



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

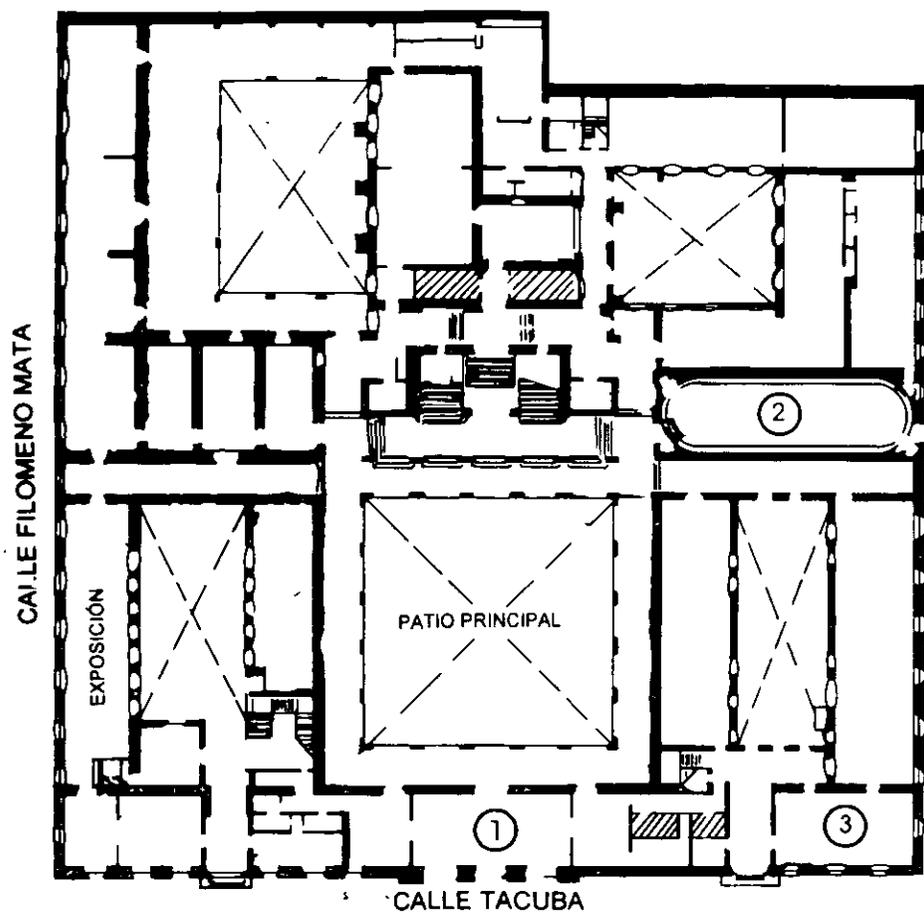
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

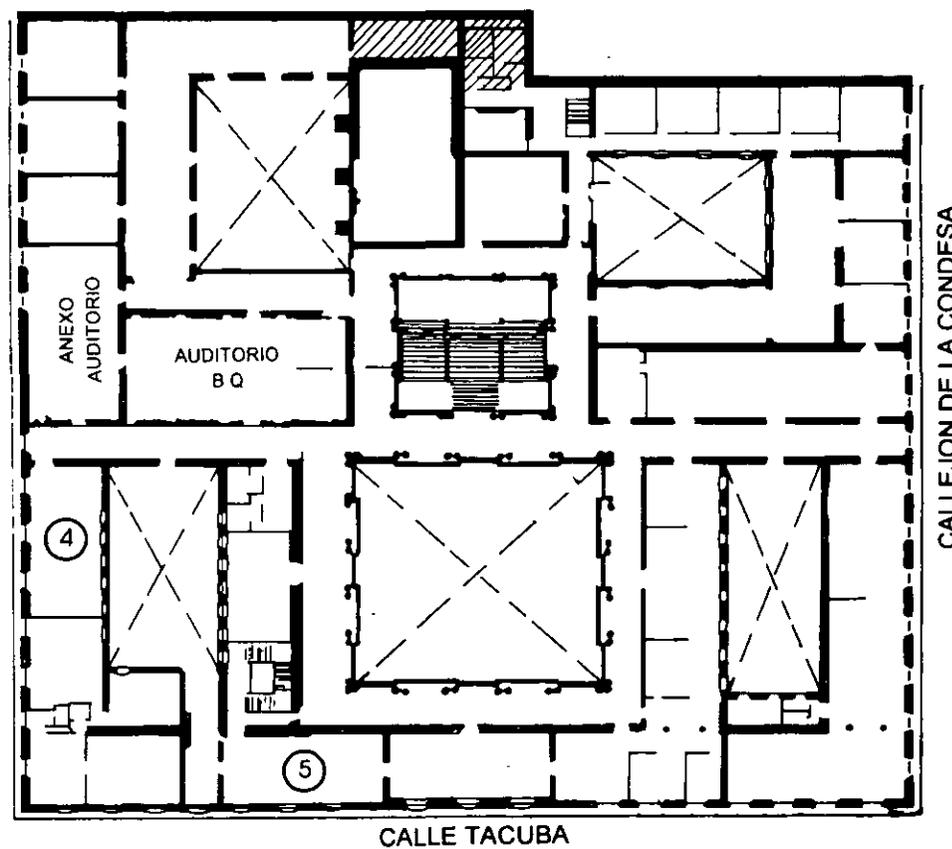
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente  
División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

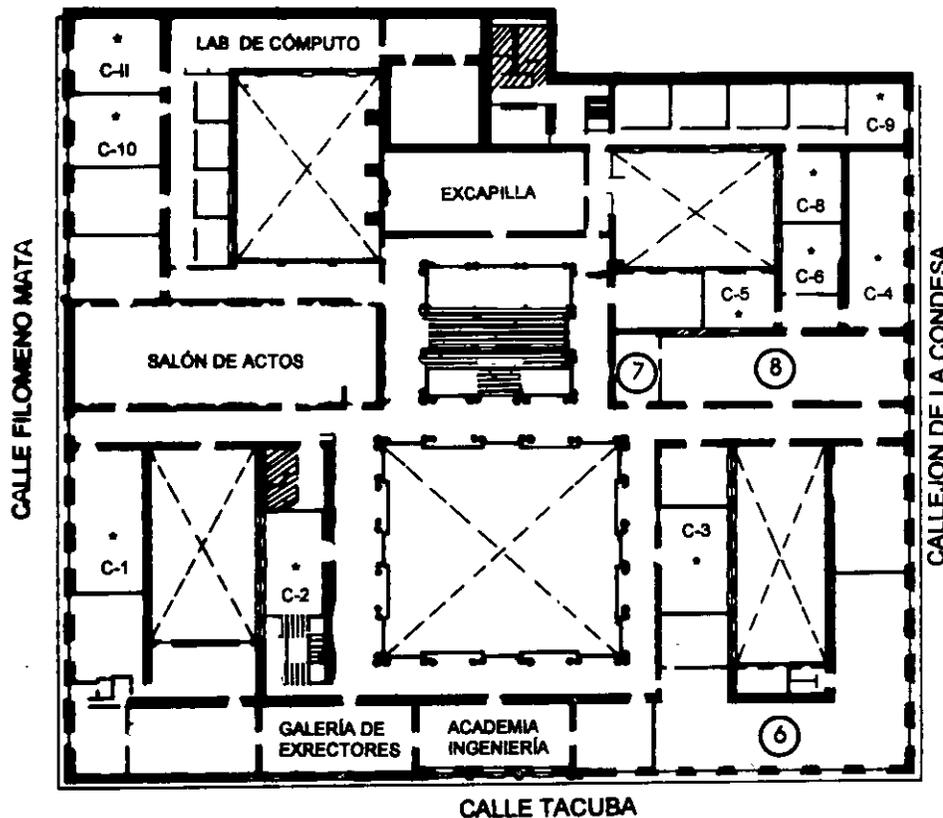


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

# PALACIO DE MINERIA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
  2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
  3. LIBRERÍA UNAM
  4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
  5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
  6. OFICINAS GENERALES
  7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
  8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- \* AULAS

**1er. PISO**



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

### **TEMA**

**BUENAS RAZONES PARA AHORRAR ENERGIA**

**EXPOSITOR: ING. ALEX RAMÍREZ RIVERO  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## TEMA I

### **BUENAS RAZONES PARA AHORRAR ENERGIA**

La justificación de las acciones para ahorrar energía eléctrica puede englobarse desde tres puntos de vista:

- 1) Beneficios para el usuario.
- 2) Beneficios para las empresas relacionadas con la fabricación y comercialización de equipo ahorrador así como con la consultoría.
- 3) Beneficios para las compañías suministradoras de energía eléctrica y para la sociedad y el país en su conjunto.

#### **I.1.- BENEFICIOS PARA EL USUARIO.**

Desde el punto de vista del usuario, el ahorro de energía es una inversión muy rentable. La estructura de la factura eléctrica depende del tipo de usuario, con lo que se determina la tarifa contratada. Generalmente está formada por cuatro conceptos principales que son: por consumo de energía eléctrica (KWH), por cargos fijos (mantenimiento, por ejemplo), por bajo factor de potencia (cuando es menor a 0.9) y por demanda máxima (KW) (Figura 1). Ahorrar energía incide favorablemente en los conceptos anteriores porque tiende a reducir la corriente, aunque no afecta los cargos fijos. El caso del factor de potencia es un caso particular, porque así como puede representar un recargo de hasta 120% también puede convertirse en una bonificación de 2.5%.

Aunque en algunos equipos eléctricos existen pérdidas mecánicas (por fricción, inercia, etc.) puede decirse que el ahorro de energía en sistemas eléctricos gira alrededor de una cuestión fundamental: de la cantidad de energía disipada al medio en forma de calor. Este proceso es un fenómeno irreversible, ya que no hay forma de hacer que esa energía disipada regrese a la red, de manera que es una pérdida absoluta. Estas pérdidas pueden ser de origen eléctrico (efecto Joule) o magnético (histéresis y corrientes parásitas). Las pérdidas debidas al efecto Joule son proporcionales al producto de la resistencia efectiva por el cuadrado de la corriente eficaz y en la práctica son por mucho las más importantes.

De acuerdo con lo anterior, se deduce que una disminución de la corriente favorece en general a la eficiencia de los sistemas eléctricos. Existen por supuesto excepciones: un motor o un transformador trabajando en vacío manejan corrientes mínimas y sin embargo su eficiencia es cero, ya que no transfieren energía alguna a la carga. El caso de los conductores es distinto:

ya sea un delgado alambre magneto o un grueso cable de potencia, la resistencia depende de su calibre, del material, de la longitud, de la frecuencia y de la temperatura a la que trabaje. La temperatura a su vez está determinada por la técnica de instalación y del ambiente en el que opere, pero sobre todo de la corriente que maneje. Un conductor que conduzca corriente alta se calentará y con ello elevará sus pérdidas.

Por ejemplo, un alambre de cobre que debido a la corriente trabaje a  $100^{\circ}\text{C}$ , presentará una resistencia 1.314 veces mayor que cuando se encuentra a  $20^{\circ}\text{C}$ . Esto implica que las pérdidas por efecto Joule en dicho conductor aumentarán 31.4% por culpa del efecto térmico de la corriente. Pero éste no es el único inconveniente; el aislamiento del conductor sufrirá las consecuencias de este calentamiento. En la práctica se considera que por cada  $10^{\circ}\text{C}$  de incremento en la temperatura promedio de operación la resistencia de aislamiento y la vida se reducen a la mitad, con las inevitables consecuencias negativas en la seguridad y en los costos de mantenimiento por mano de obra y material. Esto es válido también para motores, reguladores, arrancadores, reactores, balastos, transformadores, etc.

Independientemente del efecto térmico de la corriente al circular por los conductores, las pérdidas variarán en forma cuadrática con respecto a dicha corriente. Por tanto, si la corriente se duplica las pérdidas se cuadruplican; en cambio si la corriente se reduce por ejemplo 30% las pérdidas decrecerán 51% y si se reduce 60% las pérdidas bajarán 84%.

Otro beneficio que se obtiene al reducir la corriente es la mejora en la regulación de tensión, ya que a mayor corriente mayor caída de voltaje. Por ejemplo, ignorando el efecto térmico, si la corriente se duplica, la caída de tensión también aumenta al doble, pero si la corriente se reduce 20% la caída decrece también 20%, es decir la caída de tensión varía en la misma forma en que varía la corriente.

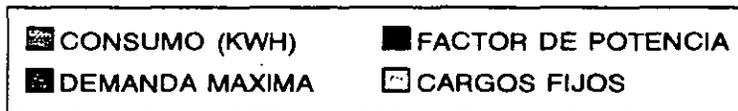
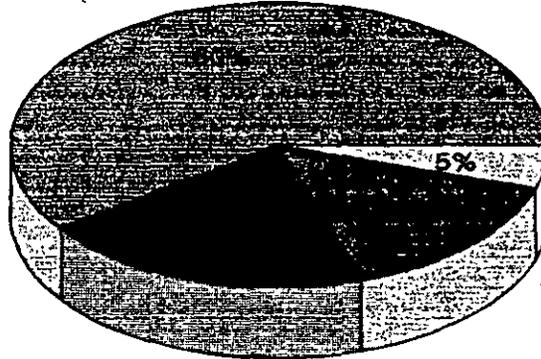
Una reducción de la corriente en diversos puntos de la instalación eléctrica reducirá la corriente de todo el sistema, reflejándose directamente en la demanda instantánea y por tanto en la demanda máxima facturable, ya que ambas son función del voltaje, del número de fases, del factor de potencia y por supuesto, de la corriente.

Reducir la corriente y por tanto las pérdidas proporciona otro beneficio adicional: disminuir la carga térmica. Cada KWH de pérdidas requiere 3,412 BTU de aire acondicionado (a/c). Como cada tonelada de a/c equivale a 12,000 BTU, cada 3.5 KWH evitados ahorran una tonelada de a/c.

Ahorrar energía ya sea a través de la corrección del factor de potencia, del uso de equipo altamente eficiente, de una mejor filosofía de operación y control o por cualquier otro medio, también permite ahorrar en cableado para obras nuevas ó existentes, en KVA de transformadores, en equipo de protección, en mantenimiento, etc.. Sin embargo el beneficio más evidente e

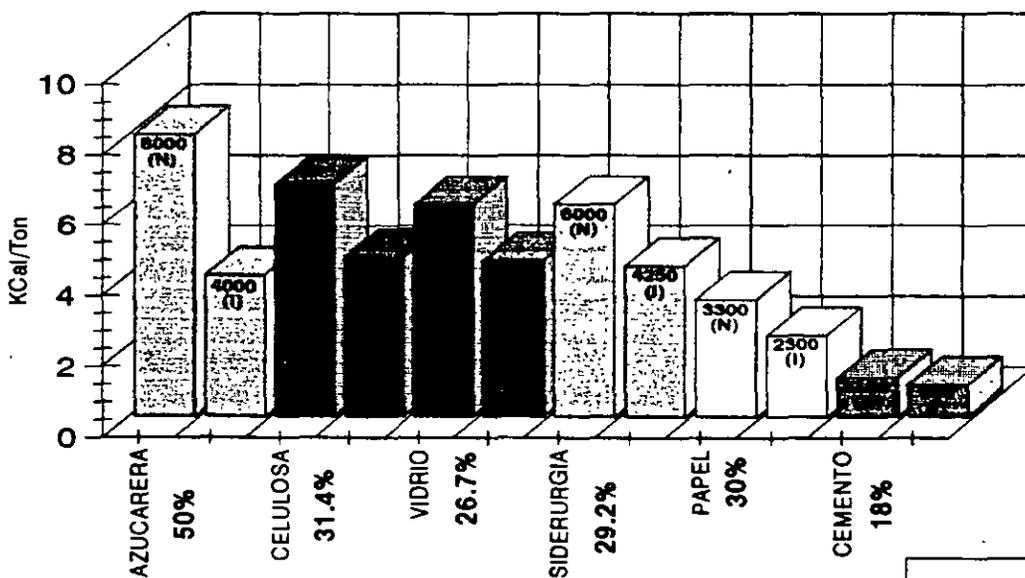
# COMPONENTES DE UNA FACTURA ELECTRICA EJEMPLO DE PESO PORCENTUAL

FIGURA 1



AGRR/FIDE/ENE-93

# INDICES DE CONSUMO ENERGETICO EN 1988 POR RAMA INDUSTRIAL



AGRR/FIDE/FEB-93

FIGURA 2

inmediato es la disminución del importe de la factura eléctrica a través de la optimización del consumo, demanda máxima y factor de potencia alcanzados al ahorrar energía.

Para el usuario industrial, la energía eléctrica representa un cierto porcentaje de sus costos de producción, que en algunos casos puede ser muy importante. Existe un índice energético llamado *Intensidad Energética* que relaciona la energía consumida para lograr una unidad de producto terminado, por ejemplo joules/llanta ó KWH/tonelada de cemento. En la figura 2 se aprecian las intensidades energéticas en varias ramas industriales en México y las correspondientes a los países avanzados. Con las expectativas del TLC las empresas nacionales tendrán que mantener ó elevar la calidad de sus productos pero a un costo igual ó menor al internacional para poder competir con las empresas extranjeras. Resulta evidente que las acciones encaminadas para lograr ahorros de energía son cada día más necesarias, pero también cada día más factibles y más rentables.

## **1.2.- EMPRESAS RELACIONADAS CON EQUIPOS AHORRADORES.**

Dadas las condiciones en materia de energía eléctrica y de mantenimiento, instalación y operación de equipo eléctrico en nuestro país, los productos ahorradores importados no siempre satisfacen nuestras necesidades. En lugar de ser un impedimento para el desarrollo, esta situación se está volviendo positiva, ya que está dando oportunidades a fabricantes nacionales para desarrollar productos idóneos para el mercado interno. Esto evidentemente se traduce en fuentes de empleo y prosperidad para los nacionales.

Por otro lado, las actividades relacionadas con el ahorro de energía están empezando a ser buen negocio en México. La concientización del usuario está creando la necesidad de especialistas en ahorro de energía en todas las ramas, lo que está propiciando la creación de múltiples microempresas dedicadas a esta especialidad y también la creación de nuevas áreas especializadas en ahorro dentro de empresas consultoras ya establecidas y con amplia experiencia en áreas afines. Desde luego, las oportunidades se están dando también para profesionistas con amplia experiencia, quienes están ya desarrollando una positiva labor de consultoría.

## **3.- COMPAÑIAS SUMINISTRADORAS DE ENERGIA.**

Desde el punto de vista eléctrico, al igual que en el caso de los usuarios, el aumento de

carga provoca un incremento en la corriente de diversos puntos del Sistema Eléctrico Nacional, con los consiguientes inconvenientes en regulación, control de frecuencia, pérdidas en líneas de transmisión y distribución, pérdidas en transformadores, etc..

La suma de los perfiles de las cargas individuales produce el perfil de carga nacional (Figura 3), con un pico de demanda que se presenta muy marcadamente entre las 19:00 y las 21:00 hrs, demanda que es satisfecha con plantas pequeñas con altos costos de operación, lo que supone además la inversión en equipo costoso que trabaja con factor de carga bajo, es decir pocas horas al año.

Este y otros problemas no son exclusivos de CFE. Las empresas dedicadas al suministro de energía eléctrica para servicio público se enfrentan en todo el mundo a nuevos retos cuya solución puede requerir cambios estructurales de gran importancia.

Históricamente, la función principal de las compañías suministradoras ha sido satisfacer los requerimientos de energía eléctrica en calidad, cantidad, precio, oportunidad y servicio. Sin embargo, la situación actual exige el cumplimiento de requisitos adicionales que si bien antes no eran totalmente ignorados, tampoco representaban los puntos medulares para la planeación.

Son dos los requisitos adicionales: *la protección del medio ambiente y la conservación de recursos energéticos* -especialmente los no renovables-. El cumplimiento de estos nuevos requisitos condiciona el uso de nuevas tecnologías y la reestructuración de las propias empresas.

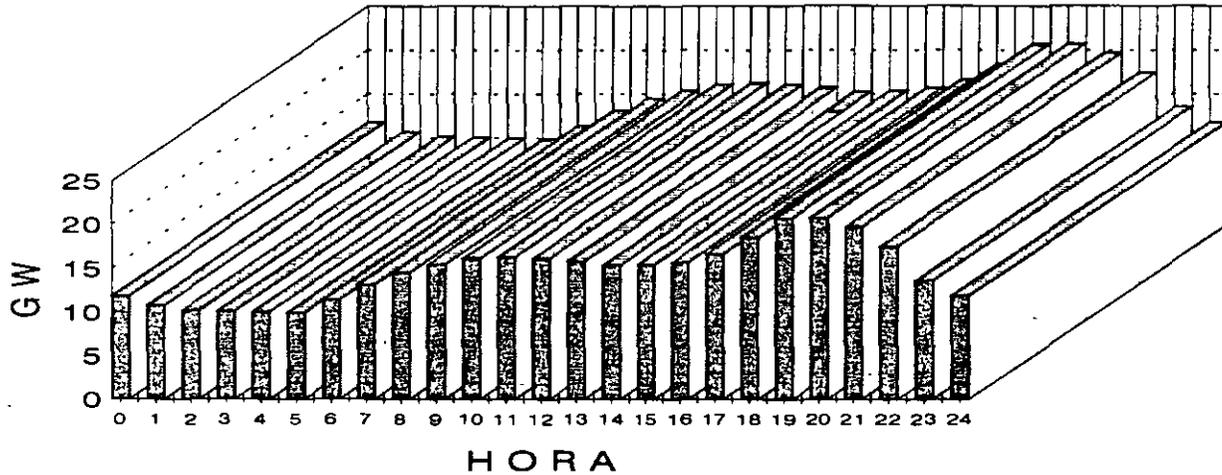
En México, la capacidad instalada de generación se encuentra formada así: 61% con termoeléctricas, 29% hidroeléctricas, 4.5% geotérmicas, 3% carboeléctricas y 2.5% nucleoeeléctricas (Figura 4). En cuanto a la distribución del consumo de energía por sector, el 56% corresponde a la industria, 21% al doméstico, 16% al comercial y de servicios y 7% al de agricultura. Por uso final los motores consumen 60%, la iluminación 30% y el 10% lo consumen cargas múltiples incluyendo pérdidas en equipos auxiliares (Figura 5).

Uno de los problemas ambientales que está influyendo en el desarrollo de los sistemas de generación de energía eléctrica es precisamente el causado por la utilización de combustibles fósiles -carbón, combustóleo y gas natural- en plantas termoeléctricas, lo que da lugar a impactos ambientales de mayor ó menor importancia, dependiendo de la capacidad de la planta y del combustible usado.

Una de las causas del aumento de la contaminación atmosférica en el Valle de México en la última década fue la sustitución de gas natural por combustóleo en las plantas termoeléctricas que suministran energía eléctrica a la Ciudad de México y en las industrias localizadas en la zona metropolitana.

# GENERACION HORARIA DURANTE UN DIA LABORABLE EN EL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

HASTA EL 16-JUN-1994



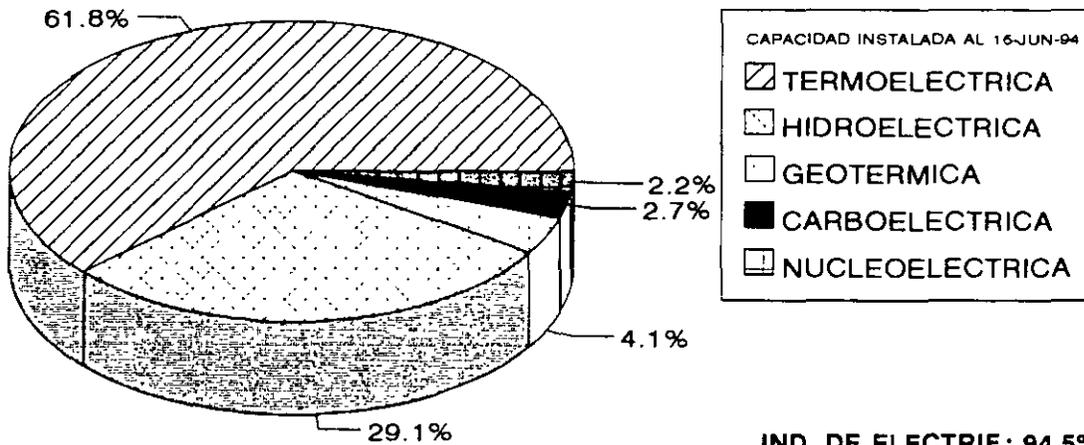
DEMANDA MEDIA: 13.9 MW  
 DEMANDA PICO: 20.5 MW  
 FACTOR DE CARGA: 67.8%

FIGURA 3

## ESTADISTICAS BASICAS

GEN. BRUTA: 122.8 TWH - CONSUMO: 103.4 TWH

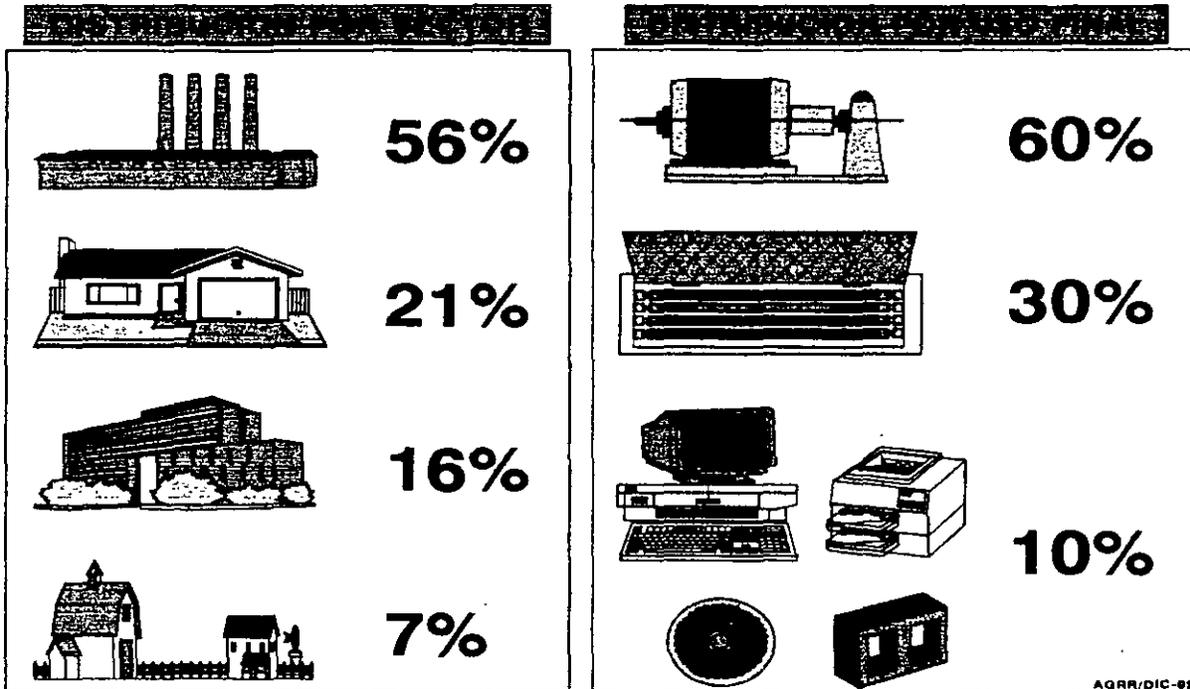
CAPACIDAD INSTALADA AL 16-JUN-94: 29.5 GW



IND. DE ELECTRIF.: 94.5%

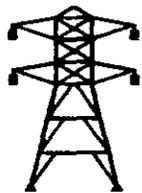
FIGURA 4

# DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA

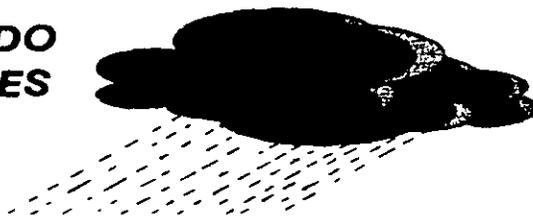


AGRR/DIC-92

FIGURAS 5 y 6

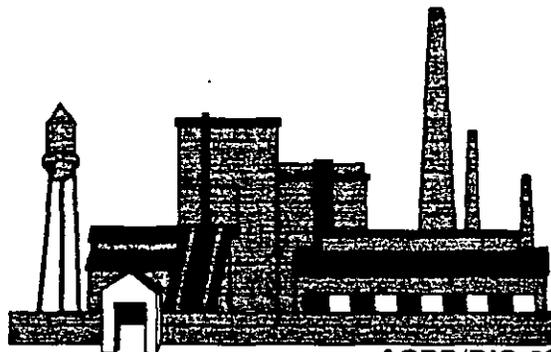


**CADA KWH AHORRADO  
EVITA LOS SIGUIENTES  
CONTAMINANTES:**



Gramos

|            |                |                |
|------------|----------------|----------------|
| <b>NOx</b> | <b>1.22</b>    | <b>0.82</b>    |
| <b>SO2</b> | <b>3.41</b>    | <b>1.6</b>     |
| <b>CO2</b> | <b>263.1</b>   | <b>214.83</b>  |
| <b>CH4</b> | <b>0.00268</b> | <b>0.00195</b> |



AGRR/DIC-92

En la figura 6 se comparan las emisiones de contaminantes resultantes de la combustión de dos energéticos al producir un KWH en una planta termoeléctrica convencional.

Para apreciar el efecto de la generación eléctrica sobre la contaminación atmosférica en el Valle de México, conviene proporcionar información sobre el suministro de energía eléctrica en esa región que cubre principalmente la zona metropolitana de la Ciudad de México, la que, según el censo de 1990 tiene 14'987,000 habitantes, de los cuales el 55% corresponde al Distrito Federal y el 45% a los municipios conurbados del Estado de México; existe además una importante concentración de industrias, comercios, servicios y actividades gubernamentales en esa zona.

En 1991 el consumo de energía en la región correspondiente al Area de Control Central -que es la más afectada por la contaminación- fue de 29,371 GWH, que corresponde aproximadamente a la cuarta parte del total nacional. De esa cantidad el 84% se consumió en la zona metropolitana del Valle de México, lo que significa que en esa zona que abarca menos del 1% del territorio nacional se consumió el 21% de la energía eléctrica producida en todo el país.

Por otro lado, el 78% de la energía consumida en la zona central se produjo en 27 plantas generadoras comprendidas en el Area de Control Central, siendo 20 de ellas hidroeléctricas y 7 termoeléctricas. Sin embargo estas cifras pueden ser engañosas, porque aunque las termoeléctricas representan en número sólo el 26%, su generación de energía eléctrica representó el 72% en 1992.

En cuanto a la localización de las 27 plantas generadoras, puede decirse que prácticamente todas las hidroeléctricas están fuera de la Cuenca del Valle de México, mientras que las 7 termoeléctricas se encuentran en la parte norte de la cuenca. Estas plantas termoeléctricas contribuyen en buena medida a la contaminación atmosférica del Valle de México por la producción de óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO2) causantes de la lluvia ácida e inevitablemente bióxido de carbono (CO2) que contribuye al aumento del efecto invernadero en la atmósfera, lo que producirá a largo plazo un incremento de la temperatura en la superficie terrestre y un cambio global del clima. Estos efectos se ven agravados porque los vientos dominantes en el Valle proceden del Norte, arrastrando estos gases hacia el centro y sur de la cuenca. Por si fuera poco, la contaminación no se limita exclusivamente al aire; cada megawatt de generación termoeléctrica instalado requiere un consumo de agua para enfriamiento de un litro por segundo.

El problema de contaminación se vuelve aún más preocupante si se analizan las expectativas en el corto plazo. De acuerdo con las tendencias actuales, el crecimiento en la zona central es de aproximadamente 5% anual lo que evidentemente empeorará al problema. La capacidad de generación se ha incrementado a lo largo de los años de acuerdo con las necesidades, como se aprecia en la figura 7. Para atender la demanda de energía eléctrica en todo el país CFE

aumentará en 10 años 16,765 MW la capacidad instalada, lo que representa 62% de incremento con respecto a lo existente en 1992, pero resulta dramático observar que el 83% de dichas plantas son termoeléctricas potencialmente contaminantes.

El uso de recursos energéticos renovables, como la energía hidroeléctrica, la solar y la eólica evitan problemas de contaminación, pero aún en conjunto no parecen representar una posibilidad real de apoyar de una manera significativa a la generación a partir de hidrocarburos, al menos en el corto plazo.

Aunque la generación a base de energía nuclear no consume hidrocarburos, presenta otro tipo de contaminación de gran riesgo: el de las radiaciones ionizantes. Estas radiaciones están ligadas con los efectos en los seres vivos y en el medio ambiente en general. Debido a esto no parece que la moratoria nuclear que existe en muchos países desaparezca mientras no se resuelvan dos problemas fundamentales: el de la seguridad y el de la disposición final de los desechos radiactivos.

La cogeneración representa otra alternativa. De acuerdo con estimaciones preliminares de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE), se determinó que el potencial de cogeneración nacional incluyendo industrias e instalaciones de PEMEX puede llegar a 6000 MW. Sin embargo, existen barreras de tipo técnico, económico y de actitud que generan un alto grado de incertidumbre sobre la pronta y efectiva incorporación de este esquema en nuestro país.

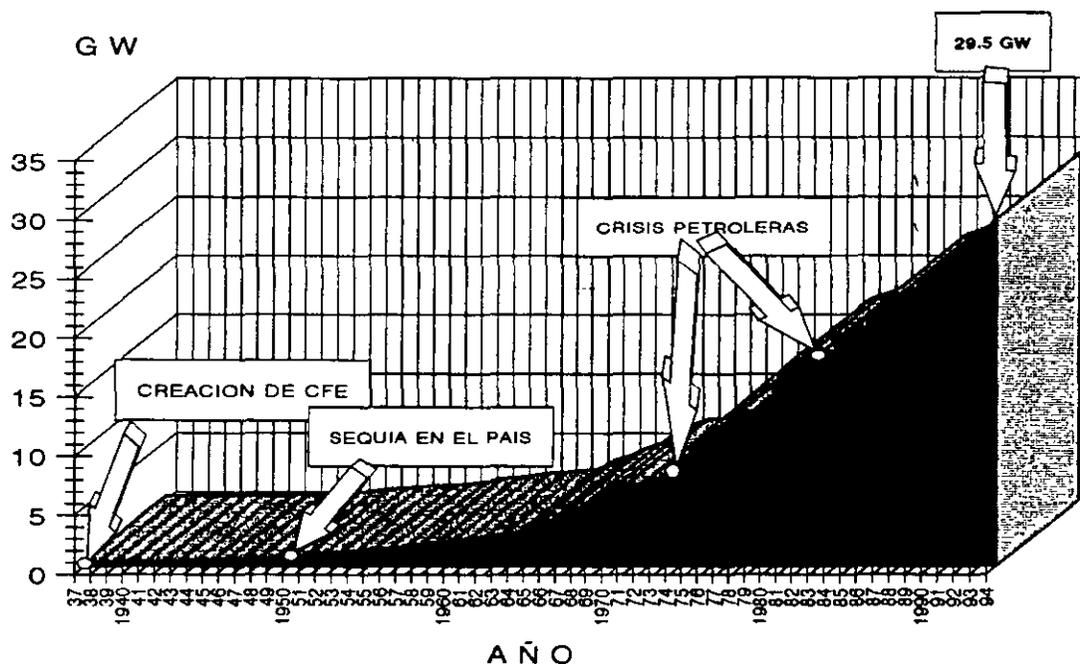
Desde el punto de vista de los energéticos, casi la mitad de la producción diaria de hidrocarburos de México se destina para la generación de energía eléctrica. De acuerdo con las tendencias actuales de consumo y considerando exclusivamente las reservas probadas, nuestro país podría correr el riesgo de dejar de ser exportador de crudo en el mediano plazo para convertirse en importador en el largo plazo, como ya sucedió hace algunos años.

Para resolver ó al menos atenuar los problemas de contaminación, de agotamiento de recursos energéticos no renovables y de generación y distribución de la energía eléctrica, la alternativa más viable resulta ser sin duda el ahorro y uso eficiente de la energía. Actualmente es una práctica extendida de planeación entre las empresas eléctricas, la llamada planeación para el costo mínimo. De acuerdo con esta práctica las empresas analizan si es más conveniente aumentar la capacidad de generación, o si es mejor invertir en la promoción de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía.

En casi todos los países se ha concluido que en promedio resulta dos veces más caro aumentar 1 KW de capacidad instalada de generación que incentivar al usuario a reducir en 1 KW la carga instalada. Por ello, algunas compañías suministradoras en otros países ofrecen bonificaciones hasta por \$100,000.00 USD al año a los usuarios que inviertan en equipos ahorradores de energía.

# DESARROLLO HISTORICO DEL SECTOR ELECTRICO NACIONAL

EVOLUCION DE LA CAPACIDAD DE GENERACION A JUN-94

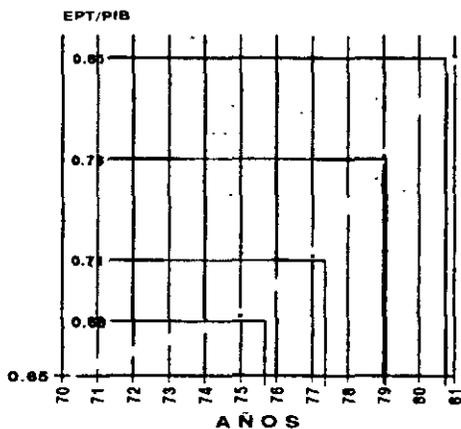


FIGURAS 7 y 8

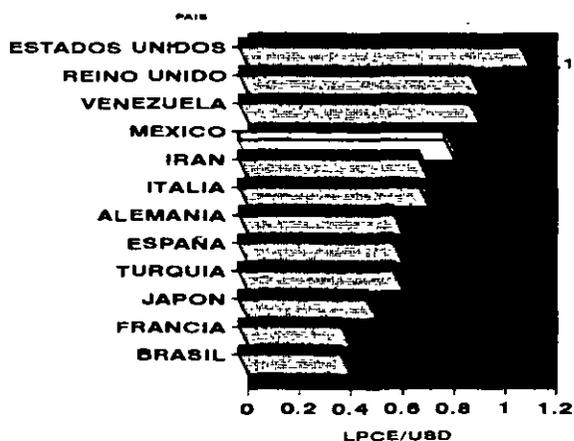
## INDICES ENERGETICO-ECONOMICOS

1981

COMPORTAMIENTO DE LA INTENSIDAD ENERGETICA EN MEXICO 1970-1981



CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA POR PIB PAISES SELECCIONADOS (1981)



\* FUENTE: BOLETIN INFORMATIVO DEL SECTOR ENERGETICO, NOVIEMBRE DE 1982, MEXICO.

\* FUENTE: PROGRAMA DE ENERGIA, MEXICO, 1981.

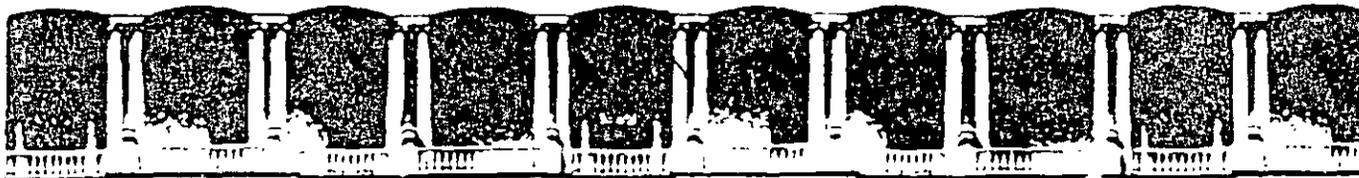
Por todo lo anterior, el Gobierno Federal estableció como prioritarias, las acciones orientadas al ahorro y uso eficiente de la energía, en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa de Modernización Energética; como respuesta, el Sector Eléctrico integró en enero de 1990 su Programa de Ahorro de Energía denominado PAESE, como una muestra del interés por impulsar en forma vigorosa este tipo de acciones.

En respuesta a la convocatoria de CFE, las empresas involucradas en la producción y consumo de electricidad y las Cámaras que las representan, acordaron con las autoridades del sector, la creación de un Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), en el cual además participan la propia CFE, la CLyFC y el SUTERM.

El objetivo del Fideicomiso es el de inducir la participación de la sociedad y en particular de los industriales en los programas de ahorro de energía eléctrica, así como apoyar con recursos económicos la realización de programas de interés social y proyectos piloto o demostrativos, a fin de lograr un efecto multiplicador.

De la misma forma en que se aplica la intensidad energética a una industria, se puede aplicar a un país completo, expresando la cantidad de energía requerida para producir una unidad de producto nacional bruto y es, por tanto, una medida de la eficacia con que una sociedad utiliza la energía. La energía primaria se puede expresar en litros de petróleo crudo equivalente y el producto interno bruto (PIB, que es la suma del valor de los bienes y servicios que genera una economía en un año determinado) está expresado en dólares.

En la figura 8 se puede apreciar la relación entre consumo de energía-PIB de varios países al año 1981. Con información más reciente disponible sobre consumo de energía se observa que en México mientras en el período 1988-89 el incremento fue de 8.1%, para el período 1989-90 el incremento disminuyó a 4.1% con crecimiento del PIB del orden de 3.3% y 3.9% respectivamente; ésto sugiere, de manera preliminar, que las medidas de concientización, tarificación y promoción del ahorro de energía eléctrica, han tenido un efecto positivo en este comportamiento y se espera que la tendencia continúe hasta alcanzar las intensidades energéticas de los países más avanzados.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**TARIFAS ELECTRICAS**

**EXPOSITOR: ING. ALEX RAMÍREZ RIVERO  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## TEMA II

### TARIFAS ELECTRICAS

#### INTRODUCCION

Haciendo caso omiso de los muchos tipos de tarifas y de los diferentes procedimientos de cálculo de cualquier compañía de generación de energía eléctrica del mundo, todas las facturas extendidas sobre el consumo de fuerza obedecen al mismo patrón.

Por lo común hay tres conceptos de cargo para formular estas facturas: demanda máxima, energía consumida y factor de potencia.

Los cargos por concepto de la demanda se basan en los costos de generación de energía eléctrica, de la transmisión y distribución de la misma, de acuerdo con los medios disponibles para efectuarlas.

En este renglón se incluyen los cargos redituables de la inversión, agregando intereses, impuestos, amortización, etc. Los cargos por concepto de energía comprenden los costos del combustible, mantenimiento y otros gastos relacionados con la operación.

#### II.1.- CARGOS POR DEMANDA MAXIMA

La demanda máxima puede explicarse de la manera siguiente: Supongamos que una planta va a fabricar botes de hojalata y que el rendimiento de cada máquina es de 10, 000 botes diarios, una orden de 300, 000 botes requiera 30 máquinas para fabricar este volumen en un día, pero si esta orden se reparte entre 10 días, la planta podrá trabajar con sólo tres máquinas.

El valor de la inversión representado por las máquinas tiene que incluirse en el costo de la producción de los botes. Si se puede convencer al comprador para que espere más tiempo para recibir sus botes, se le podrá dar un precio más reducido. Si se reducen los gastos generales, se podrá obtener un precio más bajo por unidad.

Lo mismo sucede con el caso de la Energía Eléctrica, sólo que en este renglón no le queda a la Central de Generación Eléctrica ninguna alternativa. Al hacer funcionar el

interruptor debe haber energía eléctrica suficiente para encender el alumbrado. Al oprimir un botón, las líneas de suministro deben tener la fuerza suficiente para el arranque del motor respectivo.

Por lo general no se prenden todas las luces a la vez y lo mismo ocurre en el caso de los motores. Pero si el consumidor así lo desea, se podrá conectar totalmente al servicio. Por tal motivo, la Central eléctrica necesita tener a su disposición todo el equipo necesario para poder sostener esa carga de continuo, las 24 horas del día.

Pero la Central no da servicio solamente a diez fábricas, sino que tiene que suministrar la energía a algunos cientos o miles de fábricas, de manera que está a mantener disponible, en todo tiempo una vasta reserva de energía.

El costo para el sostenimiento de estos servicios que exigen un máximo de esfuerzos se les pasa a los usuarios en forma de cargos por demanda. La demanda máxima es la demanda media en kilowatts durante un período de 15 minutos en el cual el consumo de energía es mayor que en cualquier otro período.

Entre más alta es la demanda de energía en un momento dado por un período de 15 minutos, más alto será también el cargo por demanda. Entre más uniformemente se pueda repartir el consumo de Energía Eléctrica en una planta, más bajo será el cargo por demanda.

## II.2.- FACTOR DE CARGA

Esta es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100 % de su carga o de su factor de carga. En esa forma se logrará la tarifa más baja por kilowatt-hora.

Sin embargo, si el ritmo de operación de la planta decrece, los cargos por la demanda se reparten entre unos cuantos kilowatt-hora y por tal motivo estos cargos se elevan para cada kilowatt-hora.

La nueva disposición es que los consumidores que presenten altos factores de carga propician una mayor eficiencia en la utilización de las instalaciones, por lo cual es recomendable estimular dicho comportamiento y para tal efecto es pertinente fijar tarifas especiales para aquellos usuarios de alta tensión que presenten demandas superiores o iguales a 20, 000 (veinte mil) KW y factores de carga mayores o iguales a 0.7 (cero punto siete).

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

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

El control de demanda automático debe ser considerado cuando la demanda es muy variable y su control sea factible debido a la existencia de cargas controlables. este tipo de control ha sido ampliamente utilizado en la industria del acero, pero sus principios pueden ser aplicados a los grandes consumidores industriales o comerciales.

El primer paso en la aplicación de control de demanda automático, es establecer el límite de demanda. Este está basado en las lecturas actuales de demanda o en un análisis de la misma.

El segundo paso consiste en identificar las cargas controlables, las cuales pueden ser desenergizadas para obtener el límite deseado. Ejemplo de cargas controlables: hornos eléctricos, compresores, acondicionadores de aire, ventiladores de calefacción y ventilación, enfriadores, etc.

### **II.3.- CONTROL DE DEMANDA**

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

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

1. Factor de carga
2. Valor y duración de los picos de demanda
3. Valor y duración de los valles
4. Horario de los picos de demanda
5. Causas de los picos de demanda

#### **II.4.- CARGOS POR ENERGIA CONSUMIDA**

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

Existen cuatro situaciones en las que se deben considerar las pérdidas en el transformador:

1. Si el usuario tiene su contratación en baja tensión, las pérdidas en los transformadores las absorbe la compañía que suministra el servicio.
2. Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión, y su medidor de consumo se encuentra en el secundario del transformador, la compañía que suministra el servicio efectúa un cargo del 2% por concepto de las pérdidas en el transformador.
3. Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión, y su medidor de

consumo se encuentra en el primario del transformador, no se realiza cargo ya que las pérdidas del transformador quedan incluidas en el medidor.

4. Si el suministrador del servicio tiene disponible solo baja tensión y el usuario requiere aumentar su voltaje a media o alta tensión mediante la instalación de un transformador, el suministrador del servicio bonifica el 2% al usuario o se recurre a otro convenio para hacerse cargo de las pérdidas del transformador.

## II.5.- CARGOS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

El término factor de potencia puede elevar el monto de la factura de consumo y sus efectos se hacen sentir en otros aspectos en el sistema de distribución de energía eléctrica en toda planta. El factor de potencia es un número que expresa una relación y puede explicarse de la siguiente manera:

La potencia es el producto de la corriente que fluye por el circuito y del voltaje sostenido en el mismo; es decir, es el resultado de multiplicar los amperios por los volts. Sin embargo, en los circuitos de corriente alterna, el amperaje requerido por los motores de inducción, transformadores, alumbrado fluorescente, hornos de inducción, soldadoras por resistencia, etc. está formado por dos clases de corriente: la corriente magnetizante y la corriente que desarrolla el trabajo.

La corriente efectiva es la que se convierte en trabajo útil por la acción del equipo como por ejemplo, la rotación de un motor, la ejecución de un cordón de soldadura o el bombeo de agua. Esta corriente da como resultado la potencia activa, medida en KW.

La corriente magnetizante (conocida también como corriente reactiva) es aquella que se requiere para producir el flujo magnético necesario para la operación de aparatos de inducción como los anteriormente mencionados. Sin la corriente de magnetización no habrá flujo de energía a través del núcleo de un transformador, ni a través del entrehierro de un motor de inducción. Este tipo de corriente produce la potencia reactiva que se expresa en KVAR. La relación entre el factor de potencia se expresa como la relación entre la corriente productora de potencia y la corriente del circuito.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{KW}}{\text{KVA}}; \quad \text{ó} \quad \text{KW} = \text{Kva} \times \text{fp.}$$

Las facturas de consumo de energía se basan en las mediciones de la demanda y en los Kilowatts-hora de energía.

De la fórmula anterior se desprende que para evitar cierta cantidad de potencia a un consumidor, la Central tendrá que transmitir una corriente mayor hacia un sistema que tenga un factor de potencia bajo, que hacia otro cuyo factor de potencia sea más alto. El valor de la corriente adicional no es registrado por el wathorímetro del consumidor y por lo tanto representa una pérdida para la compañía suministradora. Esta condición exige también la instalación de cables más gruesos y los transformadores, generadores y otros equipos, cuyas características se basan en su capacidad para conducir corriente, tendrán que ser de mayor tamaño.

En atención a la necesidad de compensar el monto de la mayor inversión que se necesita para atender la demanda de cargas de factor de potencia bajo, las compañías de energía eléctrica han introducido la cláusula de factor de potencia para las facturas de consumo de energía. En esta cláusula se ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia alto o también imponen cuotas a manera de multa si el factor de potencia está es bajo. Pero el resultado real es que se aplican cargos extra cuando el factor de potencia está por abajo del 90 % en la mayoría de los casos.

## **II.6.- ESTRUCTURA DE LAS TARIFAS**

La estructura actual de las tarifas de energía eléctrica se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se han tomado en cuenta las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de la tensión de suministro y demanda.

### **II.6.a.- Regionalización tarifaria**

Por lo anterior CFE ha dividido el territorio nacional por regiones, principalmente para diferenciar el uso de la energía eléctrica en media y alta tensión. A continuación se muestra un mapa con las regiones. Los números se refieren a porcentajes de cuotas, con respecto a las cuotas base, al 100 %, que se listan en la sección "cuotas y condiciones".

A continuación se detallan los municipios y estados de la república mexicana que corresponden a cada zona.

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

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

California Sur.

**3) REGION NOROESTE.** Todos los municipios del estado de SONORA, excepto San Luis Río Colorado. Todos los municipios del estado de SINALOA.

**4) REGION NORTE.** Todos los municipios de los estados de CHIHUAHUA Y DURANGO.

Municipios del estado de ZACATECAS: Chalchihuites, Jiménez del Téul, Sombreretes, Saín Alto, Jerez, Juan Aldama, Río Grande, General Francisco Murguía, Mazapil, Melchor Ocampo.

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

**5) REGION NORESTE.** Todos los municipios de los estados de NUEVO LEON Y TAMAULIPAS.

Todos los municipios del estado de COAHUILA excepto los comprendidos en la REGION NORTE.

Municipios del estado de ZACATECAS: Concepción del Oro y El Salvador.

Municipios del estado de SAN LUIS POTOSI: Venegas, Cedral, Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Río Verde, San Cirio de Acosta, Lagunillas, Santa Catarina, Rayón Cardenas, Alquines, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquismon, Axtla de Terrazas, Tamazunchale, Huehuetlán, Tamuín, Tanchuiz, Tanlajas, San Antonio Cosatlán, Tampamolón, San Vicente Tancuayalab, Ebano, Xilitla, Tampacan.

Municipios del estado de VERACRUZ: Pánuco, temporal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama de Mazcareñas, El Higo, Huayacocotla.

**6) REGION CENTRAL.** Todas las delegaciones del DISTRITO FEDERAL. Municipios del estado de MEXICO: Tultepec, Tultitlán, Ixtapaluca, Chalco de Días Covarrubias, Huixquilucan de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Santa Cruz Atizapán, Cuatitlán, Coacalco, Cuatitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Chimalhuacán, Chiciloapan, Texcoco, Ciudad Netzahualcóyotl, Los Reyes La paz. Municipios del estado de MORELOS: Cuernavaca.

**7) REGION SUR.** Todos los municipios de los estados de: NAYARIT, JALISCO, COLIMA, MICHOACAN, AGUASCALIENTES, GUANAJUATO, QUERETARO, HIDALGO, GUERRERO, TLAXCALA, PUEBLA, OAXACA, CHIAPAS, TABASCO.

Todos los municipios de los estados de ZACATECAS, SAN LUIS POTOSI Y VERACRUZ no comprendidos en la REGION NORTE o en la REGION NORESTE.

Todos los municipios de los estados de MEXICO Y MORELOS no comprendidos en la REGION CENTRAL.

8) REGION PENINSULAR. Todos los municipios de los estados de YUCATAN, CAMPECHE Y QUINTANA ROO.

### II.6.b.- Clasificación y descripción

Para la aplicación e interpretación de las tarifas se considera que:

- a) Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1.0 KV.
- b) Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1.0 kV, pero menores o iguales a 35 KV.
- c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra a niveles de tensión mayores a 35 KV, pero menores a 220 KV.
- d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra a niveles de tensión iguales o mayores a 220 KV.

**TABLA 1**  
**Clasificación y descripción**

| Tarifa | Denominación          | Condiciones de suministro  |
|--------|-----------------------|--|
| 1      | Residencial           | Baja tensión sin límite de carga                                     |
| 2      | Servicios Generales   | Baja tensión y hasta 25 KW   |
| 3      | Servicios Generales   | Baja tensión y cargas mayores de 25 KW                               |
| 5 y 5A | Alumbrado Público     | Alta o Baja tensión sin límite de carga                              |
| 6      | Bombeo aguas          | Media o Baja tensión sin límite de carga                             |
| 7      | Servicio temporal     | Baja tensión sin límite de carga                                     |
| 9      | Bombeo agua riego     | Media o Baja tensión sin límite agrícola de carga                    |
| OM     | Ordinaria media       | Media tensión y cargas mayores, tensión a 20 KW y menores de 1000 KW |
| HM     | Horaria media tensión | Media tensión y cargas igual o mayor a 1000 KW                       |
| HS     | Horaria alta tensión  | Alta tensión nivel S de 35 a 220 KV                                  |

# FACTORES DE REGIONALIZACION TARIFARIA



GENERTEK

**NOROESTE**  
INVIERNO 100  
VERANO 105

**B.C.**

VERANO 105  
INVIERNO 100

**NORTE**  
103

**NOROESTE**  
100

**B.C. SUR**  
106

**PENINSULAR**  
106

**SUR**  
100

**CENTRAL**

|      |                        |   |
|------|------------------------|---|
| HT   | Horaria alta tensión   | Alta tensión nivel T 220 KV ó más                       |
| H-SL | Horaria alta tensión   | Alta tensión nivel S de 35 a larga utilización y 220 KV |
| H-TL | Horaria alta tensión   | Alta tensión nivel T 220 KV ó más larga utilización     |
| I-30 | Servicio Interrumpible | Alta tensión niveles S y T cargas mayores a 20000 KW    |

## II.7.- CONCEPTOS SOBRE LAS CUOTAS

Todas las cuotas que se presentan a continuación, están en N\$ (nuevos pesos) y corresponden al mes de enero de 1993. Para calcular las cuotas de las tarifas 1, 2, 3, 7 y 9 de cualquier mes después de enero de 1993, ver el inciso 'cargo por mantenimiento'. Las cuotas que se presentan para las tarifas de la O-M a la I-30 corresponden la región sur. Para calcular otras regiones deben multiplicarse por el factor de regionalización que se muestra en el mapa de la sección 'regionalización tarifaria'.

### APLICACION DE LAS TARIFAS 1 A 9

#### TARIFA 1 RESIDENCIAL

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para usos exclusivamente domésticos, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda. Estos servicios sólo se suministran en baja tensión y no debe aplicárseles ninguna otra tarifa.

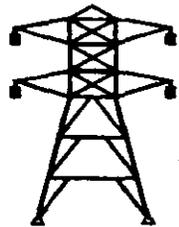
**CUOTAS APLICABLES:** cargos por energía consumida.

#### TARIFA 1A, 1B, 1C, 1D

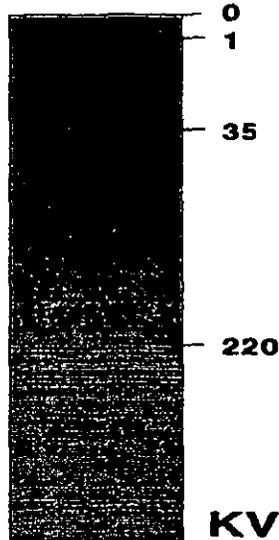
Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades con clima muy cálido. Estos servicios sólo se suministran en baja tensión y no debe aplicárseles ninguna otra tarifa.

**LUGARES DONDE REGIRA LA TARIFA.** Esta tarifa rige en aquellas localidades con clima muy cálido, considerándose como tales aquellas cuya temperatura media mensual durante 2 meses consecutivos o más, sea de 25 C o mayor, de acuerdo con las observaciones termométricas registradas por la SARH. A continuación se muestra la temperatura que

# NIVELES DE TENSION



Para la aplicación e interpretación de las tarifas se considera que:



- a) **Baja tensión es el servicio que se suministra a niveles de tensión menores ó iguales a 1 KV.**
- b) **Media tensión es el servicio a tensiones mayores a 1 KV pero menores o iguales a 35 KV.**
- c) **Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio a tensiones mayores a 35 KV pero menores a 220 KV.**
- d) **Alta tensión a nivel transmisión es el servicio a tensiones iguales ó mayores a 220 KV.**

AGRR/ABR-93

## APLICACION DE LA TARIFA 1

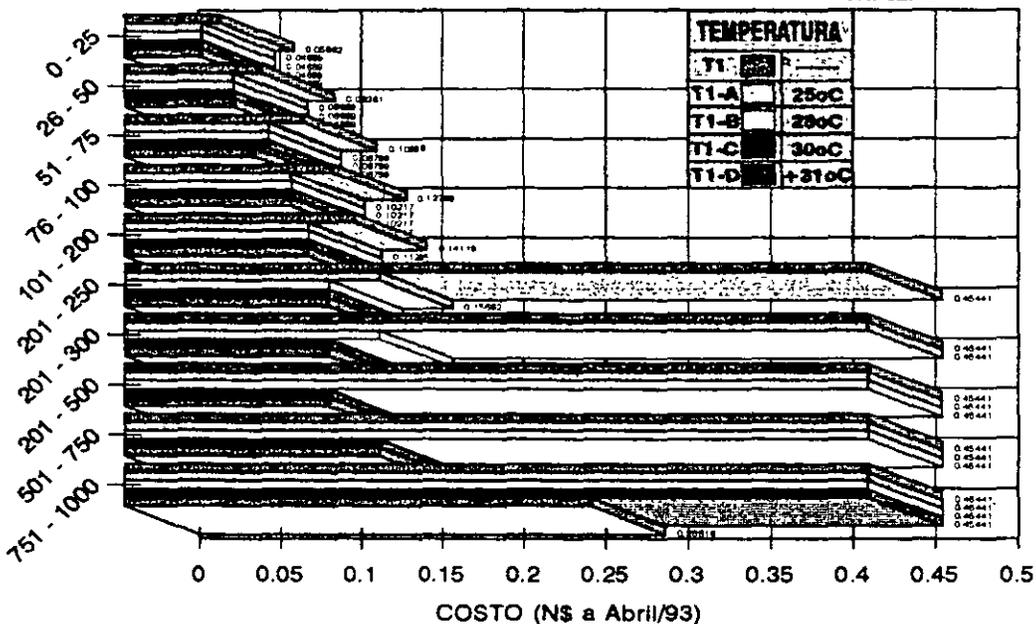
USO EXCLUSIVAMENTE DOMESTICO EN BAJA TENSION

CUOTAS APLICABLES : CARGOS POR ENERGIA Y MANTENIMIENTO

KWH/MES

MINIMO MENSUAL: N\$ 0.453  
CARGO POR MANTO: N\$ 3.75-9.53

DEPOSITOS EN 1H: 6.00  
2H: 26.00  
GARANTIA: 3H: 32.00



corresponde a cada tarifa.

|        |        |            |
|--------|--------|------------|
| T - 1A | -----> | 25 C       |
| T - 1B | -----> | 28 C       |
| T - 1C | -----> | 30 C       |
| T - 1D | -----> | 31 C ó más |

TABLA 2

**TARIFA 2**  
**SERVICIOS GENERALES (hasta 25 KW)**

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kW, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

**CUOTAS APLICABLES.** Cargo fijo y cargo por energía consumida.

| Cargo Fijo  | 0-50        | 51-100      |                  |
|-------------|-------------|-------------|------------------|
|             | KW-h        | KW-h        | KW-h adicionales |
| N\$ 4.02504 | N\$ 0.30331 | N\$ 0.37933 | N\$ 0.42406      |

**DEMANDA POR CONTRATAR.** La fija inicialmente el usuario de acuerdo con sus necesidades de potencia y no puede ser superior a 25 kW. La tarifa obliga al usuario a solicitar el cambio a la tarifa 3 si la demanda máxima medida excede de 25 kw, y faculta al suministrador a realizar esta reclasificación automáticamente al realizarse la tercera demanda consecutiva o superior, dando aviso al usuario. Para poder realizar, la demanda máxima debe medirse y es obvio que no resulta práctico medir la demanda a todos los usuarios de tarifa 2, por lo que se deben observar las siguientes recomendaciones generales:

Servicios con carga conectada hasta 36 kW

- No medir demanda
- Facturación bimestral

Servicios con carga conectada superior a 36 kW

- Medir demanda
- Facturación mensual

Independientemente de lo anterior, los programas de facturación emiten un aviso para que se instale un medidor de demanda máxima cuando el consumo sea superior a 14, 000 kWh mensuales.

**TARIFA 3  
SERVICIOS GENERALES (mayores a 25 kW)**

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kW, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

**CUOTAS APLICABLES.** Cargo por demanda máxima y cargo por energía consumida.

| Cargo por demanda | Cargo por KWH |
|-------------------|---------------|
| N\$ 41.95239      | N\$ 0.20861   |

**DEMANDA POR CONTRATAR:** la fija inicialmente el usuario; su valor no será menor al 60 % de la carga total conectada, ni menor de 25 kW o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

**TARIFA 5 Y 5A  
ALUMBRADO PUBLICO**

Esta tarifa sólo se aplica al suministro de energía eléctrica para el servicio de semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos. La tarifa 5 se aplica únicamente para las zonas conurbanas de México, D.F., Monterrey y Guadalajara. La tarifa 5A se aplica para el resto del país.

**CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.** Cargos por energía consumida en alta tensión y en baja tensión.

| Tarifa | Alta tensión | Baja tensión |
|--------|--------------|--------------|
| 5      | N\$ 0.41076  | N\$ 0.48932  |
| 5A     | N\$ 0.30807  | N\$ 0.36701  |

**DEMANDA POR CONTRATAR.** la demanda por contratar corresponde al 100 % de la demanda conectada.

**TARIFA 6  
BOMBEO DE AGUAS**

Esta tarifa se aplica al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras.

**CUOTAS APLICABLES.** Cargo fijo. Independientemente de la energía consumida y cargo por energía consumida.

| Cargo fijo   | Cargo por KWH |
|--------------|---------------|
| N\$ 42.15657 | N\$ 0.23338   |

**DEMANDA POR CONTRATAR.** La demanda por contratar la fija inicialmente el usuario, no será menor del 60 % de la carga total conectada ni menor de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

**TARIFA 7  
SERVICIO TEMPORAL**

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas par dar el servicio.

**HORARIO.** El convenio en cada caso entre el suministrador y el usuario, el que no debe hacer uso del servicio fuera del horario estipulado.

**CUOTAS APLICABLES.** Cargo por demanda y cargo por energía consumida.

| Cargo por demanda | Cargo por KWH |
|-------------------|---------------|
| N\$ 26.34582      | N\$ 0.65874   |

- a) N\$ 0.29000 por el primer día de servicio
- b) N\$ 0.03600 por cada día adicional de servicio
- c) N\$ 0.72000 por cada kW de demanda
- d) N\$ 0.01800 por cada kW consumido

En los casos de personas o negociaciones que se dediquen a usar aparatos eléctricos portátiles tales como máquinas de pulir, encerar y lavar pisos, pintar, soldar, etc., el suministrador podrá optar por aplicar las cuotas de los incisos a) o b), o bien, N\$ 1.43500 por cada kW de demanda.

### **TARIFA 9 SERVICIO TEMPORAL**

Esta tarifa se aplica exclusivamente a los servicios en alta o baja tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

#### **CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE. Cargos por la energía consumida**

N\$ 0.00205 por cada uno de los primeros 5,000 kWh  
N\$ 0.00245 por cada uno de los siguientes 10,000 kWh  
N\$ 0.00270 por cada uno de los siguientes 20,000 kWh  
n\$ 0.00300 por cada kWh adicional a los anteriores.

**TENSION Y CAPACIDAD DE SUMINISTRO.** El suministrador sólo está obligado a proporcionar el servicio a la tensión y capacidad disponibles en el punto de entrega.

**DEMANDA POR CONTRATAR.** La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kW, se tomará como kW completo.

**DEPOSITO DE GARANTIA.** N\$ 0.09500 por cada kW de demanda contratada.

## EJEMPLOS DE DETERMINACION DE LA DEMANDA POR CONTRATAR

1. Un posible usuario solicita servicio en baja tensión con la siguiente carga conectada:

\* Alumbrado

- 12 lámparas fluorescentes de 110 watts, c/u 1,584 Watts

\*\* Fuerza

- Un motor trifásico de 12 hp 7,161 Watts

Otras

- Un calefactor 1,000 Watts

Total 9,745 Watts

(\*) Se considera el 20 % adicional por el equipo auxiliar, en este caso las balastras.

(\*\*) Se considera un motor con el 80 % de eficiencia

**DEMANDA A CONTRATAR.** Supongamos que el usuario contrata una demanda de 6 kilowatts, en este caso debemos considerar que existe conectado un motor de 7,161 watts, por lo cual debemos orientar al usuario a fin que de acuerdo a sus necesidades reales de potencia, contrate una demanda no menor a 8 kilowatts. El servicio será en tarifa 2.

2. Un posible usuario solicita servicio en baja tensión con las siguientes cargas conectadas:

\* Alumbrado

- 50 lámparas fluorescentes de 75 watts c/u 4,687.5 W

- 100 lámparas incandescentes de 150 watts c/u 15,000 W

\* Fuerza

- 5 motores de 5 hp c/u 22,450 W

- 1 motor de 10 hp 8,674 w

Total 50,811.5 W

En este caso puede existir incertidumbre acerca del valor de la demanda por contratar, ya que si el usuario solicita una demanda de 21 kilowatts, también es cierto que tal valor puede rebasar los 25 kilowatts. En el primer supuesto sería contratar el servicio bajo tarifa 2, mientras que en el segundo sería tarifa 3. Tampoco podría predecirse cual de las dos tarifas resultaría más económica para el usuario, puesto que se desconoce el factor de carga del servicio, por lo tanto, la solución sería contratar en tarifa 2 con 21 kilowatts de demanda, instalando en este caso equipo de medición de demanda, facturando mensualmente y vigilando que en el caso que la demanda exceda en tres veces consecutivas 25 kilowatts, se reclasifique el servicio en tarifa 3.

## **APLICACION DE LAS TARIFAS O-M A I-30** **Conceptos sobre los períodos punta y base**

**PERIODO DE PUNTA.** Es el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 horas, de lunes a sábado. A excepción de las regiones de Baja California, Baja California Sur y Noroeste, para las cuales y durante los meses de junio a octubre será el tiempo comprendido entre las 16:00 a las 22:00 horas.

Los días de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, así como los que se establezcan por Acuerdo presidencial, se exceptúan de esta consideración.

**PERIODO DE BASE.** Es el resto de las horas del mes, no comprendidas en el Período de Punta.

**ENERGIA DE PUNTA.** Es la energía consumida durante el período de punta.

**ENERGIA DE BASE.** Es la energía consumida durante el período de base. Estos dos conceptos se aplican únicamente para las tarifas H-M, H-S y H-T.

### **Conceptos sobre la demanda**

**DEMANDA MEDIA.** Esa la demanda de energía eléctrica promedio en un período determinado.

**DEMANDA MAXIMA MEDIDA.** la demanda máxima medida se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período de facturación.

**DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN PERIODO DE PUNTA.** Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos del Período de Punta, en el cual el consumo de energía eléctrica del consumidor sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el Período de Punta.

**DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN PERIODO DE BASE.** Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos del Período de Base, en el cual el consumo de energía eléctrica del consumidor sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en

# PERFIL DE CARGA

DEMANDA MAXIMA, DEMANDA MEDIA, FACTOR DE CARGA Y CONSUMO PROMEDIO

## ■ DATOS DEL PERFIL :

### DEMANDA INSTANTANEA.

Es el valor de demanda (KW) registrado a cada instante durante un periodo determinado.

### DEMANDA MAXIMA:

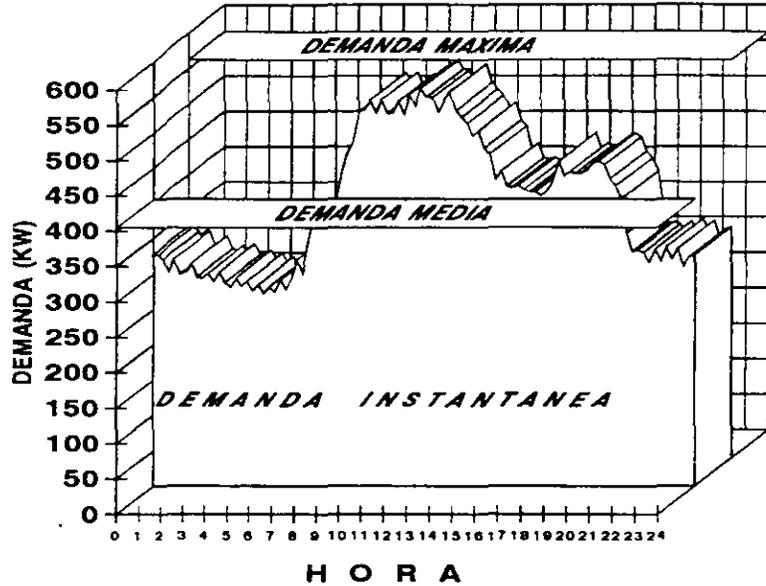
Es el valor máximo de demanda instantánea (KW) registrado a lo largo de determinado periodo.

### DEMANDA MEDIA:

Es el valor promedio de todas las lecturas instantáneas registradas en un periodo determinado.

### FACTOR DE CARGA.

Es la relación entre la demanda media (KW) y la demanda máxima (KW) en determinado periodo. Se puede expresar en porunidad o en porcentaje.



AGRR/ABR-93

## CONCEPTOS SOBRE LOS PERIODOS PUNTA Y BASE

### PERIODO DE PUNTA.

Es el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 horas, de lunes a sábado. Se exceptúan las regiones de B.C., B.C. Sur y Noroeste, para las cuales y durante los meses de junio a octubre será el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 horas.

Los días de descanso obligatorio, establecidos en el Artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial, se exceptúan de esta consideración

### DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN PUNTA

Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos en el Periodo de Punta, en el cual el consumo de energía sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el Periodo de Punta.

### DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN BASE

Se determina cada mes durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo

### PERIODO DE BASE

Es el resto de las horas del mes, no comprendidas en el periodo de punta.

### ENERGIA DE PUNTA

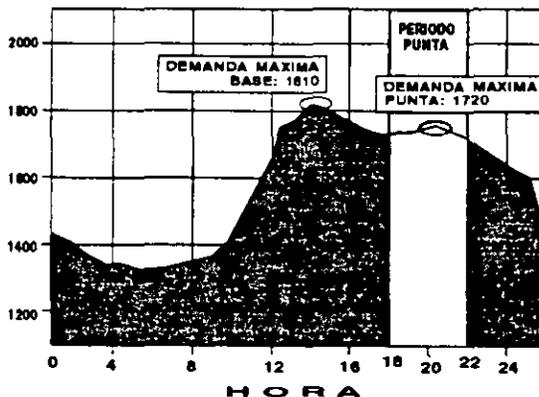
Es la energía consumida durante el periodo de punta.

### ENERGIA DE BASE

Es la energía consumida durante el periodo de base. Estos dos conceptos se aplican únicamente para las tarifas H-M, H-S y H-T.

### DEMANDA MAXIMA MEDIDA

Se determina mensualmente por medio de instrumentos que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.



de Base, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de Base.

### DIFERENCIA DE DEMANDAS

Es la Demanda Máxima en Base menos la Demanda Máxima en Punta, cuando esta diferencia sea positiva. Cuando la Demanda Máxima en Punta sea mayor que la Demanda Máxima en Base, la Diferencia de Demandas es cero.

AGRR/ABR-93

el Período de Base.

**DIFERENCIA DE DEMANDAS.** Es la Demanda Máxima Medida en período de Base menos Demanda medida en período de Punta, cuando esta diferencia sea positiva. En aquellos casos en que la Demanda máxima Medida en Período de Punta sea superior a la Demanda Máxima Medida en Período de Base, la Diferencia de Demandas es igual a cero.

### **Conceptos sobre la demanda y energía facturables**

**DEMANDA FACTURABLE.** Es el resultado de sumar la Demanda Máxima Medida en Período de Punta y la quinta parte de la diferencia de demandas.

Este concepto se aplica para las tarifas H-M, H-S, H-T y H-TL.

**ENERGIA FACTURABLE DE PUNTA.** Es el máximo entre la energía consumida durante el Período de Punta y el 80% del producto de la Demanda Máxima Medida en Período de Punta por el número de horas del Período de Punta.

**ENERGIA FACTURABLE DE BASE.** Es la diferencia entre la Energía Total Consumida durante el mes y la Energía Facturable de Punta.

Estos dos conceptos se aplican únicamente para las tarifas H-SL y H-TL.

### **Cuotas y condiciones**

#### **TARIFA O-M TARIFA ORDINARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION CON DEMANDA MENOR A 1, 000 KW.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con demanda menor a 1, 000 kW.

#### **CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.**

Cargo por kW de demanda máxima medida N\$ 23.086  
cargo por kWh de energía consumida N\$ 0.13565

**MINIMO MENSUAL.** El importe que resulte de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.

**DEMANDA POR CONTRATAR.** La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 20 kilowatts o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 85%. Si la demanda por contratar es mayor de 1, 000 kilowatts, el usuario debe solicitar al suministrador que aplique la Tarifa H-M.

Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

**DEPOSITO DE GARANTIA.** Dos veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

### **TARIFA H-M.**

#### **TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION, CON DEMANDA DE 1, 000 KW O MAS**

Esta Tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con una demanda de 1, 000 kilowatts o más.

#### **CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.**

|                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| Cargo por KW de demanda facturable | N\$ 23.432  |
| Cargo por KWh de energía de punta  | N\$ 0.19534 |
| Cargo por KWh de energía de base   | N\$ 0.12209 |

**MINIMO MENSUAL.** El importe que resulte de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda facturable. En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomara como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 85%.

Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 6 meses consecutivos, tanto una demanda máxima medida en Período de Punta, como una demanda Máxima Medida en Período de Base inferiores a 1, 000 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la Tarifa O-M. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

**HORARIO.** Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizará el horario oficial que rige en el territorio nacional, por decreto presidencial publicado en el diario oficial de la federación el 24 de abril de 1942.

**DEPOSITO DE GARANTIA.** Dos veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

## TARIFA H-S

### TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL SUBTRANSMISION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión.

#### CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.

|                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| Cargo por KW de demanda facturable | N\$ 26.441  |
| Cargo por KWh de energía de punta  | N\$ 0.17242 |
| Cargo por KWh de energía de base   | N\$ 0.09597 |

**MINIMO MENSUAL.** El importe que resulte de aplicar veinte veces el cargo por kilowatt de demanda facturable.

**DEMANDA POR CONTRATAR.** La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de la capacidad del mayor aparato instalado.

En el caso que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 85%.

Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

**HORARIO.** Idem Tarifa H-M.

**DEPOSITO DE GARANTIA.** Idem Tarifa H-M.

## TARIFA H-T

### TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL TRANSMISION.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión.

#### CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.

|   |             |
|---|-------------|
| Cargo por KW de demanda de energía facturable | N\$ 24.459  |
| Cargo por KWh de energía de punta             | N\$ 0.16196 |
| Cargo por KWh de energía de base              | N\$ 0.08987 |

**MINIMO MENSUAL.** Idem Tarifa H-S.

**DEMANDA POR CONTRATAR.** Idem Tarifa H-S.

**HORARIO.** Idem Tarifa H-M.

**DEPOSITO DE GARANTIA.** Idem Tarifa H-M.

## TARIFA H-SL

### TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL SUBTRANSMISION, PARA LARGA UTILIZACION.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.** Cargos por la demanda facturable, por la energía facturable de punta y por la energía facturable de base.

|  |             |
|--|-------------|
| Cargo por KW de demanda facturable           | N\$ 26.441  |
| Cargo por KWh de energía facturable de punta | N\$ 0.27885 |
| Cargo por KWh de energía facturable de base  | N\$ 0.07490 |

**MINIMO MENSUAL.** Idem Tarifa H-S.

**DEMANDA POR CONTRATAR.** Idem Tarifa H-S.

**DEPOSITO DE GARANTIA.** Idem Tarifa H-M.

### **TARIFA H-TL**

#### **TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL TRANSMISION, PARA LARGA UTILIZACION.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.** Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía facturable de punta y por la energía facturable de base.

Cargo por KW de demanda facturable N\$ 24.459

Cargo por KWh de energía de punta N\$ 0.20754

Cargo por KWh de energía de base N\$ 0.07281

**MINIMO MENSUAL.** Idem Tarifa H-S.

**DEMANDA POR CONTRATAR.** Idem Tarifa H-S.

**DEPOSITO DE GARANTIA.** Idem Tarifa H-M.

### **TARIFA I-30**

#### **TARIFA PARA SERVICIO INTERRUMPIBLE.**

Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una Demanda Máxima Medida en el Período de Punta o Base, mayor o igual a 20,000 kW durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción.

**DEMANDA INTERRUMPIBLE CONTRATADA Y DEMANDA FIRME CONTRATADA.** El usuario que solicite servicio en esta tarifa deberá contratar una demanda interrumpible y una demanda firme. La demanda firme contratada no puede ser menor al 30% del promedio de su Demanda Máxima Medida en el Período de Punta durante los últimos tres

meses previos a su solicitud de inscripción. La demanda interrumpible contratada no puede ser menor a 7,000 kW ni mayor al 70% del promedio de su Demanda Máxima Medida en Período de Punta y durante los tres meses previos a su solicitud de inscripción.

### **BONIFICACION MENSUAL**

|   |           |  |
|---|-----------|--|
| Para los usuarios de tarifas H-T y H-TL | N\$ 4.988 | por cada kW de demanda interrumpible bonificable |
| Para los usuarios de tarifas H-S y H-SL | N\$ 5.237 | por cada kW de demanda interrumpible bonificable |

La bonificación mensual será aplicada en la facturación del usuario calculada de acuerdo con la tarifa aplicable.

**DEMANDA INTERRUMPIBLE BONIFICABLE.** La Demanda Interrumpible Bonificable mensualmente será kW mínimos entre la Demanda Interrumpible Contratada y el resultado de restar a la Demanda Máxima Medida en Período de Punta la Demanda Firme Contratada. En caso inferior a la Demanda Firme Contratada, la Demanda Interrumpible Bonificada será cero.

**CONDICIONES GENERALES DE LA INTERRUPCION.** El suministrador podrá solicitar al usuario la suspensión total o parcial de la demanda contratada como interrumpible con la anticipación de 30 minutos como mínimo en la forma convenida con el usuario.

**DE LA DURACION Y PERIODICIDAD DE LAS INTERRUPCIONES.** El suministrador podrá solicitar la interrupción una vez en un día por período hasta de 4 horas. El total de interrupciones acumuladas en un año calendario será como máximo de 14. Las interrupciones que no hayan sido utilizadas por el suministrador no podrán ser acumuladas para el siguiente año calendario.

**CARGOS POR INCUMPLIMIENTO.** Si el suministrador determina mediante los registros de medición de la demanda del usuario, que éste no cumplió o cumplió parcialmente con una solicitud de interrupción, tendrá derecho a aplicar en la facturación un cargo equivalente a 6 veces el monto de la bonificación mensual correspondiente a la demanda interrumpible no proporcionada. Si dentro de un período de 12 meses, el usuario incurre en reincidencia, el suministrador, en adición a la penalización anterior, podrá a su discreción de servicio interrumpible. La demanda interrumpible no proporcionada será la diferencia entre:

- i) El resultado de restar a la Demanda Máxima Medida durante el lapso de interrupción la Demanda Firme y Contratada y
- ii) El resultado de restar a la Demanda Interrumpible Contratada la Demanda Interrumpible Solicitada.

### Cargos por Mantenimiento

A todas las tarifas descritas se les aplicará un cargo adicional mensual por mantenimiento como indica la Tabla 3.

### MONTO DEL CARGO MENSUAL POR MANTENIMIENTO A PARTIR DEL 12 DE NOVIEMBRE DE 1991

#### TARIFAS DOMESTICAS

|              |          |
|--------------|----------|
| 0 a 25 kWh   | N\$ 3.60 |
| 26 50        | 4.20     |
| 51 75        | 4.80     |
| 76 100       | 4.80     |
| 101 200      | 6.01     |
| más de 200   | 9.01     |
| <br>TARIFA 2 | <br>5.45 |
| 3            | 9.10     |
| 5 Y 5A       | 9.10     |
| 6            | Exenta   |
| 7            | 9.10     |
| 9            | 3.00     |
| O-M          | 9.10     |
| H-M          | 9.10     |
| H-S          | 9.10     |
| H-T          | 9.10     |

**TABLA 3**

### Cargos y Bonificaciones Relacionados con el Factor de Potencia

## **FORMULA Y GRAFICA DE CARGOS:**

Porcentaje de Recargo =  $3/5 \times ((90/FP) - 1) \times 100$  para un FP menor que 90%

## **FORMULA DE BONIFICACION:**

Porcentaje de Bonificación =  $1/4 \times (1 - (90/FP)) \times 100$  FP mayor al 90%

Donde FP es el Factor de Potencia expresado en por ciento.

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120%, ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5%.

## **Ajuste Paulatino de las Tarifas 1 a 9**

A partir del 22 de Octubre de 1992 entra en vigor el ajuste paulatino de incremento en las tarifas eléctricas de acuerdo a las disposiciones siguientes:

Sobre las cuotas de las tarifas para el servicio doméstico (1, 1A, 1B, 1C y 1D) se aplicará un factor de 1.0057 mensual acumulativo a excepción de aquellas consignadas en la siguiente disposición:

Se aplicará un factor de 1.0079 mensual acumulativo a las cuotas para consumos mensuales superiores a 200 kWh en la tarifa 1; 250 kWh en la tarifa 1A; 300 kWh en la tarifa 1B; 750 kWh en la tarifa 1C; y 1000 kWh en la tarifa 1D.

Se aplicará un factor de 1.0079 mensual acumulativo a las cuotas de las tarifas 2, 3 y 7.

Se mantiene el factor de 1.03 mensual acumulativo a las cuotas de la tarifa 9.

Disposición que establece el procedimiento para el ajuste automático en las tarifas 2, 3 y 7 de manera que se reflejen las fluctuaciones de los precios internos de los combustibles, cualquiera que sea el sentido de las mismas. El suministrador aplicará dicha disposición complementaria a partir del 22 de octubre de 1992.

## **Ajuste por Variación de Combustible**

### **CLAUSULA DE LOS AJUSTES DE LA FACTURACION DE LA ENERGIA POR VARIACION EN LOS PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES**

#### **10 bis. 1. APLICACION DE LOS AJUSTES**

Esta cláusula de los ajustes se aplicará a la facturación de la energía consumida en las tarifas O-M, H-M, H-S, H-T, H-TL para reflejar las variaciones de los precios y de los combustibles utilizados en la generación de energía eléctrica.

#### **10 bis 2. CALCULO DE LOS AJUSTES**

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

#### **10 bis 3. FACTORES DE AJUSTE**

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

#### **Factores de ajuste**

#### **Donde:**

(j) Expresa cada uno de los 4 niveles de tensión de suministro: 1) Alta Tensión Nivel Transmisión (tarifas H-T y H-TL); 2) Alta Tensión Nivel Subtransmisión (tarifas H-S y H-SL); 3) Media Tensión (tarifas O-M y H-M) y 4) Baja Tensión (tarifas 2, 3 y 7).

(i) Expresa cada uno de los 5 combustibles que se someten al ajuste mensual: 1) Combustóleo importado, cotización Pemex, puesto en Manzanillo; 2) Combustóleo nacional, cotización Pemex, centro productor; 3) Gas natural, cotización Pemex, zona centro; 4) Diesel no. 1. Cotización Pemex, única a nivel nacional; 5) Carbón, cotización MICARE que incluye manejo de cenizas, única a nivel nacional.

(PB<sub>i</sub>) Expresa el precio base -sin IVA- para cada combustible.

(P<sub>i</sub>) Es el precio -también sin IVA- para cada combustible, vigente en la quincena anterior al mes calendario del cálculo del monto del ajuste.

(a<sub>i</sub>) Corresponde a los coeficientes de ajuste para cada combustible.

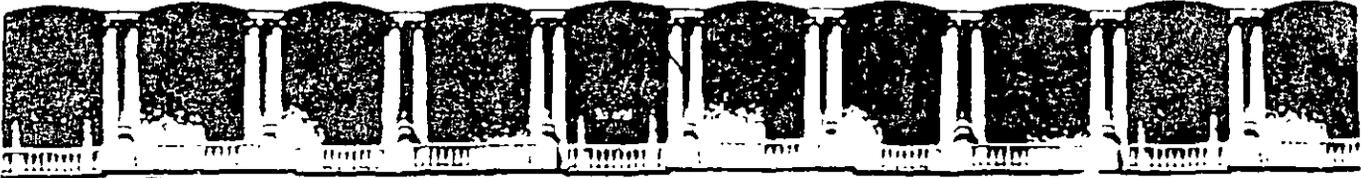
FT<sub>j</sub> Representa un factor aplicable a cada uno de los cuatro niveles de tensión de suministro.

| j | Tarifa     | Tensión                    | FT    |
|---|------------|----------------------------|-------|
| 1 | H-T y H-TL | Alta, nivel transmisión    | 1.029 |
| 2 | H-S y H-SL | Alta, nivel subtransmisión | 1.042 |
| 3 | O-My H-M   | Media                      | 1.067 |
| 4 | 2, 3 y 7   | Baja                       | 1.104 |

| i | Combustible           | PB             | a        |
|---|-----------------------|----------------|----------|
| 1 | Combustóleo importado | 0.23403 N\$/l  | 0.031744 |
| 2 | Combustóleo nacional  | 0.19391 N\$/l  | 0.104201 |
| 3 | Gas natural           | 0.18410 N\$/m  | 0.44212  |
| 4 | Diesel no. 1          | 0.49130 N\$/l  | 0.003048 |
| 5 | Carbón                | 0.10041 N\$/kg | 0.038062 |

\*\*\*\*\*

E



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**TERMINOLOGÍA Y UNIDADES DE ILUMINACION**

**EXPOSITOR: ING. ALEX RAMÍREZ RIVERO  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## TEMA IV

### TERMINOLOGIA Y UNIDADES DE ILUMINACION.

En Luminotecnia intervienen dos elementos básicos a considerar: la fuente productora de luz y el objeto a iluminar. Las unidades y magnitudes fundamentales empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz son las siguientes:

**FLUJO LUMINOSO (POTENCIA LUMINOSA)**  
**RENDIMIENTO LUMINOSO (EFICACIA)**  
**CANTIDAD DE LUZ (ENERGIA LUMINOSA)**  
**INTENSIDAD LUMINOSA**  
**ILUMINANCIA**  
**LUMINANCIA**

A continuación describiremos brevemente cada uno de los anteriores conceptos.

#### IV.1.- FLUJO LUMINOSO

La energía transformada por los manantiales luminosos no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Por ejemplo, una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que se transforma en energía radiante, de la cual sólo una pequeña parte es percibida por el ojo en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor.

A la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa se le llama Flujo Luminoso o Potencia Luminosa. El flujo luminoso se representa por la letra griega  $\phi$  y su unidad es el LUMEN (lm). Un lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia  $f$  de valor  $540 \times 10^{12}$  Hertz y por un flujo de energía radiante equivalente a  $1/683$  watts. Un watt de energía radiante de longitud de onda de 555 nm en el aire equivale a 683 lm aproximadamente.

La medida del flujo luminoso se realiza en laboratorio por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de sensibilidad fotópica del ojo a las radiaciones monocromáticas, incorporado a una esfera hueca a la cual se le da el nombre de esfera integradora de Ulbricht, y en cuyo interior se coloca la fuente a medir.

En la Tabla siguiente se muestran algunas de las lámparas más usadas y su flujo luminoso característico:

| Tipo de Lámpara                           | Flujo luminoso<br>lm |
|---|----------------------|
| Efluvios .....                            | 0.6                  |
| Vela de cera .....                        | 10                   |
| Bicicleta .....                           | 18                   |
| Incandescente Standar de 100 W .....      | 1 380                |
| Fluorescente L 40 W/20 (Blanco frío) .... | 3 200                |
| Mercurio a alta presión HQL 400 W .....   | 23 000               |
| Halogenuros metálicos HQI 400 W .....     | 28 000               |
| Sodio a alta presión NAV-T 400 W .....    | 48 000               |
| Sodio a baja presión NA 180 W .....       | 33 000               |
| Magnesio AG 3B .....                      | 450 000              |

TABLA I.- FLUJO LUMINOSO DE LAMPARAS COMUNES

#### IV.2.- EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO.

El rendimiento luminoso o eficacia luminosa de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

El rendimiento o eficacia se representa por la letra griega ETA ( $\eta$ ) y sus unidades son lúmenes por watt (lm/w):

$$\eta = \frac{\phi \text{ [lm]}}{W \text{ [watt]}}$$

Si se lograra fabricar una lámpara que transformara sin pérdidas toda la potencia eléctrica consumida en luz de una longitud de onda de 555 nm, esta lámpara tendría el mayor rendimiento posible, cuyo valor sería de 683 lm/w, pero como sólo una pequeña parte es transformada en luz, los rendimientos luminosos obtenidos hasta ahora para las distintas lámparas quedan muy abajo de este valor, presentando diferencias notables entre las mismas, como puede apreciarse en la Tabla II.

Por ejemplo, una lámpara incandescente estándar de 40 watts produce 440 lúmenes, por lo que tiene una eficacia de 11 lm/w. Una lámpara de sodio baja presión de 180 watts produce en cambio 3294 lúmenes por lo que tiene una eficacia de 183 lm/w.

| Tipo de Lámpara                        | Potencia nominal<br>W | Rendimiento luminoso<br>lm/W |
|--|-----------------------|------------------------------|
| Efluvios .....                         | 0.3                   | 2                            |
| Incandescente Standar 40 W/220 V ..... | 40                    | 11                           |
| Fluorescente L 40 W/20 (Blanco frío) . | 40                    | 80                           |
| Mercurio a alta presión HQL 400 W .... | 400                   | 50                           |
| Halogenuros metálicos HQI 400 W .....  | 360                   | 78                           |
| Sodio a alta presión NAV-T 400 W ..... | 400                   | 120                          |
| Sodio a baja presión NA 180 W .....    | 180                   | 183                          |

**TABLA II.- EFICACIAS PROMEDIO DE DISTINTAS LAMPARAS**

Cabe aclarar que las eficacias de la Tabla II se refieren exclusivamente a las lámparas; para las lámparas de descarga como sistema completo incluyendo instalación y accesorios de conexión dichas eficacias pueden variar sustancialmente.

#### IV.3.- ENERGIA LUMINOSA O CANTIDA DE LUZ.

De forma análoga a la energía eléctrica que se determina por la potencia eléctrica por unidad de tiempo, la cantidad de luz o energía luminosa se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso por unidad de tiempo.

La cantidad de luz se representa por la letra Q y su unidad es el LUMEN-HORA (lm-h).

Su fórmula es:

$$Q = \phi \times t$$

Esta magnitud es importante en las lámparas de relámpago empleadas en fotografía, pues su valor es decisivo para la iluminación de la película. Debido al corto tiempo de la descarga, la cantidad de luz suele darse en lúmenes por segundo (lms). En la lámpara que emite una cantidad de luz de 2.1 lmh, esta magnitud por segundo será 2.1 lmh x 3600 seg ó 7560 lms.

También tiene interés conocer a efectos de cálculos económicos la cantidad de luz que emite una lámpara durante su vida. Una lámpara incandescente de 40 watts que emite un flujo

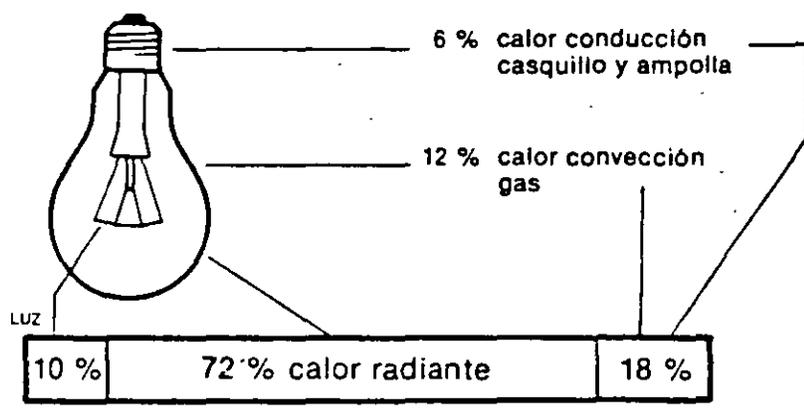
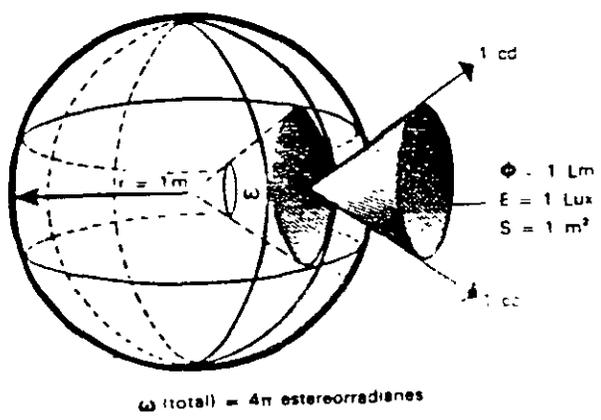
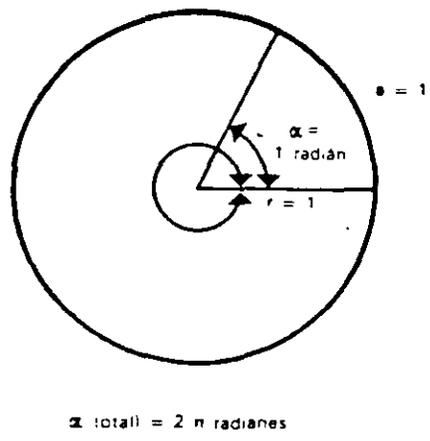


FIG. 1.- TRANSFORMACION DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA PRODUCCION DE LUZ EN UNA LAMPARA INCANDESCENTE.



FIGS. 2 y 3.- ANGULO PLANO, ANGULO SOLIDO Y RELACION ENTRE FLUJO LUMINOSO, INTENSIDAD LUMINOSA E ILUMINANCIA.

luminoso de 440 lúmenes, durante su vida promedio de 1000 horas emitirá una cantidad de luz de 440,000 lmh. De este valor habrá que descontar la pérdida de flujo que se produce en el transcurso de su vida, ya que este valor no es constante.

#### IV.4.- INTENSIDAD LUMINOSA.

Este parámetro se entiende únicamente referido a una determinada dirección y contenido en un ángulo sólido  $w$  (Omega Minúscula). Al igual que una magnitud de superficie corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes.

El radián se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. El estereorradián se define entonces como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera.

La intensidad luminosa de una fuente de luz en una determinada dirección es igual a la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincida con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estereorradianes.

La Intensidad Luminosa se representa por la letra  $I$  y su unidad es la CANDELA (cd). Su fórmula es:

$$I = \frac{\phi}{w}$$

La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lumen en un ángulo sólido de un estereorradián:

$$cd = \frac{lm}{sr}$$

#### IV.5.- DISTRIBUCION LUMINOSA. CURVA FOTOMETRICA.

El conjunto de la intensidad luminosa de un manantial en todas direcciones constituye lo que se llama distribución luminosa. Las fuentes de luz utilizadas en la práctica tienen una

superficie luminosa más o menos grande, cuya intensidad de radiación se ve afectada por la propia construcción de la fuente presentando valores diferentes en las distintas direcciones.

Con aparatos especiales se puede determinar la intensidad luminosa de un manantial en todas direcciones del espacio con relación a un eje vertical. Si representásemos por medio de vectores la intensidad luminosa de un manantial en infinitas direcciones del espacio, obtendríamos un cuerpo llamado Sólido Fotométrico.

Haciendo pasar un plano por el eje de simetría del cuerpo luminoso se obtendría una sección limitada por una curva que se denomina Curva de Distribución Luminosa o Curva Fotométrica. Mediante la curva fotométrica de un manantial se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, dato necesario para los cálculos de iluminación.

Las curvas fotométricas se dan referidas a un flujo luminoso de 1000 lúmenes y, como el caso general es que la fuente de luz emita un flujo mayor, los valores de intensidad luminosa correspondientes se encuentran mediante una simple relación.

Por ejemplo, si una lámpara de mercurio de alta presión tiene un flujo luminoso de 23000 lúmenes, los valores de la intensidad luminosa deducidos de su curva fotométrica dada para 1000 lúmenes, habrá que multiplicarlos por el factor 23 hallado de la relación  $23000/1000$ , para obtener el verdadero valor.

#### **IV.6.- MEDIDA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA.**

La medida de la intensidad luminosa se realiza en el laboratorio por medio de aparatos especiales, de los cuales existen diversos modelos fundados en la ley Inversa del Cuadrado de la Distancia -la cual se discutirá posteriormente- usando una luz patrón y otra desconocida, situadas una frente a otra en un mismo eje e interceptadas en una pantalla en la que se igualan las iluminaciones captadas en ambas caras de la misma mediante un objetivo apropiado.

En las figuras 5, 6 y 7 se muestran las curvas fotométricas típicas de algunas de las lámparas más utilizadas.

#### **IV.7.- ILUMINANCIA**

La iluminancia o iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que

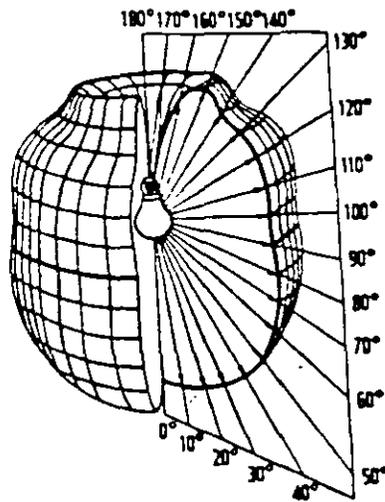
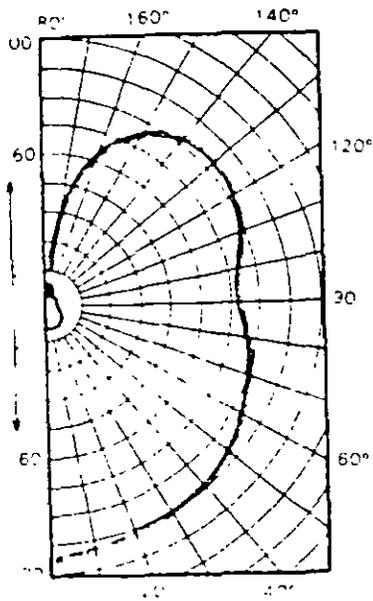
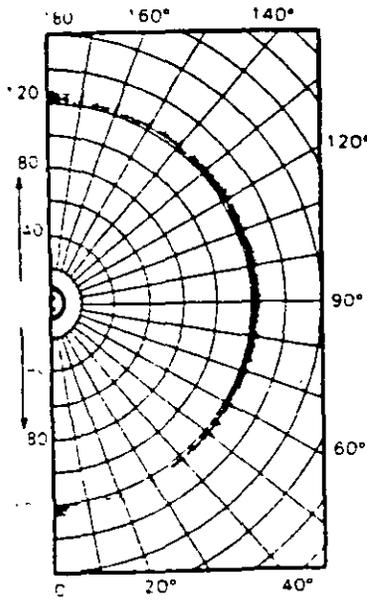


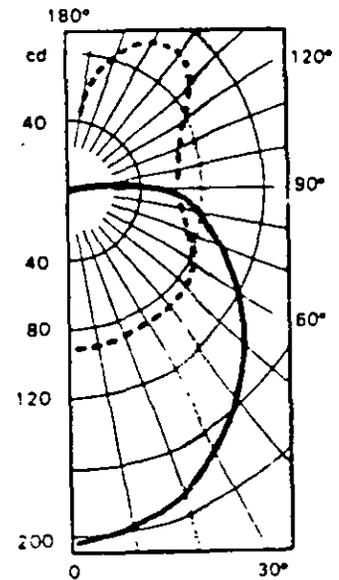
FIG 4.- SOLIDO FOTOMETRICO DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE



(5)



(6)



(7)

FIGS 5, 6, Y 7.- CURVAS FOTOMETRICAS TIPICAS (a) LAMPARA INCANDESCENTE ESTANDAR (B) LAMPARA FLYOESCENTE (C) LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO CON LUMINARIO

recibe la superficie y su extensión. Se representa por la letra E y su unidad es el LUX en el Sistema Internacional de Unidades. Su ecuación es:

$$E = \frac{\phi}{A}$$

De esta ecuación se deduce que en cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será la iluminación, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminación será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie.

El lux, unidad de iluminancia se define como la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen (Fig. 8).

$$\text{LUX} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}$$

La iluminancia constituye un dato importante para valorar el nivel de iluminación que existe en una oficina, en la superficie de un recinto, en una calle, etc.

La medida de iluminancia se realiza por medio de un aparato denominado luxómetro, que consiste en una celda fotoeléctrica que, al incidir la luz sobre una superficie, genera una débil corriente eléctrica que varía en función de la luz incidente. Dicha corriente se mide con un miliamperímetro cuya escala está calibrada directamente en lux. La Tabla III muestra distintos valores aproximados de iluminancias.

**TABLA III.**

|  |             |
|--|-------------|
| Mediodía de verano al aire libre, cielo despejado ...  | 100 000 Lux |
| Mediodía de verano al aire libre, cielo cubierto ..... | 20 000 lux  |
| Lugar de trabajo bien iluminado, recinto interior .... | 1 000 lux   |
| Buen Alumbrado Público .....                           | 20-40 lux   |
| Noche de Luna Llena .....                              | 0.25 lux    |
| Noche de Luna nueva (Luz de estrellas) .....           | 0.01 lux    |

#### IV.8.- LUMINANCIA.

La luminancia de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la

intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente (superficie vista por el observador situado en la misma dirección).

La luminancia se representa por la letra L y su unidad es el NIT (nt) o candela por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ); tiene un submúltiplo que es el STILB (sb) que es candela por centímetro cuadrado ( $\text{cd}/\text{cm}^2$ ), empleado para fuentes con elevadas luminancias.

La ecuación que expresa la Luminancia es:

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha}$$

donde:  $S \cos \alpha$  es la Superficie Aparente

La Luminancia es máxima cuando el ojo se encuentra en la perpendicular a la superficie luminosa, ya que entonces el ángulo es igual a cero y el coseno de  $\alpha$  igual a uno, correspondiendo la superficie aparente a la real.

La luminancia puede ser directa o indirecta, correspondiendo la primera a los manantiales luminosos y la segunda a los objetos iluminados (Figuras 9 y 10).

La luminancia es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor o menor claridad con que vemos los objetos iluminados, depende de su luminancia. El libro y la mesa de la figura 11 tienen la misma iluminación, pero se ve con más claridad el libro porque su luminancia es mayor que la de la mesa.

La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias luminancias. Se puede decir, por lo tanto, que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación.

En la Tabla IV se dan algunos valores de luminancias.

La medida de la luminancia se realiza por medio de un aparato especial llamado Luminancímetro o Nitómetro, de construcción similar al luxómetro, del que igualmente existen diversos modelos.

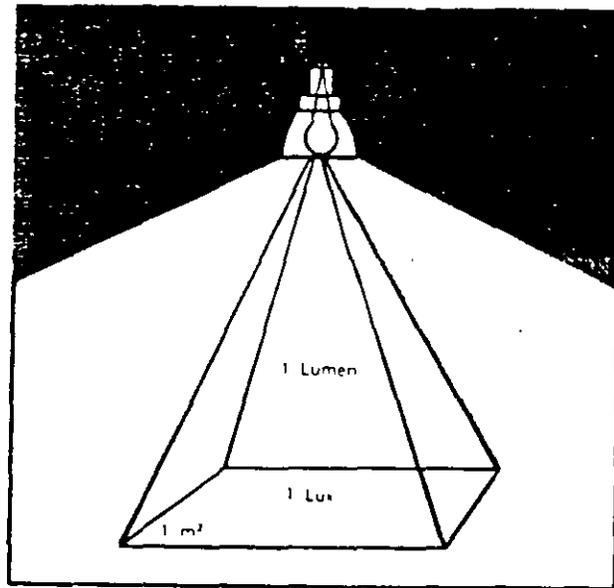


FIG 8.- EL LUX, UNIDAD DE ILUMINANCIA.

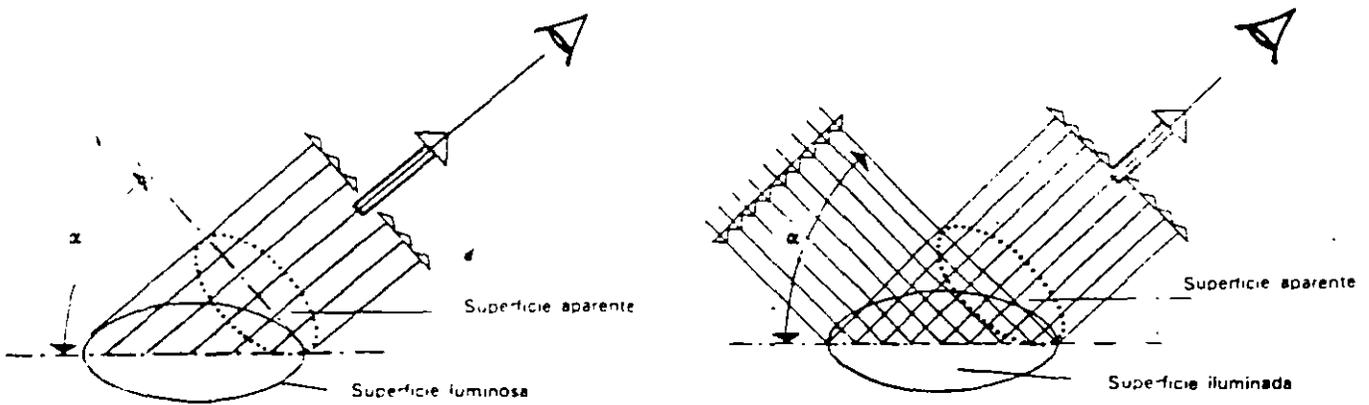


FIG 9 y 10.- TIPOS DE LUMINANCIAS (a) DIRECTA (b) INDIRECTA

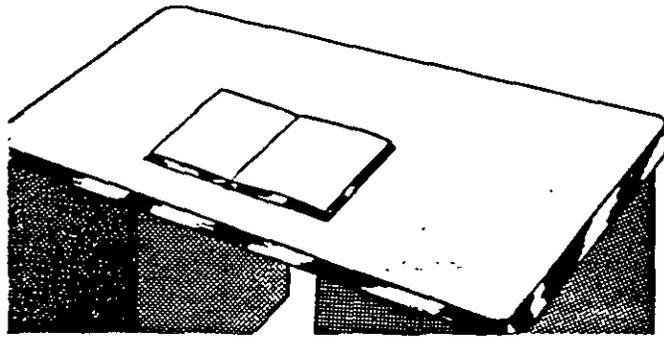


FIG 11.- DIFERENTES LUMINANCIAS DE DOS CUERPOS CON IGUAL ILUMINANCIA

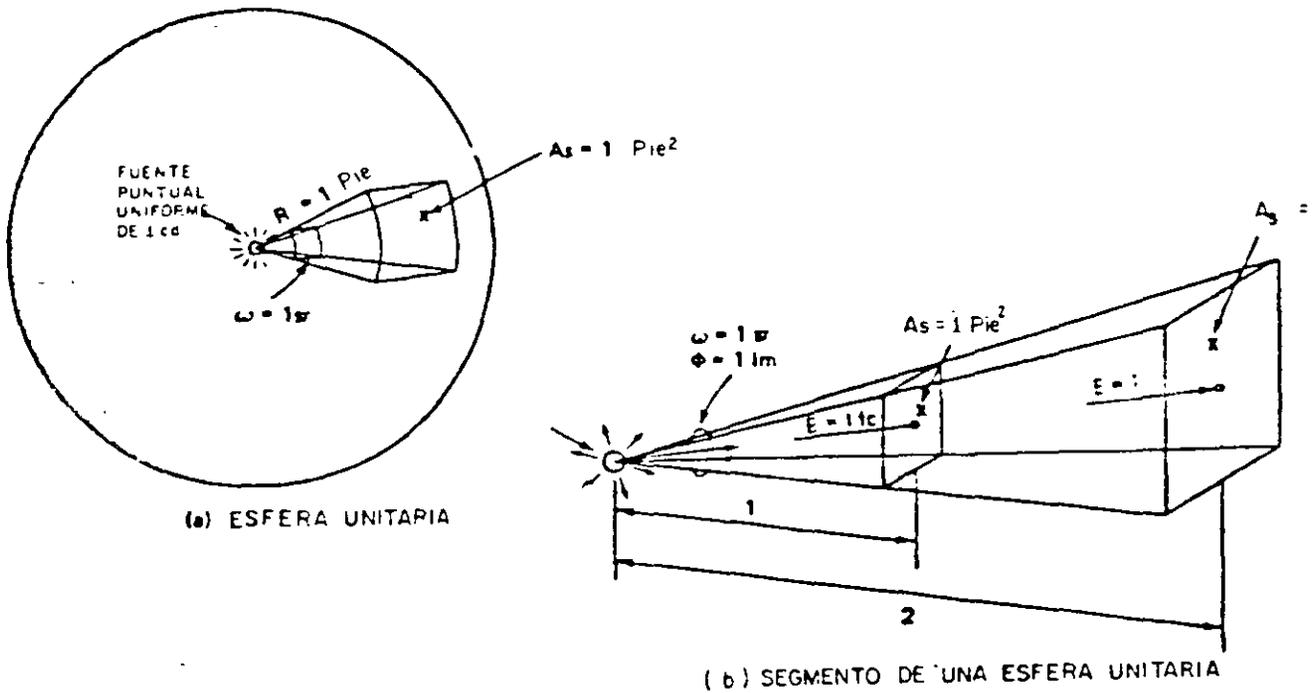


FIG 12.- ESFERA UNITARIA

TABLA IV.

|   |          |       |
|---|----------|-------|
| Sol .....                                   | 150 000  | cd/cm |
| Cielo despejado .....                       | 0.3-0.5  | "     |
| Cielo cubierto .....                        | 0.03-0.1 | "     |
| Luna .....                                  | 0.25     | "     |
| Llama de una vela de cera .....             | 0.70     | "     |
| Lámpara Incandescente Clara .....           | 100-200  | "     |
| Lámpara Incandescente Mate .....            | 5-50     | "     |
| Lámpara Incandescente Opal .....            | 1-5      | "     |
| Lámpara Fluorescente L 40 W/20 .....        | 0.75     | "     |
| Lámpara de Mercurio a Alta Presión 400 W .. | 11       | "     |
| Lámpara de Aditivos Metálicos 400 W .....   | 700      | "     |
| Lámpara de Sodio a Alta Presión 400 W ..... | 500      | "     |
| Lámpara de Sodio a baja Presión 180 W ..... | 10       | "     |
| Papel Blanco con Iluminación de 1000 lux .. | 250      | cd/m  |
| Calzada de una calle bien iluminada .....   | 2        | "     |

### SISTEMAS DE UNIDADES.

El sistema inglés de unidades tiende a desaparecer, por lo que en un futuro próximo todos los países utilizarán el Sistema Métrico, más propiamente llamado el Sistema Internacional de Unidades, abreviado SI. Las principales razones para adoptar el SI son las siguientes: 1) Su extenso uso en la mayor parte de los países del mundo, 2) Son las unidades primarias en el campo científico, y 3) La necesidad de uniformizar los campos de Ciencia e Ingeniería.

En la Ingeniería de Iluminación sólo aquellos términos que involucran unidades de longitud o área se ven afectados por la conversión. Las unidades de lúmenes, candelas, estéreorradianes y eficacia permanecen igual. Por lo tanto sólo las unidades de Luminancia e Iluminancia se ven afectados por esta conversión:

En el sistema Inglés la unidad de Iluminancia es el footcandle (fc) y equivale a un lumen por pie cuadrado, o sea:

$$fc = \frac{lm}{pie^2}$$

La conversión entre Footcandles y Lux se reduce a una simple conversión de pies cuadrados a metros cuadrados porque los lúmenes son comunes:

$$1 \text{ pie} = 0.3048 \text{ metros}; \quad 1 \text{ pie}^2 = 0.0929 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ footcandle} = \frac{\text{lm}}{\text{pie}^2} \times \frac{\text{pie}^2}{0.0929 \text{ m}^2} = 10.7639 \text{ Lux}$$

$$\text{o también: } \frac{1 \text{ fc}}{10.76 \text{ lux}} = 1$$

En el Sistema Inglés la unidad de Luminancia es el footcandle (fl) y equivale a una candela por pie cuadrado, o sea:

$$\text{fl} = \frac{\text{cd}}{\text{pie}^2}$$

La conversión entre footlamberts y Nits se reduce también a una simple conversión de metros cuadrados a pies cuadrados pero se debe incluir el valor :

$$\text{fl} = \frac{1}{\pi} \frac{\text{cd}}{\text{pie}} \frac{\text{pie}}{0.0929 \text{ m}} = 3.4262 \frac{\text{cd}}{\text{m}} = 3.4262 \text{ Nits}$$

$$\text{o también: } \frac{\text{fl m}^2}{3.426 \text{ cd}} = 1$$

La relación entre candelas, lúmenes, estéeradianes y footcandles puede encontrarse fácilmente utilizando una esfera unitaria de 1 pie de radio con una fuente puntual uniforme de 1 candela en el centro de la esfera (Fig. 12):

Para un área de un pie cuadrado en la superficie, el ángulo sólido obtenido será un estéeradian (sr):

$$w = \frac{A}{R^2} = \frac{1 \text{ pie}^2}{1 \text{ pie}^2} = 1 \text{ sr}$$

La fuente puntual de una candela producirá un lumen en la unidad de ángulo sólido:

$$\phi = I w = \text{cd} \cdot \text{sr} = \text{lm}$$

La iluminación producida en la superficie interior de la esfera será de 1 lm en pie o un footcandle:

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ ft}^2} = 1 \text{ fc}$$

El área total de la superficie de una esfera es  $4 R^2$ . Por lo tanto, el área total de la superficie de la esfera unitaria es 4 o 12.57 ft<sup>2</sup>. Si el flujo luminoso de 1 lm llega a cada pie cuadrado, la fuente puntual uniforme produce un total de 4 lm o 12.57 lm.

Además de las unidades estudiadas hay otras que se usan regularmente. Algunas de éstas son las siguientes:

Cuando la intensidad luminosa está en candelas y el área está en pulgadas cuadradas, la unidad de luminancia es candelas por pulgada cuadrada, por tanto:

$$1 \text{ fl} = \frac{1 \text{ lm}}{\text{ft}^2} \times \frac{1 \text{ lm}}{\text{lm}} = \frac{1}{\pi} \times \frac{\text{cd}}{\text{ft}^2} = \frac{1}{144} \times \frac{\text{cd}}{\text{pul}^2}$$

El número de footlamberts es igual a 1/144 veces el número de candelas por pulgada cuadrada, es decir:

$$\frac{1 \text{ fl}}{(1/144) (\text{cd-pul}^2)} = \frac{144 \cdot \text{pul}^2 \cdot \text{fl}}{1 \text{ cd}} = 1$$

Haciendo un análisis comparativo entre dos esferas unitarias para cada sistema de unidades, es decir, una con radio de 1 pie y otra con radio de 1 metro se pueden comprobar varias de las relaciones encontradas (Fig. 13).

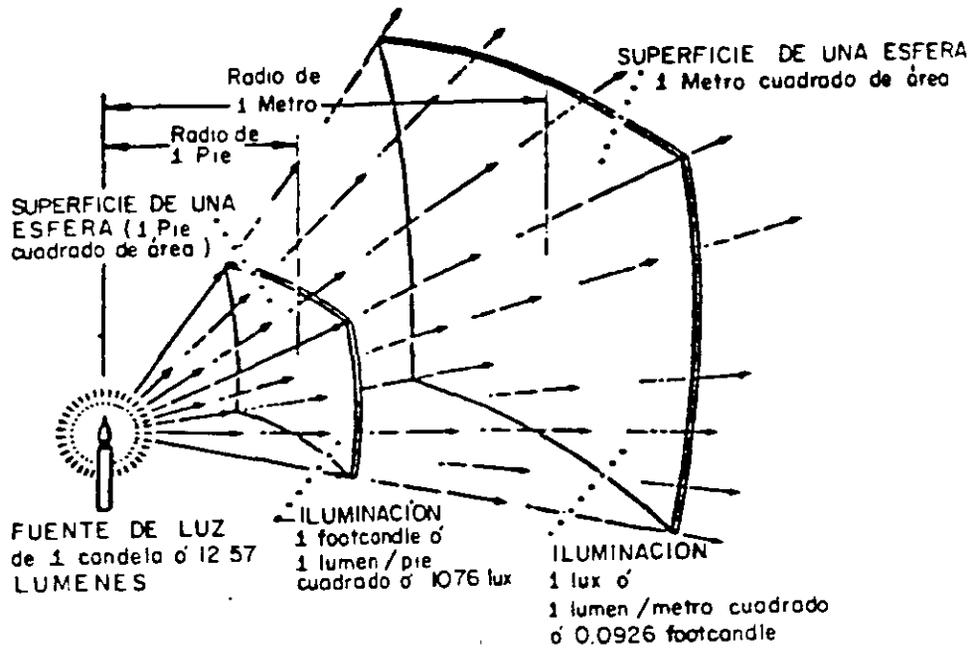


FIG 13.- RELACION ENTRE ESFERAS UNITARIAS Y LAS UNIDADES DE ILUMINANCIA

En la Tabla VI hacemos un resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales para los sistemas Inglés e Internacional y en la Tabla V se incluyen algunos factores de conversión entre unidades comunes.

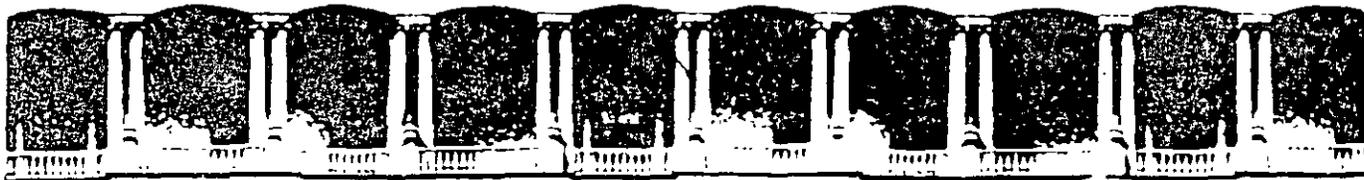
TABLA V

|        |   |                  |       |                           |
|--------|---|------------------|-------|---------------------------|
| pul    | x | 2.54             | ..... | cm                        |
| pie    | x | .3048            | ..... | m                         |
| lux    | x | m <sup>2</sup>   | ..... | lm                        |
| fc     | x | pie <sup>2</sup> | ..... | lm                        |
| fc     | x | 10.765           | ..... | lux                       |
| cd     | x | sr               | ..... | lm                        |
| fl     | x | 452              | ..... | cd/pul <sup>2</sup>       |
| fl     | x | 3.4262           | ..... | Nits (cd/m <sup>2</sup> ) |
| cd/pul | x | 1.55             | ..... | Kcd/m <sup>2</sup>        |

\*\*\*\*\*

## RESUMEN DE LAS MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS FUNDAMENTALES

| MAGNITUD             | SIMBOLO | UNIDAD   | DEFINICION DE LA UNIDAD  | RELACIONES         |
|----------------------|---------|--|--|--------------------|
| FLUJO LUMINOSO       | $\phi$  | Lumen (lm)   | Flujo luminoso de la radiacion monocromatica de frecuencia $540 \times 10^{12}$ Hz y un flujo de energia radiante de $1/683$ watts . | $\phi = i \cdot w$ |
| RENDIMIENTO LUMINOSO |         | Lumen/watt<br>(lm/w)                                     | Flujo luminoso emitido por unidad de potencia.   | $= \phi/W$         |
| CANTIDAD DE LUZ      | Q       | Lumen por segundo<br>(lms)<br>Lumen por hora<br>(lmh)    | Flujo Luminoso emitido por unidad de tiempo.   | $Q = \phi \cdot t$ |
| INTENSIDAD LUMINOSA  | I       | Candela (cd)   | Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite flujo luminoso de un lumen en un angulo solido de un estereorradian.             | $I = \phi/w$       |
| ILUMINANCIA          | E       | Lux (lx)<br>footcandle (fc)                              | Flujo luminoso de 1 lumen que recibe una superficie de 1 m .   | $E = \phi/A$       |
| LUMINANCIA           | L       | Nits (cd/m <sup>2</sup> )<br>Stilb (cd/cm <sup>2</sup> ) | Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.   | $L = I/A$          |



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**INDUSTRIA LUMINICA**

**EXPOSITOR: ING. ALDO PAREDES M.  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## Industrial lighting

*Let's make things better*



## Clasificación de la Industria

- Tipo
- Clase de Edificio
- Cantidad de Personal
- Clase de Industria



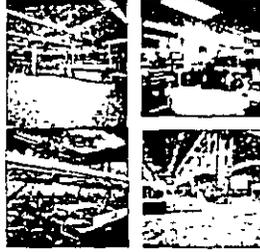
## Tipos de Industria

- Agricultura
- Automotriz
- Construcción
- Cerámicas / Vidrios
- Química / Farmacéutica
- Manufactura
- Distribución / Logística /
- Transporte
- Eléctrica / Electrónica
- Alimentos / Bebidas / Tabacalera
- Piel y derivados
- Metal-Mecánica
- Papel
- Petroquímica
- Plásticos / Hules
- Artes Gráficas
- Textiles
- Maderera



## TIPOS DE EDIFICIOS INDUSTRIALES

- Residencial
- Multiusos
- Techos Bajos
- Grandes Cavidades
- Alta Tecnología
- Almacenes




## Cantidad de personal

| Tamaño  | Número     |
|---------|------------|
| Micro   | 1-5        |
| Pequeña | 6 - 20     |
| Mediana | 20 - 200   |
| Grande  | 200 - 2000 |
| Macro   | > 2000     |



## Clase de Industria

|        |   |   |        |
|--------|---|---|--------|
| Pesada |  |  | Ligera |
| Sucia  |  |  | Limpia |



### Requerimientos Generales

- Seguridad en movimiento de materiales
- Seguridad en el desarrollo de actividades
- Productividad
- Costos de Operación



Philips Lighting

PHILIPS

### Iluminación General

Aplicación  $6 < h < 12$  m  
HID

TL'80



Philips Lighting

PHILIPS

### Iluminación General

- Soluciones Básicas:
- Fuentes Lineales (Lámparas fluorescentes)
  - Fuentes Puntuales (Lámparas HID)



Philips Lighting

PHILIPS

### Iluminación General

- Aplicación  $h > 12$  m
- Lámparas HID
- TL'80 (posible)



Philips Lighting

PHILIPS

### Características Lumínicas

|                                    | TL'D systems  | HID systems        |
|------------------------------------|---------------|--------------------|
| Numero de luminarias               | Gran Cantidad | Menor Cantidad     |
| Iluminancia Uniformidad Horizontal | Bueno         | Requiere de Diseño |
| Temperatura de Color               | 2700-6500 K   | 1950-4600 K        |
| Rendimiento de Color               | >50           | 20-70              |

Philips Lighting

PHILIPS

### Iluminación Suplementaria (Task)



Philips Lighting

PHILIPS

## Area de Inspección

- Fuente de luz única
- Fondos/Superficie Contrastante
- Ambiente controlado

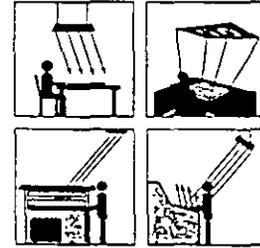


PHILIPS

## I. Suplementaria, Seguridad y Calidad

### Evitas

- excesos en el nivel de iluminación
- brillos extremos
- reflejo directo
- reflexión especular
- sombras



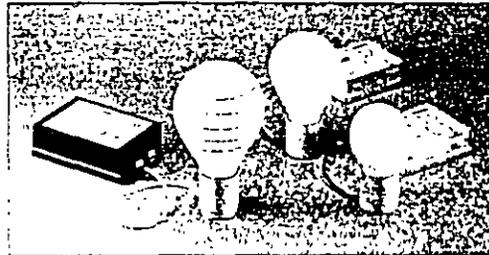
ergonomía industrial

PHILIPS

|   | Sistema Actual | Sistema Propuesto 1 | Sistema 2 |
|---|----------------|---------------------|-----------|
| <b>Información del Sistema de Iluminación</b> |                |                     |           |
| Tipo de Lámpara                               | TL 39W         | TL 34W              | TLR0 32W  |
| Tipo de Balastro                              | MAGNET         | MAGNET HO           | ELECT     |
| <b>Demanda y Análisis Energético</b>          |                |                     |           |
| Total kW Demanda                              |                |                     |           |
| Carga Anual kW                                |                |                     |           |
| Total kWh Utilizados                          |                |                     |           |
| Carga Anual kWh                               |                |                     |           |
| Costo Anual de Energía                        |                |                     |           |
| <b>Retorno de la Inversión</b>                |                |                     |           |
| Costos de Instalación                         |                |                     |           |
| Ahorros Anuales                               |                |                     |           |
| Ahorros Mensuales                             |                |                     |           |
| Recuperación (años)                           |                |                     |           |
| Recuperación (meses)                          |                |                     |           |
| ROI   |                |                     |           |

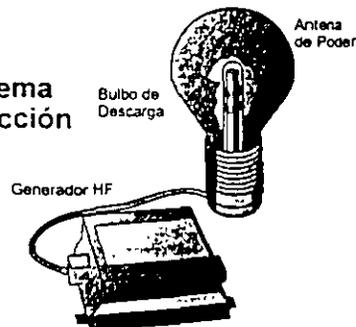
PHILIPS

## Familia QL



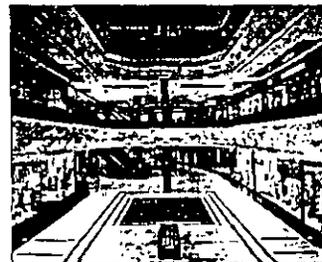
PHILIPS

## Philips QL Sistema de Inducción



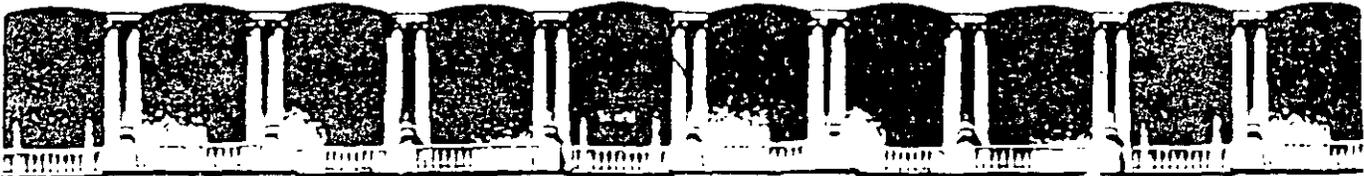
PHILIPS

## GRANCASA, Zaragoza (España)



PHILIPS

E



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

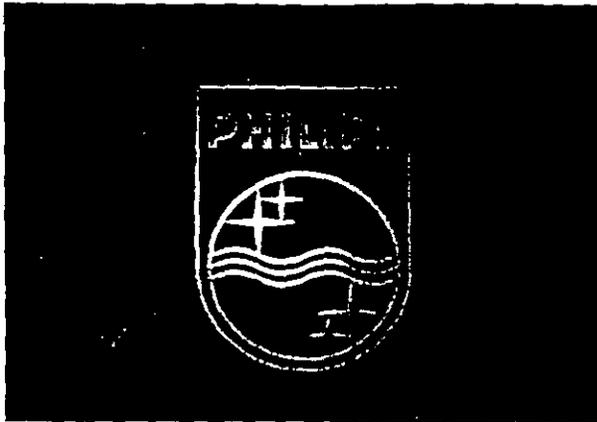
## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**NUEVAS TECNOLOGÍAS EN ILUMINACION**

**EXPOSITOR: ING. ALDO PAREDES M.  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**



# NUEVAS TECNOLOGIAS EN ILUMINACION

Let's make things better. PHILIPS

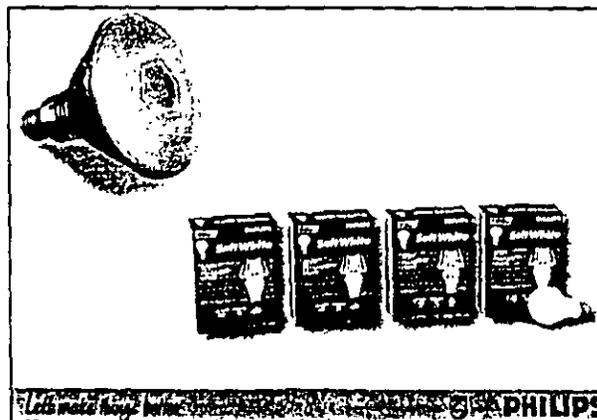
BUENA ILUMINACION  
SIGNIFICA MEJOR  
TRABAJO:

PRODUCTIVIDAD  
CONFORT  
CALIDAD  
SEGURIDAD

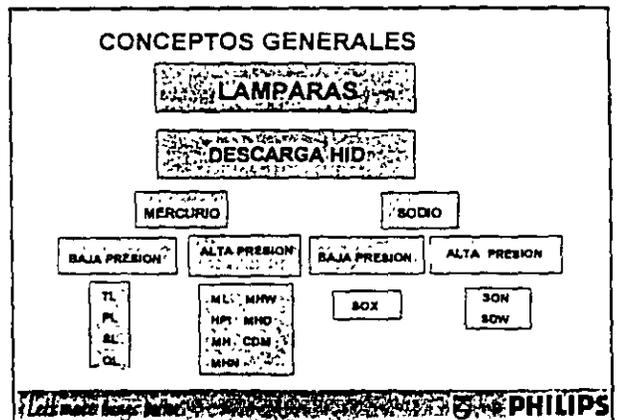
Let's make things better. PHILIPS

### CONCEPTOS GENERALES

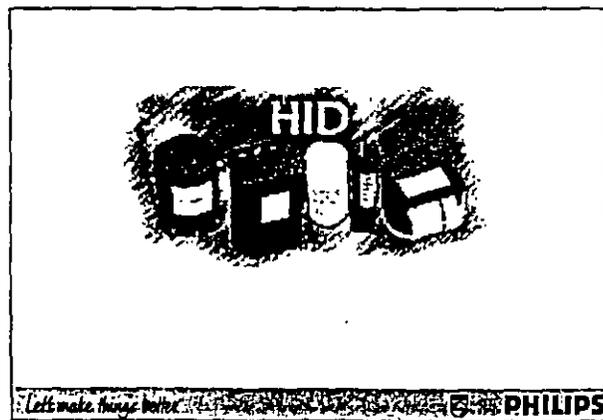
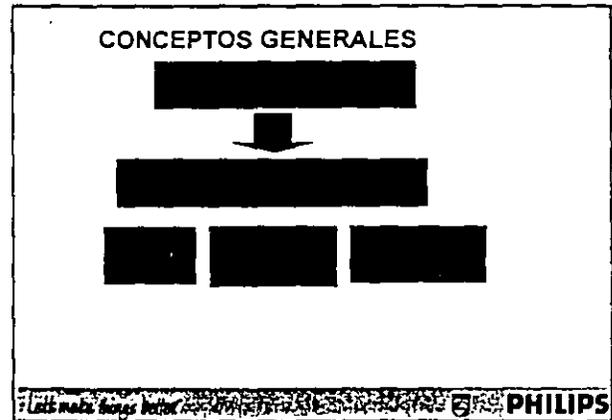
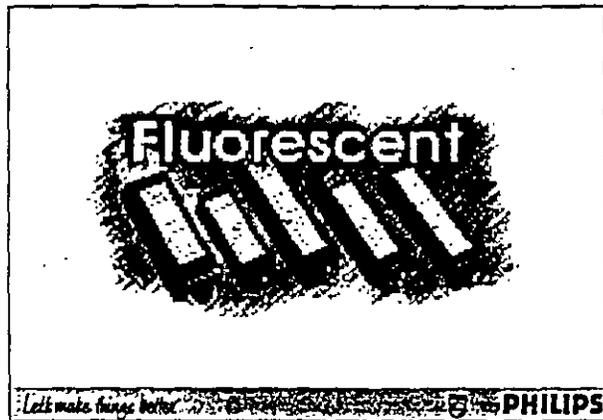
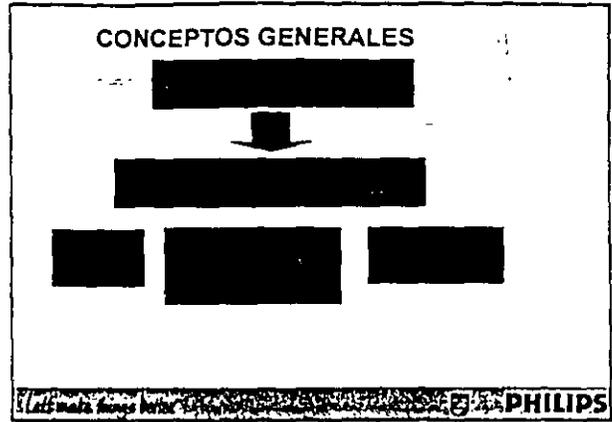
Let's make things better. PHILIPS



Let's make things better. PHILIPS



Let's make things better. PHILIPS



CONCEPTOS GENERALES

|             |     |
|-------------|-----|
| Electricity | 75% |
| Labor       | 17% |
| Bulb        | 8%  |

EFICACIA -LUM / WATT  
Cantidad de LUZ emitida por Watt consumido (%) o Lúmenes por Watt

VIDA PROMEDIO  
Es el número de horas en el que se garantiza que por lo menos el 50% de las lámparas seguirá operando. (hrs.)

Let's make things better PHILIPS

## Conceptos Generales

EFICACIA=LUMENES/WATT

Cantidad de Luz por Watt consumido

Luz = Flujo Luminoso (Lúmenes)  
Consumo = Potencia (Watts)

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| A-19 60W              | Fluorc. Comp. 9W |
| Flujo L. = 790        | 600              |
| Consumo = 60W         | 11W              |
| Eficacia = 13.16 lm/w | 54.5 lm/w        |

Let's make things better. PHILIPS

## Conceptos Generales

Rendimiento de Color

Indice de Rendimiento de Color =CRI

Es la característica de las lámparas de reproducir el verdadero color

Se mide en porcentaje de 0 a 100

Let's make things better. PHILIPS

## Conceptos Generales

TEMPERATURA DE COLOR

Medida en Kelvin

Es la totalidad que se genera en el ambiente al ser iluminado con una determinada fuente luminosa

|               |            |
|---------------|------------|
| Blanco Cálido | 2700-3000K |
| Blanco Ligero | 3500K      |
| Blanco Frío   | 4100K      |
| Luz de Día    | 5000-6500K |

Let's make things better. PHILIPS

## Nuevas Fuentes Luminosas

- ① Lámparas Incandescentes
- ② Lámparas Fluorescentes
- ③ Lámparas de Descarga HID
- ④ Lámparas HID Compactas
- ⑤ Sistemas de Iluminación por Inducción
- ⑥ Sistemas de Iluminación por Fibra Óptica
- ⑦ LED

Let's make things better. PHILIPS

## LAMPARAS INCANDESCENTES

Let's make things better. PHILIPS



Philips Surge Proof™ está diseñado para:

- Proveer protección de sobre-voltaje, bajas en el voltaje, apagones, etc.
- Provee un valor agregado para continuar usando lámparas A19
- Puede ser usado en cualquier socket estándar

Let's make things better. PHILIPS



### Anti-insecto

LAMPARAS ANTI-INSECTO CON RECUBRIMIENTO AMARILLO. ATRAEN CONSIDERABLEMENTE MENOS INSECTOS QUE LAS LÁMPARAS BLANCAS NORMALES, ESPECIALMENTE EN LA NOCHE.

SU POSICION DE FUNCIONAMIENTO ES UNIVERSAL

Let's make things better

PHILIPS

## LAMPARAS HALOGENAS

Let's make things better

PHILIPS

### MASTERLINE ES



- Intenso haz de luz brillante con definido control
- Filtro protector frontal
- Sistema de transmisión de calor
- Luz más brillante y constante
- Ahorro de energía



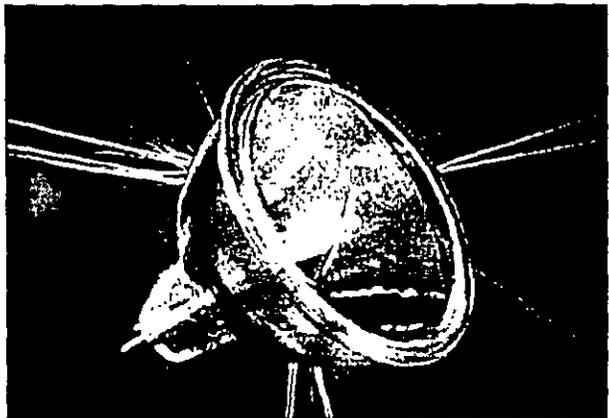
Aplicaciones: Hacen posible crear diferentes efectos luminicos y de acentuación en:

Joyerías  
Restaurantes  
Museos  
Boutiques  
Hoteles



Let's make things better

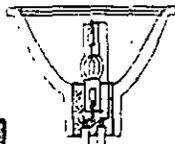
PHILIPS



### Reflectores de bajo voltaje IR

MR16

- AHORRA 30% DE ENERGIA
- 5,000 HORAS DE VIDA
- LUZ MAS BLANCA
- 20, 35 Y 45W
- MAYOR EFICACIA lmwatts
- TECNOLOGIA IR CON QUEMADOR DE DOBLE TERMINAL, LO QUE PERMITE UN EXCELENTE FLUJO LUMINOSO

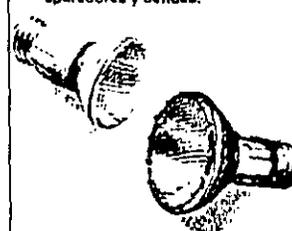


Let's make things better

PHILIPS

### Linea MASTER LINE

La solución óptima para sus necesidades de acentuación. Gracias a su luz más blanca y brillante y a su excelente índice de reproducción de color de 100%, son ideales para resaltar todo tipo de objetos en aparadores y vitrinas.



Totalmente Dimasibles y proporcionan un haz de luz perfectamente uniforme y definido



Excelente alternativa para sustituir a los reflectores Incandescentes ya que ahorra 30% de energía, ofreciendo hasta un 20% más de luz, debido a su tecnología WISO y DiOptic

Let's make things better

PHILIPS

### Ventajas vs. incandescentes

La colección Masterline de Philips ofrece amplias ventajas sobre las lámparas incandescentes convencionales:

- Mayor eficacia luminosa ( hasta 10% más) y misma cantidad de luz durante todo su tiempo de vida.



Su exclusivo proceso de manufactura asegura la correcta posición de la cápsula ( sellado epóxico vs. sellado por calor)

Let's make things better PHILIPS

### Ventajas vs. incandescentes

- Ahorro de energía al reemplazar reflectores convencionales por Pares halógenos MasterLine
- Luz más brillante (2,700 °k vs. 3,000 °K)
- Vida más larga ( de 2,000 a 2,500 hrs. de vida vs. 1,000 a 2,000 hrs. de los pares convencionales)

- Mejor control y calidad del haz de luz
- Excelentes para luz general y de acentuación



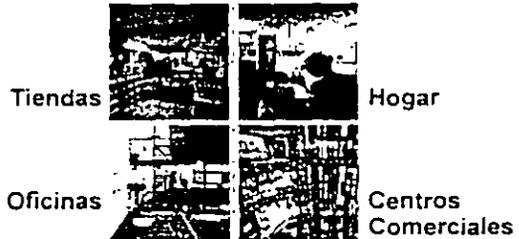
Incandescente Halógena

Let's make things better PHILIPS

## LAMPARAS FLUORESCENTES LINEALES

Let's make things better PHILIPS

### Colección MasterLine Aplicaciones



Let's make things better PHILIPS

### SISTEMA FLUORESCENTE TL80

#### CARACTERISTICAS

- Diámetro del tubo 8/8"
- Balastro de alta frecuencia con arranque programado
- Mismo balastro para las distintas potencias de lámpara TL80
- Mejor recubrimiento de polvos
- Variación de Potencias 17,25 y 32W

#### BENEFICIOS

- Control óptico mejorado Luminarios más pequeños
- Reducción en costos de material
- Sistema de alta eficiencia Operación segura
- Mayor salida de luz y mejor calidad
- Alta eficiencia 96 lmW
- Versatilidad en la aplicación y manejo

Let's make things better PHILIPS

### Eliminación Anual Total del Mercado



Aproximadamente 30 millones de lámparas Fluorescentes son eliminadas anualmente en México (Aproximadamente 600 millones en EEUU).

Más del 80% de los usuarios de lámparas Fluorescentes están comprendidos en instalaciones comerciales e industriales.

Let's make things better PHILIPS

# Alto™



La primer Lámpara Fluorescente en pasar la prueba TCLP sin aditivos y la de MAS BAJO contenido en Hg.

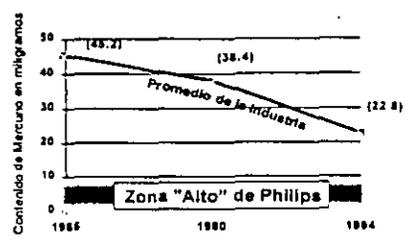
80% en reducción de mercurio en base al promedio de la industria en 1995.

No presenta efectos adversos en las características de la lámpara.

Ahorro de energía - disponible en Econ-o-watt y TL80.

*Let's make things better.* PHILIPS

# Alto™



Contenido de Mercurio en miligramos

48.2 (1985) 38.4 (1990) 22.8 (1994)

Promedio de la industria

Zona "Alto" de Philips

Fuente: Philips Lighting Company y the National Electrical Manufacturers Association, basado en el contenido de lámparas estándar de 4 pines, 40W

*Let's make things better.* PHILIPS

## Sistema Alto™ TL80 HI-VISION®

La aplicación del exclusivo recubrimiento de Iódoro HI-VISION® combinada con la tecnología ALTO™ hacen de este sistema la mejor opción en aplicaciones industriales y comerciales.

Con 20% más de vida (24 000 horas), más de un 80% de reducción de mercurio, ahorro del 40% con balastro electrónico Philips, mayor salida de luz durante toda su vida, mantenimiento de lumen al 95% y excelente índice de rendimiento de color de 86, nos ofrece la máxima duración con el menor costo de mantenimiento.

Disponibles en: **TL80 31W**

Disponibles en diferentes temperaturas de color (3000, 3500, 4000 y 5000K).



*Let's make things better.* PHILIPS

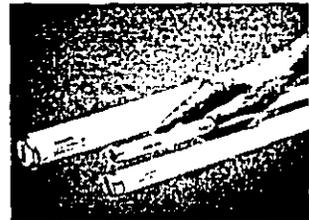
## SISTEMA FLUORESCENTE T5

|   |   |
|---|---|
| <b>CARACTERISTICAS</b>                              | <b>BENEFICIOS</b>                           |
| Diámetro del tubo 6/8"                              | Control óptico mejorado                     |
|   | Luminarios más pequeños                     |
|   | Reducción en costos de material             |
| Balastro de alta frecuencia con arranque programado | Sistema de alta eficiencia Operación segura |

*Let's make things better.* PHILIPS

## Silhouette T5

Miniaturización  
Diámetro 16 mm  
Menor Longitud



*Let's make things better.* PHILIPS

**Silhouette™ T5 Standard** Su excepcional desempeño (eficiencia, mantenimiento de lumen, color) y tamaño ultra compacto nos ofrecen nuevas oportunidades para la iluminación directa y de alto diseño comparada con lámparas T8 y T12. Gran eficiencia (104 lúmenes por watt), 20.000 horas de vida, y un índice de rendimiento de color de 85.

Disponibles en: **TL5 14R 1000 35W**

Disponibles en diferentes temperaturas de color (3000, 3500, 4100K).

**Silhouette™ T5 HO** Genera hasta 70% más luz que la Silhouette® normal, proporcionándonos más flexibilidad en aplicaciones de iluminación indirecta y combinando iluminación directa e indirecta.

Disponibles en: **TL5 24.39 140W**

Disponibles en diferentes temperaturas de color (3000, 3500, 4100K).

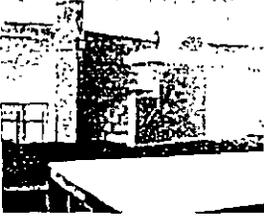


*Let's make things better.* PHILIPS

**Ahorro de energía**

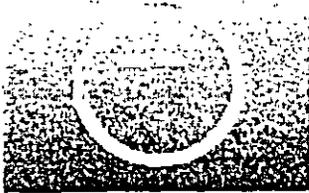
**Silhouette T5**

- †11% más eficiente que el T8 con balastro electrónico
- †Sistemas ópticos mejorados en los luminarios
- †Excelente mantenimiento de flujo luminoso



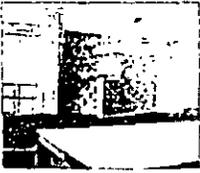
*Let's make things better.* PHILIPS

**Miniaturización Fluorescente CIRCULARES T5**



- Eficacia 85 lm/Watt
- 12,000 hrs vida
- Potencias 22 y 40 watts
- Distribución Unidireccional

*Let's make things better.* PHILIPS



**Silhouette T5**

RANGO DE PRODUCTOS

*Let's make things better.* PHILIPS

**LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS**

*Let's make things better.* PHILIPS

**MARATHON**  
Super Long Life

5 YEARS GUARANTEE

5 \$

5 \$



*Let's make things better.* PHILIPS

**PHILIPS** Energy Saver

LASTS 5 YEARS

75 WATT



*Let's make things better.* PHILIPS

**Lámparas Fluorescentes Ahorradoras de Energía  
EcoTone-Ambiance**

Nueva Lámpara fluorescente compacta ahorradora de energía con un diseño en forma de "foco" clásico, ideal para cualquier aplicación en hoteles, oficinas y para el hogar; por su gran duración (8.000 hrs.) son la fuente de luz del futuro. Pero ultraligero por ser electrónica, disponible en 2700 y 5000K. Ofrecen la misma cantidad de luz que un foco de 60 y 75W.

Disponible en:

**Ambiance 18 y 20W**

Disponible en Marzo 2000



**Lámparas Fluorescentes Compactas PL**

Philips presenta un sistema versátil y de alta eficiencia, el reemplazo ideal de las lámparas incandescentes con un diseño compacto, ahorro de 75-80% de energía, alto índice de rendimiento de color de 82, desempeño superior, larga duración (10 a 20 veces más que las lámparas incandescentes convencionales), alta calidad de iluminación y estabilidad térmica en un amplio rango de temperaturas. Para una mayor flexibilidad en aplicaciones contamos con diferentes temperaturas de color, potencias y flujos luminosos.

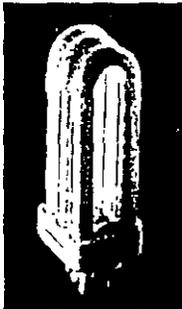
Disponibles en:

**PL-S 5,7,9,12W PL-C 10,13,19,26W PL-L 18,24,36,50,55W**

Disponibles en diferentes temperaturas de color (2700, 3000, 3500, 4100 y 5000K).



**PL-T Compacta Fluorescente**



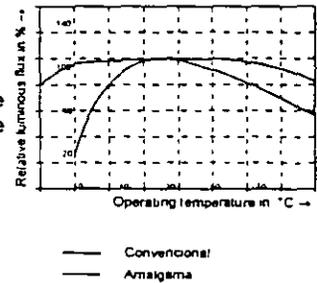
| Característica           | Beneficio                                |
|--------------------------|--|
| • Alta Eficiencia        | • Bajos Costos de Energía                |
| • Larga Vida             | • Bajos costos de mantenimiento          |
| • Fósforos Tricromáticos | • Alto Rendimiento de Color              |
| • Tamaño Ultracompacto   | • Versatilidad en el diseño de luminario |
| • Tecnología de Amalgama | • Flujo luminoso constante               |

Let's make things better



**PL-T con Amalgama**

Presión de Vapor de Mercurio controlada por Amalgama  
Flujo Luminoso estable durante los cambios de temperatura  
Super compacta, poderosa y ajuste perfecto en luminarios compactos



Let's make things better



**LAMPARAS  
DE ALTA  
INTENSIDAD  
DE  
DESCARGA**

Let's make things better



**El Fruto de la Tecnología**



Let's make things better



### Aditivos Metálicos Mastercolor

Esta tecnología Philips ofrece a los usuarios grandes ventajas en la tecnología de aditivos metálicos, con el uso avanzado de aluminio en el tubo de descarga con la tecnología de aditivos metálicos Mastercolor en el tubo de la lámpara, más opciones (75 lámparas para 100W) dentro del rendimiento en color y tecnología "Fullbright" para un rendimiento de iluminación de 100W. La línea "MasterColor" cuenta con múltiples colores y formas, además de 3 temperaturas de color para una máxima versatilidad. "MasterColor" fue nominado "El mejor producto del año" tanto por la "Luz de la Iluminación" (1995) como por la "Lighting Dimensions International" (1996).

Disponibles en:

|                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| PAR 35 35W       | TL 33 70 150W                     |
| PAR 35 33 y 70W  | Dúo de Cerámicas TL y T 70 y 150W |
| PAR 35 70 y 100W | ED-17 Blanco 70 y 100W            |
|                  | ED-17 Transparente 70 y 100W      |

**PHILIPS**

### Mastercolor CDM: La Mejor Tecnología

En comparación del cuarzo, el tubo cerámico tiene muchas ventajas:

- No emigración del Sodio
  - estabilidad en el color durante su vida
- Geometría controlada en el tubo de descarga
  - misma temperatura de color para todas las lámparas
- Temperatura más alta del tubo de descarga
  - muy alta eficiencia
  - muy buen rendimiento de color (830/942 igual al de TL80/830)
  - idéntica percepción del color aún en:
    - diferentes posiciones de operación
    - pequeñas variaciones de voltaje

**PHILIPS**

### Mastercolor CDM: Única combinación de la Tecnología Philips

**PHILIPS**

### Estabilidad de Color toda la Vida

**PHILIPS**

### Rango de Productos Mastercolor

| Temperatura | 3000K  | 4200K |        |             |             |       |        |
|-------------|--------|-------|--------|-------------|-------------|-------|--------|
| Type        | CDM-TC | CDM-T | CDM-TD | CDM-R PAR20 | CDM-R PAR30 | CDM-T | CDM-TD |
|             | 830    | 830   | 830    | 910         | 910         | 942   | 942    |
| 33W         |        |       |        |             |             |       |        |
| 70W         |        |       |        |             |             |       |        |
| 150W        |        |       |        |             |             |       |        |

ED-17 Blanco 70 y 100W  
100W  
ED-17 Transparente 70 y 100W

**PHILIPS**

### Características Mastercolor CDM

Mecánicamente, eléctricamente y ópticamente reemplazable en los sistemas actuales de Aditivos Metálicos Compactos

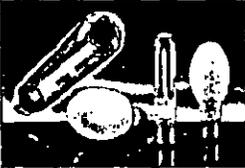
Comparación con Aditivos Metálicos:

- superior estabilidad de color ( $\pm 200K$  a 5000 hr)
- mínimo cambio inicial de color ( $\pm 150K$  a 100 hr)
- mejor rendimiento de color (CRI 85 a 92)
- mayor salida de luz (10 a 50 % más)

Filtro UV-block

**PHILIPS**

## LAMPARAS DE DESCARGA



**Eficiencia Energética**  
La forma más eficiente de convertir energía (watts) en luz (lúmenes)

**Potente**  
Arriba de 50,000 lúmenes generados por un bulbo de 400 watts

**Larga Vida**  
Arriba de 24,000 horas promedio

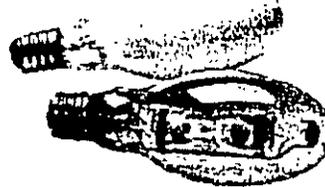
**Tecnología Versátil**

- Sodio Alta Presión
- Aditivos Metálicos
- Vapor de Mercurio

Let's make things better. PHILIPS

## Aditivos Metálicos PULSE START

Mejorada para tener eficiencia y mantenimiento de lumen superior, esta lámpara provee más de un 25% de incremento en salida de luz sobre las lámparas de aditivos metálicos convencionales, tienen un tiempo rápido de encendido y reaprendido y opera en balastos más eficientes.



## Standard Metal Halide

White Light CRI = 65

Efficacy up to 85 LpW

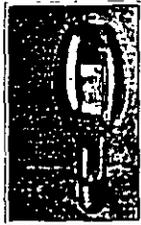
Life 5000 - 20000 hrs

Lumen Maint. 65%

Wattages 175 - 1500

Arc Tube Similar to Mercury

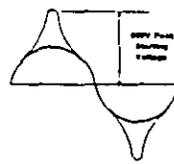
Ballast Similar to Mercury



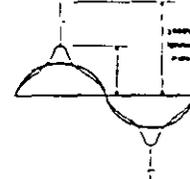
Let's make things better. PHILIPS

## Pulse Start Metal Halide

So What is Pulse Start?  
Simply a new way to start the lamp.



Probe Start requires a third electrode to function as a starting aid

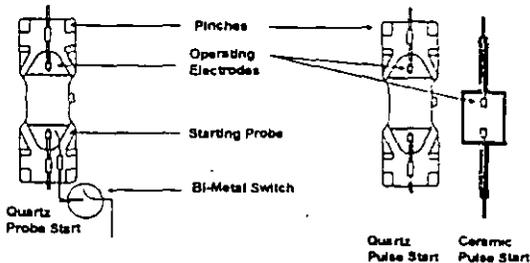


Pulse start utilizes an HV ignitor to start the lamp

Let's make things better. PHILIPS

## Pulse Start Metal Halide

### Arc Tube Construction



Let's make things better. PHILIPS

## Pulse Start Metal Halide

So what new about this lamp design?

### Features

- Utilizes ignitors
- Eliminates starting electrode
- Eliminates bi-metal switch
- New halide salt chemistry
- Optimized arc tube geometry
- Higher arc tube fill pressure

### Benefits

- Quicker Start/Restrike
- Eliminates sputtering
- Less premature failure
- Longer Life
- Improved lumen Maintenance
- Increased efficacy

Let's make things better. PHILIPS

## Pulse Start Metal Halide

Lets Quantify those benefits

|                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| • Increase Efficacy            | • Up to 110 LPW        |
| • Improved Lumen Maintenance   | • 20% increase         |
| • Longer lamp life             | • 15,000 - 20,000+ hrs |
| • Faster run-up                | • 2 Min down from 4    |
| • Quicker restrrike            | • 4 Min down from 20.  |
| • Colder ignition temperatures | • -40F down from -20F. |

**PHILIPS**

## Lumen Maintenance Comparison

(at 40% average rated life)

| Burning Hours (thousands) | Philips 320W Pulse Start MH (% Lumen Maintenance) | 400W Standard MH Industry Avg (% Lumen Maintenance) |
|---------------------------|---|---|
| 0                         | 100   | 100   |
| 2                         | 95  | 85  |
| 4                         | 90  | 75  |
| 6                         | 85  | 65  |
| 8                         | 80  | 55  |
| 10                        | 75  | 45  |

**PHILIPS**

## Pulse Start Metal Halide

| Wattage       | 175   | 250   | 320   | 400   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| Initial Lumen | 16000 | 23800 | 31400 | 44000 |
| Mean Lumen    | 12400 | 19000 | 25100 | 34000 |
| Rate Avg Life | 15000 | 15000 | 20000 | 20000 |
| CCT           | 3900  | 4000  | 4300  | 4200  |
| CRI           | 63    | 63    | 63    | 63    |
| Bulb Shape    | ED28  | ED28  | ED28  | ED37  |

**PHILIPS**

## Lámparas Alót de Sodio de Alta Presión

Resuelven uno de los mayores problemas de la industria, ya que cuentan con un indicador que permite detectar rápidamente aquellas lámparas que necesitan ser reemplazadas antes de que se fundan, aumentando así la seguridad, pues también previenen fallas del balastro o ignitor, reduciendo a las variaciones de voltaje y vibración, además de que también pasaron la prueba más difícil de desechos no tóxicos TCLP (Toxic Characteristic Leaching Procedure).

Disponibles en:

ED-23 172, 180 y 150W  
 ED-18 250 y 400W  
 ED-25 1000W

Disponibles en Enero 2008

**PHILIPS**

## Lámpara de Inducción QL

Fue inventada por Philips en 1991, este sistema sin electrodos proporciona una vida extraordinaria de 100,000 horas o 12 años de funcionamiento continuo, con un índice de rendimiento de color de más de 80, arranque instantáneo y sin temperaturas de color que hacen de esta lámpara la fuente de luz más eficiente y duradera del mercado.

Disponibles en:

QL 55, 65 y 105W

Disponibles en diferentes temperaturas de color (3000 y 4000K).

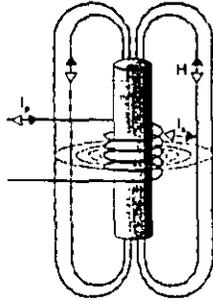
**PHILIPS**

## Lifetime

|                                  |   |                               |
|----------------------------------|---|-------------------------------|
|                                  |   |                               |
| incandescent lamp<br>→ 4 000 hrs | Conventional discharge lamp<br>1,000 → 20 000 hrs | Induction lamp<br>100,000 hrs |

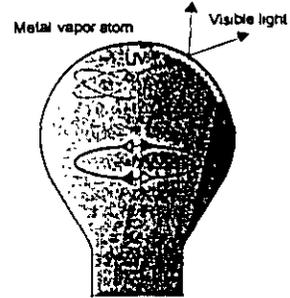
**PHILIPS**

### Induction principle



Let's make things better. PHILIPS

### Discharge principle



Let's make things better. PHILIPS

### Background Information

Philips is the first lighting supplier to introduce induction lighting commercially. QL Induction Lighting:

- 1991: QL 85W; 6000 lm
- 1993: QL 55W; 3500 lm
- 2000: QL 165 W; 12,000 lm.

Market acceptance has led to the introduction of new types in wattage and voltage.

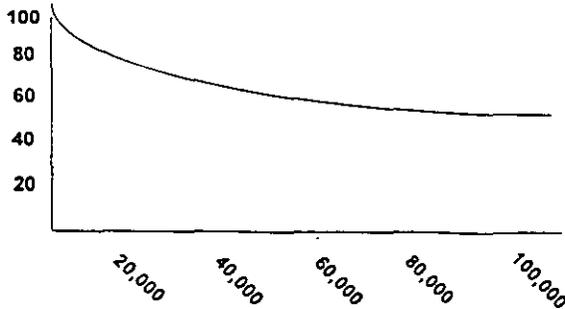
Let's make things better. PHILIPS

### Compare

| QL 85W       |      | MH70W        |      |
|--------------|------|--------------|------|
| System Watts | 85   | System Watts | 90   |
| Efficacy     | 71   | Efficacy     | 54   |
| CRI          | 85   | CRI          | 65   |
| Ignition     | 0.1  | Ignition     | 10s  |
| Run Up       | 5s   | Run Up       | 1.5m |
| Re-strike    | 0.1  | Re-strike    | 15m  |
| Life         | 100k | Life         | 10k  |
| Bulb Temp    | 150  | Bulb Temp    | 350  |

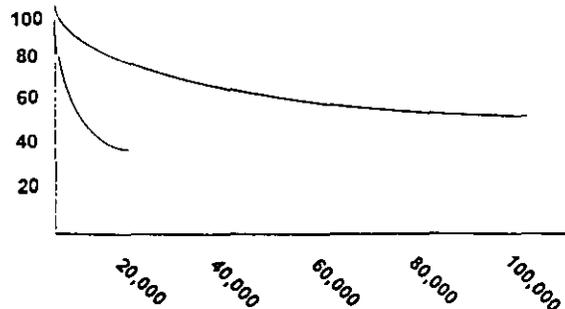
Let's make things better. PHILIPS

### 100,000 Hours Life!

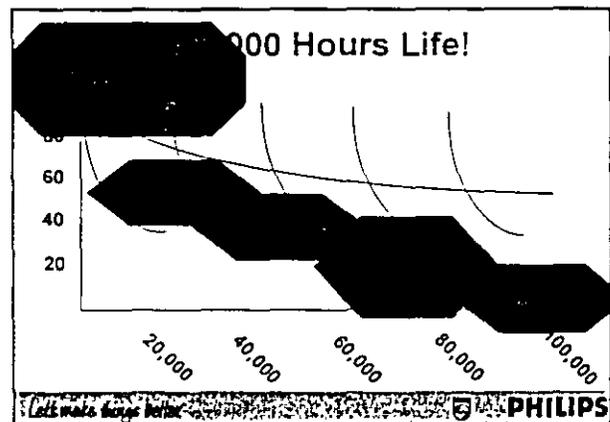
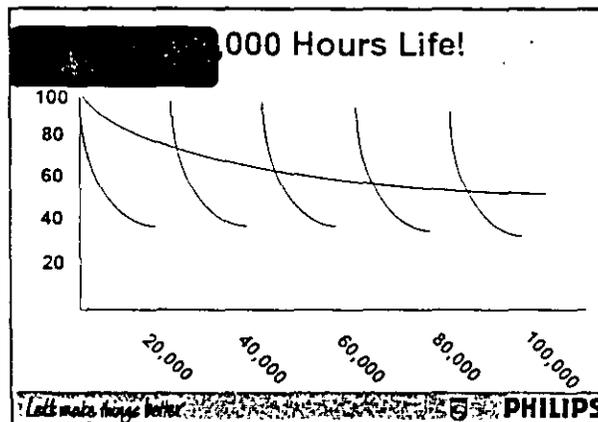
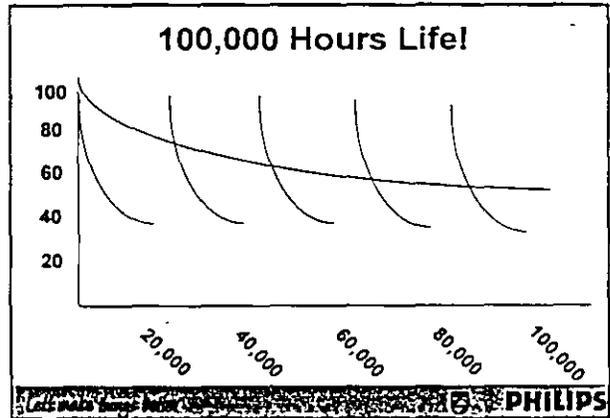
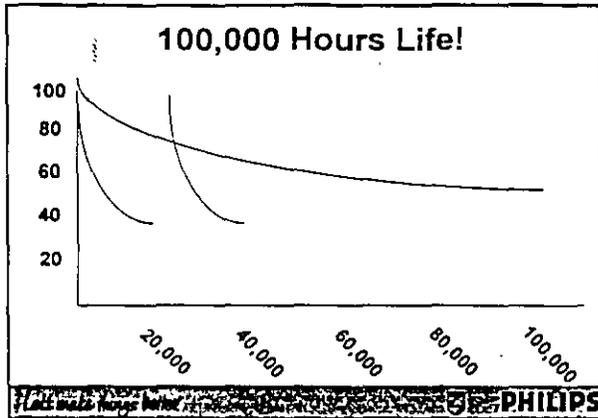


Let's make things better. PHILIPS

### 100,000 Hours Life!



Let's make things better. PHILIPS



### QL vs MH

|   |   |
|---|---|
| MH  | QL  |
|  |  |
| \$570   | \$300   |

PHILIPS

### Nuevas Fuentes Luminosas (QL)

| <u>Características</u>       | <u>Beneficios</u>   |
|------------------------------|---|
| No tiene electrodos          | Ultra larga vida (100,000Hra)<br>Mayor confiabilidad<br>Menor mantenimiento<br>Mayor eficiencia |
| Operación en alta frecuencia | No hay efecto estroboscópico<br>Excelente regulación de tensión                                 |
| Control electrónico          | Re-encendido instantáneo  |
| Tecnología de amalgama       | Flujo luminoso constante  |

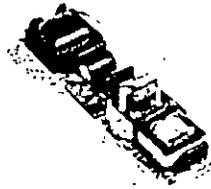
PHILIPS

# BALASTROS ELECTRONICOS PARA FLUORESCENCIA

Let's make things better

PHILIPS

## Electrónicos Significa: Ahorro de Energía.



- 1) 20 kHz (alta) Frecuencia.  
10% de mayor eficacia.
- 2) Menos pérdidas en el balastro  
Transformadores mas pequeños.
- 3) T8 Vs T12  
Mayor eficacia - menor  
depreciación lumínica.
- 4) Ahorro en el Aire  
Acondicionado
- 5) Dimming

Let's make things better

PHILIPS

## Consideraciones de Compra: Ahorro Económico

### Electromagnético

- Costo relativo de la energía
- Costos por corrección del FP
- Carga Térmica -vs- Aire Acondicionado
- Alta depreciación de los lúmenes

### Electrónico HF

- 40% Ahorro de energía
- Alto Factor de Potencia
- Reducción del 30% en la radiación del calor
- Baja depreciación de lúmenes

Let's make things better

PHILIPS

## SISTEMAS DE CONTROL

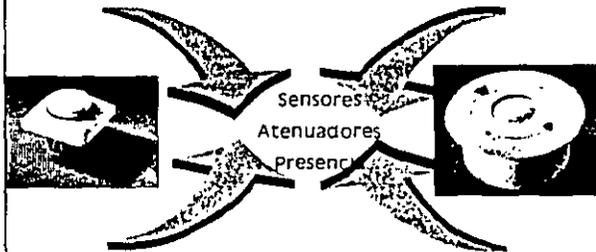


Let's make things better

PHILIPS

## Sistemas de Control de Iluminación

*Iluminación inteligente no significa automatismo*



*Solución Inteligente a la Medida de sus Proyectos*

Let's make things better

PHILIPS

## BENEFICIOS DE CONTROLES

### PROPIETARIO DEL EDIFICIO

- Bajo costo de operación
- Reducción de consumo de energía
- Aumenta la flexibilidad
- Menor mantenimiento de lámparas

### CONSULTORES

- Mejor funcionamiento
- Algo extra para el cliente
- Especificación única



Let's make things better

PHILIPS

## Lighting Controls - Mayores Beneficios

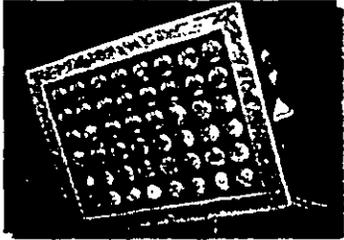
**Ahorro de energía:**  
 switch automático para apagarse (detector de presencia)  
 regulador automático de la luz de acuerdo con el nivel requerido

**Flexibilidad:**  
 Paneles de oficina movibles si rediseñar la instalación eléctrica  
 iluminación de acuerdo a la demanda de los equipos individuales

**Comfort:**  
 Lighting setting de acuerdo con la actividad del momento  
 Switch y dimmer donde quiera que estes

*Let's make things better* PHILIPS

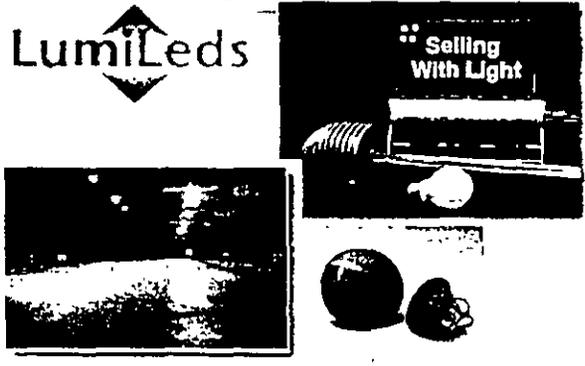
**LumiLeds**  
 THE REVOLUTION OF LIGHTING



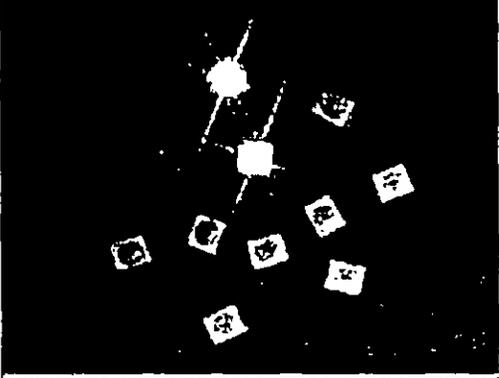
*Let's make things better* PHILIPS

**LumiLeds**

Selling With Light



*Let's make things better* PHILIPS



*Let's make things better* PHILIPS

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION**



*Let's make things better* PHILIPS



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

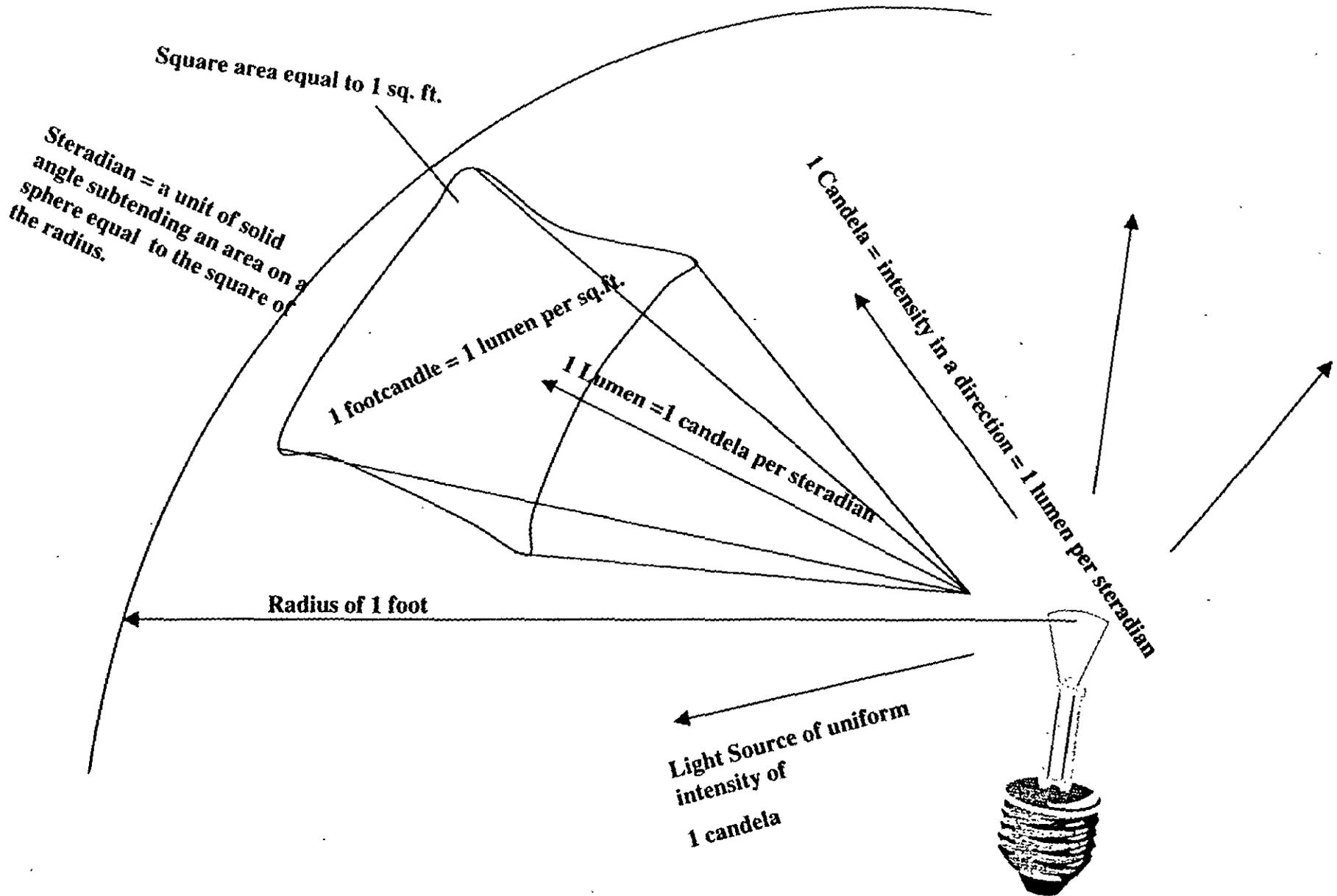
**ALUMBRADO PÚBLICO**

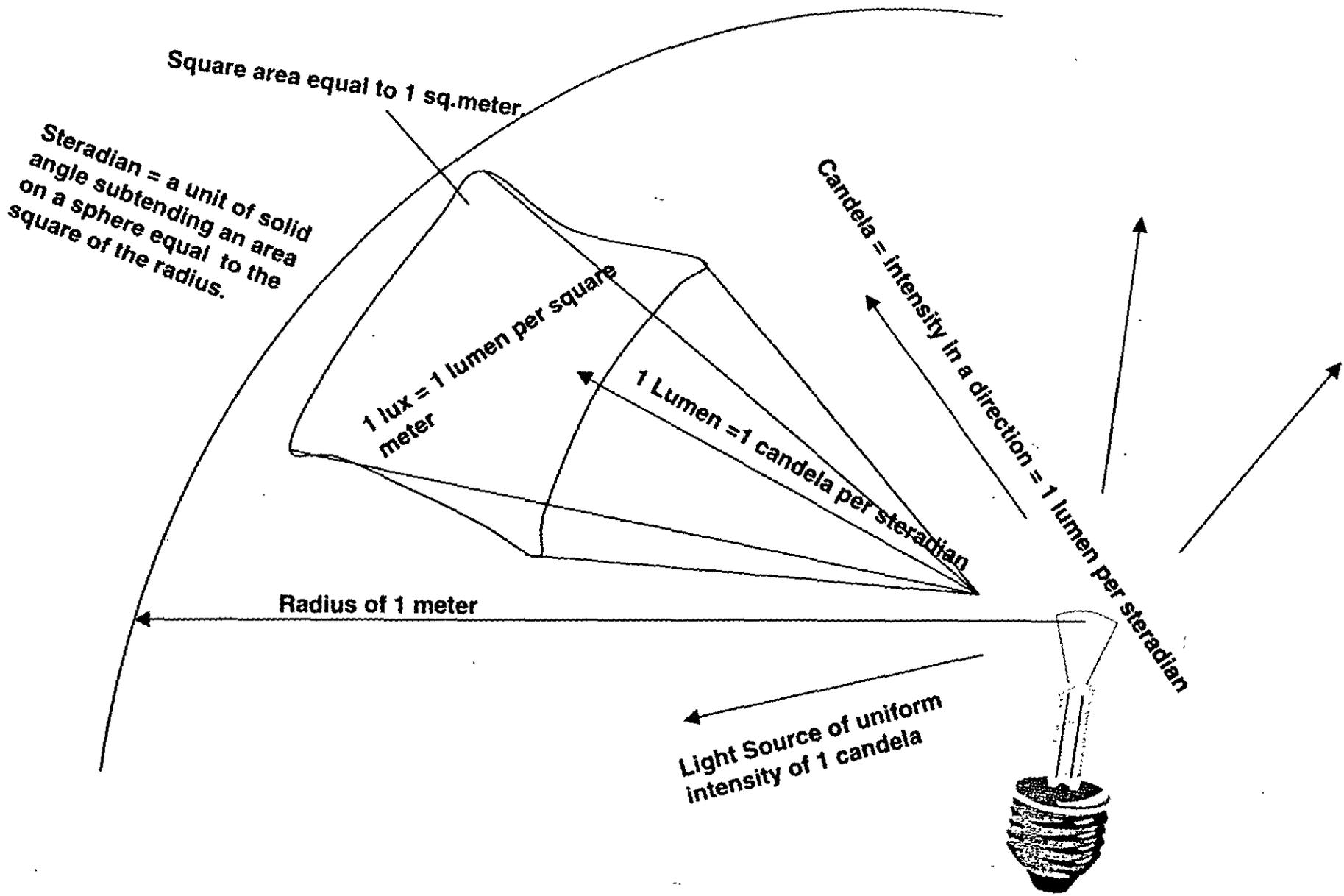
**EXPOSITOR: ING. E. JAVIER ROMERO G.  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

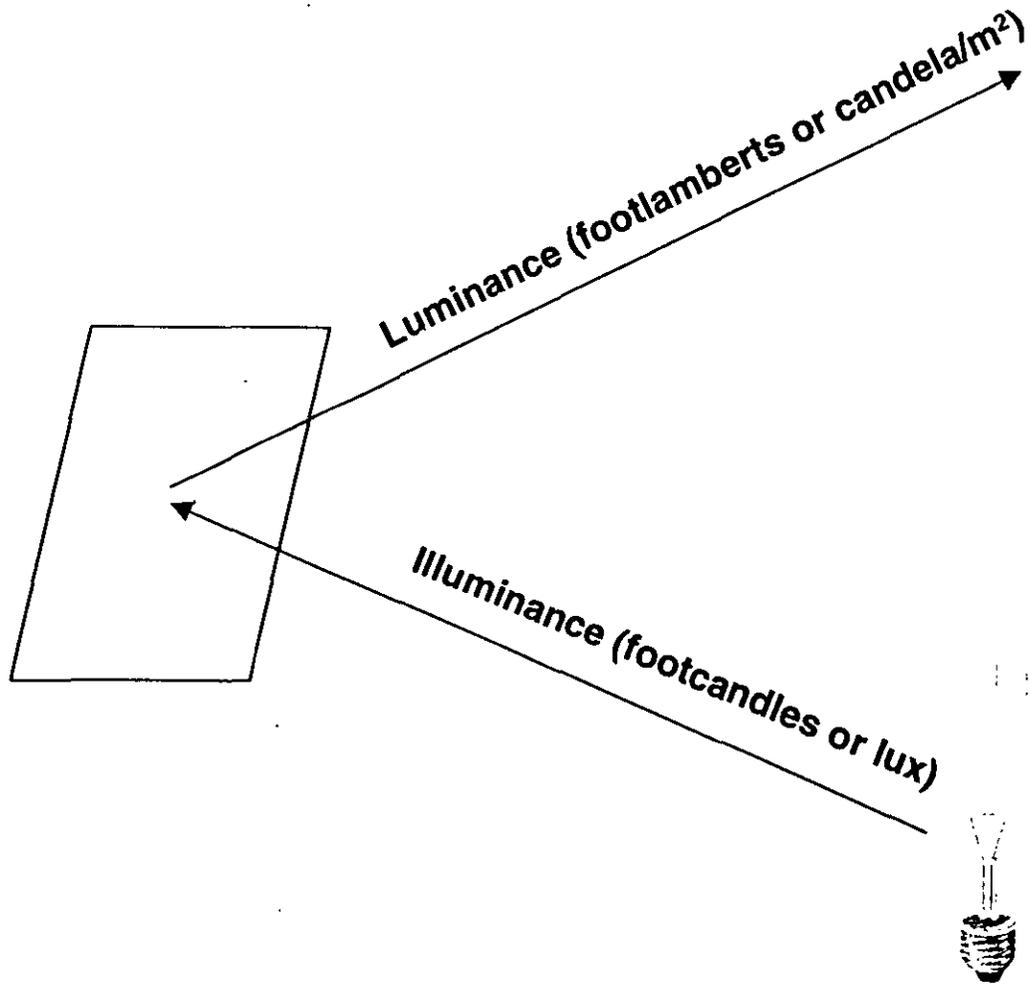
## **2.- ALUMBRADO PUBLICO**

- **TERMINOLOGIA**
- **NORMATIVIDAD Y RECOMENDACIONES**

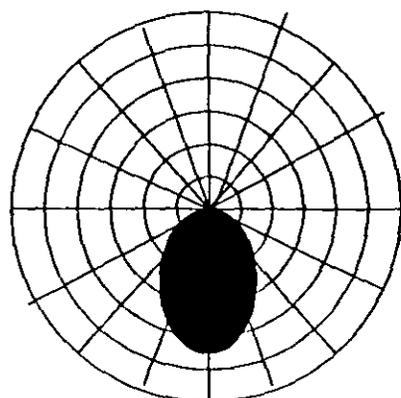
**Ing. E. Javier Romero G.**





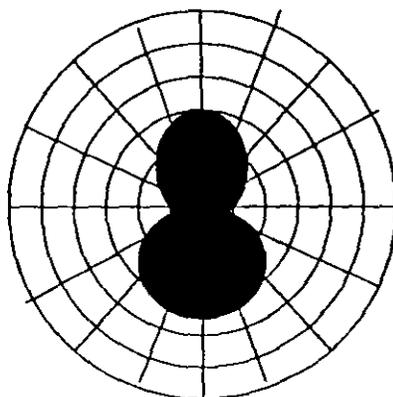


# TIPOS DE DISTRIBUCION



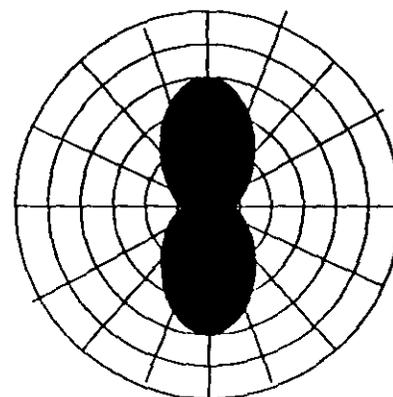
0-10% ↑  
90-100% ↓

**DIRECTA**



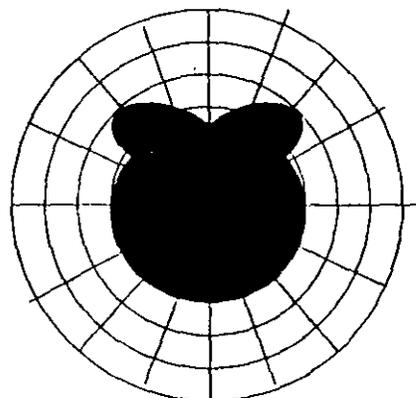
10-40% ↑  
60-90% ↓

**SEMI-DIRECTA**



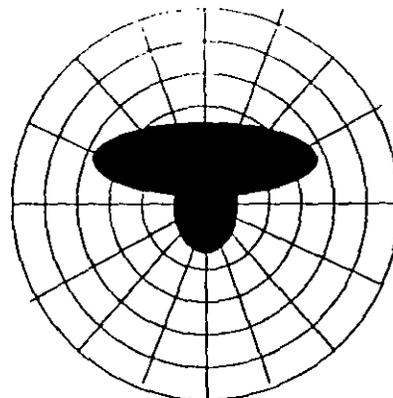
40-60% ↑  
40-60% ↓

**DIRECTA/INDIRECTA**



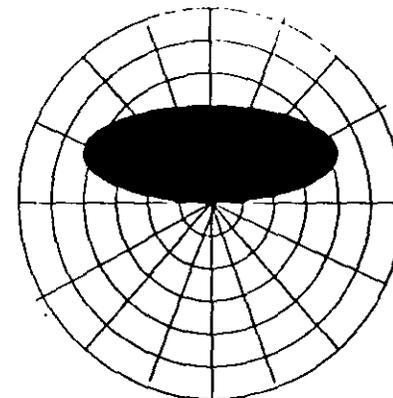
40-60% ↑  
40-60% ↓

**GENERAL DIFUSA**



60-90% ↑  
10-40% ↓

**SEMI-INDIRECTA**



90-100% ↑  
0-10% ↓

**INDIRECTA**

# EFICIENCIA DEL LUMINARIO

$$nL = \frac{\text{Lumens del Luminario}}{\text{Lumens de Lámpara}} \times 100$$

$nL = \textit{Eficiencia del luminario}$

- Solo considera la absorción dentro del luminario
- Esta no garantiza una aplicación específica del luminario

# Información de Luminancia

El máximo promedio de luminancia (  $\text{cd}/\text{m}^2$  )  
para un luminario utilizado en iluminación  
directa de medio ambiente VDT

| Grados    | Optima | Máxima |
|-----------|--------|--------|
| Vertical  |        |        |
| 55°       | 850    | -      |
| 65°       | 350    | 850    |
| 75°       | 175    | 350    |
| 85° ó más | 175    | 175    |

# Información de Luminancia

Equación para convertir FL a cd/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{cd/m}^2 &= \frac{\text{fL}}{\pi} \times \frac{(3.28\text{ft})^2}{\text{m}^2} \\ &= (\text{fL}) (3.42) \end{aligned}$$

# INFORMACION FOTOMETRICA DE LUMINARIOS DE ALUMBRADO PUBLICO

La posición normal de operación de un luminario de alumbrado público se muestra en la figura 1. La orientación es la misma en las curvas isolux (Fig. 2).

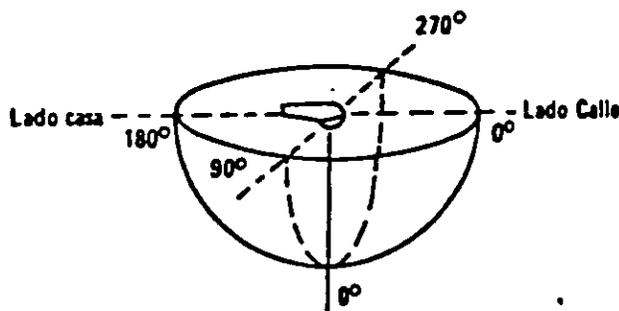


FIG. 1

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 por debajo 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 lámpara dirigido al pavimento y áreas adyacentes, así como la eficiencia mantenida del sistema.

## CLASIFICACION DE LUMINARIOS.

La IES-ASA 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 isolux, 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).

## CURVAS ISOLUX

El diagrama isolux (Fig. 2b) 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 isolux 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.

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| 6. Distancia del plano de trabajo al luminario  | 8  |  |  |  |
| 7. Refracciones del cuarto<br>(a) Techo<br>(b) Paredes<br>(c) Piso  | 8<br>8<br>8  |  |  |  |
| 8. Carga conectada en cada luminario  | EN<br>S  |  |  |  |
| 9. Costo neto/luminario   | S  |  |  |  |
| 10. Numero de lámparas/luminario  | Especificado   |  |  |  |
| 11. Numero de reflectores/luminario   | Especificado   |  |  |  |
| 12. Valor de S/MH   | Publicado  |  |  |  |
| 13. Numero de lámparas por año  | Especificado   |  |  |  |
| 14. Datos fotométricos  | Identificados  |  |  |  |
| 15. Coeficiente de utilización  | Decimal  |  |  |  |
| 16. Numero de cat. de lámparas utilizadas   | Especificado   |  |  |  |
| 17. Costo neto de cada lámpara  | S  |  |  |  |
| 18. Periodo de reemplazo<br>(a) En grupo (horas)<br>(b) Unitario  | Especificado<br>Especificado   |  |  |  |
| 19. Valor de lumens/lámpara<br>(a) Iniciales<br>(b) Medio sobre periodo de reemplazo<br>(c) Al final del periodo de reemplazo   | Lumens<br>Lumens<br>Lumens   |  |  |  |
| 20. Costos de trabajo (\$ por mano de obra) :<br>(a) Instalación de un luminario<br>(b) Mantenimiento (limpieza y reemplazo)  | S<br>S   |  |  |  |
| 21. Trabajo por unidad (Hrs./luminario o lámpara) :<br>(a) Instalación de un luminario<br>(b) Limpieza por reflector<br>(c) Reemplazo :<br>1) En grupo<br>2) Unitario<br>(d) Instalación del sistema de distribución por un luminario | S<br>Hrs. - Nombre<br>Hrs. - Nombre<br>Hrs. - Nombre<br>Hrs. - Nombre<br>Hrs. - Nombre |  |  |  |
| 22. Factores de mantenimiento :<br>(a) Depreciación de lámpara<br>(b) Depreciación por suciedad del luminario<br>(c) Factor del balastro<br>(d) Factor de temperatura   | Decimal<br>Decimal<br>Decimal<br>Decimal   |  |  |  |
| 23. Eficiencia :<br>(a) Carga demandada<br>(b) Carga de energía   | S/1000lm<br>S/1000lm   |  |  |  |
| 24. Operación anual en Hrs. del sistema   | Hrs./año   |  |  |  |
| 25. Costo anual de operación  | Decimal  |  |  |  |

## GUIA DE REFERENCIA RAPIDA PARA LA CLASIFICACION DE ILUMINACION DE ALUMBRADO PUBLICO

### I. Distribución de iluminación vertical : "Larga", "Media" o "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 determina la clasificación de la distribución de la iluminación ver:

### II. Control vertical :

"Cut-off", "Semi-Cut-off" o "Non-Cut-off"

Los ángulos verticales de 90° y 80° son utilizados para clasificar el control vertical como se tabula :

| CONTROL VERTICAL DEL LUMINARIO | MAXIMA INTENSIDAD EMITIDA PERMISIBLE |                       |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|                                | 90°                                  | 80°                   |
| Cut-off                        | 25 cd/1000 lm (2.5 %)                | 100 cd/1000 lm (10 %) |
| Semi-Cut-off                   | 50 cd/1000 lm (5 %)                  | 200 cd/1000 lm (20 %) |
| Non-Cut-off                    | No limitado                          | No limitado           |

### III. Distribución de iluminación lateral :

Clasificación "Tipo" IES.

Localice la 1/2 de la línea de máxima candela en el diagrama isocandela y note su posición relativa a la línea especificada longitudinal a la calle (LRL). Este "Tipo" se determina por la localización de la 1/2 de la línea de máxima candela en la curva isocandela 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 :

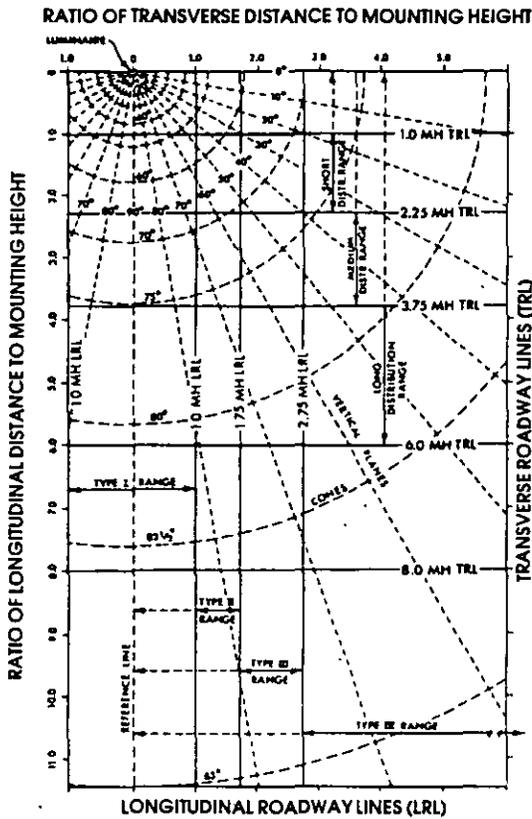
(Commission Internationale De L'Eclairage).

La clasificación CIE es relativamente sencilla dado a que se basa primeramente en el Control Vertical. El criterio está tabulado :

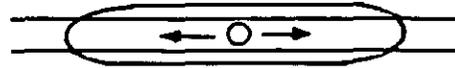
| TIPO DE LUMINARIO | LOCALIZACION DEL ANGULO VERTICAL DE MAXIMA CL | MAXIMA INTENSIDAD PERMISIBLE |                      |
|-------------------|---|------------------------------|----------------------|
|                   |   | 90°                          | 80°                  |
| Cut-off           | 0 - 80°                                       | • 10 cd/1000 lm (1 %)        | 30 cd/1000lm (3 %)   |
| Semi-Cut-off      | 0 - 20°                                       | • 50 cd/1000lm (5 %)         | 100 cd/1000lm (10 %) |
| Non-Cut-off       | - -   | 1000 cd                      | -                    |

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

# IES Types

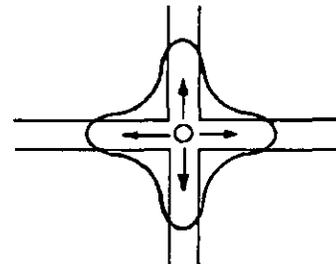


(A) TYPE I



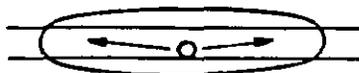
**Type I:** A distribution is classified as Type I when its half-maximum-candlepower isocandela trace lies within the Type I width range on both sides of the reference line which is bounded by 1.0-MH house side LRL and 1.0-MH street side LRL within the longitudinal distribution range (S, M or L) where the point of maximum candlepower falls.

(B) TYPE I - 4-WAY



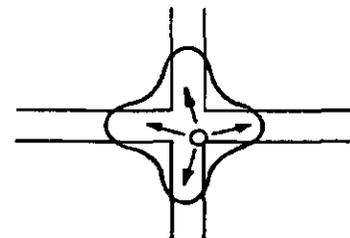
**Type I 4-WAY:** A distribution is classified as a Type I four-way when it has four beams of width as defined for Type I above.

(D) TYPE II



**Type II:** A distribution is classified as Type II when the street side segment of the half-maximum-candlepower isocandela trace is within the longitudinal range in which the point of maximum candlepower falls (S, M or L) does not cross the 1.75-MH street side LRL.

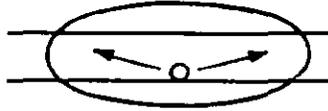
(E) TYPE II - 4-WAY



**Type II four-way:** A distribution is classified as a Type II four-way when it has four beams, each of the width on the street side as defined for Type II above.

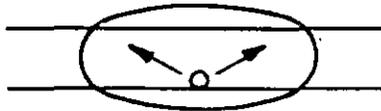
# IES Types

(F) TYPE III



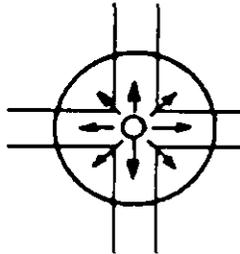
**Type III:** A distribution is classified as Type III when the street side segment of the half-maximum-candlepower isocandela trace within the longitudinal range in which the point of maximum candle power falls (S, M or L) lies partly or entirely beyond the 1.75-MH street side LRL, but does not cross the 2.75-MH street side LRL.

(G) TYPE IV



**Type IV:** A distribution is classified as a Type IV when the street side segment of the half-maximum-candlepower isocandela trace within the longitudinal range in which the point of maximum candlepower falls (S, M or L) lies partly or entirely beyond the 2.75-MH street side LRL.

(C) TYPE V



**Type V:** A distribution is classified as Type V when it has circular symmetry, being essentially the same at all lateral angles around the luminaire.

CLASIFICACION IES : TIPO II, MEDIA, SEMI-CUT-OFF  
 CLASIFICACION CIE : NON-CUT-OFF

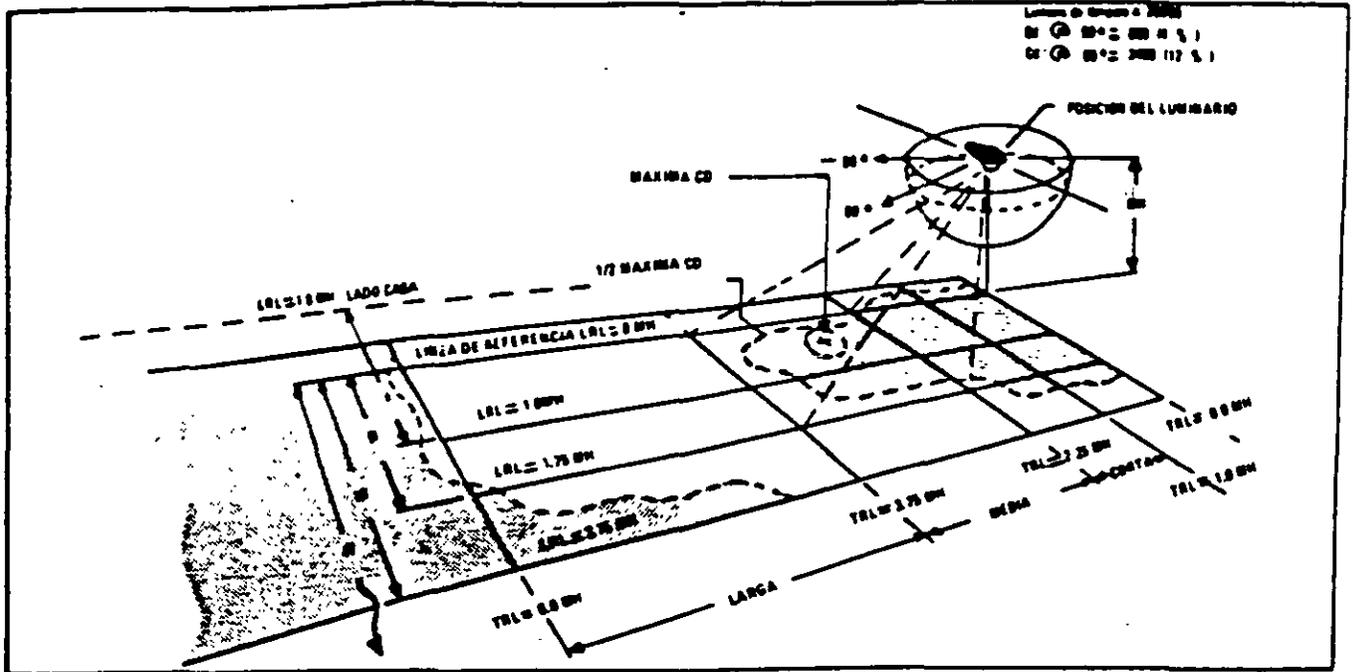


Fig. 1

▲ Una interpretación práctica de la "American Standard Practice" para alumbrado público, "Illuminating Engineering, July 8, 1977 American National Standard Practice para alumbrado público RP-8".

### CORRECCION DE LA ALTURA DE MONTAJE

Una corrección es aplicable en la información lux si la altura de montaje utilizada es diferente de la calculada en la información (Fig. 3).

| FACTOR DE CORRECCION DE LA ALTURA DE MONTAJE     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| USADO ABAJO = $\frac{100}{(\text{mh actual})^2}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ALTURA DE MONTAJE (m)                            | 7.5  | 8.0  | 8.5  | 9.0  | 9.5  | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| FACTOR   | 1.78 | 1.56 | 1.38 | 1.23 | 1.11 | 1.00 | 0.83 | 0.69 | 0.59 | 0.51 | 0.44 |

FIG. 3

Para obtener la iluminación a otras alturas de montaje, multiplique los valores de iluminación del diagrama lux 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 lumens de luz del luminario en cuadrantes: arriba, abajo de lado de la calle y del lado de la casa, y el total de lumens de salida del luminario (basados sobre 1000 lumens de salida de la lámpara. Ver factor de lámpara). Estos valores también se dan en por ciento de lumens nominales de lámpara. Este porcentaje representa exactamente la eficiencia del luminario (Fig. 4).

#### VALORES DE FLUJO LUMINOSO

|                         | LUMENS | EFICIENCIA % DE LAMPARA |
|-------------------------|--------|-------------------------|
| LADO CALLE HACIA ABAJO  | 620    | 62                      |
| LADO CALLE HACIA ARRIBA | 18     | 1                       |
| LADO ACERA HACIA ABAJO  | 180    | 18                      |
| LADO ACERA HACIA ARRIBA | 18     | 1                       |
| TOTAL                   | 800    | 80                      |

FIG. 4

### FACTOR DE LAMPARA

Los valores de luxes, lumens y candelas de la curva fotométrica se ajustan para representar una lámpara que produce 1,000 lumens adentro del luminario. Por lo tanto, un factor de lámpara (LF) debe aplicarse cuando se utilizan estos valores en los cálculos (Fig. 5).

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 lumens, candelas y luxes por:

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

FIG. 5

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

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

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 UTILIZACION

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 (Fig. 2 y Fig. 6)

La cantidad de luz que está utilizándose o incidiendo en el área 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 de montaje. El coeficiente de utilización para algún caso específico se obtiene de esta curva.

#### CURVA DE UTILIZACION

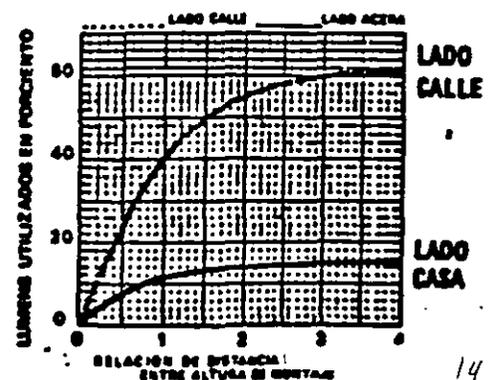


FIG. 6

**TABLA 904.6. VALORES MÍNIMOS 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)<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | Lpro a<br>Lmin            | Lmax a<br>Lmin | (MAXIMO)<br>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   | 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                    | 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                    | 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         |   |

**I**

**(b) VALORES MÍNIMOS 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  |                |

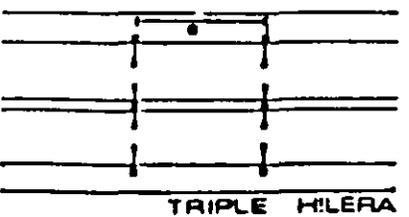
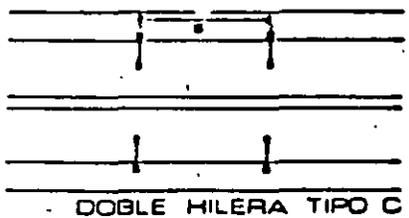
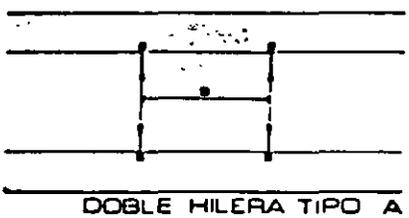
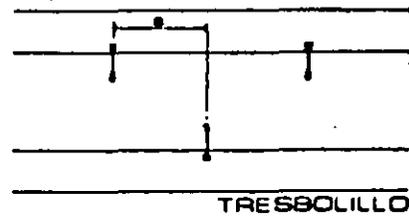
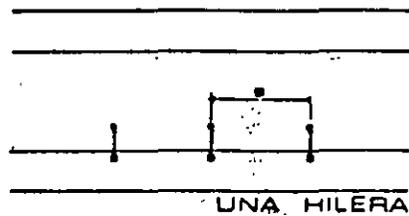
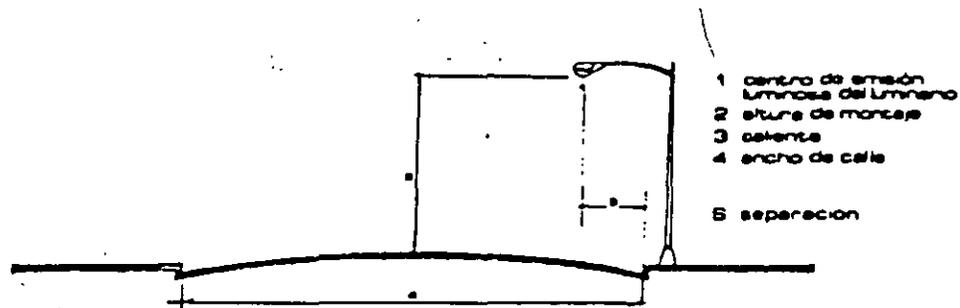
Notas:

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.

TERMINOLOGÍA CON RESPECTO A LA DISPOSICIÓN DE LOS LUMINARIOS Y  
A SU PRESENTACIÓN.



Clasificación de luminarios.

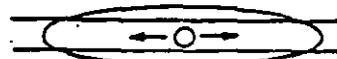
La clasificación de la distribución de luz debe hacerse en base a las curvas isocandelas, con las figuras 904.3ab y 904.3ac.

Los luminarios se clasifican de acuerdo a su distribución en: vertical, lateral y por su centro de distribución de luz.

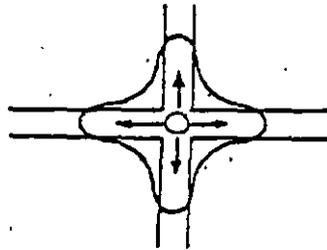
a).- Distribución de iluminación vertical.

1).- Distribución corta.- Un luminario se clasifica como de distribución corta, cuando la loci punto de máxima candela se sitúa entre 1.0 y 2.25 veces la distancia transversal entre la altura d

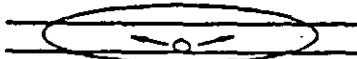
2).- Distribución media.- Un luminario se clasifica como de distribución media, cuando la loci punto de máxima candela se sitúa entre 2.25 y 3.75 veces la distancia transversal entre la altura



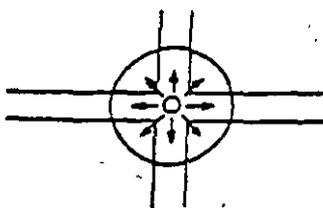
(A) TIPO I



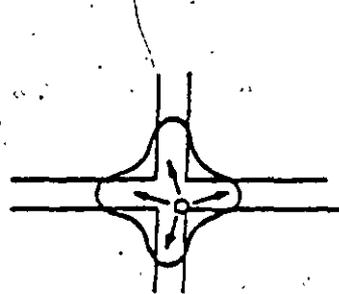
(B) TIPO I-4-VIAS.



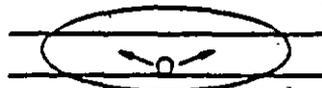
(D) TIPO II



(G) TIPO V



(C) TIPO II-4-VIAS



(E) TIPO III



(F) TIPO IV

Figura 904.3ab Clasificación de la distribución de luz

VI

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                             | 238  | 38                   | 18                    |
| 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



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**FUENTES LUMINOSAS**

**EXPOSITOR: ING. ALDO PAREDES M.  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## TEMA III.

### FUENTES LUMINOSAS

Las fuentes de luz (lámparas) que se utilizan actualmente para la iluminación artificial, pueden ser divididas en dos categorías principales: incandescente y de descarga. Las lámparas del tipo de descarga pueden ser de baja o de alta presión.

Las fuentes de descarga en baja presión son las fluorescentes y las de sodio en baja presión. Las lámparas de vapor de mercurio, aditivos metálicos y sodio alta presión son consideradas lámparas de descarga en alta presión.

Estas son las fuentes de luz más comúnmente usadas en el campo de la ingeniería de iluminación. Cada fuente de luz será descrita en términos de sus tres componentes primarios.

- (1) Elemento productor de luz
- (2) Bulbo
- (3) Conexión eléctrica.

El capítulo esta dividido en dos secciones: (1) Lámparas incandescente, (2) Lámparas de descarga.

#### III.1.- LAMPARAS INCANDESCENTES

##### III.1.a.- LAMPARAS INCANDESCENTES ESTANDAR

###### Elemento productor de luz

La luz es producida en la lámpara incandescente (figura 3-22) calentando un hilo o filamento a altas temperaturas, lo cual causa que el conductor llegue a la incandescencia. La incandescencia del hilo es resultado de la resistencia al flujo de corriente eléctrica a través del conductor. El tungsteno es usado como material para el filamento. Ninguna otra substancia es tan eficiente en convertir energía eléctrica en luz en la base de vida y costo. El tungsteno tiene cuatro características importantes

- 1.- Alto punto de fusión
- 2.- Baja evaporación

- 3.- Alta resistencia y ductibilidad
- 4.- Características favorables de radiación

Las designaciones más comunes de letras para filamentos son "S", "C", y "R". Los filamentos en espira son los más eficientes y ampliamente utilizados en las lámparas encontradas en ingeniería de iluminación. La resistencia del tungsteno frío es baja, comparada con su resistencia operacional: por lo que hay gran cantidad de corriente inicial de encendido, en una lámpara fría.

## **Bulbo**

El bulbo o cubierta de vidrio es usado para evitar que el aire toque el filamento. Cuando el filamento se expone al aire la evaporación ocurre mas rápido. El bulbo se llena con gas inerte de Argón y Nitrógeno para retardar la evaporación del filamento. Las lámparas con gas designadas tipo C son de 40 watts y mayores. Las lámparas de 25 watts y menos son lámparas en vacío, las cuales son designadas tipo B. Los bulbos también son designados de acuerdo a su forma (ver figura 3-23).

Aparte de la designación con letras, los bulbos también tienen una designación numérica, la cual representa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo, una designación A-19 indica un diámetro de  $19/8$  " ó  $2\ 3/8$  de pulgada.

Los acabados de las superficies del bulbo pueden ser claro, esmerilado u opalino, de color o superficies interiores plateadas. Las lámparas normalmente en el mercado son las claras, esmeriladas u opalinas, blancas y plateadas, los bulbos de color pueden ser de vidrio en color natural, pintura exterior o filtros.

## **Conexión eléctrica.**

La base proporciona la conexión eléctrica, montaje y posicionamiento de la lámpara. Hay ocho tipos diferentes de bases. Las lámparas para servicio general de menos de 300 watts normalmente usan la base roscada mediana; de 300 a 500 watts las lámparas usan la base roscada mogul.

## **Características de operación.**

### **Variación de voltaje.**

La variación del voltaje en una lámpara incandescente, arriba o abajo del voltaje nominal, afectara las características de la lámpara. Por ejemplo, si una lámpara para 120 volts nominales es operada a 125 volts (4% de incremento), la lámpara producirá 16% mas lúmenes, 7% más

watts y 38% menos de vida. Una lámpara de 120 volts nominales operada a 115 volts (4% menos), proporcionará 13% menos lúmenes, 6% menos watts y 62% más vida (ver fig 3-24).

### **Depreciación de lúmenes.**

La resistencia del filamento aumenta con el tiempo debido a la evaporación, dando como resultado una disminución del diámetro del filamento. Este incremento en la resistencia del filamento, causa una disminución de los lúmenes, amperes y watts. Una reducción adicional en la salida de lúmenes es debida a la absorción de luz por el tungsteno depositado en la superficie interior de la lámpara (ver figura 3-25).

### **III.1.b.- LAMPARAS DE TUNGSTENO - HALOGENO**

Una deficiencia de las lámparas incandescente normales ha sido su mantenimiento de lúmenes a lo largo de su vida. Cuando el filamento se calienta, este se evapora lentamente y se deposita en la pared interior del bulbo. Esta capa de tungsteno entonces actúa como un filtro, absorbiendo algo de luz y disminuyendo la salida de luz. Esto fue superado con el desarrollo de la lámpara de ciclo tungsteno-halógeno, la cual también es llamada lámpara de cuarzo.

La lámpara de tungsteno-halógeno contiene un halógeno como el Iodo o Bromo y un gas de relleno. El bulbo está hecho de cuarzo para soportar altas temperaturas requeridas por el ciclo para trabajar. A altas temperaturas, el tungsteno evaporado se asocia con una molécula de halógeno. En vez de depositarse en las paredes del bulbo, la molécula combinada de tungsteno-halógeno retorna al filamento caliente liberando halógeno para permitirle combinarse con otra molécula de tungsteno evaporado.

Esta acción de limpieza minimiza el deposito de tungsteno en la pared del bulbo, y da como resultado un incremento en la salida de lúmenes a través de la vida de la lámpara. En la figura 3-25 se muestra la salida de lúmenes de una lámpara incandescente normal y la de una lámpara de tungsteno-halógeno durante la vida de cada una de ellas.

El principal objeto al desarrollar la lámpara de tungsteno-halógeno fue el de mantener la salida de lúmenes, pero se hicieron otras mejoras. La vida de la lámpara aumento un poco, así como su eficacia.

Para operar apropiadamente las lámparas de tungsteno-halógeno requieren de relativamente altas temperaturas, el filamento tuvo que ser compactado y el bulbo se hizo más pequeño. La fuente como es más pequeña se acerca más a la fuente puntual ideal, necesaria para un buen control óptico.

La lámpara de tungsteno-halógeno es un tipo de lámpara incandescente y por lo tanto es fácil de atenuar. Sin embargo al atenuarla provoca una reducción en la temperatura de las paredes del bulbo, lo cual retarda la unión de moléculas de tungsteno-halógeno, dando como resultado un ennegrecimiento de las paredes del bulbo y reducción en la salida de los lúmenes de la lámpara. Cuando la lámpara es regresada a un nivel de temperatura suficiente, algo del tungsteno depositado en el bulbo es removido.

### III.1.c.- CARACTERISTICAS GENERALES DE OPERACION

#### Eficacia y vida

Una de las características más importantes de cualquier fuente de luz, es su habilidad para convertir la energía eléctrica en energía luminosa. A esto se le conoce como eficacia de la lámpara.

Las lámparas incandescentes tienen eficacias que andan en el orden de los 4 a los 24 lúmenes/watt. Para propósitos de comparación, a la lámpara incandescente se le asigna una eficacia de 20 lúmenes/watt.

El costo de la luz depende no solo de la eficacia, también depende de la vida de fuente. Las lámparas incandescentes tienen una vida promedio de 1000 horas, o sea alrededor de 5 meses con un período típico de encendido de 8 horas diarias (52 semanas/año x 6 días/semana x 8 horas/día = 2496 horas/año). La vida de la lámpara es función de varios factores, incluyendo la forma del filamento y su soporte, el gas de relleno, los ciclos de encendido-apagado y la potencia.

#### Características de color

El sistema visual humano responde en forma diferente a las diferentes longitudes de onda de la radiación. Nuestra mente interpreta estas diferentes longitudes de onda como un color.

Las fuentes de luz son importantes en la visión del color ya que proporciona la energía radiante y por lo tanto la respuesta al color. La distribución de las longitudes de onda emitidas por una fuente, es conocida como la distribución de potencia espectral (DPE). La DPE de una lámpara incandescente se muestra en la figura 3-26. Note la tremenda cantidad de rojo o grandes longitudes de onda presentes; esto es normal para una fuente que produce energía luminosa por calor. La DPE de la lámpara de iodo-cuarzo es similar a la de la lámpara incandescente pero contiene ligeramente más longitudes de onda corta (azul). Esto es resultado de las altas temperaturas de operación. Las lámparas incandescentes tienen un rendimiento de color excelente.

## Distribución de energía

La distribución de energía de una lámpara incandescente se muestra en la figura 3-27.

### III.1.d.- RESUMEN

A pesar de que las fuentes incandescentes tienen una vida corta y baja eficacia, tienen ventajas que las hacen ser seleccionadas comúnmente como fuentes de luz. Entre estas ventajas están su excelente índice de rendimiento de color, el bajo costo inicial de la lámpara y su relativamente pequeño tamaño, lo que facilita dirigir la salida de luz ya que se aproxima al modelo ideal de una fuente puntual.

Algunas veces se selecciona un sistema incandescente debido a su facilidad y bajo costo para atenuarlo, lo cual es una consideración importante en muchos diseños.

Las lámparas ahorradoras de energía en el mercado, hacen uso de diferentes gases de relleno. Estas lámparas utilizan más el kriptón que el Argon utilizado en las lámparas normales. El resultado es una disminución en la potencia consumida sin disminución de la eficacia. Como un beneficio adicional, la vida se incrementa. La lámpara incandescente es aun popular debido a su bajo costo. Las lámparas ahorradoras de energía cuestan alrededor de 10 veces más de lo que cuesta una lámpara incandescente convencional.

### III.2.- FUENTES DE DESCARGA EN GAS

Las lámparas de descarga en gas son comparadas con un elemento de resistencia negativa. Cuando los aditivos dentro del tubo de arco se ionizan, la resistencia dentro del tubo de arco disminuye; esto provoca que la resistencia se aproxime a cero, mientras que la corriente se aproxima a infinito.

$$I = E/R \quad R \rightarrow 0, I \rightarrow \text{infinito}$$

Sin un dispositivo que limite la corriente, los electrodos se destruirían en cuestión de segundos. Debido a lo anterior, todas las fuentes de descarga en gas requieren de un balastro.

Un balastro es un dispositivo eléctrico que sirve para tres funciones primarias:

- 1.- Limita la corriente
- 2.- Proporciona el voltaje de encendido.
- 3.- Proporciona la corrección del factor de potencia.

El balastro actúa como un autotransformador para proporcionar el voltaje de encendido. Por lo tanto, contiene devanados que provocan una carga de reactancia inductiva. La reactancia inductiva causa un defasamiento entre las ondas de corriente y voltaje, el cual es corregido con la adición de un capacitor en el balastro. El balastro se describirá con mas detalle al final de este capítulo.

### **Posición de operación.**

Las lámparas de descarga en gas son usualmente sensibles a la posición de operación. El ingeniero debe tener precaución al seleccionar las lámparas, ya que si operan en una posición diferente de la especificada, estas pueden cambiar su salida de lúmenes, su vida y sus características de color.

Algunas lámparas pueden explotar o implotar si no se instalan correctamente. Se deben consultar las especificaciones del fabricante para obtener información de la posición de operación.

Las letras típicas para designar la posición de operación son:

BU: base arriba

BD-HOR: base abajo a horizontal

BD: base abajo

VER-BU: vertical a base arriba

BU-HOR: base arriba a

VER-BD: vertical a base abajo horizontal HOR: horizontal solamente

## **III.2.a.- FUENTES DE DESCARGA EN GAS DE BAJA PRESION**

### **III.2.a.1.- LAMPARAS FLUORESCENTES**

La primera instalación importante de lámparas fluorescentes fue hecha en los años de 1938-1939 en la feria mundial de Nueva York. Las lámparas fueron instaladas en racimos verticales en las astas, a lo largo de la Avenida de las Banderas. En la figura 3-28 se muestra un esquemático de la lámpara fluorescente.

#### **Elementos productores de luz**

La lámpara fluorescente requiere de tres elementos o componentes para producir luz visible:

(1) Electrodo

(2) Gas

### (3) Recubrimiento fosfórico

#### Electrodos (cátodos)

Los electrodos son los dispositivos emisores. Actualmente se utilizan dos tipos de cátodos. El cátodo caliente es un filamento de tungsteno con doble o triple arrollamiento, cubierto con un óxido de tierra alcalina que emite electrones cuando se calienta. Los electrones son sometidos a una temperatura aproximada de 900 C. Los electrones están sujetos a un voltaje mayor, emitiendo electrones a 150 C aproximadamente. El cátodo caliente es el tipo de electrodo más comúnmente usado en lámparas fluorescentes, para la mayoría de las aplicaciones. Por lo tanto, no se describirán las lámparas de cátodo frío.

#### Gases

Una pequeña cantidad de gotas de mercurio se coloca en el interior del tubo fluorescente. Durante la operación de la lámpara, el mercurio se vaporiza a una presión muy baja. A esta baja presión, la corriente fluyendo a través del vapor provoca que el vapor radie energía; principalmente a una sola longitud de onda en la región ultravioleta (253.7 nm) del espectro. La presión del mercurio es regulada durante la operación, por la temperatura de la pared del bulbo. La lámpara también contiene una pequeña cantidad de un gas raro altamente purificado. Los más comunes son el Argón y el Argón-Neón, pero algunas veces también se utiliza el Kriptón. El gas se ioniza rápidamente cuando se aplica un voltaje suficiente a la lámpara. El gas ionizado decrece rápidamente su resistencia, permitiendo que la corriente fluya y el Mercurio se vaporize.

#### Recubrimiento fosfórico

Este es el recubrimiento químico en la pared interior del bulbo. Cuando el recubrimiento fosfórico es excitado por radiación ultravioleta a 253.7 nm, este produce luz visible por fluorescencia. (Ver figura 3-28 ). Es decir, la luz visible de una lámpara fluorescente es producida por la acción de la energía ultravioleta en el recubrimiento fosfórico dentro del bulbo.

#### Envolvente

El bulbo es el envolvente de vidrio que contiene los gases y proporciona una superficie a la cual puede aplicarse el recubrimiento fosforico. los bulbos se designan de acuerdo a su forma, diámetro y color (Ver figura 3-29). Por ejemplo, T-12 indica una forma tubular (T) y un diámetro de 1 1/2 de pulgada. (12 representa el diámetro en octavos de una pulgada:  $12/8 = 1$

1/2 pulgadas).

### Conexión eléctrica

La base proporciona la conexión eléctrica entre la lámpara y el soquet y sirve como soporte y alineamiento de la lámpara. Hay tres tipos de bases asociadas con las lámparas fluorescentes:

- 1.- Doble alfiler (minuatura, media, mogul): Se usan en todas las lámparas de encendido por precalentamiento y en la mayoría de arranque rápido
2. Doble contacto embutido: Se utiliza en las lámparas de alta emisión y Power Groove. Su propósito es proteger a los usuarios del alto voltaje en los contactos.
- 3.- Contacto sencillo: Usado en lámparas de arranque instantáneo.

### Características de color.

El color de una lámpara fluorescente depende del recubrimiento fosfórico en la pared interna del bulbo. La curva de distribución espectral consiste en dos componentes.

- 1.- Una porción continua.
- 2.- Una línea de espectro.

Las líneas o barras en la curva DPE representan la luz visible que es generada directamente por el arco de mercurio; la porción continua es debida a la acción de la energía ultravioleta en el recubrimiento fosfórico. La DPE de una lámpara fluorescente puede ser cambiada modificando el tipo de mezcla en el recubrimiento fosfórico. Hay 6 lámparas fluorescentes blancas en el mercado (ver figura 3-3).

- CW: Blanco frío
- CWX: Blanco frío de lujo
- WW: Blanco cálido
- WWX: Blanco cálido de lujo
- W: Blanco
- D: Luz de día

Esta variedad de lámparas fluorescente blancas ha sido desarrollada para satisfacer casi todas las necesidades de luz blanca. Estas lámparas se conocen como lámparas blancas estandar, ya que las seis se pueden obtener con todos los grandes fabricantes de lámparas. Además de estas seis blancas estandar, cada fabricante vende blancos especiales y tubos fluorescentes de color.

La selección entre alguna de las lámparas fluorescentes siempre significa un compromiso entre

eficacia y color. La selección del mejor rendimiento de color usualmente significa una reducción en la eficacia. Las lámparas CW, WW, W y D tienen eficacias altas pero son pobres en rojos, dando como resultado una característica de pobre rendimiento de color. Las lámparas CWX y WWX son las que proporcionan el mejor rendimiento de color a los objetos y personas, con una razonable eficacia. Esto se obtiene con la adición de fósforos rojos en la mezcla. Sin embargo, ya que el ojo tiene menor respuesta a la energía roja, la eficacia luminosa se reduce alrededor de 30% de la salida de luz de las lámparas CW y WW.

### **Circuitos de cátodo caliente**

Hay tres tipos de lámparas fluorescentes de cátodo caliente y se definen por los circuitos para los cuales han sido diseñadas:

- 1.- Pre calentamiento
- 2.- Encendido instantáneo
- 3.- Encendido rápido

### **Circuitos de pre calentamiento**

El circuito de pre calentamiento fue el primer tipo en ser desarrollado. Requiere un arrancador separado que pre calienta los electrodos, provocando una emisión de electrones. Esto causa que la resistencia interna disminuya, lo cual permite establecer el arco. El proceso de pre calentamiento requiere de algunos segundos, de aquí lo lento del encendido que es característica del circuito de pre calentamiento.

El pre calentamiento puede ser efectuado por medio de un botón manual de arranque o por un arrancador automático. El arrancador hace circular corriente por los electrodos de la lámpara por un tiempo suficiente para calentarlos y entonces automáticamente (o manualmente) interrumpe la corriente en los electrodos, causando que el voltaje aplicado entre los electrodos establezca el arco.

### **Circuitos de encendido instantáneo**

En 1944, el circuito de encendido instantáneo fue introducido para mejorar el lento encendido del circuito de pre calentamiento. El circuito de encendido instantáneo elimina la necesidad de un arrancador y por lo tanto simplifica el sistema y su mantenimiento. Se aplica un alto voltaje entre los electrodos suficiente para vencer la resistencia de la lámpara y establecer el arco. El arco calienta rápidamente el filamento de los electrodos, lo cual hace que se emitan electrones

para sostener el arco; ya que no se requiere de precalentamiento en las lámparas de encendido instantáneo, con un solo alfiler de contacto es suficiente. A este tipo de lámpara se le llama también lámpara Slimline.

### **Circuito de encendido rápido**

En 1952, se desarrollaron el circuito y la lámpara de encendido rápido. Esta enciende rápidamente sin la necesidad de un arrancador separado. Un balastro para encendido rápido es de menor tamaño y más eficiente que un balastro de encendido instantáneo para la misma potencia. El circuito de encendido rápido utiliza electrodos de baja resistencia los cuales son calentados continuamente con muy bajas pérdidas.

La lámpara de encendido rápido es la lámpara más común y es adecuada para la mayoría de aplicaciones. Los circuitos de arranque rápido pueden ser intermitentes o atenuarse eficientemente.

Las lámparas circulares están disponibles para operación en circuitos de encendido rápido. También están diseñadas para usarse en circuitos de encendido rápido las lámparas en forma de "U".

Las lámparas de encendido rápido pueden usarse tanto en circuitos de precalentamiento como en circuitos de encendido rápido. Sin embargo, una lámpara con designación de "precalentamiento" no puede usarse en circuito de encendido rápido. Los circuitos de encendido rápido son clasificados de acuerdo a la corriente de la lámpara:

RS 430 mA  
Circular 390, 420 y 430 mA  
HO 800 mA  
XHO, PG, VHO, SHO, T10 1500 mA

### **Nomenclatura de lámparas**

La nomenclatura de una lámpara es de acuerdo a su potencia o longitud, forma, diámetro en octavos de pulgada y color. Las lámparas de precalentamiento y encendido rápido utilizan la potencia nominal de la lámpara en su nomenclatura, mientras que las lámparas HO, VHO, encendido instantáneo y PG utilizan la longitud nominal en su nomenclatura. Algunos ejemplos se muestran a continuación:

Precalentamiento  
F20T12/CW, fluorescentes/watts/tubular/diámetro/color

Encendido rápido,  
30 y 40 watts  
F30CW y F40CW, fluorescente/watts/color

Encendido rápido (HO)  
F96T12/CW/HO, fluorescente/longitud/tubular/diámetro/color/encendido rápido

## Características de funcionamiento

### Vida

La vida de la lámpara depende de los ciclos de encendido/apagado. Los valores de las lámparas están dados en la base de un ciclo de 3 horas de encendido por 20 minutos de apagado. En 1973 se introdujo en las lámparas un nuevo gas colector. Este gas previene la combustión del material emisor de los electrodos, cada vez que la lámpara es encendida; por lo que, la vida de la lámpara no es grandemente afectada por los ciclos más frecuentes de apagado-encendido de la lámpara. Sin embargo, la importancia del tiempo de encendido puede verse en la operación por más tiempo de las lámparas en términos de los factores de vida:

|                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 6-h encendido/apagado  | 1.25 x vida      |
| 12-h encendido/apagado | 1.60 x vida      |
| operación continua     | 2.5 o mas x vida |

### Efecto estroboscópico

Estroboscópio es una palabra griega que significa "ver movimiento". El arco se extingue durante cada paso por cero (120 veces/segundo) de la onda senoidal de corriente alterna; sin embargo, el recubrimiento fosforico continúa radiando luz durante este pequeño período. Generalmente, esto no es notorio, pero puede en algunos casos hacer parecer a la maquina de alta velocidad estar estática. El uso de balastros de secuencia serie en circuitos de encendido rápido elimina este problema.

Otra solución es usar balastros adelantado-atrasado, el cual pone una lámpara fuera de fase con respecto a la otra en una unidad de dos lámparas. Esto da como resultado que una lámpara esta al máximo de salida de luz mientras la otra esta en cero. El efecto resultante es la eliminación del parpadeo.

### Efecto de la temperatura

La operación mas eficiente de la lámpara se obtiene cuando la temperatura ambiente está entre

70 a 90 F (21 a 32 C). Temperaturas menores causan una reducción en la presión del mercurio, lo cual significa que se produce menor energía ultravioleta; por lo que al haber menos energía ultravioleta que actúe en el recubrimiento fosforico se produce menos luz. Altas emperaturas causan un cambio en la longitud de onda producida, haciéndola más cercana al espectro visible. Las longitudes de onda más largas tienen menos efectos en el recubrimiento fosforico, y por lo tanto hay menor salida de luz (ver figura 3-31).

Las lámparas fluorescentes estandar pueden operarse a una temperatura menor hasta 50 F (10 C) sin un balastro especial. Sin embargo, como indica la figura 3-31, la salida de luz (lúmenes), será menor si la temperatura ambiente esta fuera de los 70 a 90 F ( 21 a 32 C). Existen balastros especiales de baja temperatura para encender y operar lámparas a 0 y 20 F. Estos balastros proporcionan un voltaje mayor de encendido y usualmente contienen un interruptor térmico de encendido.

### **Efecto de la humedad**

Los requerimientos de voltaje de encendido son afectados por la carga electrostática en la superficie exterior de una lámpara fluorescente. El polvo y aire húmedo tienen efectos desfavorables en la carga de la superficie. Este factor debe ser tomado en consideración cuando la humedad relativa excede del 65%. Un recubrimiento de silicón en la superficie exterior de la lámpara y la adecuada distancia entre la lámpara y el luminario, normalmente resuelve los problemas de encendido bajo cualquier condición de humedad. Sin embargo, la acumulación de polvo en la lámpara nulifica los efectos del recubrimiento de silicón y provoca dificultades de encendido. No se debe limpiar la lámpara con un abrasivo, ya que este también eliminará el recubrimiento de silicón.

### **Distribución de energía**

Del total de energía de entrada a una lámpara fluorescente solo el 22% se convierte en luz visible (ver figura 3-32).

### **Eficacia**

La eficacia de las lámparas fluorescentes para la mayoría de los tamaños comunes de lámparas es de 75 a 80 lm/watt sin incluir las pérdidas en el balastro. Para circuitos de dos lámparas F40 CW, la eficacia total (lámpara más balastro ) será de 68.5 lm/watt.

$$2F40CW: 2 \times 3150 = 6300 \text{ lm}$$

$$\text{Balastro con dos lámparas encendido rápido, alto factor de potencia} = 92 \text{ W}$$

Eficacia =  $6300/92 = 68.5$  lm/watt

La lámpara F40 CW sola, tiene una eficacia de 78.8 lm /watt.

## Dispositivos ahorradores de energía

Las lámparas ahorradoras de energía están diseñadas para operar a una menor potencia con el mismo balastro para lámparas convencionales. La eficacia de algunas es menor, otras tienen una eficacia mayor.

Recientemente se ha descubierto que las lámparas ahorradoras de energía, pueden ser la causa de la falla prematura del balastro debido a sobrecarga del capacitor. Un balastro de alto factor de potencia para dos lámparas contiene un capacitor de encendido y un capacitor para corregir el factor de potencia. Un incremento de 6% en la corriente del capacitor de encendido es la causa de falla del balastro. Nuevos diseños de balastros han eliminado el problema; sin embargo los balastros antiguos o balastros defectuosos pueden aún mostrar un alto índice de falla.

Las lámparas ahorradoras de energía deben ser solo seleccionadas para remodelar una instalación existente, la cual fue mal diseñada y esta proporcionando luz en exceso; no se deben utilizar para instalaciones nuevas.

Por razones económicas, el luminario con dos lámparas fluorescentes se prefirió al luminario con una lámpara antes de la crisis energética. El luminario de dos lámparas podía producir niveles mayores a los requeridos, pero en ese tiempo el costo de la energía era muy bajo debido al bajo costo de los energéticos, era más económico comprar un luminario que operara dos lámparas con un solo balastro, que comprar un luminario con un balastro para una lámpara. El balastro para una sola lámpara cuesta casi lo mismo que uno para dos lámparas, pero se podía producir más luz con menos energía con el luminario de dos lámparas.

F40 CW: 3130 lm/lámpara

Balastro alto factor de potencia para una lámpara = 52 watts

Eficacia del sistema =  $3150/52 = 60.6$  lm/watt

Balastro alto factor de potencia para dos lámparas = 92 watts

Eficacia del sistema =  $6300/92 = 68.4$  lm/watt

Con el desarrollo de nuevos circuitos de balastros y el calentamiento continuo de los cátodos, el efecto estroboscópico asociado con las unidades de una sola lámpara debe ser minimizado.

Con el aumento de las tarifas de energía eléctrica (costo de operación) y el énfasis en la reducción del consumo de energía, el uso de luminarios con una sola lámpara se hace más importante. El eliminar una lámpara de un luminario de dos lámparas, puede parecer una solución simple para reducir el consumo de energía en un edificio existente, donde existe un

nivel alto de iluminación para tareas no críticas. pero debido a que las dos lámparas están conectadas en serie, el eliminar una lámpara provocaría que se apagara la otra. Este problema ha sido resuelto con el desarrollo de un tubo sustituto que toma el lugar de uno de los tubos para completar el circuito serie de un luminario de dos lámparas. El tubo sustituto es construido de vidrio y contiene un capacitor que compensa la inductancia del balastro. La capacitancia restaura el sistema a su factor de potencia normal y permite al otro tubo seguir funcionando. Un circuito típico de encendido rápido de dos lámparas F40 mostrará una disminución a 62% de la potencia consumida, cuando la lámpara es reemplazada con un tubo sustituto. Al mismo tiempo, la salida de luz del luminario con dos lámparas disminuirá al 67% de la salida original de luz. Esto dará como resultado un incremento aproximado de 7% en la eficacia.

Balastro para dos lámparas de alto factor de potencia = 92 watts  
2F40 CW con 3150 lm = 6300 lm  
Lámpara sustituto: 92 watts x 62% = 57.04 watts    2 x 3150 x 67% = 4221 lm  
Eficacia = 4221/57.04 = 74 lm/watt

Operación con dos lámparas:

Eficacia = 6300/92 = 68.5 lm/watt

El uso de tubos sustitutos debe limitarse para aplicaciones de reemplazo, ya que estos son caros. También el eliminar una lámpara de un luminario para 2, provocará una apariencia no uniforme a la superficie del lente.

## II.2.b.- LAMPARAS DE SODIO BAJA PRESION

La lámpara de sodio baja presión ha sido usada extensamente en Europa desde 1940. En los Estados Unidos se inició una gran campaña publicitaria en 1972. Lámpara de sodio baja presión tiene la eficacia más alta de todas las fuentes, pero tiene un espectro monocromático amarillo.

### Elemento productor de luz

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco tiene forma de U y esta construido de vidrio. El tubo tiene pequeñas burbujas para mantener una distribución uniforme del sodio a través de él. El tubo de arco contiene una pequeña cantidad de argón y neón para ayudar al encendido de la lámpara. La presión interna del tubo de arco es aproximadamente 1E-03 mm.

Tiempo de encendido = 9 min (89%), 15 min (100%).  
Reencendido = 30 seg (80%)

## Bulbo

El bulbo esta hecho de vidrio común. Este sirve para mantener un ambiente constante para el tubo de arco. El espacio entre el bulbo y el tubo de arco esta bajo vacío. El tubo de arco opera a una temperatura de 260 C ( 500 F ).

Hay cinco potencias de lámparas:

---

| Potencia normal (watts) | longitud máxima (pulgadas) | forma del bulbo | posición de operación |
|-------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|
| 35                      | 12 3/16                    | T17             | HOR/ARRIBA            |
| 55                      | 15 3/4                     | T17             | HOR/ARRIBA            |
| 90                      | 20 3/4                     | T21             | SOLO HORIZ.           |
| 135                     | 30 1/2                     | T21             | SOLO HORIZ.           |
| 180                     | 44 1/8                     | T21             | SOLO HORIZ.           |

---

## Conexión eléctrica

La base es una base bayoneta (BAY-B1) la cual mantiene la U el tubo de arco en una posición horizontal.

## Características de color

La luz producida por una lámpara de sodio baja presión es un amarillo monocromático (ver figura 3-33). La distribución de potencia espectral consiste de dos líneas a 589 nm (aproximadamente 95% de la salida). Debido a la característica del amarillo monocromático, no existe rendimiento de color. Todos los colores aparecen como diferentes tonos de gris y café excepto los objetos amarillos.

## Designación de la lámpara

La designación de SOX se usa para indicar una lámpara de sodio de baja presión. La designación también incluye la potencia nominal de la lámpara, tal como SOX 180 (180 watts).

## Características de funcionamiento

Depreciación del flujo luminoso. El flujo luminoso aumenta ligeramente durante la vida de la lámpara. Se dice que el flujo luminoso es constante con un rango de temperatura de operación de -10 C a +40 C. El efecto en el flujo luminoso cuando la lámpara se opera fuera de este rango de temperatura no ha sido publicado.

## Vida

La posición de encendido de la lámpara es crítica para la vida e esta, ya que esta falla debido a la migración de sodio hacia los electrodos. Esta migración causa un aumento en los watts consumidos por la lámpara durante su vida, la cual da como resultado que falle el electrodo.

---

| WATTS<br>NOMINALES | LUMENES<br>LAMPARA | WATTS DE<br>LAMPARA<br>(100 h) | EFICACIA<br>LAMPARA<br>(100 h) | WATTS DE<br>LAMPARA<br>(18000 h) | EFICACIA<br>(18000h) |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 35                 | 4640               | 36                             | 129.2                          | 44                               | 105.7                |
| 55                 | 7700               | 53                             | 145.3                          | 62                               | 124.2                |
| 90                 | 12500              | 90                             | 138.9                          | 122                              | 102.5                |
| 135                | 21500              | 130                            | 165.4                          | 178                              | 120.8                |
| 180                | 33000              | 176                            | 187.5                          | 241                              | 136.9                |

---

### III.3.- FUENTES DE DESCARGA EN GAS DE ALTA PRESION (FUENTES DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD).

#### III.3.a.- LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

##### Elemento productor de luz.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco es construido de cuarzo, el cual permite transmitir la radiación ultravioleta (ver figura 3-35). El tubo de arco contiene Mercurio y una pequeña cantidad de argón, neón y Kriptón. Cuando la lámpara es energizada se genera un arco entre el electrodo principal y el encendido, en cuanto se ioniza el mercurio, la resistencia dentro del tubo de arco disminuye.

Cuando la resistencia interna del tubo de arco es menor que la resistencia externa, el arco se establece entre los electrodos principales. El mercurio continua ionizándose, incrementándose la emisión luminosa, la luz producida es típica de las líneas de mercurio (404.7, 435.8, 546.1, 577.9), además genera energía ultravioleta.

El tubo de arco es operado desde una a 10 atmósferas de presión.

TIEMPO DE ARRANQUE = 5 min. (80%) 7-10 min. (100%)

TIEMPO DE REENCENDIDO = 7 min. (80%)

Bulbo exterior.- Las funciones principales del bulbo exterior son tres:

- 1.- El vidrio primario actúa como un filtro de rayos ultravioleta, el cual previene contra quemaduras en la piel y ojos.
- 2.- Proporciona también un ambiente constante para el tubo de arco. La presión del tubo de arco es afectada por el rápido cambio de temperatura y el movimiento del aire.
- 3.- Este proporciona una superficie para el recubrimiento fosforico, el cual es colocado en el interior del bulbo exterior para corregir el rendimiento de color de la lámpara de vapor de mercurio: Una lámpara con recubrimiento fosforico requerirá de un luminario muy grande para tener un buen control óptico ya que el bulbo exterior se convierte en el elemento productor de luz.

##### Conexión eléctrica

Se utiliza una base tipo mogul para las lámparas para potencias mayores de 100 watts; las

lámparas de 40, 50, 75 y 100 watts se fabrican con bases medianas.

### Características de color

La lámpara clara de vapor de mercurio tiene un color predominante azul-verde, característico de las líneas del espectro de mercurio. La figura 3-36 muestra las curvas DPE. Para corregir el color de la lámpara, se aplica el recubrimiento fosforico en la pared interna del bulbo exterior.

Los colores primarios adicionados por el recubrimiento fosforico son el rojo y naranja. Las lámparas de vapor de mercurio blancas o con recubrimiento fosforico se recomiendan para todas las aplicaciones donde el color es importante. Existen comercialmente tres tipos de lámparas de vapor de mercurio blancas:

- 1.- Color mejorado: muy pobre en color rojo, color marginal, no recomendada.
- 2.- Blanco de lujo, DX: incrementa el color rojo, buen color, se recomienda.
- 3.- Blanco cálido de lujo, WWX: excelentes rojos, excelente color, altamente recomendado; menos lúmenes.

### Designación de las lámparas

La designación para las lámparas de vapor de mercurio es muy diferente a las lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes. Las únicas partes que tienen significado importante son la designación H, la cual identifica a la lámpara como de vapor de mercurio (Hg mercurio), y la potencia. Los números y letras marcados son arbitrarios.

H 33 GL - 400/DX

H - Indica que es una lámpara de vapor de mercurio.

33 - Números que se usan para los balastos de 400 watts.

GL - Son dos letras convencionales que describen las características físicas de la lámpara, tales como: tamaño, forma, material y acabado.

400 - Indica la potencia nominal de la lámpara.

DX - Indica el color de las lámparas; en el ejemplo: "blanco de lujo".

El bulbo se designa en términos de una letra y una combinación de números. La letra o letras son utilizadas para designar la forma del bulbo (ver figura 3-37).

PAR: parabólico

BT: tubular abultado

PS: forma de pera

R: reflector

T: tubular  
E: elíptico  
B: abultado  
A: estandar

Los números representan los diámetros máximos de la lámpara en octavos de pulgada.

BT-37

Diámetro =  $37"/8 = 4\ 5"/8$

Forma: Tubular abultado

La posición de encendido es función de la posición del electrodo de arranque. El electrodo de arranque debe estar siempre colocado en la parte superior de la lámpara para evitar que el mercurio se deposite en el electrodo de arranque.

### **Características de funcionamiento**

### **Depreciación lumínica**

La gráfica de depreciación lumínica para una lámpara de vapor de mercurio es algo drástica y es función del balastro y de la potencia. (ver figura 3-38). La emisión lumínica también es función del suministro y regulación del voltaje a la lámpara (ver figura 3-39).

### **Vida**

La vida de la lámpara de vapor de mercurio puede ser descrita en términos de su vida útil o de su vida nominal, típicamente, la vida nominal de las lámparas se establece en base al 50% de la curva de mortandad. Debido a su rápida depreciación de lúmenes, la vida de la lámpara de vapor de mercurio se establece cuando aún hay más del 50% de lámparas encendidas, para mantener una salida de lúmenes más razonable (ver figura 3-40).

### **Distribución de energía**

La distribución de energía para las lámparas de vapor de mercurio se muestra en la figura 3-41.

## Eficacia de las lámparas

La eficacia de la lámpara varía con la potencia de esta. A mayor potencia de lámpara, mayor eficacia.

40/50 W: 25 a 30 lm/W  
75,100,175,250 W: 34 a 48.4 lm/W  
400 W: 55 a 60 lm/W  
1000 W: 57 a 63 lm/w  
H 33 GL-400/DX CON 22500 lm  
Eficacia =  $22500/400 = 56.3$  lm/W

## Lámparas de vapor de mercurio autobalastadas

Las lámparas de vapor de mercurio autobalastadas contienen ya sea un componente de estado sólido para arranque, o un filamento incandescente que actúa como balastro. La lámpara con componente de estado sólido no debe utilizarse en un luminario totalmente cerrado, debido al calor generado por este tipo de lámpara. En general, la lámpara de vapor de mercurio autobalastada, son 50% menos eficaces en comparación con las lámparas normales de mercurio, pero 50% más eficaces que las lámparas incandescentes. Estas lámparas deben limitarse a sustituir lámparas incandescentes, donde el cambio de lámparas es difícil y el adicional un balastro es impráctico.

## Dispositivos ahorradores de energía

Recientes desarrollos en los balastos electrónicos para lámparas de vapor de mercurio permiten atenuarlas actualmente. Los balastos electrónicos han sido estudiados desde que apareció la lámpara de vapor de mercurio. Existen todavía varios problemas, entre ellos el alto costo; pero se sabe que con un balastro electrónico la eficacia de la lámpara y la eficacia total del sistema aumentan considerablemente. Otras ventajas que se esperan del balastro electrónico son: el menor tamaño y peso, menor ruido, aumento de la vida de la lámpara y mayor facilidad para atenuar.

## III.3.b.- LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS

### Elemento productor de luz

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco tiene los mismos principios

de operación y tipo de construcción del de la lámpara de vapor de mercurio (ver figura 3-42). El tubo de arco contiene además del mercurio, argón, neón y Kriptón; yoduros de metales. (los aditivos primarios son el mercurio, sodio y escandio; otros son el talio, indio y cesio). Estos aditivos proporcionan colores adicionales a las líneas típicas del mercurio, esto es, rojo, naranja y amarillo.

El color de la lámpara de aditivos metálicos está balanceado a través del espectro. Debido a que la lámpara de aditivos metálicos mejora el color sin necesidad de un recubrimiento fosforico, la lámpara se aproxima a una fuente puntual, lo cual da como resultado que se facilite su control óptico. Para la posición horizontal de encendido, el tubo de arco es curvado ligeramente, para tener una temperatura más uniforme dentro del tubo de arco (ver figura 3-42).

Tiempo de encendido = 9 min ( 80%)

Tiempo de reencendido = 10 a 15 min (80%)

### **Cubierta**

La cubierta exterior (bulbo) sirve solo para dos funciones.

- 1.- Filtro de la luz ultravioleta
- 2.- Ambiente constante para el tubo de arco (mantiene la temperatura constante y evita las corrientes de aire)

No se necesita un recubrimiento fosforico para el buen rendimiento de color y además debe evitarse ya que afecta en forma negativa el control óptico; esto es, la lámpara ya no se aproxima a una fuente puntual.

### **Conexión eléctrica**

La lámpara de aditivos metálicos usa una base mogul para todas las potencias. Las lámparas para posición de operación horizontal que contienen el tubo de arco curvo (ver figura 3-42) tienen un pasador en la base para posicionarlas. Existe un portalámpara especial que asegura el posicionamiento adecuado del tubo de arco cuando la lámpara es asegurada en el portalámpara adecuadamente. El tubo de arco curvo siempre debe ser colocado con la curva hacia arriba en un plano vertical.

### **Características del color**

La lámpara de aditivos metálicos producen energía en todas las longitudes de onda a través del

espectro visible. Esto es, su distribución de energía espectral esta bien balanceada, lo que significa que la lámpara produce un buen rendimiento del color sin la necesidad de un recubrimiento fosforico (ver figura 3-43). La apariencia del color es una función del control de calidad de los aditivos dentro del tubo de arco. La consistencia del color de una lámpara a otra es función del balastro, del voltaje aplicado y edad de la lámpara. Donde es una consideración importante de diseño el tener igualdad de color entre las lámparas, estas deben considerarse en grupo, debido al cambio de color con el tiempo.

### Designación de la lámpara

Las designaciones para lámparas de aditivos metálicos no han sido normalizadas. El ingeniero debe tener cuidado al especificar las lámparas con designaciones no estandar para evitar que algún fabricante sea descartado.

La designación de la letra M o MH debe ser usada para identificar la lámpara de aditivos metálicos.

|               |       |                             |
|---------------|-------|-----------------------------|
| MH            | 400   | BU                          |
| metal aditivo | watts | posición de operación de la |
| lámpara       |       |                             |

Las lámparas de aditivos metálicos son especialmente sensibles a la posición de encendido. Los datos de los fabricantes deben ser consultados para conocer los requerimientos de la posición de encendido.

El bulbo es designado por una letra y una combinación de números. Las lámparas de aditivos metálicos se fabrican con bulbos BT y E (ver figura 3-37). El número representa el diámetro exterior máximo del tubo en octavos de pulgada.

$$BT-37 \text{ diámetro} = 37/8 = 4 \frac{5}{8}''$$

### Características de operación

#### Depreciación de lúmenes

La curva de depreciación de lúmenes para una lámpara de aditivos metálicos es substancialmente mejor que la curva para una lámpara de vapor de mercurio. La salida de lúmenes al final de la vida de la lámpara de alta potencia es 75% (ver figura 3-44).

## Vida

La vida varía como una función de los watts de la lámpara y el lapso del tiempo que la lámpara ha estado en el mercado. Por ejemplo, la lámpara MH 175/Hor estaba comercialmente disponible en 1972. La práctica normal en la industria de las lámparas es introducir todas las lámparas nuevas al mercado con un promedio de 7500 hrs.

Cuando los informes sobre mortandad y vida sean desarrollados, lo cual requiere pruebas a largo plazo, la vida de la lámpara se espera se incremente a un mínimo de 15000 hrs. Los catálogos de lámparas usuales de todos los fabricantes deben ser consultados para obtener el promedio de vida de las lámparas.

## Distribución de energía

La distribución de energía para una lámpara de aditivos metálicos se muestra en la figura 3-45.

## Eficacia de las lámparas

Las eficacias de las lámparas varían con la posición de operación y los watts de la lámpara. Mientras mayor es la potencia, mayor es la eficacia.

175 W: 80 a 85.7 lm/W

250 W: 82 lm/W

400 W: 85 a 100 lm/W

1000 W: 100 a 115 lm/W

1500 W: 96.7 a 100.33 lm/W

NOTA: Los rangos de valores son debido a variaciones entre fabricantes.

## Dispositivos de ahorro de energía

El atenuado de lámparas de aditivos metálicos es un desarrollo reciente. La lámpara de 400 W puede ser atenuada (5 min) en un 47% del total de energía consumida, lo cual resulta en un 22% de reducción de lúmenes. La lámpara de aditivos metálicos de 1000 watts puede ser atenuada (15 min) en un 35% de su energía total consumida, o 14.6 de su rendimiento de lúmenes. Cuando ocurra un desarrollo tecnológico adicional, el costo de atenuación deberá disminuir y el rango incrementarse.

### III.3.c.- LAMPARAS DE SODIO ALTA PRESION

#### Elemento productor de luz.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco es pequeño en diámetro para mantener una temperatura de operación alta. Debido a que el diámetro es pequeño, no hay electrodo de arranque dentro del tubo de arco.

El sodio operando a una presión alta y a alta temperatura tiene un efecto corrosivo sobre el vidrio ordinario o cuarzo. Por eso, el tubo de arco está hecho de cerámica de aluminio. El tubo de arco contiene xenón, una amalgama de mercurio, y sodio operando a una presión de 200 mm. de mercurio.

Tiempo de encendido = 3 min. (80%)  
Reencendido = 1 min. (80%)

#### Envolvente (bulbo)

La envolvente ayuda a mantener el tubo de arco dentro de una temperatura ambiente constante y protege al tubo de arco de corrientes de aire.

#### Conexión eléctrica

La conexión eléctrica es una base mogul. La lámpara requiere un pulso de energía de 2500 a 5000 volts para el encendido de la lámpara. Esto se realiza por medio de un dispositivo de arranque electrónico, que suministra el pulso de alto voltaje para abatir la resistencia y encender la lámpara.

#### Características de color

La lámpara de sodio de alta presión produce energía en todas las longitudes de onda (figura 3-46). Sin embargo la mayor porción de energía esta concentrada en la parte amarillo naranja del espectro. Las características de color de la lámpara cambia los objetos rojos a naranja y oscurece el color aparente de los objetos azul y verde, incrementando la presión en el tubo de arco parece mejorar la apariencia de color de rojos, azules y verdes. La consistencia del color de una lámpara a otra es mejor que con las lámparas de aditivos metálicos. Sin embargo, los cambios de color pueden ocurrir debido a las variaciones de voltaje y diferencias en balastos.

## Designación de las lámparas

La designación de las lámparas de sodio de alta presión no han sido normalizadas por la industria de lámparas. El Ingeniero debe tener precaución en no especificar o usar nombres comerciales que provoquen que lámparas aceptables queden descartadas. Las lámparas de sodio alta presión están disponibles en bulbos E, BT y T (ver figura 3-37). Se utiliza una combinación de letras y números para designar la configuración del bulbo.

## Características de operación

### Depreciación de lúmenes

La curva de depreciación de lúmenes de la lámpara de sodio alta presión es una de las mejores de las lámparas del tipo de descarga de alta intensidad. El rendimiento lumínico al final de la misma, para altas potencias es 80% (ver figura 3-47).

### Vida

La vida varía en función de la potencia, el circuito del balastro y del fabricante. El rango es desde 15000 a 24000 hrs. Para las lámparas de alta potencia más comunes.

### Distribución de energía

La distribución de energía para las lámparas de sodio alta presión es mostrada en la figura 3-48.

### Eficacia de las lámparas

La eficacia de las lámparas de sodio alta presión varía como función de la posición de operación y de la potencia de la misma.

|        |                    |
|--------|--------------------|
| 70 W   | : 77 a 82.9 lm/W   |
| 100 W  | : 88 a 95 lm/W     |
| 150 W  | : 100 a 106.7 lm/W |
| 250 W  | : 102 a 120 lm/W   |
| 400 W  | : 118.8 a 125 lm/W |
| 1000 W | : 140 lm/W         |

Las lámparas de sodio alta presión también están disponibles en potencias que pueden ser operadas con balastos de mercurio.

Las potencias disponibles son: 150, 215, 310 y 360 watts. Los informes de los fabricantes deben ser consultados para una adecuada selección del balastro para la lámpara.

### **Dispositivos de ahorro de energía**

Es posible atenuar algunas potencias de lámparas de sodio alta presión. La lámpara de 1000 watts puede ser reducida a un 38% de su potencia total en aproximadamente 15 minutos, con una reducción en la salida de luz en un 20% de los lúmenes nominales.

\*\*\*\*\*



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**BALASTROS**

**EXPOSITOR: ING. ERNESTO MENDOZA ESTRADA  
PALACIO DE MINERÍA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## TEMA IV

### **BALASTROS**

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

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

Los balastros se pueden clasificar de la siguiente manera:

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

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

El balastro en general tiene como funciones:

- 1) Proporcionar la tensión ó tensiones de encendido y operación de la lámpara.
- 2) Limitar la corriente de operación de la lámpara.
- 3) Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.
- 4) Corregir el factor de potencia (en los tipos de factor corregido y alto factor).
- 5) Amortiguar las variaciones de la tensión de línea.
- 6) En algunos tipos reducir la radiointerferencia producida normalmente por el conjunto

lámpara-balastro.

7) En circuitos de ER proveer un calentamiento continuo a los filamentos de la lámpara.

Aunque los requisitos de encendido y operación de las lámparas de descarga en gas se pueden satisfacer con una infinidad de modalidades, a continuación comentaremos el principio y las características de operación de los tipos de balastos de mayor aplicación.

#### **IV.1.- BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.**

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

##### **IV.1.a.- ENCENDIDO PRECALENTADO (EP).**

Por el diseño de este tipo de lámparas, se requiere que sus electrodos sean calentados antes del arranque. En serie con los filamentos y en paralelo con la lámpara debe colocarse un dispositivo arrancador (también conocido como cebador) que puede ser manual o automático. Al energizar el circuito, la corriente pasa a través del balastro, de los filamentos y del arrancador. Durante este período de encendido el balastro únicamente proporciona la corriente necesaria para calentar los cátodos de la lámpara.

Cuando el dispositivo bimetálico con que van dotados estos arrancadores abre el circuito, o cuando se abre por operación manual, automáticamente se provoca que la corriente ya no pase a través del mismo, sino a través de la lámpara, lográndose así el encendido de ésta.

En este encendido se usan tres tipos principales de circuitos:

##### **1) REACTOR SERIE.**

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

## **2) AUTOTRANSFORMADOR DE ALTA REACTANCIA PARA UNA LAMPARA.**

Se usa cuando se quieren aprovechar las ventajas de un reactor serie pero la tensión de alimentación al balastro es diferente a la de arranque de la lámpara.

Este circuito es de bajo factor de potencia, pero al igual que en el reactor serie, es posible hacer la corrección mediante un capacitor de valor adecuado.

## **3) AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (ATRAS ADELANTE).**

Para este arreglo se combina la primera sección del circuito con reactancia inductiva  $X_{L1}$  y la segunda sección con reactancia inductiva  $X_{L2}$  conectada en serie con un reactancia capacitiva  $X_{C1}$ , predominando esta última. En serie con esta segunda sección se conecta un devanado auxiliar de compensación con  $X_{L3}$  para proveer de una corriente mayor en el arranque, lográndose un encendido más satisfactorio y una duración mayor de las lámparas.

Este circuito es de alto factor de potencia y disminuye el efecto estroboscópico.

### **IV.1.b.- ENCENDIDO INSTANTANEO (EI).**

En este sistema de encendido se inicia el arco por medio de la aplicación de un voltaje alto sin que los electrodos hayan sido precalentados. Por esta razón los balastros de encendido instantáneo son de mayor tamaño y aunque tienen la ventaja de no necesitar arrancadores (con lo cual se reduce el mantenimiento) son económicamente recomendables sólo en el caso de usarse para encender dos lámparas, aunque desde luego existen circuitos para una lámpara.

En este encendido se usan tres tipos de circuitos principalmente:

#### **1) AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.**

Se usa cuando se requiere encender una sólo lámpara con factor de potencia corregido.

#### **2) ATRAS-ADELANTE (SECUENCIA SERIE).**

En este circuito las lámparas encienden siguiendo un orden prefijado. Primero se efectúa el encendido de una de las lámparas aplicando tensión y corriente y una vez que ésto se ha llevado a cabo se aplica tensión y corriente a la segunda lámpara.

Los circuitos con lámparas de EI son recomendables para lugares donde hay problemas de variaciones de tensión ó en lugares fríos, ya que las limitaciones de voltajes de encendido no son

muy estrechas y los balastos se diseñan para tener tensiones de circuito abierto (OCV) muy altas.

### **3) ADELANTADO-ATRASADO (LEAD-LAG).**

En este circuito las lámparas operan independientemente una de la otra. Se emplean principalmente en lugares donde la temperatura ambiente es muy baja. Este tipo de balastos son de mayor tamaño y mayor peso en comparación con los de secuencia serie.

#### **IV.1.c.- ENCENDIDO RAPIDO.**

En este tipo de balastos se tienen devanados para proveer de calentamiento continuo a los filamentos, por lo que no requieren de arrancador. Las lámparas encienden casi tan rápidamente como las de EI porque además de la tensión aplicada a cada cátodo se aplica una tensión entre cátodos de tal manera que se inicie el arco. El reflector debe estar aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque.

Los circuitos más usados para este encendido son:

##### **a) AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.**

El circuito es similar al de encendido precalentado, excepto por la inclusión de dos devanados que suministran un voltaje entre 2.5 y 4 volts para calentar los electrodos. El OCV es de tal valor que enciende la lámpara sólo cuando los electrodos están calientes. Si se aumentara el valor del OCV para asegurar el encendido, la lámpara arrancarfa como si fuera del tipo EI y su vida se acortaría notablemente.

##### **b) AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (SECUENCIA SERIE).**

En este circuito las lámparas encienden una después de la otra. Tiene la ventaja de que con sólo proporcionar un OCV 25% mayor que el requerido para encender una sólo lámpara es suficiente para encender las dos.

Los balastos con este circuito tienen factor de potencia corregido, bajas pérdidas, bajo costo y producen menor interferencia debido a que los filamentos siempre están calientes.

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

#### **IV.1.d.- BALASTROS HIBRIDOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.**

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

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

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

#### **IV.1.e.- BALASTROS ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.**

Son fabricados con alta tecnología y mejores materiales que los normales, con el objeto de reducir las pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente tienen la ventaja de contar con un termoprotector que evita sobrecalentamientos internos.

Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Por trabajar a temperaturas menores que los normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que puedan vivir entre 10 y 12 años. Se encuentran disponibles en el mercado pero debe tenerse la precaución de acoplarse sólo a lámparas compatibles con ellos.

#### **IV.1.f.- BALASTROS ELECTRONICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.**

Son balastros de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (típicamente de 4 a 6 watts), ayudando a mejorar la eficacia de las lámparas.

Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable. A su vez, los de potencia variable puede tener dos ó tres escalones definidos ó bien los hay que pueden controlar la potencia en pasos discretos, en forma similar al dimmer de una lámpara incandescente.

En combinación con lámparas ahorradoras permiten ahorros de hasta 35% si se comparan con balastros y lámparas normales. El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los normales. Algunos modelos importados son muy eficientes y cuestan entre 4 y 5 veces más que los normales.

Se recomienda su uso en lugares con buena ventilación y poca vibración, que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que su tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México.

#### **IV.2.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE HID.**

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

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

Se encuentran generalmente en tres presentaciones: desnudo, en caja y en bote. Los primeros se montan directamente dentro de la carcasa de un luminario usando los orificios que se

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

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

Los circuitos más comunes son:

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

#### IV.2.a.- REACTOR SERIE (R).

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

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

de lámpara, lo que repercute en la vida de ésta última y en la potencia de línea y las pérdidas propias del balastro. Esto condiciona su uso a redes con excelente regulación.

El factor de cresta en la corriente de la lámpara es generalmente bajo (1.45 a 1.55), pero tiene el inconveniente de que la corriente de arranque es mayor que la corriente nominal, lo que debe tomarse en cuenta para el cálculo de las protecciones. El voltaje de extinción, que es la tensión con la que la lámpara se apaga es muy alto (75% del nominal), lo cual es otra deficiencia que debe considerarse.

#### **IV.2.b.- AUTOTRANSFORMADOR ALTA REACTANCIA (HX).**

Cuando el voltaje de línea es menor que el voltaje de lámpara se utiliza un autotransformador para elevar la tensión de entrada. El autotransformador de alta reactancia consiste de un autotransformador más un reactor serie combinados en una sólo estructura (Figura 9). Aunque el devanado primario y el secundario comparten un cierto número de vueltas, estrictamente se tienen dos bobinas. Las características de operación son similares a las del balastro serie, pudiéndose también corregir el factor de potencia por medio de un capacitor (50% más caro que el reactor serie bajo factor). Tiene además la desventaja de ser más grande y más caro (20% a 30% más que el reactor equivalente) y con mayores pérdidas.

#### **IV.2.c.- AUTRANSFORMADOR AUTORREGULADO (CWA).**

El balastro autotransformador autorregulado combina un transformador y una bobina de choke en un sólo núcleo, lo que disminuye el tamaño y costo, aumentando la eficiencia. El circuito magnético está diseñado de modo que sólo parte del flujo magnético del primario enlaza al secundario; el resto del flujo es derivado de regreso al primario. El núcleo en el lado secundario puede o no tener una restricción magnética que modifique la forma de onda del voltaje inducido en el secundario. Tanto en circuito abierto como en operación los flujos primario y secundario son diferentes. En serie con la lámpara se conecta un capacitor, por lo que el circuito trabaja en adelanto. Controlando la corriente a través del primario en atraso, se obtiene fácilmente un alto factor de potencia.

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

circuitos atrasados (60% a 70% del nominal) mientras que las pérdidas son de valor medio si se les compara con otros tipos de circuitos a tensión nominal. El precio es típicamente 50% mayor que el del reactor serie de bajo factor. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 aunque típicamente no rebasa el 1.85.

#### **IV.2.c.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (CW).**

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

En circuito abierto, el conjunto se comporta en forma similar a un transformador, con la diferencia de que el voltaje inducido en el secundario es menor que el correspondiente a la relación de vueltas de las bobinas, debido al campo magnético derivado por los puentes magnéticos.

En operación la bobina secundaria trabaja en una condición cercana a la de resonancia y en un punto próximo al nivel de saturación magnética del núcleo (1.7 - 1.85 Teslas). Debido a ésto el secundario se convierte en una fuente regulada de amperaje, prácticamente insensible a los cambios de voltaje de la línea de alimentación en un amplio rango:  $\pm 13\%$  en la tensión de línea repercute en  $\pm 3\%$  de la potencia de lámpara, lo que lo hace idóneo para usarse en redes con regulación pobre.

Por otro lado, la corriente de línea durante el encendido es mucho menor que la nominal, y su voltaje de extinción es tan bajo (50% del nominal) que prácticamente elimina el problema de lámparas apagadas por variaciones severas en la tensión de línea. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 con pérdidas mayores que en los demás circuitos a tensión nominal, con un costo de unas 3 veces más que el reactor serie de bajo factor.

#### **IV.2.d.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.**

Los balastros para lámparas de Vapor de Mercurio pueden fabricarse con cualquiera de los

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

#### **IV.2.e.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.**

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

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

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

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

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

#### **IV.2.f.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION.**

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

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

#### **IV.2.g.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESION.**

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

Al igual que en el caso de los balastros fluorescentes, existen balastros de HID de bajas pérdidas. Por ejemplo, un balastro normal para una lámpara de 150 W de VSAP tiene 35 watts de pérdidas. Un balastro ahorrador de la misma potencia consume sólo 22 watts, es decir 38% menos. Tienen además las siguientes ventajas:

- 1) Operan a una temperatura considerablemente menor que los normales.
- 2) Mantienen la potencia de lámpara en sus rangos nominales.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**CONTROLES**

**EXPOSITOR: ING. MARCOANTONIO GONGOR AMARO  
ING. JORGE MARTÍN ZINSER CRUZ  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## TEMA V

### CONTROLES

Los componentes eficientes ahorran energía utilizando tecnologías avanzadas para reducir el consumo eléctrico, sin embargo, la eficiencia de un sistema de iluminación no termina con la instalación de estos componentes.

Los controles para iluminación ofrecen un ahorro potencial igual o mayor que los luminarios y lámparas eficientes. Una estimación conservadora nos sugiere que puede existir un ahorro del 30% en el consumo de un edificio comercial utilizando una estrategia de control adecuada.

Los costos del consumo de energía utilizada para iluminación puede ser calculada de la siguiente forma:

Costo de la energía al año = potencia x tiempo de uso = costo promedio de la electricidad

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

#### V.1.-ESTRATEGIAS DE CONTROL

Los controles para iluminación han sufrido un desarrollo dramático en los últimos 25 años, debido principalmente a la preocupación por el uso eficiente de la energía y al avance de la electrónica de estado sólido.

A su vez, el aumento del costo de la energía y la disponibilidad de dispositivos electrónicos de bajo costo y alta confiabilidad han estimulado un gran número de innovaciones en los controles para sistemas de iluminación.

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

Es importante mencionar que aún con el desarrollo de estos sistemas de control, existen otros dispositivos tan simples como el apagador de pared que pueden proporcionarnos un

ahorro significativo de energía, siempre y cuando sean utilizados apropiadamente.

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

#### **V.1.a.- PROGRAMACION**

Esta estrategia nos permite tener un uso racional de la energía al encender el sistema de iluminación solo cuando se necesita y apagarlo cuando no es necesario. La programación puede ser manual, con el uso de apagadores de pared o puede ocupar dispositivos automáticos, como los sensores de presencia o relojes.

#### **V.1.b.- USO DE LA LUZ NATURAL:**

La iluminación artificial puede ser regulada, o incluso apagada, cuando las ventanas y domos proporcionan un nivel suficiente de iluminación natural. Los controles de este tipo requieren de alguna forma de fotosensor y generalmente se utilizan en combinación con un sistema para el mantenimiento del nivel de lúmenes como una estrategia de ahorro, ya que ambas técnicas reducen la iluminancia en los espacios que se encuentran sobre iluminados.

#### **V.1.c.- MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES:**

La mayoría de los sistemas de iluminación están calculados para mantener un nivel promedio independiente del tiempo, tomando en cuenta los factores de depreciación del sistema.

Como resultado de lo anterior, estos sistemas producen un nivel superior al necesario hasta que, con el tiempo y la depreciación, se alcanza el nivel deseado.

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

#### **V.1.d.- AJUSTE**

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

#### **V.1.e.- ADAPTACION-COMPENSACION:**

La estrategia de adaptación-compensación tiene la función principal de disminuir la variación de la iluminancia en el campo de visión. El desarrollo de tareas visuales donde se tiene una gran variación de iluminancia entre el plano de trabajo y los alrededores puede producir molestias y disminución del desempeño de la tarea. Si la variación entre las iluminancias de estas dos áreas no es amplia, la adaptación a ellas es más fácil. En muchas aplicaciones, especialmente en aquellas con grandes aportaciones de luz natural, el sistema de iluminación se diseña para proveer altos niveles de iluminancia en los días soleados; por otra parte, durante los días nublados o por la noche, los niveles se disminuyen por medio de controles.

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

#### **V.1.f.- REDUCCION DEL PICO DE LA DEMANDA**

Algunos estudios realizados demuestran que pequeñas variaciones en los niveles de iluminancia no afectan el desempeño de la tarea visual. El pico de la demanda de la mayoría de los edificios se presenta generalmente en la tarde, con la combinación de cargas como procesos, HVAC, iluminación y elevadores.

La estrategia para la reducción de este pico se basa en la detección del mismo, para reducir lentamente la potencia que se proporciona al sistema de iluminación (la potencia de otras cargas puede reducirse también).

Esta reducción paulatina mediante dimmers tiene un efecto mínimo en los ocupantes, ya que la mayoría nunca detecta el cambio del nivel de iluminancia. Con este procedimiento se

puede reducir el pico de un 5% a un 10%.

## **V.2.- AHORROS DE ENERGIA POTENCIALES**

Los ahorros de los controles automáticos para iluminación, tales como sensores de presencia, fotosensores, controles horarios y para mantenimiento de nivel de lúmenes pueden ser calculados aproximadamente mediante el método "ajuste de la potencia de la iluminación". Aún cuando los controles del tipo horario realmente reducen el tiempo de uso de la iluminación, el ahorro o reducción de la potencia correspondiente puede estimarse.

Estos factores de ajuste no existen todavía en México, pero se usan en los códigos y estándares de eficiencia energética, tales como la norma ASHRAE/IES 90.1-1989, para otorgar crédito a ciertos tipos de controles automáticos.

La tabla 1 muestra los factores de ajuste que pueden ser utilizados para aproximar los ahorros que se obtendrán con el uso de uno o varios controles automáticos. Por ejemplo, el factor de ajuste para un sensor de presencia es de 0.30; lo cual quiere decir que habrá un ahorro de 30 W de cada 100 W que controle el sensor.

## **V.3.- INTERRUPTORES**

La forma más simple de mejorar la eficiencia en los sistemas de iluminación es apagándola cuando no se necesita.

Los interruptores pueden ser tan simples como los de pared, o tan complicados como los sistemas digitales que controlan a todo un edificio, incluyendo la seguridad y los HVAC.

Los interruptores son la base de cualquier estrategia de programación; también pueden ser utilizados para esquemas de adaptación-compensación y de luz natural. Las secciones siguientes incluyen la descripción de algunos interruptores, tanto manuales como automáticos.

### **V.3.a.- INTERRUPTORES MANUALES**

El dispositivo de control más sencillo y barato es el interruptor de pared. Aunque muchas

de las estrategias para el ahorro de energía se basan en el uso de equipo de control muy sofisticado, la mayoría de las instalaciones cuentan con sistemas de iluminación controladas manualmente. Son de bajo costo y alta confiabilidad, lo que los convierte en una importante opción para cualquier instalación.

La mayoría de los reglamentos exigen controles accesibles a los ocupantes, o en su defecto, sensores de presencia. Lo anterior significa que todos los cuartos de un edificio deben tener su propio interruptor, lo que los hace fundamentales para el ahorro de energía.

Muchas de las instalaciones permanentes cuentan con un interruptor de encendido-apagado cerca de la puerta; los cuartos con dos o más entradas pueden tener dos o más controles para el mismo circuito.

Las alturas recomendadas para la colocación de este tipo de interruptores son: 102, 112 y 137 cm, de las cuales, la menor es accesible para las personas que utilizan silla de ruedas y para niños pequeños.

La figura 1 muestra los diagramas esquemáticos de los interruptores que se utilizan generalmente para las instalaciones de iluminación:

- Un polo-un tiro: este tipo de interruptor controla un circuito y permite apagarlo o encenderlo manualmente; generalmente, la posición hacia arriba significa encendido.
- Dos polos-un tiro: permite el control simultáneo de dos circuitos. Se utiliza cuando la carga eléctrica que opera un interruptor excede de 20 A, por lo que se recomienda dividir al circuito principal en dos.
- Un polo-dos tiros (tres vías): este tipo de interruptores se conecta en pares y nos permite un control del circuito desde dos puntos diferentes. La operación de cualquiera de los interruptores cambia el estado de la iluminación (de encendido a apagado o de apagado a encendido).
- Dos polos-dos tiros (cuatro vías): se instalan en circuitos donde se tienen interruptores de tres vías para tener más puntos de control.

### **V.3.b.- TIPOS DE INTERRUPTORES DE PARED**

Los interruptores de pared incluyen dos modelos muy comunes, los de palanca y los decorativos (figura 2). Existen otros diseños menos conocidos, ya que son de aplicación especial; existen los de gran tamaño para cuartos de niños y los que cuentan con un indicador de estado.

Dentro de los últimos, existen dos variantes importantes, los de luz piloto y los que cuentan

una lámpara para la ayuda de su localización. Los interruptores con luz piloto encienden el indicador cuando el circuito controlado está encendido, mientras que los que cuentan con la lámpara de ayuda, la encienden para su fácil localización en la oscuridad cuando el circuito está apagado. Estos interruptores son de gran utilidad cuando se operan circuitos remotos, ya que permiten conocer su estado aún cuando la fuente de luz no es visible.

### **V.3.c.- CONTACTORES**

Se utilizan para encender grandes cargas de iluminación centralizadas; por ejemplo, un contactor puede controlar todas las luces de una torre de iluminación de un estadio.

Este tipo de interruptores se utiliza generalmente para grandes grupos de carga de alumbrado exterior.

### **V.3.d.- INTERRUPTORES DE ESTADO SOLIDO**

Algunos dispositivos de control, especialmente los interruptores sensibles al tacto, utilizan triacs como los elementos de conmutación. Cuando están en la posición de apagado, permiten en paso de una pequeña corriente que puede ser peligrosa para el personal de mantenimiento, por lo que se recomienda el uso de un interruptor adicional como medida de seguridad.

Una segunda desventaja que se ha detectado en estos interruptores es la potencia residual que se suministra a las cargas cuando están en la posición de apagado, lo que provoca una disminución en la vida de las lámparas y una interacción inadecuada con otros equipos para iluminación de alta eficiencia. Por ejemplo, la mayoría de los interruptores de este tipo son incompatibles con sistemas fluorescentes o de HID.

### **V.4.- DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO**

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

#### **V.4.a.- RELOJES (TIMERS)**

La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación más sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra, como en sistemas de iluminación para exteriores. Existen unidades más complejas que permiten la programación para los 365 días del año con ajustes para cada estación.

Existen dos tipos básicos de relojes, como se puede ver en la figura 3:

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

Otros, tienen un mecanismo de cuerda como respaldo de la energía eléctrica.

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

#### **V.4.b.- SENSORES DE PRESENCIA**

Este tipo de dispositivos fueron desarrollados en un principio para la industria de la seguridad, ya que son de alta confiabilidad en la detección de personas en el lugar de su instalación.

Una de sus principales ventajas es que, mientras no detecta movimiento, no hay motivo alguno para encender las luces. La mayoría pueden ser calibrados para determinar el tiempo entre la última detección y el apagado de la iluminación.

Los modelos más eficientes requieren de que el usuario encienda las luces en el área controlada, mientras que la función de apagado es automática.

Este tipo de controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25 y 50% y funcionan con alguna de las tres técnicas explicadas a continuación (figura 4):

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

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

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

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

-En el techo, para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencias. En la figura 5 se muestran algunos patrones de detección diseñados especialmente para los sensores colocados en el techo. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de clase.

Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas e iglesias.

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

En general, los sensores de presencia son efectivos cuando se aplican en oficinas privadas, salones de clase, ciertas áreas de los aeropuertos y en todos aquellos lugares con visitas esporádicas y que no requieren de una iluminación constante.

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

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

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

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

#### **V.4.c.- FOTSENSORES**

Estos dispositivos sensan el nivel de iluminancia y generan una señal proporcional a éste, que se procesa en la unidad de control, para después mandar una señal a los interruptores o dispositivos de dimmeo. Lo anterior permite tener un ajuste del nivel de iluminancia de acuerdo a las condiciones que perciba el control.

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

#### **V.4.d.- CONTROLES AUTOMATICOS PARA REEMPLAZO DIRECTO:**

Estos controles tienen el sensor o reloj, la unidad de control y el dispositivo de interrupción (generalmente un relevador) en la misma unidad, por lo que reemplazan a los interruptores manuales, sin la necesidad de cambiar la instalación.

#### **V.4.e.- SISTEMAS AUTOMATICOS PARA EDIFICIOS (BAS)**

Muchos edificios utilizan este tipo de sistemas, también llamados Sistemas Administradores de Energía (EMS). Son sistemas de programación muy sofisticados que utilizan una central computarizada para regular todas las operaciones del edificio.

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

##### **V.4.e.1.- SWEEPING**

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

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

##### **V.4.e.2.- SISTEMAS DE INTERRUPCION CON RELEVADORES DE BAJO VOLTAJE:**

Esta opción es útil cuando se quiere instalar un sistema de control poco a poco. Este tipo de relevadores pueden ser los elementos de interrupción principales de los sistemas ABS/EMS, ya que se pueden conectar directamente a las computadoras, controles electrónicos de tiempo, interruptores manuales y otros dispositivos. Algunos sistemas utilizan la línea telefónica para tener un manejo a control remoto.

Estos sistemas utilizan circuitos de bajo voltaje (generalmente 24 V) para mandar los pulsos de control a los relevadores, los cuales abren o cierran el circuito de alimentación de la

iluminación. Los pulsos pueden ser originados por interruptores de bajo voltaje, sistemas EMS computarizados, sensores, etc.

La figura 6 muestra los circuitos típicos para los sistemas de bajo voltaje y los que utilizan el voltaje de línea.

Los sistemas de bajo voltaje tienen varias ventajas, como la capacidad de interconexión con otros dispositivos, flexibilidad para el reacomodo si cambia la distribución del edificio, pueden ser actualizados con facilidad y permiten un control manual; sin embargo, su mayor desventaja es el alto costo inicial del equipo y de la instalación.

Existen dos tipos de instalación para estos sistemas:

- Gabinetes centrales que contienen todos los relevadores del sistema, uno para cada zona o circuito. La ventaja principal de ésta instalación es la facilidad de mantenimiento, separación de circuitos y cambio de configuración. Su costo inicial es elevado y el alambrado es complicado.

- Relevadores locales, cerca de la carga. El alambrado de cada relevador se simplifica pero se debe tener cuidado en la correcta comunicación con la computadora central.

#### **V.4.e.3.- SISTEMAS PLC**

Estos sistemas utilizan la línea de alimentación del edificio para transmitir las señales de control, que por lo general provienen de computadoras centrales, sensores u otros dispositivos. La principal ventaja del sistema es la eliminación de una instalación especial, ya que los relevadores y dimmers se conectan directamente a las tomas de corriente.

Existen limitaciones prácticas que evitan la obtención de señales de control limpias o sin distorsión, lo que afecta la confiabilidad del sistema.

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

Los sistemas PLC son baratos y poderosos, pero como se mencionó anteriormente, su efectividad depende del ruido de la línea.

Otras desventajas son: la incompatibilidad con algunos balastos electrónicos y la necesidad

de dimmers locales conectados en serie con los PLC para poder ser controlados por transmisores remotos.

## V.5.- TECNOLOGIA PARA DIMMERS

Los dimmers disminuyen la potencia que se entrega a la lámpara, lo que ocasiona una salida de lúmenes menor. Generalmente se utilizan para crear ambientes o efectos especiales, pero tienen una importancia relevante en el ahorro de energía eléctrica.

Pueden reducir la iluminancia en el área controlada al nivel mínimo necesario, aunque en muchos casos, el nivel puede ser ajustado automáticamente de acuerdo a la aportación de luz natural u otras fuentes.

Los dimmers pueden afectar el funcionamiento de algunas lámparas, por lo que no se recomienda su uso en determinadas circunstancias.

La primera versión de los dimmers fue completamente resistiva (de ahí que se les llamara reóstatos), con lo que se lograba el efecto deseado, pero como es de suponerse, las pérdidas en forma de calor eran excesivas. Muchas personas continúan utilizando el término reóstato para los dimmers, ya que tienen la idea de que éstos ofrecen algún tipo de resistencia. De hecho, existen varios tipos de dimmers y ninguno de ellos es de tipo resistivo.

### V.5.a.- DIMMERS QUE MODIFICAN LA FORMA DE ONDA

Muchos de los dimmers actuales utilizan dispositivos de estado sólido, como tiristores, para modificar el flujo de potencia que se entrega a la lámpara. Estos dimmers encienden y apagan las lámparas 120 veces por segundo. La proporción de tiempo que se mantienen encendidas las lámparas determina el consumo en watts y el brillo aparente.

Los componentes más utilizados son los SCR (rectificadores controlados de silicón) y los triacs. La señal resultante ya no es una senoidal pura, sino que contiene la onda fundamental a 60 HZ y una serie de armónicas producidas por los ciclos de encendido y apagado.

Esta técnica es la más común, de la cual existen las siguientes versiones:

-Para lámparas incandescentes estándares, utilizando triacs para regular la potencia.

Son baratos y pueden controlar hasta 600 W.

-Para iluminación de bajo voltaje, que operan con transformadores magnéticos, utilizando triacs especiales; este tipo de control recibe el nombre genérico de dimmer de carga inductiva. Se conectan en el primario del transformador (voltaje de línea) y se diferencian de los dimmers ordinarios por tener circuitos adicionales para asegurar la simetría de la onda de control.

Los dimmers que no trabajan en bajo voltaje crean una onda asimétrica que introduce una componente de DC, la cual puede quemar rápidamente un transformador de bajo voltaje.

Estos dispositivos pueden utilizarse para lámparas incandescentes o una combinación de ellas y transformadores de bajo voltaje.

-Para iluminación de bajo voltaje utilizando "transformadores de estado sólido"; este tipo especial de dimmer usa dispositivos electrónicos como los FET, interruptores controlados de silicón y BJT par encender las lámparas en la primera parte de la señal y apagarlas en la segunda. Aunque no son tan eficientes como los dimmers anteriores, previenen el zumbido de los transformadores.

Pueden ser utilizados para lámparas incandescentes o una combinación de ellas y transformadores de estado sólido, pero no pueden producir la simetría necesaria en la onda de salida que requieren los transformadores magnéticos.

-Para lámparas fluorescentes, utilizando un balastro magnético dimmeable, cuyo elemento principal es un triac inductivo especial. Tienen dos salidas, una es la dimmeada y se conecta a las puntas del arco, la segunda se conecta a la punta del cátodo de calentamiento y es simplemente para encendido y apagado. Con esta versión se logra una salida mínima de 20%.

-Para lámparas de neón y de cátodo frío, utilizando un dimmer similar al magnético (o inductivo). La única diferencia es la curva de operación o regulación de la potencia.

-Para lámparas de HID, utilizando tiristores en combinación de balastros especiales.

-Para lámparas fluorescentes con balastros normales o no dimmeables, utilizando dimmers con tiristores u otro tipo de dispositivos de estado sólido. Tienen la restricción para el nivel mínimo, el cual no es menor al 40% de la salida total.

Existen modelos universales, que trabajan bastante bien con lámparas incandescentes normales, transformadores magnéticos de bajo voltaje, balastros magnéticos dimmeables para

lámparas fluorescentes, con lámparas de neón y de cátodo frío; su principal limitante es el alto precio.

#### **V.5.b.- DIMMERS AUTOTRANSFORMADORES**

Los autotransformadores producen una onda senoidal pura, de voltaje de AC variable. Los de tamaño reducido tienen perillas para controlar la salida, mientras que los grandes pueden tener controles motorizados. La principal ventaja de estos dimmers es la pureza de la señal que entregan a la lámpara, además de que eliminan el ruido en la lámpara y el transformador y la distorsión armónica. La aplicación más frecuente de estos dispositivos es en el control de grandes áreas con lámparas fluorescentes o incandescentes, donde una reducción del 0 a 50% en el voltaje puede usarse para un ahorro de energía (figura 7).

#### **V.5.c.- DIMMERS PARA BALASTROS ELECTRONICOS**

La potencia que entrega a la lámpara un balastro electrónico depende del diseño del circuito de éste. Los balastros pueden ser diseñados para entregar una potencia variable por medio de circuitos propios del balastro.

Los balastros diseñados para este propósito aceptan alguna forma de señal de control, ya sea analógica o digital, para modificar la salida de la lámpara. Existen dos tipos de balastros electrónicos dimmeables:

- Aquellos diseñados especialmente para el ahorro de energía, con un nivel mínimo del 10%

- Balastros de diseño y aplicación especial, con un nivel mínimo entre 0.5 y 2%

La diferencia entre ambos es simplemente la complejidad de los circuitos que los componen y la de los dispositivos de control asociados (lo que ocasiona un aumento en el costo).

Aunque la mayoría de los dimmers son aplicables a diferentes tipos de lámparas, existen casos especiales en los que se presentan algunas complicaciones, como las que se explican a continuación:

- Algunos dimmers de estado sólido pueden producir ruido, ya sea por la lámpara o

por algún otro elemento. A fin de evitarlo, se colocan inductores especiales con la función de filtros.

-Un gran número de lámparas fluorescentes compactas no aceptan un dimmer, teniendo que ser diseñado especialmente para este propósito.

-La aplicación de dimmers a lámparas fluorescentes estándar con balastos magnéticos puede provocar una disminución en la vida de la lámpara, así como flicker y distorsiones armónicas.

Existen diseños especiales para que las lámparas y balastos operen en el rango adecuado.

-La aplicación de dimmers en lámparas de tungsteno-halógeno para niveles menores del 35%, reduce la temperatura de operación de la lámpara y rompe el ciclo del halógeno, disminuyendo la vida de la lámpara significativamente.

## V.6.- APLICACIONES DE LOS DIMMERS

El rango de aplicación es muy amplio, desde los manuales que actúan como un forma sencilla y barata de control, hasta los utilizados en las estrategias de control sofisticadas que utilizan sistemas BAS. A diferencia de los interruptores, los dimmers permiten seguir la estrategia de ajuste, ya que no son más que un dispositivo de adecuación del nivel de iluminancia.

Generalmente, los dimmers manuales se utilizan para instalaciones permanentes de lámparas incandescentes, de bajo voltaje, neón y de cátodo frío. En los sistemas incandescentes, se recomienda el uso de dimmers de bajo voltaje, a menos de que la carga opere (y siempre lo hace) con el voltaje de línea; son más caros pero los dimmers normales pueden dañar fácilmente los transformadores de bajo voltaje que vienen integrados en algunos luminarios.

Una aplicación interesante de los dimmers es en aquellos circuitos que tienen interruptores de 3 ó 4 vías, para controlar un circuito desde varios puntos, donde se puede colocar un dimmer normal o uno que tenga los interruptores interconstruidos; la conexión en serie de dos o más dimmers no se recomienda.

Se han desarrollado dimmers centrales para su aplicación en áreas pequeñas de uso común, como salas de juntas; en estos casos se pueden colocar varias terminales remotas que envían señales a un control maestro por medio de un alambrado de tres vías.

Una innovación relativamente reciente es un sistema programable, que permite al usuario

controlar varios circuitos de iluminación simultáneamente. Cada nivel de iluminancia se obtiene por medio de combinaciones de ajustes de los circuitos controlados; cada uno recibe el nombre de ambiente, y puede ser memorizado en la unidad central del sistema, eliminando así, la necesidad de ajustar el nivel cada vez. Estos sistemas han ido mejorando, desde los analógicos que agrupan a una serie de potenciómetros para cada nivel, hasta los que cuentan con una memoria digital; pueden controlar hasta 6000 W de carga y existen aquellos que pueden funcionar con un control remoto infrarrojo.

El diseño más complejo de un dimmer es el que incluye un tablero central para el control de toda una casa o edificio. Consiste en varias unidades o módulos, uno para cada circuito, pudiendo programarse fácilmente los niveles adecuados para cada circuito, sin limitación de niveles por circuito ni de número de circuitos.

Tienen una gran flexibilidad, ya que pueden utilizarse manual o automáticamente, interactuar con dispositivos como fotosensores, relojes, ajustadores astronómicos, alarmas y otros.

Requieren de un complejo alambrado, utilizan dimmers inductivos de alta calidad y son de un costo elevado (aún así, son mejores que los sistemas PLC), por lo que se recomiendan preferentemente para instalaciones nuevas.

## **V.7.- INTEGRACION DE LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL**

En la siguiente sección se examina como se integran los componentes de un sistema de iluminación con las estrategias de control.

### **V.7.a.- ESTABLECIMIENTO DEL AREA A CONTROLAR:**

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

En edificios que tengan patrones de actividad diferentes para cada área, se recomienda el uso de controles en zonas reducidas.

Las figuras 8 y 9 nos muestran los ahorros potenciales para una oficina pequeña y para una grande, dentro del mismo edificio. Como se puede notar, los ahorros son mayores en la oficina pequeña, ya que ahí trabajan menos personas y existe una mayor probabilidad de que se utilice la iluminación por un tiempo menor; las oficinas pequeñas presentan la ventaja de determinar sus necesidades de iluminación más fácilmente que las grandes, lo que las hace más adaptables a los controles.

### **V.7.b.- APLICACION DE CONTROLES MANUALES**

Este tipo de dispositivos son la base de los controles para iluminación; su efectividad depende del grado de concientización del usuario y de la facilidad de operación. El diseño de un dispositivo de control sencillo y conveniente puede ser una de las tareas más difíciles.

Las estrategias que involucran controles manuales están diseñadas para asegurarse de que los ocupantes realmente los utilicen, para lo cual se siguen la siguientes reglas, que aunque sencillas son de gran importancia:

- Los controles deberán estar ubicados en lugares accesibles, y deberán ser de fácil operación.

- La cantidad de controles deberá ser la menor posible, ya que el ocupante no los usará si existen demasiadas alternativas que lo confundan.

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

### **V.7.c.- USO DE LA LUZ NATURAL**

Las estrategias para el aprovechamiento de la luz natural controlan las fuentes artificiales, reduciendo la potencia de estas a medida que la luz natural aumenta, e incrementandola cuando la aportación natural disminuye.

La figura 10 muestra los ahorros potenciales complementando al sistema de iluminación

con luz natural.

Existen tres estrategias principales que utilizan luz natural como medio de ahorro de energía:

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

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

-Utilizando dimmers individuales para áreas reducidas, o utilizando un banco de balastro electrónicos dimmeables controlados por una fotocelda. El funcionamiento de esta estrategia es similar a la anterior, aunque los ahorros son mayores debido a las dimensiones del área controlada.

-Utilizando controles manuales o separación de circuitos, donde por ejemplo, se manejen las lámparas o luminarios cercanos a las ventanas de forma independiente. También se recomienda el uso de balastos multinivel. Esta estrategia requiere de un ajuste especial en la fotocelda para evitar ciclos de encendido y apagado repetitivos, que pueden provocar la distracción del personal. A pesar de los problemas potenciales que encierra esta estrategia, es la más útil, debido a su bajo costo.

#### **V.7.d.- MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES**

El equipo y funcionamiento de esta estrategia son muy parecidos a aquellos de un sistema que aprovecha la luz natural, por lo que generalmente se utilizan en forma paralela. Dependiendo del uso del edificio y del diseño del sistema, se pueden obtener ahorros de hasta un 15%, como se muestra en la figura 11.

Las mejores aplicaciones de estos sistemas se logran en áreas grandes, como tiendas o industrias de ensamble, y en donde se tienen factores de pérdida de luz del orden de 0.7 o menores.

#### **V.7.e.- ADAPTACION-COMPENSACION**

Estos sistemas utilizan dimmers o interruptores en combinación de relojes. Generalmente,

el sistema se programa de tal forma que se obtiene un nivel de iluminancia promedio o elevado durante el día, y niveles muy bajos durante la noche.

En aplicaciones especiales, como un supermercado que trabaja las 24 horas, puede utilizarse este sistema para reducir el consumo hasta en un 80%, por un periodo de 10 a 12 horas por día.

La figura 12 muestra los ahorros obtenidos en algunas aplicaciones.

#### **V.7.f.- REDUCCION DEL PICO DE LA DEMANDA**

Esta estrategia utiliza dimmers continuos para ajustar el nivel deseado. La señal de control se manda desde el equipo de medición del consumo, una vez que se alcanza una demanda predeterminada. En el momento en que se tiene la señal de control, se reduce paulatinamente la potencia del sistema de iluminación por medio de dimmers (generalmente de un 10 a 20%).

\*\*\*\*\*



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**FOTOGRAMETRIA**

**EXPOSITOR: ING. JOSE LUIS BONILLA GRIZ  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

\*

## REPORTES FOTOMETRICOS

\*

## REPORTES FOTOMETRICOS

### MEDICIONES DE ILUMINACION

#### TEMAS:

- I INTRODUCCION
- II BASES DE LA FOTOMETRIA
- III INSTRUMENTOS DE MEDICION
- IV MEDICIONES DE LABORATORIO
- V FOTOMETRIA DE LUMINARIOS (TIPO INTERIOR)
- VI MEDICIONES DE CAMPO (TIPO INTERIOR)

#### I INTRODUCCION

A partir del descubrimiento del fuego, el hombre ha ido desarrollando continuamente mejores fuentes luminosas, así como métodos para controlar la luz en su medio ambiente.

Primero aparecieron las fogatas para iluminar sus cavernas, pero como la civilización progresó y su extensión fue cada vez mayor. La fogata cambió a cirio, después una lámpara de aceite, después una lámpara de gas y finalmente, la ciencia de la iluminación como la conocemos hoy en día se inició con el invento de la lámpara eléctrica de Edison. La iluminación avanzó rápidamente, desarrollando lámparas de filamento más eficientes y nuevas fuentes de luz como Lámparas de vapor de mercurio, aditivos metálicos, vapor de sodio y lámparas fluorescentes. Sin embargo estas mejoras en la energía luminosa carecían de sentido, a menos que ellas pudieran ser medibles y controlables, así como la ciencia creció, un número de términos fueron apareciendo para describir ciertas cantidades y condiciones que fueran características para la iluminación.

La Fotometría es una rama de la Ingeniería de Iluminación que se dedica a las mediciones de Luz y emplea como instrumento básico al fotómetro. Los primeros fotómetros dependen de una apreciación o estimación visual como medio de medición. Estos han sido sustituidos por fotómetros físicos, los cuales dan mayor precisión en sus lecturas, además de un fácil manejo.

Por lo tanto, las características sensitivas de un receptor físico, deberán ser equivalentes a este observador patrón.

## II BASES DE LA FOTOMETRIA

### II 1 - Leyes Fundamentales de la Iluminación.

#### II 1.A - Ley de Kepler o Ley del Cuadrado Inverso.

La cual expresada en forma matemática es la relación que existe entre la Intensidad Luminosa y la Iluminación.

Establece que la iluminación (E) en un punto sobre una superficie es directamente proporcional a la Intensidad Luminosa (cd) de la luz incidente en ese punto e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia ( $d^2$ ) del punto de la fuente. Cuando el punto esta sobre una superficie normal a la luz incidente, se aplica la siguiente fórmula:

$$E = \frac{I}{d^2} (cd) \quad (1)$$

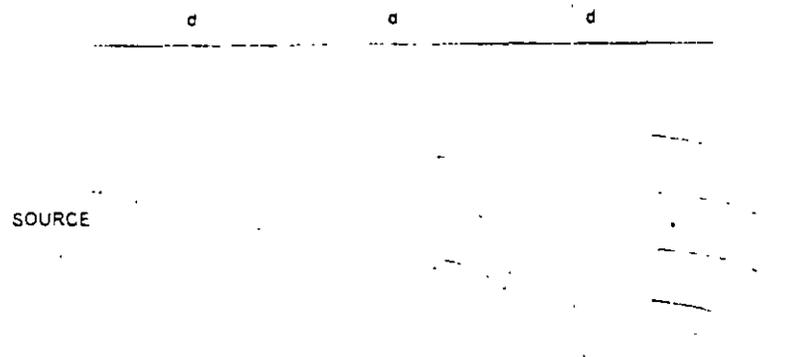
Dónde:

- E = Iluminación (bujías/pie o luxes).
- cd = Candelas dirigidas hacia el punto de interés
- d = Distancia desde la fuente luminosa al punto de interés.

Esta ley se basa en el concepto de una fuente puntual, cuya radiación es igual en todas direcciones, bajo esta condición el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido unitario se espaciaria sobre un área grande conforme la distancia hacia la fuente aumente

Por lo tanto, la densidad de flujo, o lumen por metro cuadrado decrece inversamente, según el cuadrado de la distancia, es decir a un metro de distancia de una fuente de una candela, la iluminación es de un lux.

Conforme la distancia se duplica desde la fuente de luz, el área cubierta por el ángulo sólido se cuadruplica. Por lo tanto la iluminación disminuye a la cuarta parte.



### II.1.B.- Ley de Lambert o Ley del Coseno.

Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie inclinada a cierto ángulo, éste cubre un área mayor comparativamente a dicha superficie si es perpendicular a dicho rayo.

Como consecuencia, la densidad de flujo (luz) o lúmenes por metro cuadrado sobre una superficie inclinada es menor. El área interceptada por el rayo de luz puede calcularse debido a que es proporcional al coseno del ángulo que el plano inclinado forma con el plano normal.

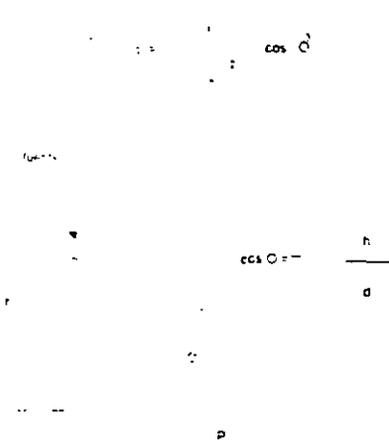
La Ley del Coseno establece que la iluminación de una superficie es proporcional a el coseno del ángulo de incidencia del rayo de luz.

Combinando la Ley del Cuadrado Inverso de la distancia y la Ley del Coseno queda:

$$E = \frac{cd}{d^2} \cos \theta \quad (2)$$

Una derivación de la ecuación 2 es: El coseno cúbico

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta \quad (3)$$



### III INSTRUMENTOS DE MEDICION

#### III 1.- Patrones.

Los patrones de candelas, flujo luminoso y color son establecidos por los "National Physical Laboratories".

Diferentes tipos de patrones pueden ser usados en los Laboratorios Fotométricos.

#### III.1.A.- Patrón Primario.

Establecido como Patrón Primario y del cual se derivan los valores de otros patrones.

#### III.1.B.- Patrón Secundario.

Usualmente derivados de los primarios y son generalmente utilizados en los Laboratorios Fotométricos de la industria.

### III 2.- Fotómetros.

Un fotómetro es un dispositivo para hacer mediciones de energía radiante dentro del espectro visible. En general, los fotómetros pueden ser clasificados en dos

#### III 2.A.- Fotómetros de Laboratorio

Son en general instrumentos físicos que consisten de un elemento sensitivo a estas radiaciones dentro del espectro visible además de ser de alta precisión y exactitud

#### Fotómetros Fotoeléctricos Portátiles

- a) Medidor de Iluminancia con color y coseno corregido de bolsillo
- b) Medidor pequeño de Luminancia/Iluminancia.
- c) Medidor de Iluminancia/Radiación.
- d) Medidor de Luminancia tipo gota.
- e) Fotómetro de Luminancia Pritchard.
- f) Fotómetro para Iluminancia, Luminancia y Radiación.

#### III.2.B.- Fotómetros Portátiles.

Son utilizados para mediciones de campo y de menor exactitud. Estos son agrupados según su función, de ellos los principales son para medición de Intensidad Luminosa, Iluminancia, Luminancia y Flujo Luminoso.

#### III.2.C.- Fotómetros de Distribución

Son utilizados para realizar mediciones de intensidad luminosa (candelas) y hay 5 tipos diferentes.

##### III.2.C.1.- Goniómetro y Celda Fija.

La fuente luminosa es montada en un goniómetro, el cual permite que la fuente sea rotada alrededor de ambos ejes, vertical y horizontal. Las candelas son medidas

- Luminarios típicos de la producción del fabricante.
- Luminarios limpios y libres de defectos.
- Luminarios con lámparas de uso comercial y en su posición de servicio

#### V 1 - Mediciones Fotométricas Básicas

Son 4 las cantidades fotométricas fundamentales:

Intensidad Luminosa (candelas)  
Luminancia (candela/m<sup>2</sup>)  
Flujo Luminoso (lúmenes)  
Iluminancia (lux)

#### Intensidad Luminosa.

La medición básica hecha en una prueba fotométrica de un luminario es la Intensidad Luminosa en planos y ángulos específicos. El resultado de la distribución de candelas es usado para determinar los lúmenes de zona, eficiencia, y luminancias promedio. Es por lo tanto necesario que se tomen los datos suficientes para describir adecuadamente la distribución de candelas y la salida luminosa total de los luminarios.

Los datos de distribución de candelas son presentados en formas tabulares en las hojas de reporte de datos de prueba. Estas curvas de distribución son usualmente presentadas en gráficas polares.

#### Luminancia.

Mientras las lámparas son instaladas y estabilizadas durante las pruebas fotométricas, la luminancia máxima de los luminarios deberá ser medida en ángulos específicos por el método asignado. Las mediciones pueden ser en candelas por m<sup>2</sup>, candelas por in<sup>2</sup> o footlamberts. Las lecturas deberán ser tomadas tanto en el sentido transversal como en el longitudinal, en el caso de luminarios tipo fluorescente o luminarios con una distribución asimétrica. Deberá tenerse en cuenta que las mediciones de luminancia están relacionadas a los lúmenes de las lámparas y por lo tanto los instrumentos de medición deberán calibrarse contra lámparas de prueba.

Si se desean valores de luminancia promedio, estos pueden ser calculados viendo mediciones de prueba de candelas obtenidas a partir de los datos de prueba, por definición, luminancia es la Intensidad Luminosa (candelas) de cualquier superficie en

$$\% \text{Eficiencia} = \frac{R3(R5)}{R1(R4)} (100)$$

Donde:

- R1 = Lectura de lámpara (s) dentro de la esfera.
- R2 = Lectura de la lámpara auxiliar
- R3 = Lectura del luminario.
- R4 = Lectura de la lámpara auxiliar con el luminario dentro de la esfera.

Se debe entender que mientras se están tomando las lecturas a una lámpara, la otra deberá permanecer apagada. El método de la esfera no es tan preciso como el método de distribución de candelas que se describe a continuación:

Los datos de distribución de candelas son usados para el cálculo del flujo luminoso en cualquier zona angular desde nadir (0°) hasta el zenit (180°). El producto de las candelas en cada centro de zona y las constantes de zona dan los lúmenes de zona. El total de los lúmenes de zona multiplicados por 100 y divididos entre los lúmenes de lámpara nominales dan el porcentaje de eficiencia.

Las constantes utilizadas en el cálculo del flujo luminoso a partir de los datos de candelas

Iluminancia.

El Ingeniero en Iluminación está más frecuentemente familiarizado con las mediciones de iluminación que con cualquiera de las otras cantidades fotométricas. La unidad de iluminación que es más frecuentemente usada es el "footcandle", el cual es equivalente a decir un lumen por pie cuadrado. Una iluminación de un lumen por metro cuadrado es llamado "lux" y un lumen por centímetro cuadrado ha sido llamado "phot".

### III 2 C.4.- Fotómetro de Espejo Móvil.

En este tipo, el espejo gira alrededor de la fuente luminosa, reflejando las candelas hacia una celda. Las lecturas son tomadas en los ángulos deseados de acuerdo al movimiento del espejo.

### III 2 C.5.- Fotómetro de Esfera Integradora.

El flujo luminoso total de una fuente (lámpara o luminario), es medido por algún integrador, el más común es el de la esfera de Ulbricht.

### III.3 - Reflectómetros

Son fotómetros usados para medir reflectancia de materiales o superficies en formas especiales. Miden reflectancias difusas, especulares y/o totales.

### III 4.- Radiómetros.

Son usados para medir energía radiante en un amplio rango de longitudes de onda, incluyendo las regiones ultravioleta, visible e infrarroja del espectro.

### III.5.- Espectómetros.

Fotometría son las mediciones de energía dentro del espectro visible, valorado de acuerdo a la curva de respuesta del ojo; sin embargo, cuando la energía es pedida como una función de la longitud de onda, la medición es referida como espectometría. En la Ingeniería de Iluminación, la espectrofotometría es importante en la determinación de la transmitancia y reflectancia espectral.

## IV MEDICIONES DE LABORATORIO

Los luminarios deben ser aprobados en un local con medio ambiente controlado; el Laboratorio Fotométrico deberá permanecer libre de corrientes de aire, la temperatura del cuarto de prueba deberá mantenerse constante a  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . La fuente de alimentación deberá ser regulada y libre de distorsiones para minimizar

cualquier efecto por variaciones de tensión. El cuarto de prueba deberá pintarse de negro y contar con suficientes pantallas acústicas para eliminar fenómenos extraños y reflexión de luces extrañas durante la prueba.

Los luminarios son montados en goniómetros que permiten tal colocación que definen ángulos alrededor de ambos ejes, vertical y horizontal. Existen diferentes versiones de goniómetros, cada uno de ellos relacionado al tipo de luminario bajo prueba. Es conveniente usar un goniómetro que mantenga al luminario en su posición de operación normal durante la prueba.

Para mediciones precisas, la distancia entre el luminario y el dispositivo sensor de luz, deberá ser lo suficientemente grande para que se aplique la ley del cuadrado inverso. La distancia de prueba mínima es gobernada por las dimensiones del luminario, esta distancia no deberá ser menor de 3 metros y al menos 5 veces la dimensión máxima del luminario. Para mayor precisión de la distancia de prueba, esta deberá medirse desde el centro fotométrico del luminario a la superficie de la fotocelda.

#### IV.1 - Condiciones Generales de Prueba, Recomendaciones IES para interiores.

##### IV.1.A - Lámparas de Prueba.

Deberán preenvejecerse y cumplir con las características de lámparas patrón (parámetros eléctricos nominales) antes de ser utilizadas en las pruebas fotométricas, debido a que durante las pruebas deben permanecer estables.

##### IV.1.B.- Estabilización.

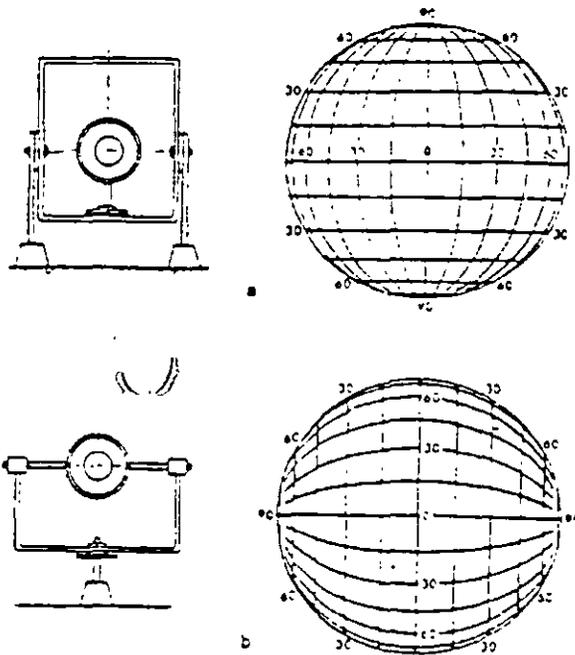
Deberá dejar que la emisión luminosa alcance su punto de estabilización antes de correr la prueba.

##### IV.1.C - Fotómetro

El equipo fotométrico deberá estar calibrado en todas sus escalas. Las lecturas deberán tomarse con una tolerancia de  $\pm 2\%$ . Las posiciones angulares con una tolerancia de  $\pm 25\%$ .

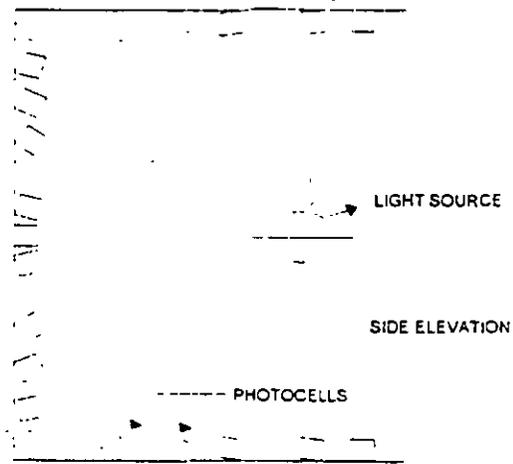
por una celda fija. Existen diferentes versiones de goniómetros, cada uno relacionado al tipo de luminario que va a ser fotometreado.

Con el uso de las computadoras, el sistema de coordenadas de un goniómetro puede ser fácilmente combinado a otro sistema, los dos tipos de sistemas de goniómetros son conocidos como tipo A y tipo B.



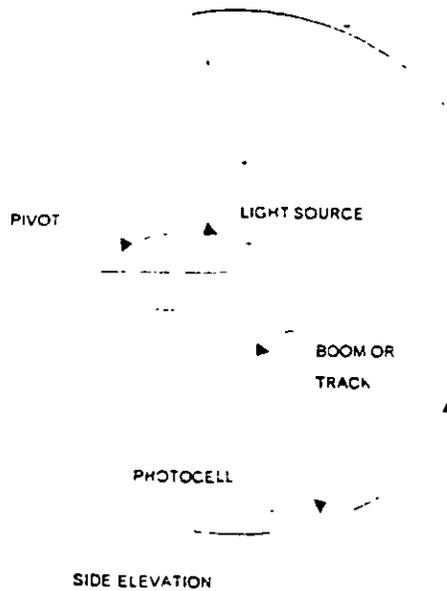
### III.2.C.2.- Fotómetro de Celda Múltiple Fija.

Numerosas fotoceldas individuales son colocadas a diferentes ángulos alrededor de la fuente luminosa bajo prueba. Las lecturas son tomadas en cada fotocelda para determinar la distribución de candelas.



III.2.C.3.- Fotómetro de Celda Móvil.

Este dispositivo consiste en una fotocelda la cual se monta sobre un eje giratorio donde la fuente luminosa es encontrada en el arco trazado por la celda. Las lecturas son tomadas con la celda colocada en la posiciones angulares deseadas.



Los fotómetros físicos difieren en su funcionamiento al del ojo humano, porque ellos responden a la iluminación o concentración de energía radiante. Energía radiante incidente sobre receptores físicos producen un cambio en cantidades eléctricas las cuales pueden ser medidas

En la Ingeniería de Iluminación, la luz es parte del espectro de energía radiante, el cual puede ser visto por el ojo humano. El espectro electromagnético incluye energía radiante de muchas longitudes de onda, pero solamente una banda angosta alrededor de los 400 a 700 milimicrones es visible. Cuando estas ondas de energía llegan al ojo humano, la visión toma lugar.

### CURVA DE EFICIENCIA LUMINOSA ESPECTRAL

En general, las mediciones de luz como instrumentos físicos son útiles solamente si ellos indican realmente como reaccionaria el ojo humano a ciertos estímulos. En otras palabras tales instrumentos deberán ser sensibles al espectro de energía radiante en la banda de los 400 – 700 milimicrones.

Debido a diferencias substanciales entre pares de ojos, la CIE ha establecido una curva de respuesta patrón o curva de sensibilidad del ojo.

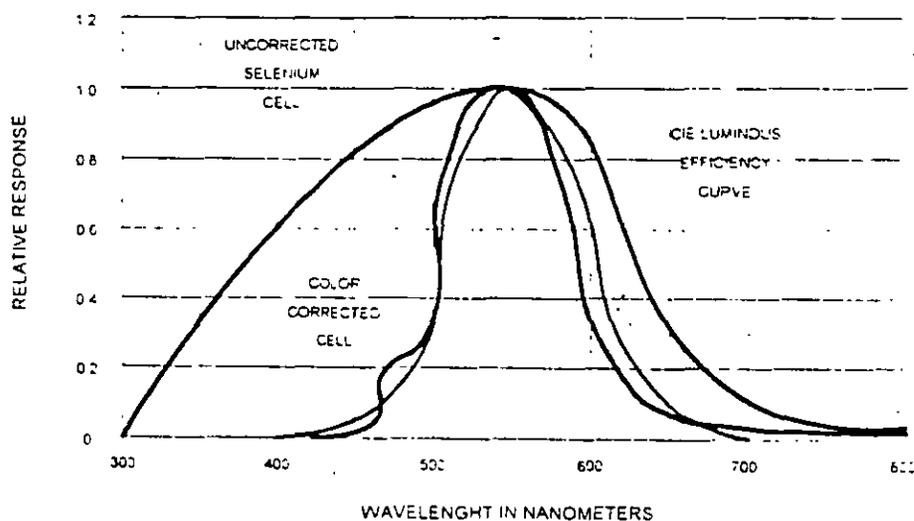


Fig 4-4- Average spectral sensitivity characteristics of selenium photovoltaic cells, compared with CIE spectral luminous efficiency curve

#### IV 1.D.- Mediciones.

Se recomienda el método relativo para la distribución de candelas. Un factor de calibración debe obtenerse a partir de la salida luminosa de la lámpara y los lúmenes asignados.

En el caso de luminarios con lámparas de descarga en gas, las mediciones de potencia, tensión y corriente deberán efectuarse con instrumentos calibrados y dentro de la precisión especificada.

### V. FOTOMETRIA DE LUMINARIOS

Los propósitos de la fotometría o de las mediciones de distribución luminosa en luminarios son para determinar con precisión las características de los luminarios, así como la de describir adecuadamente su funcionamiento.

Características como: Distribución de candelas, lúmenes de zona, eficiencia, luminancia, etc., son necesarias en el diseño, especificaciones y selección de luminarios.

Las mediciones fotométricas en general hacen uso de las leyes básicas y se conocen 3 tipos de fotometría.

- a) Fotometría Directa: Consiste en la comparación simultánea de una lámpara patrón y una fuente de luz desconocida.
- b) Fotometría por Sustitución. Consiste en la evaluación secuencial de las características fotométricas deseadas de una lámpara patrón y una fuente de luz desconocida en términos de una referencia arbitraria.
- c) Fotometría Relativa: Para evitar el uso de lámparas patrón, el método relativo es ampliamente aplicado. Consiste en la evaluación de las características fotométricas deseadas basadas en los lúmenes dados de la lámpara de prueba. Existen diferentes procedimientos de prueba para cada tipo específico de luminario, es decir, para alumbrado interior, alumbrado público, alumbrado con proyectores, etc. Sin embargo hay varios requerimientos generales que deberán cumplirse en todas las pruebas, por ejemplo:

## V.2 - Información Fotométrica para Iluminación de Interiores.

### V.2.A - Datos de Curva Fotométrica.

La información fotométrica típica de un luminario para interiores se muestra en la Figura 1.

Este contiene toda la información necesaria para determinar la operación de luminario, así como la utilización de los datos contenidos en esta figura de información fotométrica.

#### V.2.B.- Distribución de Candelas.

El flujo luminoso es medido con un fotómetro que mide candelas desde  $0^\circ$  hasta  $180^\circ$  a una distancia de 10 metros

El luminario es rotado sobre sus ejes para obtener lecturas promedio de candelas en todos los planos del luminario.

Los valores en candelas del luminario son trazados sobre una gráfica polar, referidas al nadir. A partir de esta información se calcula el flujo luminoso del luminario, así como el coeficiente de utilización, el criterio de espaciamiento y el promedio de brillantez del luminario

#### V.2.C - Información de Distribución.

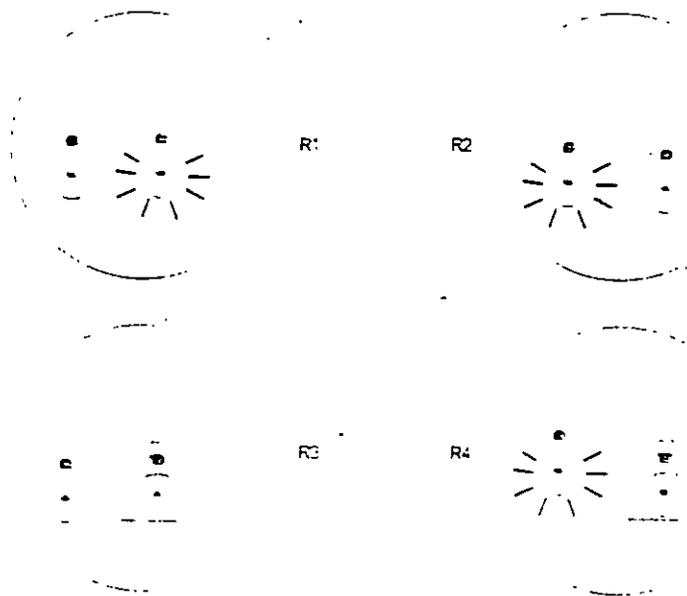
La información de distribución es también convenientemente tabulada en la hoja de información fotométrica. La información de distribución de candelas promedio permite el cálculo del flujo luminoso a cualquier ángulo desde el nadir ( $0^\circ$ ) hasta ( $180^\circ$ ). Son satisfactorios en general zonas de  $10^\circ$ , aunque es preferible usar zonas más pequeñas donde las candelas cambien rápidamente. La suma de todos los lúmenes de zona desde el nadir  $0^\circ$  hasta  $180^\circ$  es el flujo luminoso total del luminario

una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie vista desde esa dirección.

### Flujo Luminoso.

El flujo total del luminario, necesario para establecer su eficiencia en términos de flujo luminoso o lúmenes de salida de las lámparas, puede ser determinado en un fotometro de esfera integradora o por cálculos a partir de los datos de distribución de candelas.

Si un flujo luminoso es medido en una esfera, la eficiencia puede ser determinada por el método relativo



Primero se instalan las lámparas en el centro de la esfera y se toman sus lecturas. Una lectura es después tomada en una lámpara instalada en algún otro punto dentro de la esfera. El luminario es entonces instalado en el centro de la esfera y se toma su lectura. Después es tomada otra lectura en la otra lámpara instalada dentro de la esfera, la eficiencia es por tanto calculada de la siguiente manera:

### V.2.D.- Eficiencia del Luminario.

La eficiencia del luminario mostrado en la figura 1 es 76%. Esto significa que el total de lúmenes de lámpara (1000 en este caso) es 76% o 763 lúmenes emitidos por el luminario. Es interesante hacer notar, sin embargo, que el coeficiente de utilización puede exceder la eficiencia del luminario en algunos locales. Esto se debe a la interreflexión de la iluminación.

### V.2.E.- Brillantez del Luminario.

La brillantez del luminario (footlamberts) es importante solamente en la zona de deslumbramiento (de la horizontal 35° abajo). En un luminario, el promedio de brillantez se calcula:

$$\text{Brillantez (fl)} = 45^2 \frac{\text{cd}}{\text{área aparente en pulg.}^2}$$

El área que represente la porción de brillantez de los luminarios se calcula en ángulos específicos dentro de la zona de deslumbramiento.

### V.2.F.- Coeficiente de Utilización.

Es la relación de la iluminación que incide en el plano de trabajo (generalmente 1 metro sobre el nivel del piso) a la iluminación generada por la lámpara (lúmenes de lámpara). La iluminación de lámpara en el plano de trabajo se obtiene de dos formas:

- 1.- Directamente del luminario.
- 2.- Reflejada por las superficies y objetos del local.

El coeficiente de utilización en función de:

- 1.- La eficiencia y la distancia del luminario.
- 2 - El porcentaje total de lúmenes de salida del luminario que inciden en el plano de trabajo directamente y la iluminación que es reflejada por las superficies del local
- 3 - La reflectancia de las superficies del local, techo, paredes y piso
- 4.- Las relaciones de cavidad del local, techo y piso.

#### V.2.G.- Clasificación de Luminarios para Interiores según IES.

Los luminarios para interiores están clasificados de acuerdo a la relación entre el máximo espaciamiento del luminario (s) y su altura de montaje (sobre el plano de trabajo) para obtener una iluminación de uniformidad adecuada, la clasificación es definida como sigue:

Clasificación IES y Relación S/HM máxima para luminarios tipo interior.

| Clasificación del luminario | Relación de Espaciamiento, Altura de montaje (sobre el plano de trabajo) |
|-----------------------------|--|
| Altamente concentrado       | 0 – 0.5  |
| Concentrado                 | 0.51 – 0.7   |
| Medio extensivo             | 0.71 – 1.0   |
| Extensivo                   | 1.01 – 1.5   |
| Ampliamento Extensivo       | arriba de 1.5  |

Una uniformidad pobre o una buena uniformidad están instaladas en las figuras 2 y 3.

Todas las clasificaciones que se utiliza en las gráficas de datos fotométricos se basan en la iluminación de una franja que corre perpendicularmente a la cruceta de la luminaria, como ocurriría con un camino.

Los datos fotométricos se aplican a una sección horizontal continua con dos límites, denominados: línea próxima de la acera y línea alejada de la acera

Las áreas o líneas transversales son las que corren perpendicularmente a la acera del camino; las franjas o líneas longitudinales corren paralelas a la acera

## DISTRIBUCION DE LA LUZ VERTICAL

Las luminarias se clasifican como de distribución vertical corta, mediana o larga, dependiendo su potencia luminosa máxima cae a corta, mediana o a gran distancia de ellas. En el diagrama se muestran las distancias marcadas por las líneas transversales del camino ( LTC ) y las líneas longitudinales del camino ( LLC ) como múltiplos de la altura de montaje de la luminaria ( AM ).

Las línea transversales dividen el camino en zonas que en extienden hasta el otro lado de éste. La primer zona está limitada por las líneas transversales trazadas a distancia de 1 y 2.25 AM de la luminaria. Esta es la zona C Si la potencia luminosa máxima de la luminaria incide en esta zona, su distribución se clasifica como corta.

La siguiente zona está limitada por las líneas que marcan las distancias de 2.25 y 3.75 AM. La distribución de una luminaria se clasifica como mediana si su potencia luminosa máxima cae dentro de esta segunda zona, denominada zona M

La última zona es la zona L, la cual se extiende 3.75 AM hasta 6.0 AM. Si la potencia luminosa máxima de una luminaria cae dentro de esta zona, su distribución se clasifica como larga

Estas clasificaciones están determinadas por el ángulo vertical de potencia luminosa máxima de la luminaria. Las luminarias para caminos y las de poste elevado están dirigidas directamente hacia abajo, pero están diseñadas para emitir su potencia luminosa máxima a ángulos de hasta 80 grados. Las clasificaciones de distribución de la luz vertical de estas luminarias se

proporcionan a continuación, junto con el ángulo de potencia luminosa máxima que cada clasificación representa:

- 1.- Distribución corta. De una LLC de 1 AM a una LLC de 2.5 AM. Esto equivale a la distancia que hay entre los ángulos 45 a 66 grados verticales.
- 2.- Distribución mediana. De una LLC de 2.25 AM a una LLC de 3.75 AM. Esto equivale a la potencia que hay entre los ángulos 66 a 75 grados verticales
- 3.- Distribución larga: De una LLC de 3.75 a una LLC de 6.0 AM. Esto equivale a la distancia que hay entre los ángulos 75 a 80 grados verticales.

## DISTRIBUCION DE LA LUZ LATERAL

La distribución lateral de la luz, está indicada en las tablas de datos fotométricos que proporcionan las fabricantes, en la clasificación de las luminarias como tipo I, II, III, IV y V. Esta clasificación señalada de manera aproximada la anchura del haz de la luminaria, e indica hasta qué parte del camino o área será emitida la luz.

Este tipo de clasificación nunca debe utilizarse como el único criterio para determinar qué luminaria se va a utilizar, no obstante, la anchura del haz que se seleccione debe adaptarse hasta donde sea posible a la anchura del área que se va a iluminar

Se pueden lograr cambios de haz desde Y hasta IV cambiando la lámpara dentro del reflector, el reflector o ambos. El método que se elija para estos cambios debe ser el que recomienda el fabricante

El tipo de la luminaria lo determina la posición de los trazos de isocandela que conectan todos los puntos de área iluminada los cuales recibirán el equivalente a la mitad de la potencia luminosa máxima de la luminaria. La relación de los trazos de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima con las líneas longitudinales del camino, determina el tipo de luminaria, excepto cuando se trata de luminarias tipo V, las cuales tienen una distribución circular.

FIG 2 UNIFORMIDAD POBRE

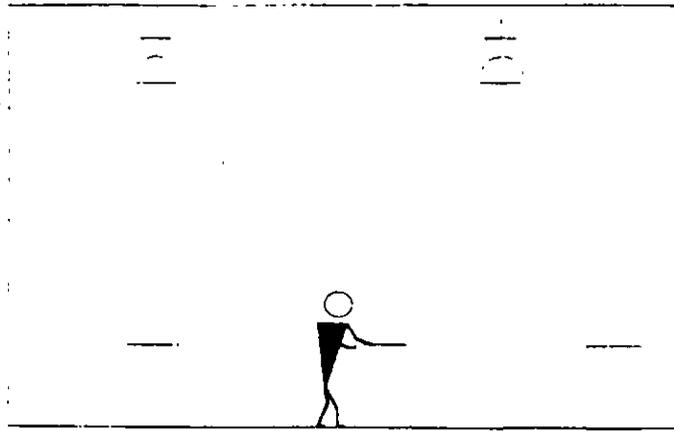
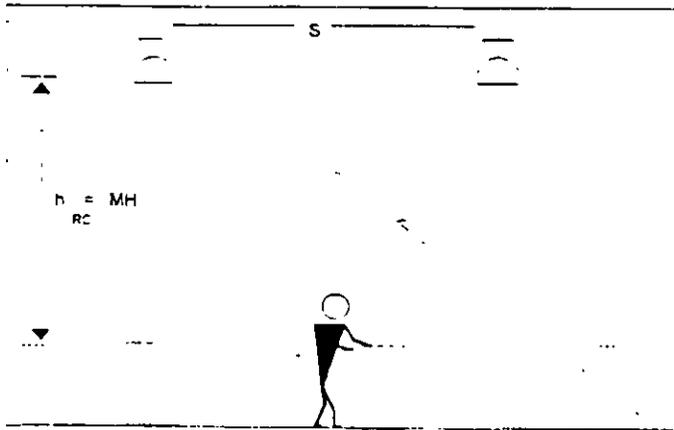


FIG 3 UNIFORMIDAD BUENA



El valor SC proporciona el mismo espaciamento  
para un luminario especifico

## PRESENTACION DE LOS DATOS FOTOMETRICOS

Los datos fotométricos para las luminarias para caminos, áreas abiertas y poste elevado se presentan de la misma manera. Todos los datos se presentan como si el área a iluminarse para diseñar un sistema efectivo de iluminación para cualquier clase de área exterior.

Cuando se escribía este libro, los datos fotométricos para este tipo de luminarias todavía se presentaban en bujías - pie y pies. En algunos casos, los autores presentan estos en lux y candelas, pero no siempre es práctico.

En el diagrama, el punto cero grados laterales está directamente enfrente de la luminaria, mientras que el punto cero grados verticales ( el nadir ) se encuentra directamente abajo de ella. Se dice que la luz de la región 90-0-270 grados laterales ilumina el lado de la calle, ya que normalmente esta 180-270, se dice que está dirigida hacia el lado de las casas o de el lado de la acera, ya que casi siempre esta parte se encuentra detrás de la luminaria, en dirección hacia las casas. Si la luminaria sobresale sobre la calle, entonces parte de la luz del lado de las casas o de la acera estará dirigida hacia la calle.

La luz que la luminaria dirige hacia arriba-es la que proviene de la región por encima de los 90 grados verticales. La luz que proyecta hacia abajo es la que proviene de la región por debajo de los 90 grados verticales

### Clasificación de las luminarias

En el American National Standar Practice For Roadway Lighting, patrocinado por la luminating Engineerig Society of North America ( IES ), se definen los criterios que se utilizan para la clasificación de las luminarias para caminos, áreas abiertas y de poste elevado. Las clasificaciones utilizadas en la mayoría de las gráficas de datos fotométricos son

- 1.- Distribución de la luz vertical
- 2.- Disminución de la luz lateral
- 3.- Control de la distribución de la luz sobre la potencia luminosa máxima.

## CORRELACION DE LAS CURVAS DE UTILIZACION Y CLASIFICACION POR TIPO

Existe cierta correlación entre las curvas de utilización y las clasificaciones por tipo. Para una luminaria tipo I, generalmente las curvas de utilización del lado de la acera y del lado de la calle se aproximan mucho, y se van apartando mas y mas, a medida que el número de tipo aumenta. Por esta razón, el diseñador debe montar una luminaria tipo I, no una tipo IV. Las luminarias tipo II, III, y IV, por lo regular se montan cerca o sobre el borde del camino. Las luminarias tipo I y V, por el contrario, se montan cerca del centro del área que se quiere iluminar.

Antes de elegir el tipo de luminaria que se utilizará, el diseñador debe estudiar la familia de curvas de utilización en una escala completa de distribuciones de luz, para así poder seleccionar la luminaria con la mejor combinación de utilización y uniformidad.

### Datos de iluminación

La tabla denominada " datos de iluminación " se incluye en los datos fotométricos para cualquier luminaria. Los números de la tabla indican bujías - pie, y pueden convertirse a lux multiplicándolos por 10.76.

Estos datos se presentan como si el área que se va a iluminar fuera una calle, pero se aplican a cualquier área exterior. La luminaria está montada en el punto marcado " posición de la luminaria ". Los datos se proporcionan sólo para un solo lado del haz de la luminaria, debido a que los valores son casi iguales de izquierda a derecha, y están promediados para obtener la iluminación producida por un lado.

Las coordenadas están basadas en razones de distancia a altura de montaje. En este caso los datos se aplican a una altura de montaje de 9.1 metros ( 30 pies ), pero pueden aplicarse a otras alturas de montaje si se utiliza la tabla incluida en la gráfica.

Los números de la tabla son niveles de iluminación por 1,000 lúmenes de lámparas en varios puntos del área iluminada. Las líneas de isoiluminación conectan los puntos de igual iluminación. En este caso los niveles se proporcionan primero en lux y después en bujías - pie. Los datos pueden

aplicarse directamente al área que se va a iluminar, ya que las luminarias para caminos, áreas abiertas y de poste elevado tienen un apuntamiento fijo

Las dimensiones del área que se va a iluminar pueden tratarse directamente sobre los datos de iluminación para determinar los niveles de iluminación en varios puntos. Estos valores pueden entonces ajustarse para alturas de montaje mayores o menores que 9.1 metros, y para lux o bujías - pie, utilizando los factores de corrección incluidos con los datos. Los valores están expresados por 1.000 lúmenes que produce la lámpara que se utilizará.

En algunos casos, es conveniente aplicar los datos de iluminación a la misma escala que el plano del lugar que se va a iluminar. Al superponer este diagrama sobre el plano, el diseñador puede estudiar la distribución de la luz. Se pueden poner dos o más diagramas sobre el plano, como se la iluminación proviniera de dos o más luminarias y éstas se probaran a distas distancias. Esto también puede servir para determinar la separación más conveniente. Donde se cruzan líneas de isoiluminación, los valores de las líneas individuales se suman para producir los niveles reales de iluminación. Esto proporciona una buena indicación de cuán uniformemente estará iluminado el lugar, y ayudará al diseñador a determinar el espaciamiento definitivo.

.....

Para una luminaria tipo V, las curvas de utilización para el lado de la acera y para el lado de la calle son iguales, ya que la luz se distribuye en un patrón circular. Todos los demás tipos de luminarias tienen haces asimétricos.

## RENDIMIENTO FOTOMETRICO DE LAS LUMINARIAS

### Valores de flujo de luz

|                                    | Lúmenes | Porcentaje de la lámpara |
|------------------------------------|---------|--------------------------|
| Hacia abajo, del lado de la calle  | 600     | 60                       |
| Hacia arriba, del lado de la calle | 10      | 1                        |
| Hacia abajo, del lado de la acera  | 150     | 15                       |
| Hacia arriba, del lado de la acera | 10      | 1                        |
| Total                              | 770     | 77                       |

Información general:

Número de prueba: 74-0525

Distancia de prueba, en metros: 7

Lúmenes de prueba: 1,000

Si la lámpara que se va a utilizar tiene una potencia luminosa mayor o menor que la de prueba ( 1,000 lúmenes ), multiplicar todos los valores de lumen, candela ( si se proporcionan ) y bujías - pie por esta razón:

$$\text{Razón} = \frac{\text{Lúmenes reales de lámpara}}{\text{Lúmenes de prueba}}$$

Potencia luminosa máxima = 750

Cono máximo = 70°

Plano vertical máximo = 72.5°/287.5°

Potencia luminosa máxima a 80° = 174

Bujías - pie de nadir = .113

Potencia luminosa de nadir = 102

Potencia luminosa máxima a 90° = 22

Prueba fotométrica de acuerdo con lo establecido por la IES.

## CODO DE LA CURVA

Una curva de utilización casi recta indica una distribución uniforme de los lúmenes sobre el camino. No obstante, la mayoría de las curvas se suavizan en ciertas líneas transversales y esto indica que el nivel de la luz está cayendo. La sección de la curva donde la línea se aplana, en ocasiones se denomina *codo de la curva*.

El codo de la curva puede ayudar al diseñador a determinar la anchura aproximada del área frente a la luminaria que se puede iluminar eficazmente; sin embargo, no ayuda a determinar el espaciamiento horizontal o la uniformidad

## ALTURA DE MONTAJE

Los datos de utilización pueden ayudar al diseñador a seleccionar la altura de montaje más conveniente para una situación dada. Si el codo de la curva para la luminaria que se va a utilizar ocurre a 1 ó 2 AM, por ejemplo, la altura del poste podría ser de aproximadamente la mitad de la anchura de la calle o área que se va a iluminar. Si la calle tiene 20 metros de ancho, probablemente se puede utilizar un poste de 10 metros de alto, ya que la luminaria puede proyectar luz eficientemente desde una distancia equivalente a 2 AM.

A veces se requieren mayores alturas de montaje para proyectar la luz más lejos y asimismo, espaciar más los postes. Esto se aplica particularmente a las calles o áreas estrechas. El diseñador también puede encontrar necesario incrementar la altura de montaje para satisfacer los requerimientos de uniformidad

En el diagrama hay una línea de referencia trazada directamente desde la posición de montaje de la luminaria. Las distancias desde esta línea aparecen como múltiplos de la altura de montaje

A continuación se detalla los tipos de clasificación para la distribución lateral de la luz:

**Tipo I:** La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima entre al área por ambos lados de la línea de referencia y la permanece dentro del área limitada por la LLC de 1.0 AM, tanto en el lado de la casa como en el de la calle, dentro de la zona C, M o L, donde cae la potencia luminosa máxima. Las luminarias con una clasificación I, generalmente se montan en o cerca del centro del camino o área que se va a iluminar. Las luminarias tipo II, II, y IV, por lo común se instalan a una lado del camino o área que se va a iluminar.

**Tipo II:** La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima no cruza la LLC de 1.75 AM en el lado de la calle, en la zona donde cae la potencia luminosa máxima. La línea puede o no cruzar la línea de referencia, pero permanece cerca de ella.

**Tipo III:** La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima cruza la LLC de 1.75 AM, pero no cruza la LLC de 2.75 AM sobre el lado de la calle en la zona donde cae la potencia luminosa máxima. La línea puede o no cruzar la línea de referencia.

**Tipo IV:** La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima cruza la LLC de 2.75 AM en la zona donde cae la potencia luminosa máxima. La línea puede o no cruzar la línea de referencia.

**tipo V:** Las candelas de distribuyen simétricamente en todos los ángulos laterales alrededor de la luminaria.

## **CONTROL DE LA DISTRIBUCION DE LA LUZ SOBRE LA POTENCIA LUMINOSA MAXIMA**

En las tablas de datos fotométricos del fabricante también se proporcionan clasificaciones concernientes al control de la distribución de la luz por encima de la potencia luminosa máxima. Las clasificaciones indican las candelas emitidas

desde la luminaria a ángulos elevados. Las clasificaciones de la IES son como sigue:

**Bloqueada:** No más de 25 candelas por 1,000 lúmenes de lámpara por encima de un ángulo de 90 grados sobre el nadir, y no más de 100 candelas por 1,000 lúmenes por encima de los 80 grados sobre el nadir. Estos criterios se aplican a cualquier ángulo lateral alrededor de la luminaria, y ambos deben satisfacerse para que una luminaria pueda clasificarse como bloqueada.

**Semibloqueada:** No más de 50 candelas por 1,000 lúmenes de lámpara por encima de un ángulo de 90 grados, y no más de 200 candelas por 1,000 lúmenes de lámpara sobre los 80 grados, en cualquier ángulo lateral.

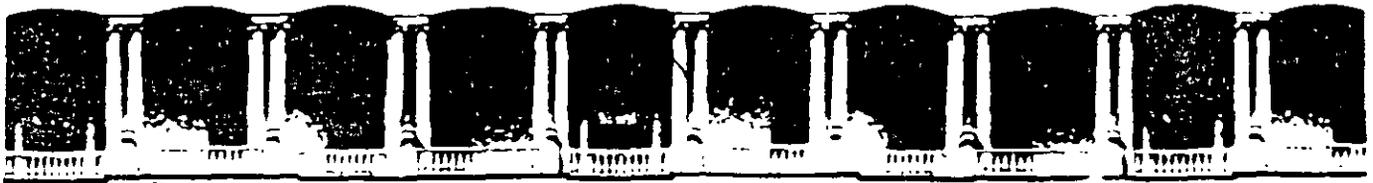
**No bloqueada:** Sin limitaciones de candela.

Estas clasificaciones son importantes, ya que mientras más candelas son emitidas a ángulos elevados, más brillante parecerá la luminaria. En algunos casos, es conveniente que toda la luz sea bloqueada a los 90 grados, a fin de que la luminaria tenga una brillantez cercana a cero más allá de 10 AM. A veces esto se logra utilizando lentes planos, en vez de los lentes reflectores convexos.

### Datos de utilización

En el caso de las luminarias para caminos y áreas abiertas, los datos de utilización indica qué porción de la luz es dirigida hacia el frente de la luminaria ( esto es, sobre el lado de la calle ) y qué proporción incide atrás ( esto es, sobre el lado de la acera ). Los datos se presentan en forma de una gráfica que muestra el porcentaje de los lúmenes de lámpara que llegan a la superficie del camino a varias razones de distancia transversal a altura de montaje. Los datos se aplican a calles de cualquier anchura, siempre que esta se dé como una función de la altura de montaje.

Se incluye además, la gráfica denominada " curva de utilización ". La línea punteada indica los lúmenes utilizados o el coeficiente de utilización ( CU ), para el lado de calle; la línea continua, indica el CU para el lado de la acera, entonces sólo se aplica la utilización del lado de la calle. Si la luminaria se monta de manera que sobresalga hacia la calle, entonces algunos de los lúmenes del lado de la acera caerán sobre la calle.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**TEMA**

**DISEÑO Y CLASIFICACION DE LUMINARIOS**

**EXPOSITOR: ING. JOSE LUIS BONILLA GRIZ  
PALACIO DE MINERIA  
NOVIEMBRE DEL 2000**

## DISEÑO DE LUMINARIOS

### Consideraciones:

- 1.- Normas y estándares
- 2.- Medio ambiente
- 3.- Características eléctricas y mecánicas
- 4.- Propiedades térmicas
- 5.- Seguridad
- 6.- Factores Económicos

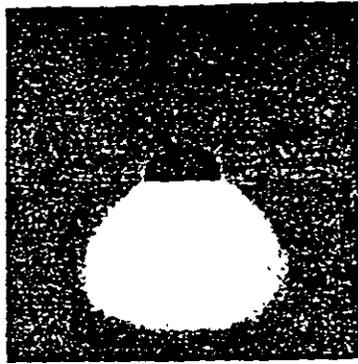
## CONSIDERACIONES ADICIONALES

- 1.- Diseño del Reflector
- 2.- Posición de operación de la lámpara
- 3.- Cambio de lámpara
- 4.- Efectos de la energía radiante
- 5.- Potencias de lámpara
- 6.- Apariencia
- 7.- Deslumbramiento
- 8.- Acústica
- 9.- Condiciones ambientales
- 10.- Montaje

## SALIDA DE ENERGIA DE FUENTES LUMINOSAS

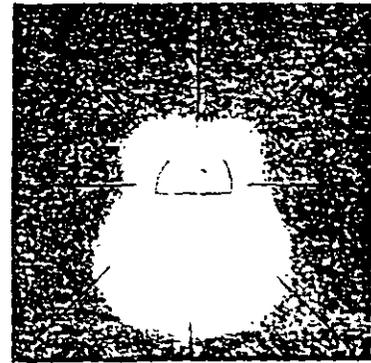
| TIPO DE ENERGIA       | INCANDESCENTE<br>100 W | FLUORESCENTE<br>CW | MERCURIO<br>400 W | ADITIVOS<br>MET. 400 W | SAP<br>400W | SODIO BAJ A<br>PRESION 180 W |
|-----------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|-------------|------------------------------|
| LUZ                   | 10%                    | 19 %               | 14.6%             | 20.6%                  | 25.5%       | 29%                          |
| INFRARROJO            | 72%                    | 30.7%              | 46.4%             | 31.9%                  | 37.2%       | --                           |
| ULTRAVIOLETA          | --                     | 0.4%               | 1.9%              | 2.7%                   | 0.2%        | --                           |
| CONDUCCION+CONVECCION | 18%                    | 36.4%              | 27%               | 31.1%                  | 22.2%       | --                           |
| BALASTRO              | --                     | --                 | 10.1%             | 13.7%                  | --          | --                           |

0-10%  
90-100%



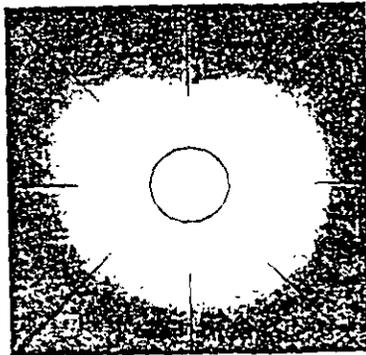
DIRECTO

10-40%  
60-90%



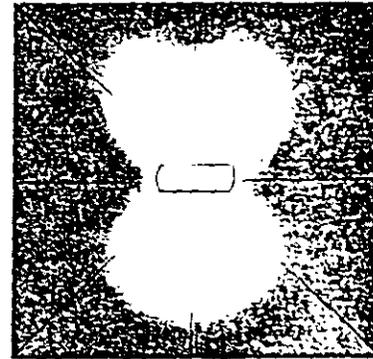
SEMIDIRECTO

40-60%  
40-60%



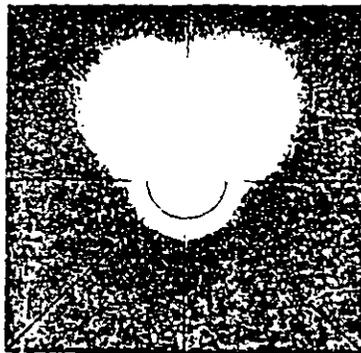
GENERAL DIFUSA

40-60%  
40-60%



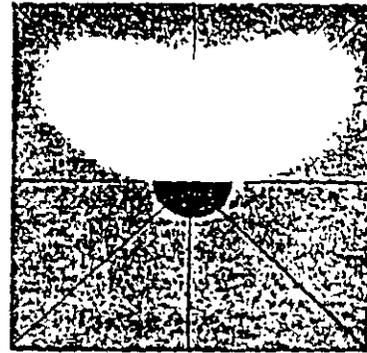
DIRECTO-INDIRECTO

60-90%  
10-40%



SEMI-INDIRECTO

90-100%  
0-10%

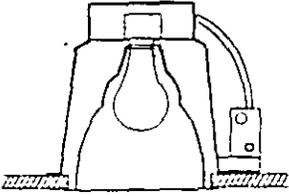


INDIRECTO

#### LUMINARIOS DE USO GENERAL CLASIFICADOS POR CIE

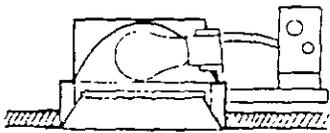
Las curvas de distribución de la luz pueden tomar muchas formas de acuerdo a la distribución de luz hacia arriba o hacia abajo, dependiendo de tipo de fuente de luz luminosa y del diseño del luminario.

INCANDESCENTE



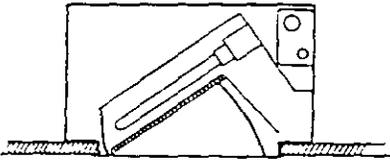
LAMPARA TIPO A INCANDESCENTE APLICACIONES:  
CORREDORES, AUDITORIOS, LOBBIES, ESPACIOS  
PUBLICOS.

INCANDESCENTE CON LENTE



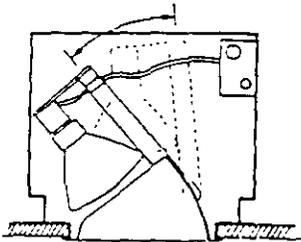
LAMPARA DE SERVICIO GENERAL TIPO A. EL LEN  
TE PROVEE UNA DISTRIBUCION AMPLIA. APLICA  
CIONES: CORREDORES Y ESPACIOS PUBLICOS

WALL WASHER - FLUORESCENTE COMPACTA



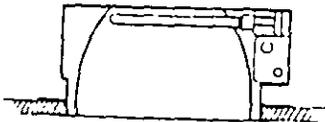
DOS LAMPARAS DE 13 W. SE USA TANTO EL RE-  
FLECTOR COMO EL REFRACTOR PARA PROVEER ILU  
MINACION UNIFORME EN SUPERFICIES VERTICA-  
LES EN OFICINAS, LOBBIES, TIENDAS, ETC.

INCANDESCENTE - DE ACENTO



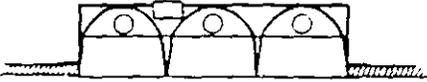
LAMPARA PAR 38 HAZ CERRADO O ABIERTO  
APLICACION: PARA ACENTUAR OBJETOS EN TIEN  
DAS, MUSEOS, RESTAURANTES,

FLUORESCENTE COMPACTA

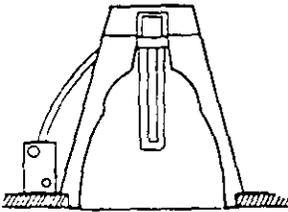


DOS LAMPARAS DE 9 O 13 W. APLICACIONES:  
CORREDORES, PASILLOS, LOBBIES.

**PARABOLICO FLUORESCENTE**



TRES LAMPARAS FLUORESCENTES T-8 O T-12 APLICACION: ILUMINACION GENERAL PARA OFICINAS, ESPECIALMENTE DONDE HAY TERMINALES DE COMPUTADORA



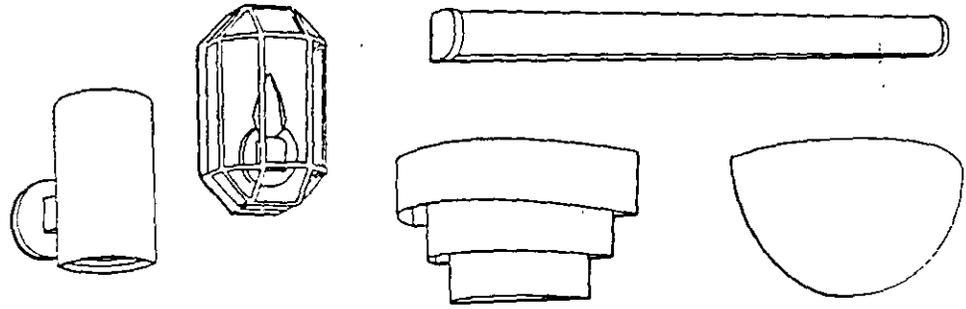
**FLUORESCENTE COMPACTO-CONCENTRADO**

HAY UNA LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 26 WATS. APLICACION: 7 LUMINACION DESCENDENTE EN CORREDORES, AUDITORIOS, LOBBIES.

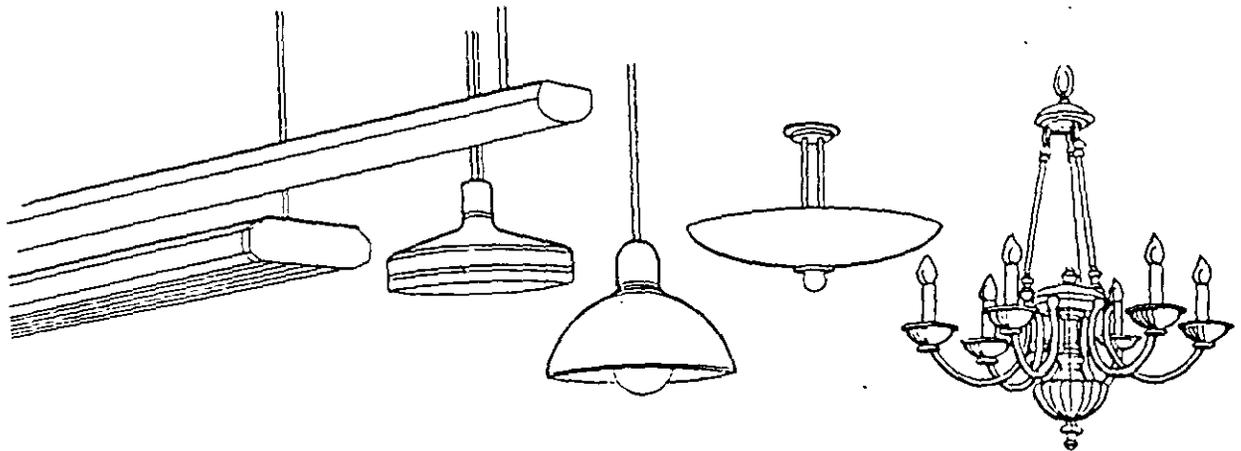


**AJUSTABLE DE BAJO VOLTAJE**

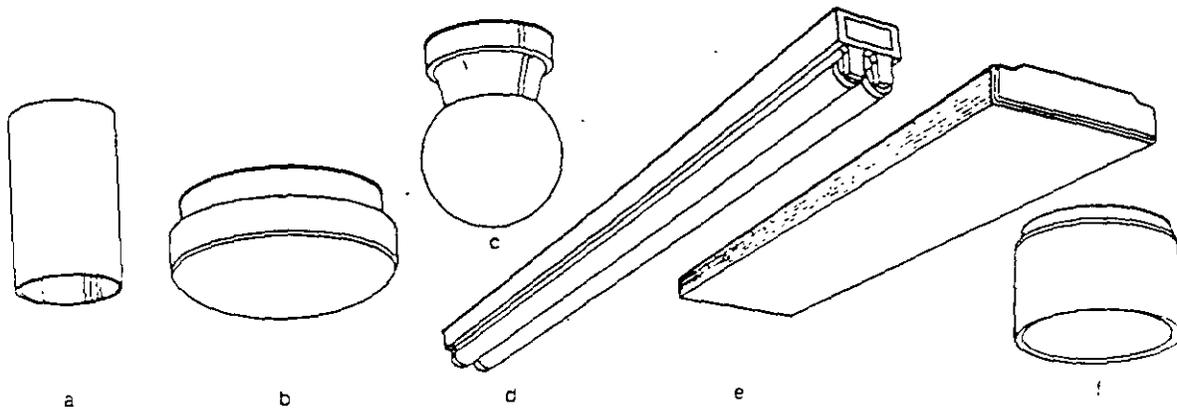
LAMPARA MR-16 APLICACION: PARA ACENTUAR O RESALTAR OBJETOS EN TIENDAS, MUSEOS, RESTAURANTES O RESIDENCIAS



LUMINARIOS DE PARED



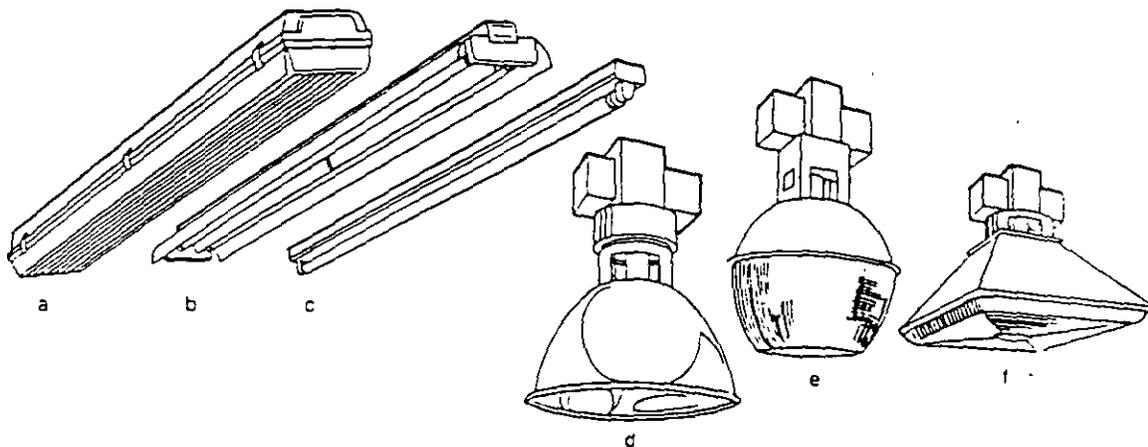
LUMINARIOS COLGANTES



LAMPARAS MONTADAS EN TECHO

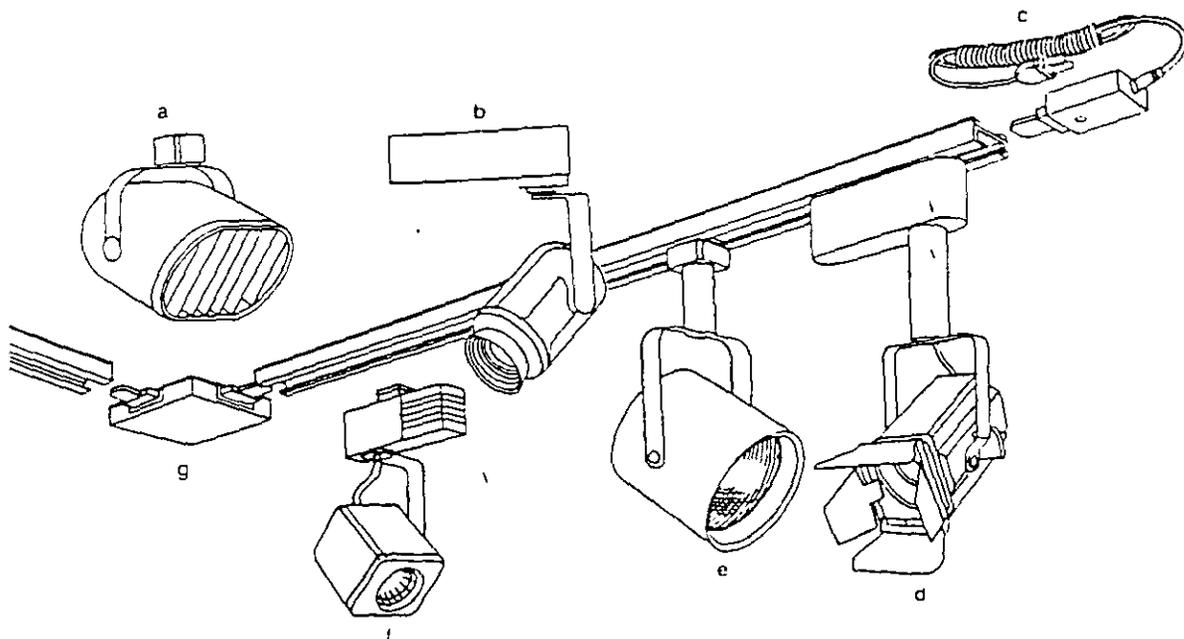
Tipo difuso: b, c y e.

Tipo Downlighting: a, d y f.



TIPOS DE LUMINARIOS INDUSTRIALES

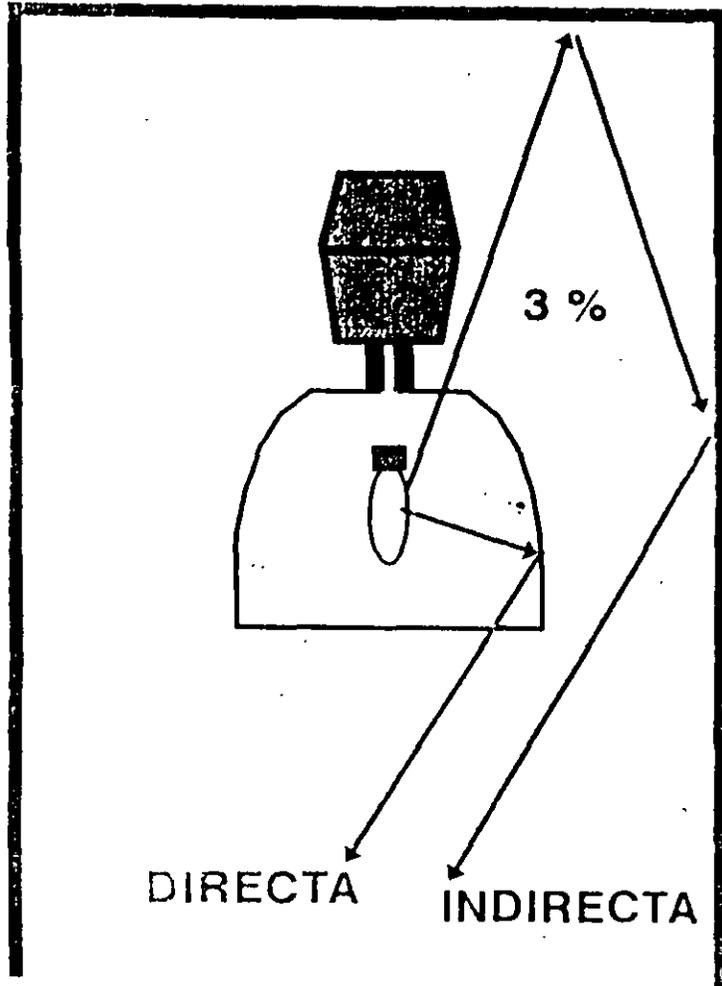
- a) Para zonas húmedas
- b) Dos lámparas slimline
- c) Una lámpara slimline
- d) De alto montaje
- e) Para almacén
- f) Bajo montaje



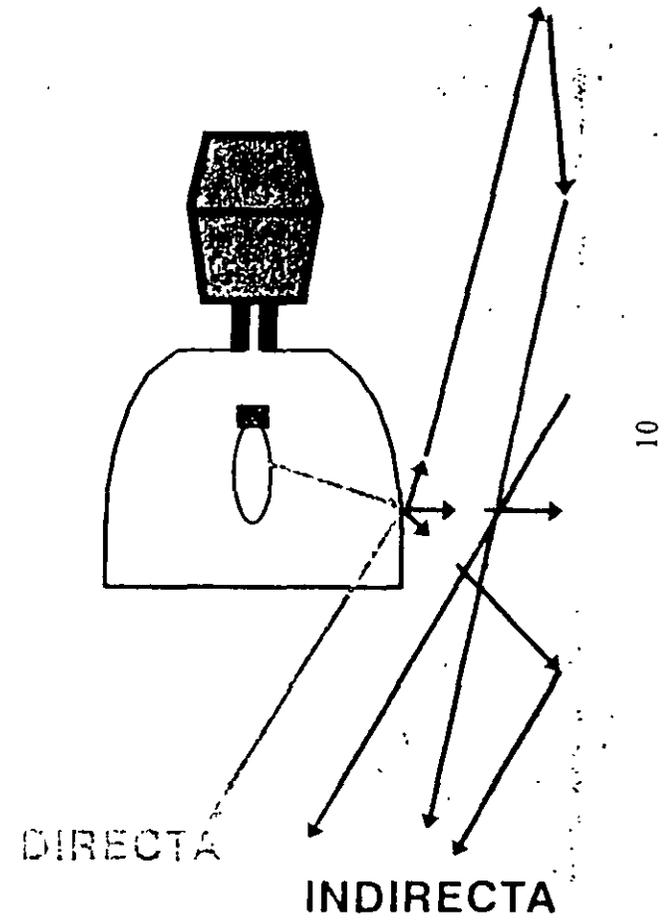
DISPOSITIVOS Y LUMINARIOS MONTADOS  
EN RIEL:

- a) FLUORESCENTES COMPACTAS
- b) MR 16
- c) EXTENSION DE CONEXION
- d) PROYECTOR MR 16
- e) PAR
- f) MR 16
- g) CONECTOR DE ESQUINA

# REFLECTOR DE ALUMINIO



# REFLECTOR DE ALUMINIO



# CONFORT VISUAL

La calidad de la iluminación para industrias es afectada por:

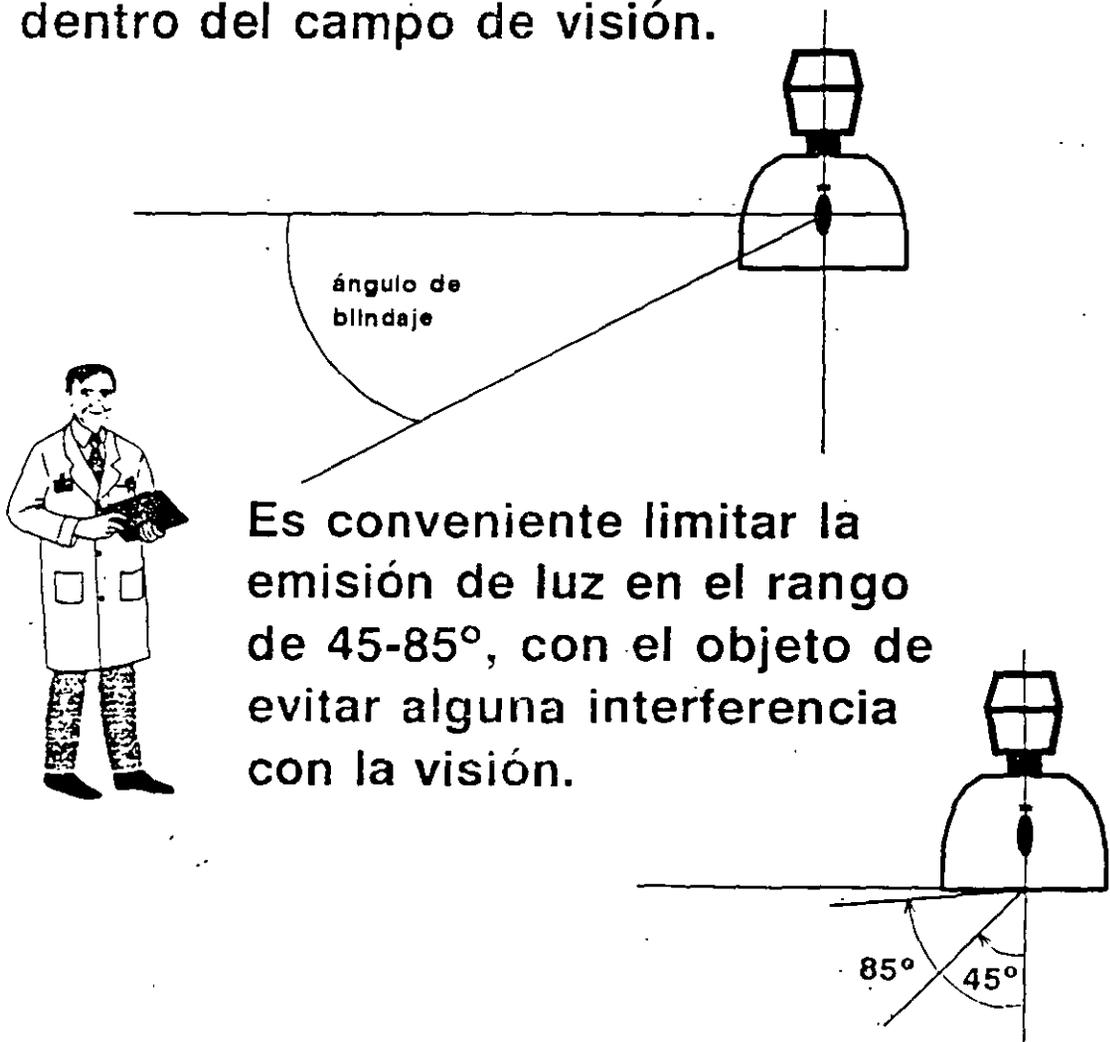
## 1.- Deslumbramiento

- a) Directo
- b) Reflejado

## 2.- Relación de Luminancias

### *Deslumbramiento Directo:*

Es causado por una fuente luminosa dentro del campo de visión.

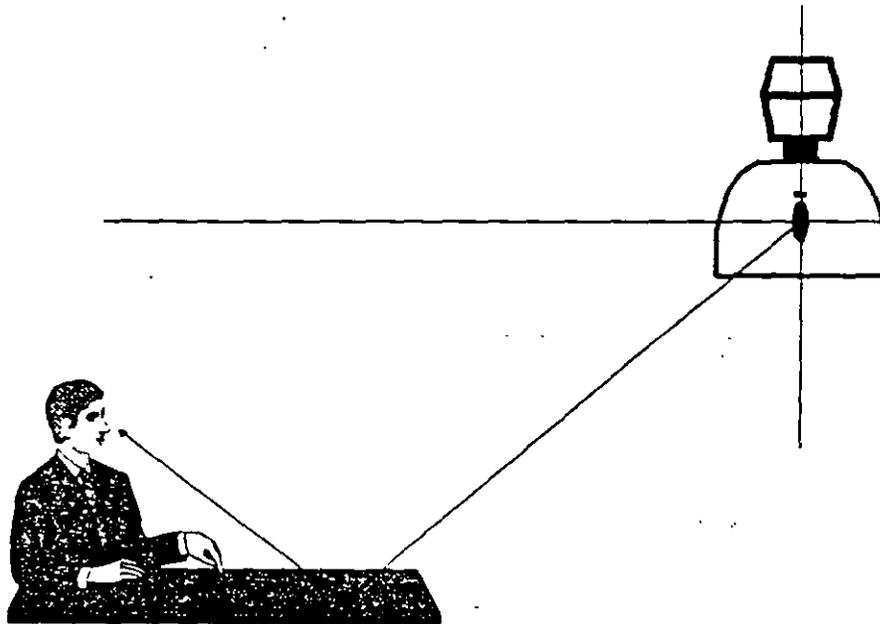


Es conveniente limitar la emisión de luz en el rango de 45-85°, con el objeto de evitar alguna interferencia con la visión.

# CONFORT VISUAL

## *Deslumbramiento Reflejado:*

Es causado por la reflexión de la fuente luminosa en una superficie pulida.



# CONFORT VISUAL

## Relación de Luminancias Recomendada:

|   | Clasificación de áreas: |        |       |
|---|-------------------------|--------|-------|
|   | A                       | B      | C     |
| Entre la tarea visual y las zonas adyacentes más oscuras.           | 3 a 1                   | 3 a 1  | 5 a 1 |
| Entre la tarea visual y las zonas adyacentes más brillantes.        | 1 a 3                   | 1 a 3  | 1 a 5 |
| Entre la tarea visual y las zonas lejanas más oscuras.              | 10 a 1                  | 20 a 1 | (*)   |
| Entre la tarea visual y las zonas lejanas más brillantes.           | 1 a 10                  | 1 a 20 | (*)   |
| Entre luminarios y/o ventanas y las superficies adyacentes a ellos. | 20 a 1                  | (*)    | (*)   |

**A**

Áreas interiores donde las reflectancias del área total se pueden controlar

**B**

Áreas donde se pueden controlar las reflectancias de las zonas adyacentes, no así las reflectancias de las zonas lejanas

**C**

Áreas interiores o exteriores donde no es práctico controlar las reflectancias y es difícil alterar el ambiente

Control de luminancias impracticable

### Reflectancias Sugeridas

**Techo** 80-90%

**Paredes** 40-60%

**Piso** > 20%

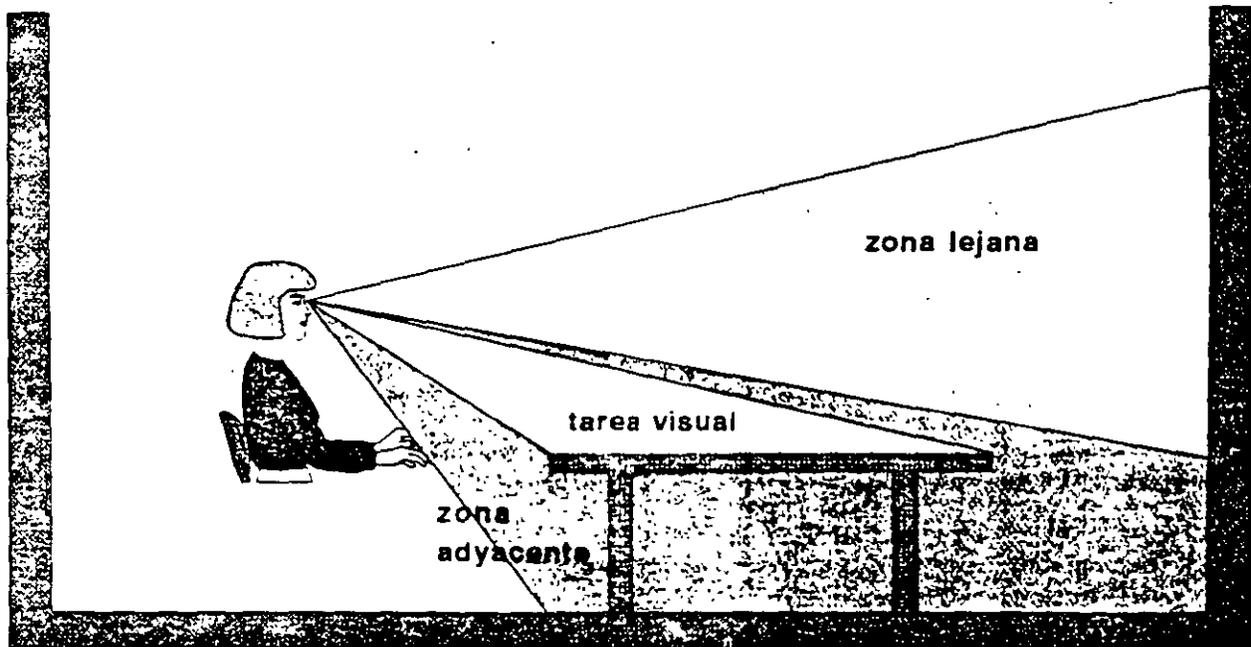
**Equipo y mobiliario** 25-45%

# CONFORT VISUAL

## *Relación de Luminancias:*

La habilidad para ver los detalles depende del contraste entre la tarea visual y el área circundante.

Sin embargo el ojo humano funciona mejor y más cómodamente cuando el resto del área está iluminado uniformemente.



# A. REFLECTOR

## REFLEXION

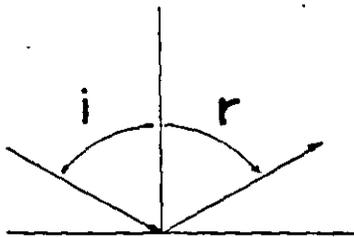
ES EL PROCESO MEDIANTE EL CUAL UN RAYO DE LUZ QUE INCIDE EN UN MEDIO, ABANDONA ESE MEDIO DEL LADO INCIDENTE.

## TIPOS DE REFLEXION

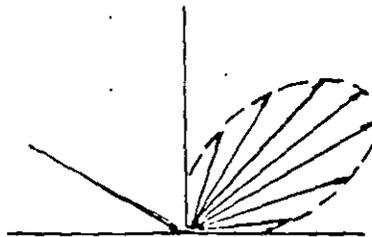
ESPECULAR

SEMIDIFUSA

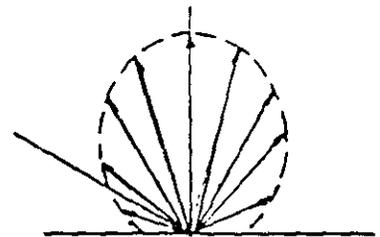
DIFUSA



ESPECULAR



SEMIDIFUSA



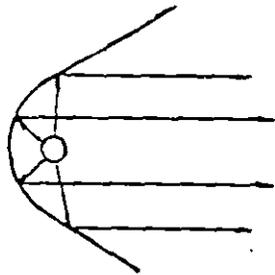
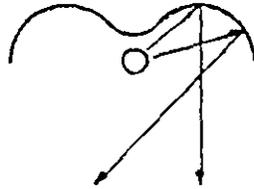
DIFUSA

$i$  = ANGULO DE INCIDENCIA  
 $r$  = ANGULO DE REFLEXION

$$i = r$$

LA FINALIDAD DEL REFLECTOR ES DIRIGIR Y CONTROLAR LA LUZ EN LA DIRECCION DESEADA APROVECHANDO EL PRINCIPIO DE REFLEXION.

REFLECTOR PARA LUMINARIO DE ALUMBRADO PUBLICO.



REFLECTOR PARA PROYECTOR

REFLECTOR PARA LUMINARIO DE INTERIORES



# 1.\_ REFLECTORES

EL DISEÑO DE REFLECTORES SE FUNDAMENTA EN DOS ASPECTOS:

- 1.\_ CONTORNO
- 2.\_ ACABADO

EL CONTORNO SE DIVIDE EN DOS CLASES:

a) CONTORNO BASICO  
ES AQUEL CUYO COMPORTAMIENTO Y DISEÑO PUEDE HACERSE MATEMATICAMENTE

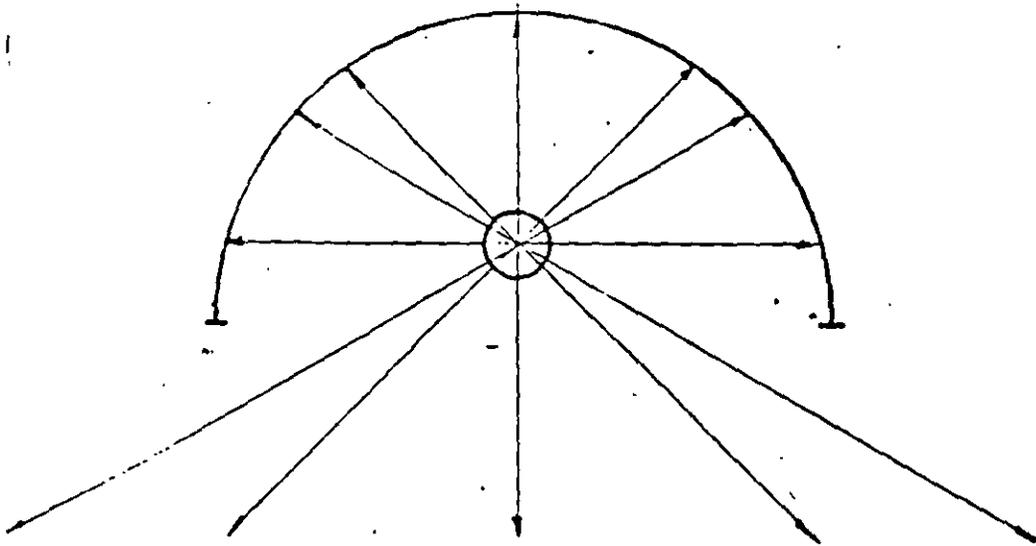
b) CONTORNO GENERAL  
ES AQUEL QUE COMPLEMENTA AL CONTORNO BASICO PARA LOGRAR UNA DETERMINADA DISTRIBUCION FOTOMETRICA

# CONTORNOS BASICOS

- ELIPSOIDAL
- CIRCULAR
- HIPERBOLICO
- PARABOLICO

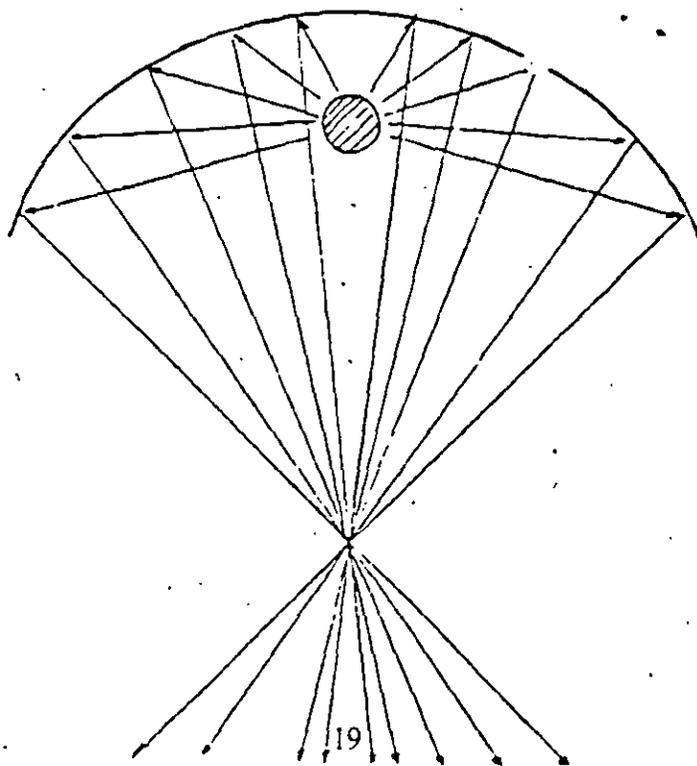
# CIRCULAR

NO ES MUY COMUN PORQUE LOS RAYOS DE LUZ INCIDEN EN LA FUENTE LUMINOSA DE NUEVA CUENTA.



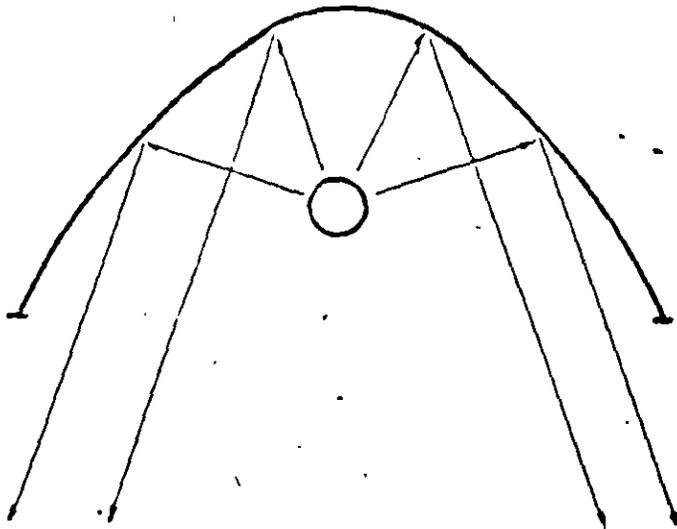
# ELIPSOIDAL

SE UTILIZA FRECUENTEMENTE  
EN COMBINACION CON LENTES  
(NORMALMENTE EN INTERIORES)



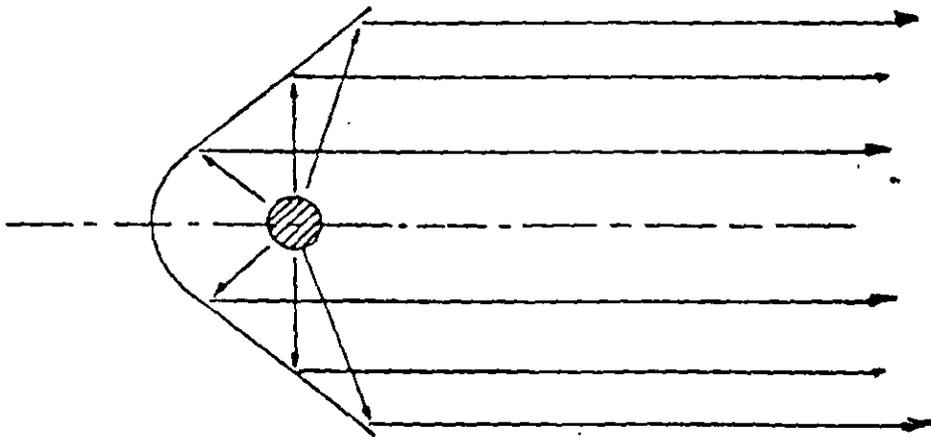
# HIPERBOLICO

SIRVE PARA PRODUCIR UN HAZ ABIERTO, SIN EMBARGO EL MISMO EFECTO SE OBTIENE CON EL ELIPSOIDAL, CON VENTAJA ESTE ULTIMO.



# PARABOLICO

ES EL CONTORNO TIPICO PARA PROYECTORES DEBIDO A SU CARACTERISTICA DE PODER DIRIGIR LOS RAYOS DE LUZ EN DIRECCION PARALELA AL EJE



# ACABADOS

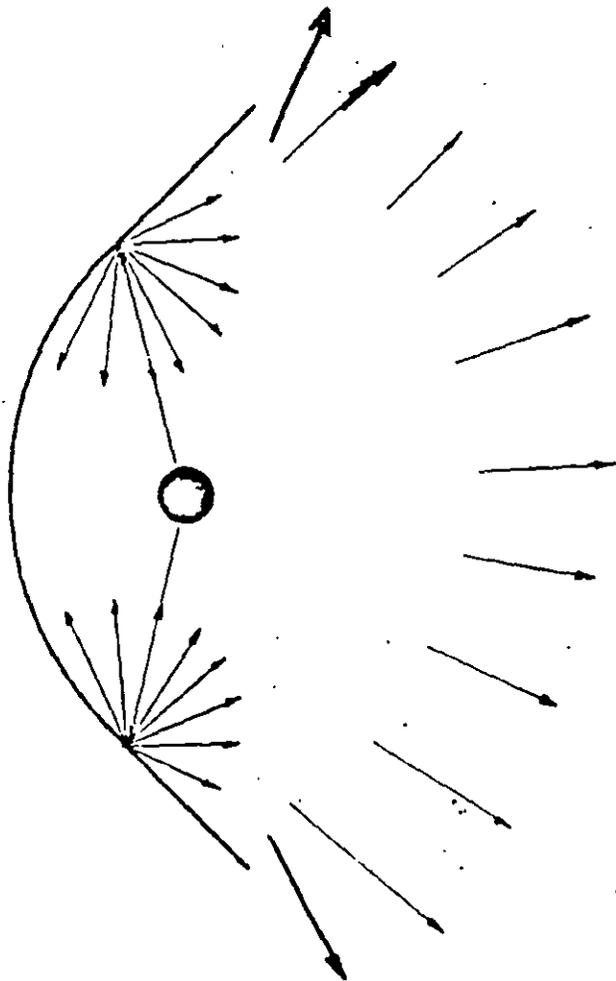
SE DIVIDEN BASICAMENTE EN TRES:

I ) DIFUSO

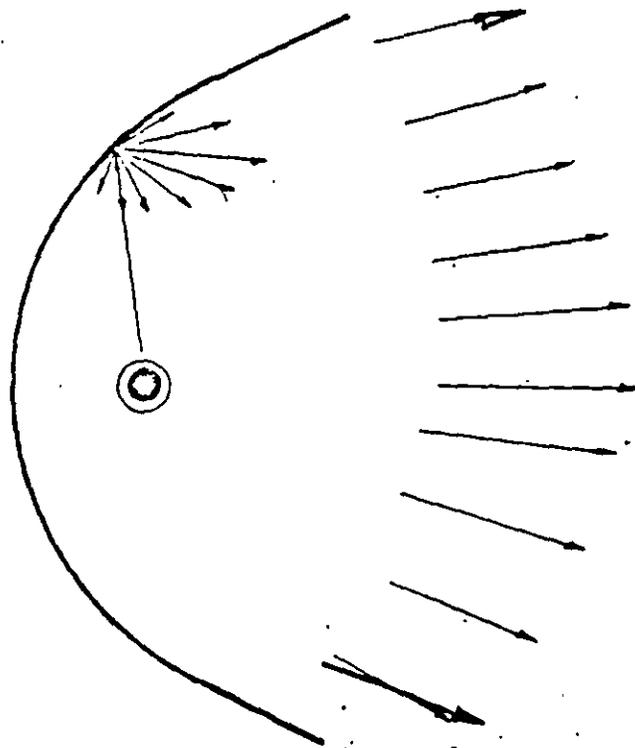
II ) SEMIDIFUSO

III ) ESPECULAR

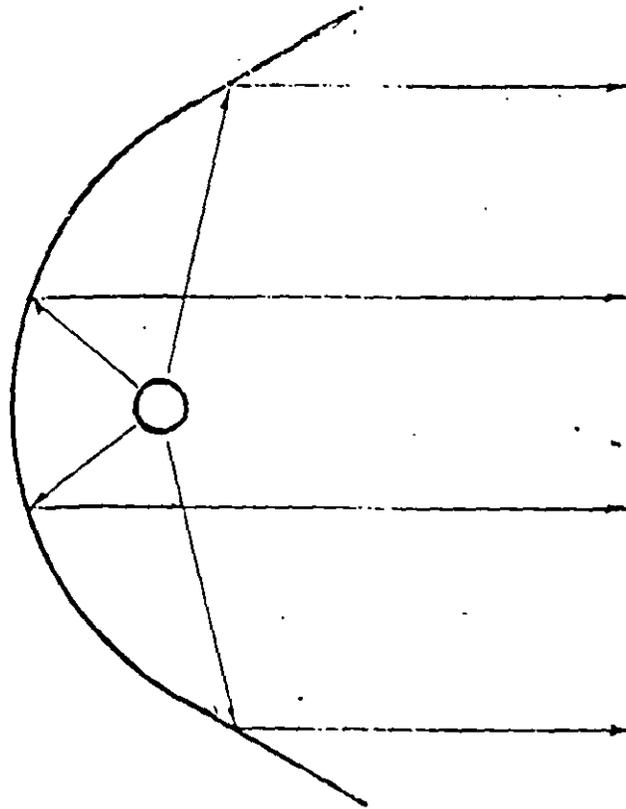
1) DIFUSO. \_ SE USA EN LOS CASOS EN DONDE SE NECESITA UNA DISTRIBUCION FOTOMETRICA UNIFORME EN UNA CURVA MUY ABIERTA



II) SEMIDIFUSO. \_ SE OBTIENE  
MEJOR CONTROL LUMINOSO  
QUE EN EL CASO ANTERIOR  
SE USA EN CURVAS MEDIAS

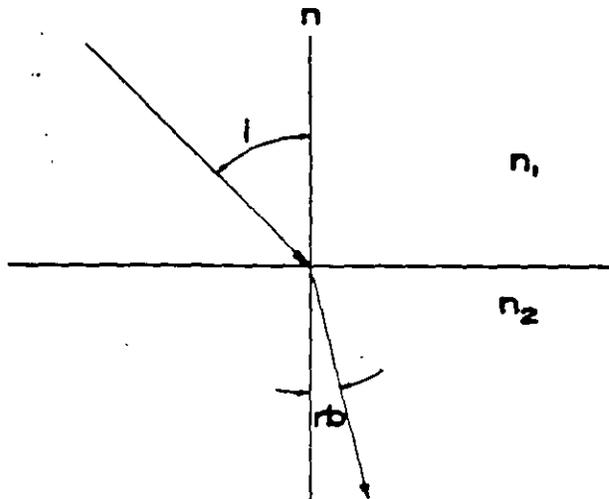


III) ESPECULAR. \_ ES EL RECOMENDADO PARA EL MEJOR CONTROL. SE USA EN CURVAS CERRADAS.



## B) REFRACTOR

REFRACCION... ES EL PROCESO MEDIANTE EL CUAL UN RAYO DE LUZ QUE INCIDE EN UNA SUPERFICIE QUE SEPARA 2 MEDIOS DE DIFERENTE DENSIDAD CAMBIA DE DIRECCION Y ABANDONA LA SUPERFICIE DEL LADO OPUESTO AL INCIDENTE.

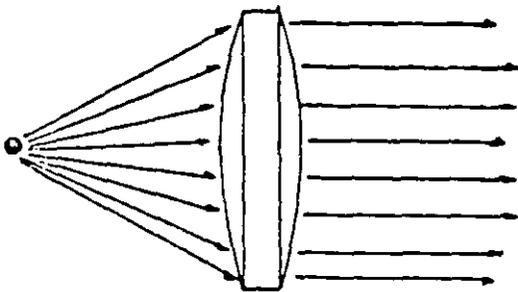


LEY DE SNELL :

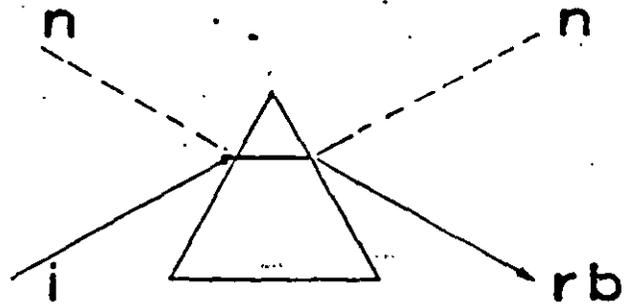
$$n_1 \text{ sen } i = n_2 \text{ sen } rb$$

LA FINALIDAD DEL REFRACTOR ES REDIRIGIR LA LUZ PROVENIENTE DE LA LAMPARA EN LA DIRECCION DESEADA, USANDO EL PRINCIPIO DE REFRACCION SE PUEDE APROVECHAR ESTE PRINCIPIO UTILIZANDO DOS TIPOS DE DISPOSITIVOS.

- PRISMAS
- LENTES



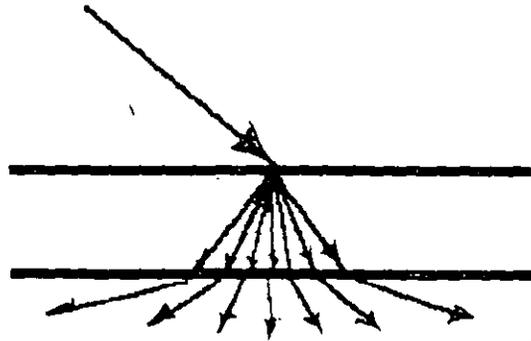
LENTE



PRISMA

## **DIFUSION.**

Es la ruptura de un rayo de luz y la dispersion de sus rayos en muchas direcciones por reflexiones y refracciones irregulares de partículas cristalinas microscópicas del medio donde se transmiten o reflejan.



## **DIFRACCION.-**

Es la direccion de la luz cuando cuando pasa por un borde. La intensidad y extension de la sombra de un borde es indefinido.

