIOGRAFIA

- **Nombre:** Alvaro García Garza
- **Candidato a obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Administración con Especialidad en Investigación de Operaciones.**



- **Título de Tesis:** Optimización de Recursos en Alumbrado Público.
- **Título Profesional:** Ingeniero Mecánico Administrador.

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

- **Lugar y Fecha de nacimiento:** Monterrey, N.L. 13 de Julio de 1957.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- **Nombre de mis Padres:** Sr. Maximino García y Sra. Minerva Garza de García.
- **Egresado de la Institución:** Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- **Grado Obtenido:** Ingeniero Mecánico Administrador.

- **Fecha:** 24 de Mayo de 1980.
- **Actividades Profesionales:** Catedrático de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León desde el 15 de Febrero de 1980 a la fecha.
- **Area de Coordinación de Administración.**
- **Asesor de proyectos de alumbrado de la Secretaría de Obras Públicas del Municipio de Monterrey ( 1995-1997 ).**

- **Ha sido expositor y conferencista invitado en diversos organismos públicos así como en empresas privadas y maestro desde 1980 en la FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON. Y EN EL INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD**

---

**AUTONOMA DE NUEVO LEON**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



