



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

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las 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.

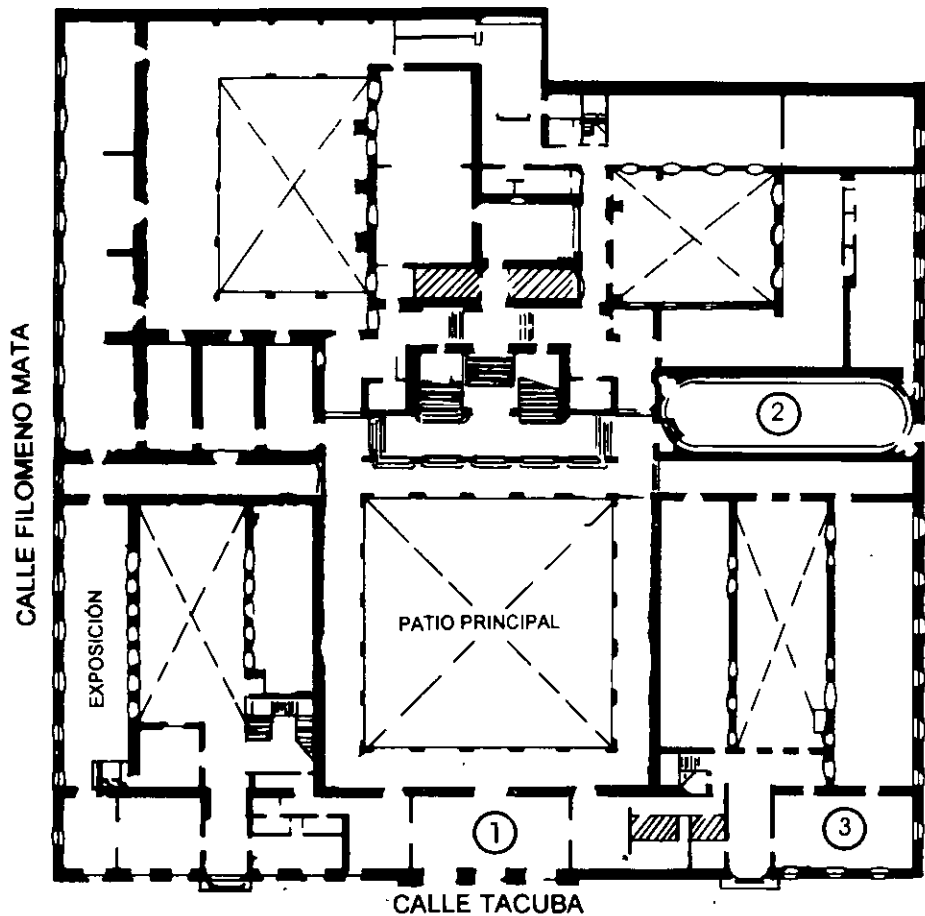
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

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.

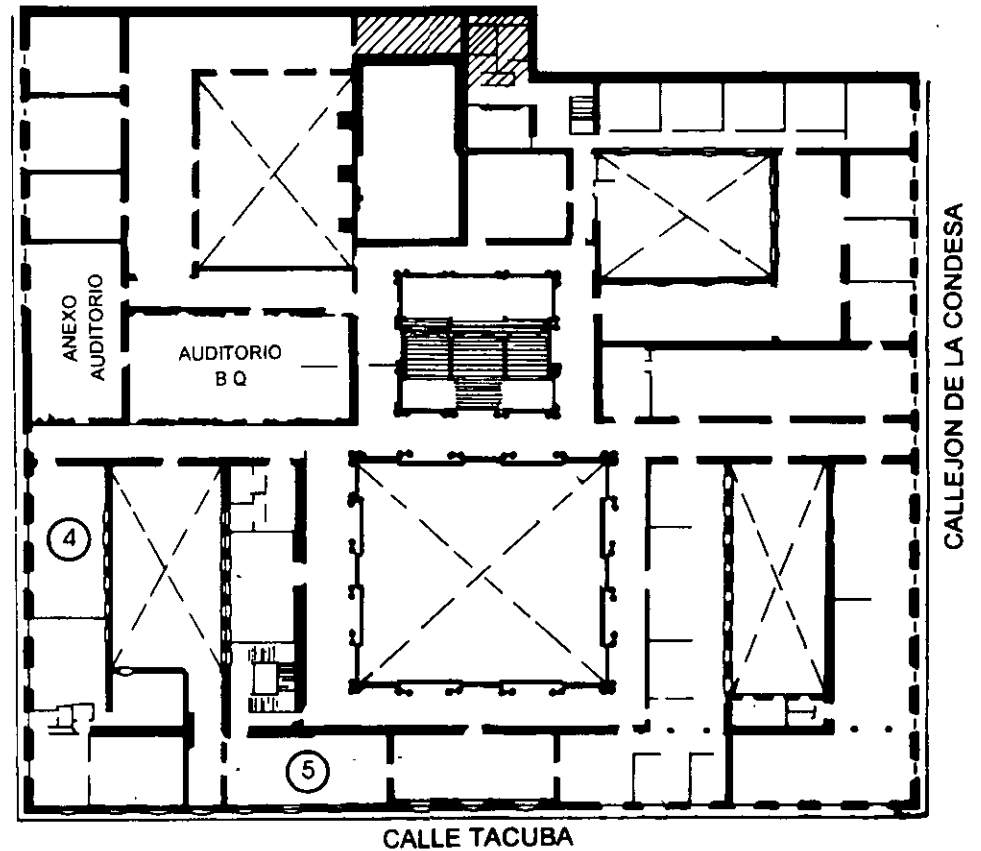
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

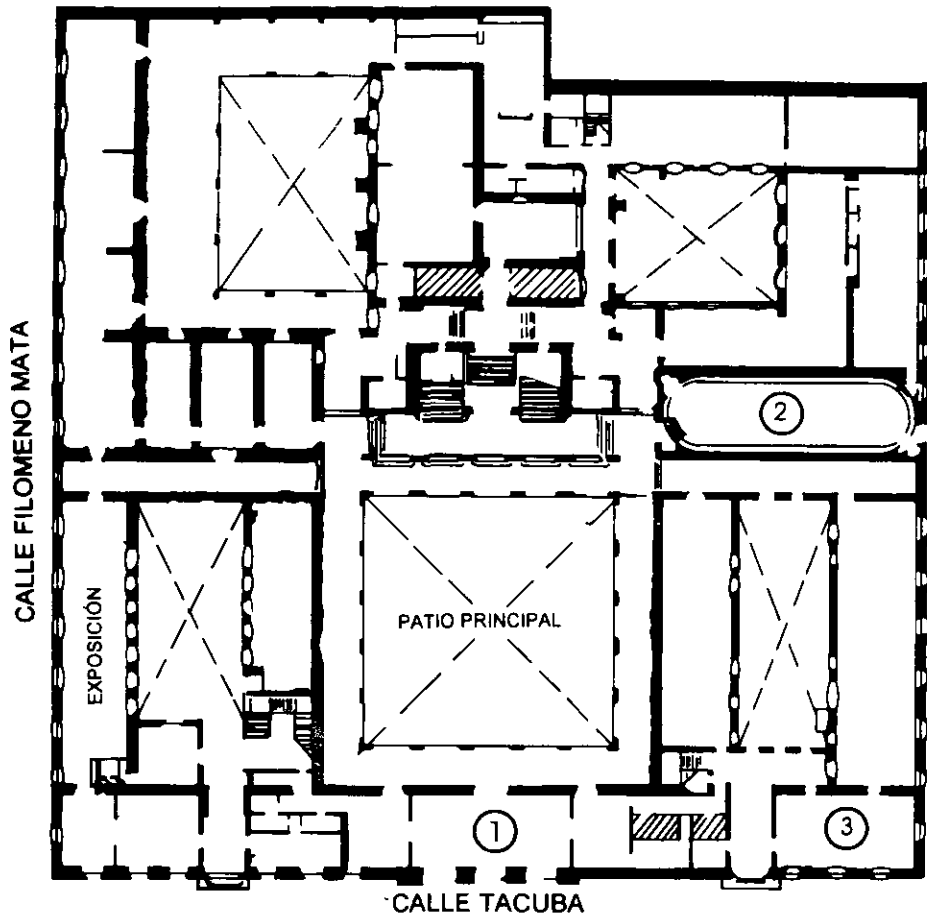


PLANTA BAJA

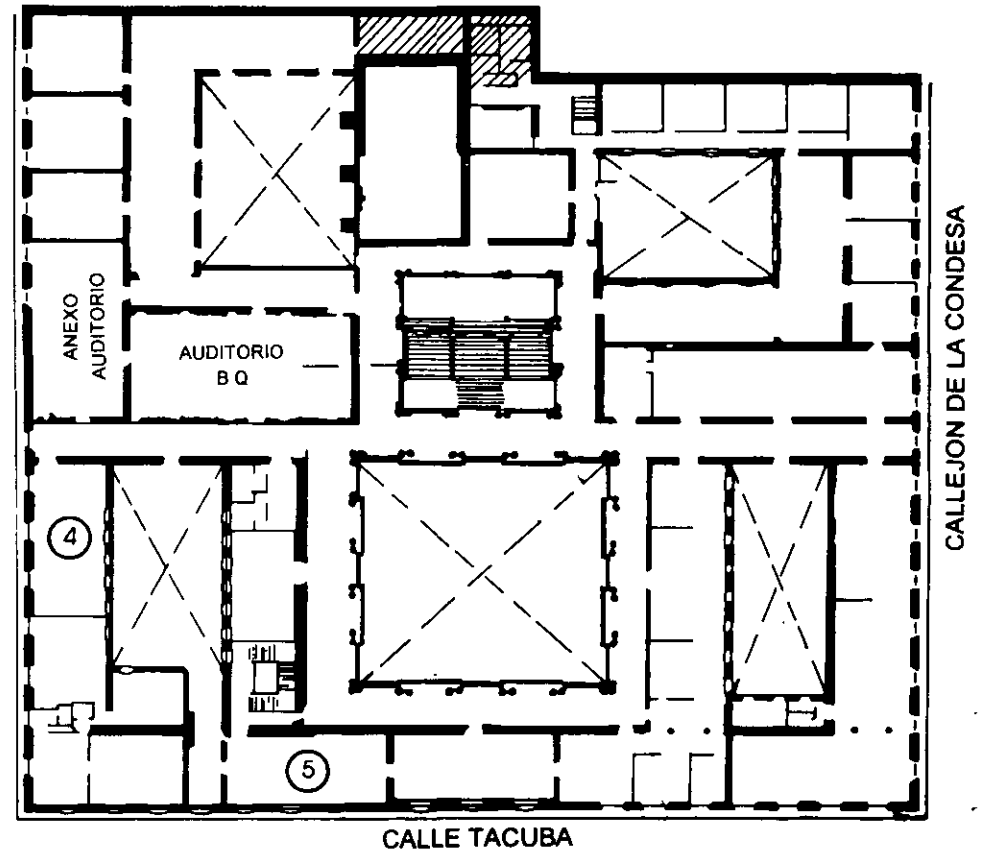


MEZZANINNE

PALACIO DE MINERIA



PLANTA BAJA



MEZZANINNE



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

CURSOS ABIERTOS

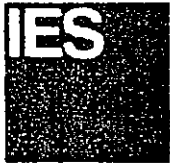
**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMAS:

- ❖ **LA ILUMINACIÓN Y SU IMPACTO EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**
- ❖ **TERMINOLOGÍA Y UNIDADES BÁSICAS**

**ING. ALEX RAMÍREZ RIVERO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

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



en colaboración con la
Sección México de la Illuminating Engineering Society of North America

Presentan el Curso

ILUMINACION EFICIENTE DE AREAS Y CENTROS COMERCIALES

Coordinador Académico Ing. Alex Ramírez Rivero

3 AL 14 DE ABRIL DE 2000
LUNES A VIERNES 17:00-21:00 Hrs.
PROGRAMA

Lunes 3 de Abril

| | | |
|---------------|---|---------------------|
| 17:00 - 17:30 | Inauguración y Presentación | Ing. Alex Ramírez R |
| 17:30 - 19:00 | La Iluminación y su Impacto en el Sector Eléctrico Mexicano | |
| 19:00 - 19:15 | Receso | |
| 19:15 - 21:00 | Terminología y Unidades Básicas | |

Martes 4 de Abril

| | | |
|---------------|----------------------------------|-------------------|
| 17:00 - 18:00 | Lámparas Incandescentes | Ing. Aldo Paredés |
| 18:00 - 18:45 | Lámparas Fluorescentes Compactas | |
| 18:45 - 19:00 | Receso | |
| 19:00 - 20:15 | Lámparas Fluorescentes | |
| 20:15 - 21:00 | Lámparas de HID | |

Miércoles 5 de Abril

| | | |
|---------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 17:00 - 19:00 | Balastos para Lámparas Fluorescentes | Ing. Ernesto Mendoza E. |
| 19:00 - 19:15 | Receso | |
| 19:15 - 21:00 | Balastos para Lámparas de HID | |

Jueves 6 de Abril

| | | |
|---------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 17:00 - 19:00 | Diseño y Clasificación de Luminarios | Ing. José Luis Bonilla G. |
| 19:00 - 19:15 | Receso | |
| 19:15 - 21:00 | Fotometría | |

PANORAMA ENERGETICO NACIONAL

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.

1.1.- 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 (como el ajuste de combustible y el mantenimiento), por bajo factor de potencia (cuando es menor a 0.9) y por demanda máxima (KW). 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°C, presentará una resistencia 1.314 veces mayor que cuando se encuentra a 20°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°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 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/lanta ó KWH/tonelada de cemento. 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.

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.

1.3.- COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS DE ENERGÍA.

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, 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. 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.

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.

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 bióxido 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. 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 1994, pero resulta dramático observar que el 83% de dichas plantas son termoeléctricas potencialmente contaminantes.

La "Environmental Initiative for the Americas" soportada por la USAID/México representa una promisorio alternativa para atenuar los problemas ambientales causados por la generación de energía eléctrica por medios convencionales, ya que producirá beneficios para las compañías suministradoras de energía eléctrica, las empresas nacionales y extranjeras especializadas en el ramo (fabricantes y consultores), las instituciones públicas y privadas afines y la sociedad en su conjunto, no sólo nacional sino del planeta entero, ya que después de todo la contaminación no conoce de fronteras.

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 recursos 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.

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, LyF 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.

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**

T E M A 2

TERMINOLOGIA, SIMBOLOGIA Y UNIDADES.

ING. ALEX RAMIREZ RIVERO.

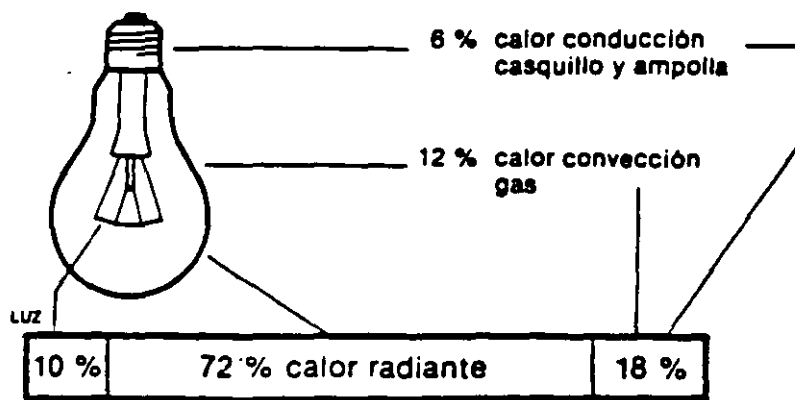
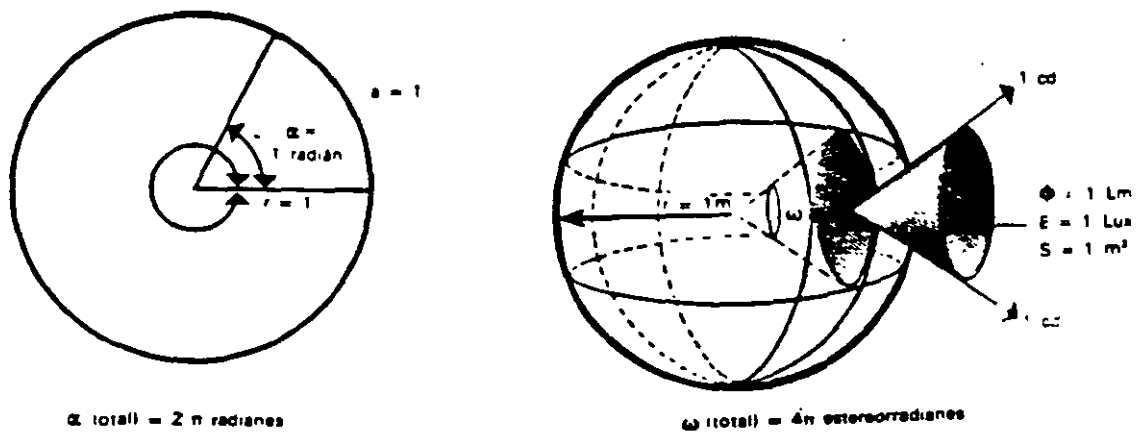


FIG. 1.- TRANSFORMACION DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA PRODUCCION DE LUZ EN UNA LAMPARA INCANDESCENTE.



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

TEMA 2

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 ϕ 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 540×10^{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:

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

TEMA 2

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 ϕ 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 540×10^{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 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 (η) 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 W | Rendimiento luminoso 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

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

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

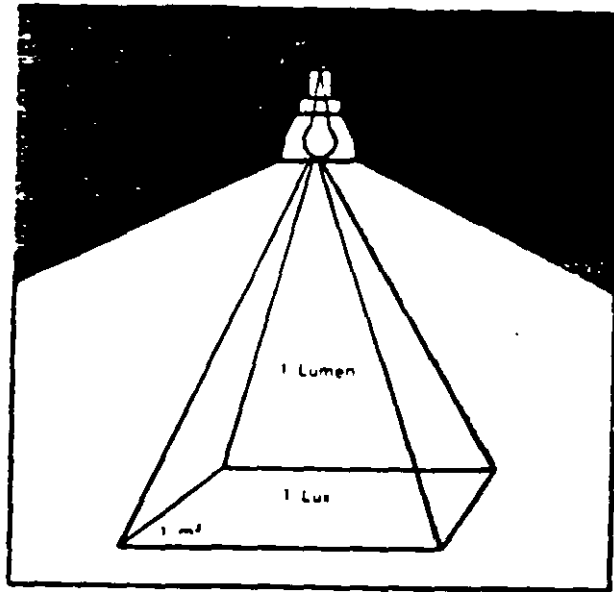


FIG 8.- EL LUX, UNIDAD DE ILUMINANCIA.

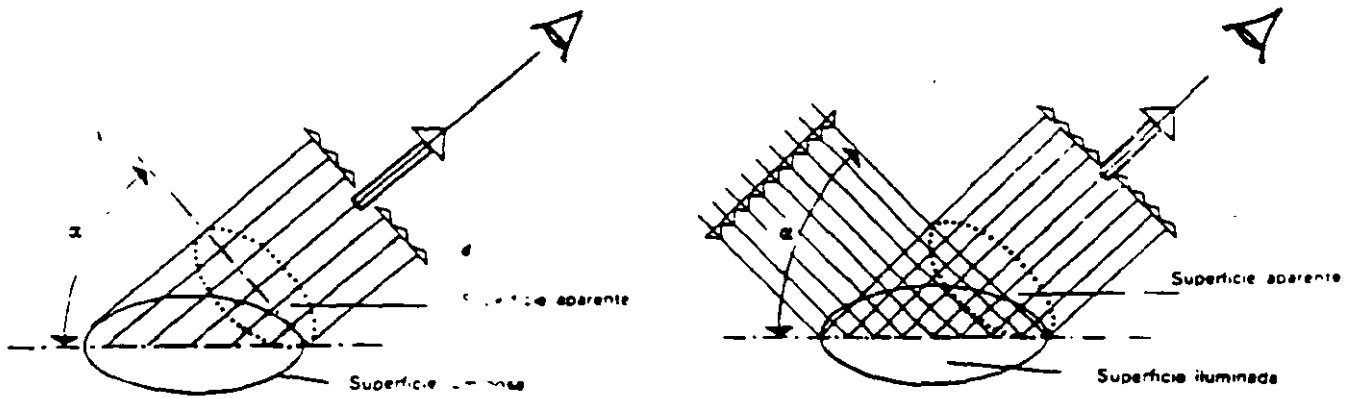


FIG 9 y 10.- TIPOS DE LUMINANCIAS (a) DIRECTA (b) INDIRECTA

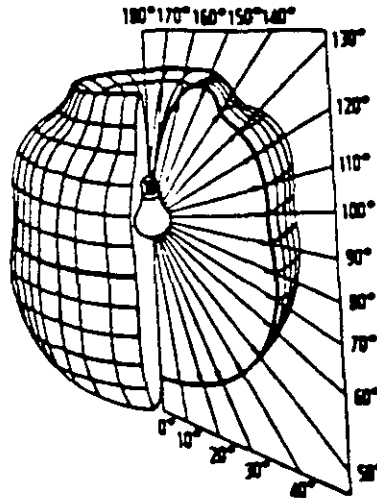
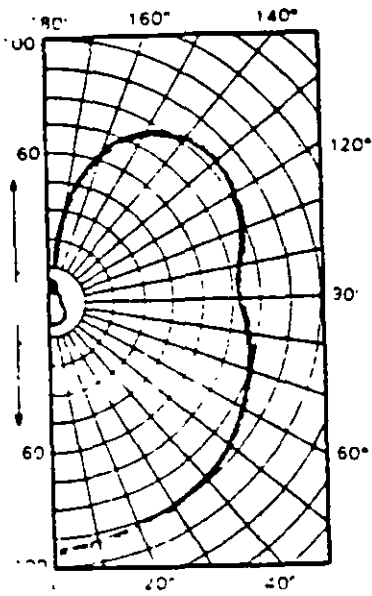
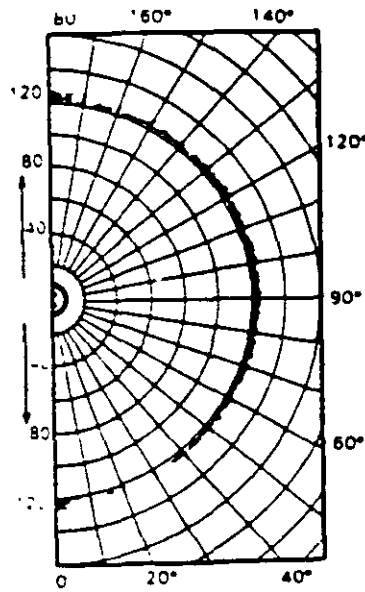


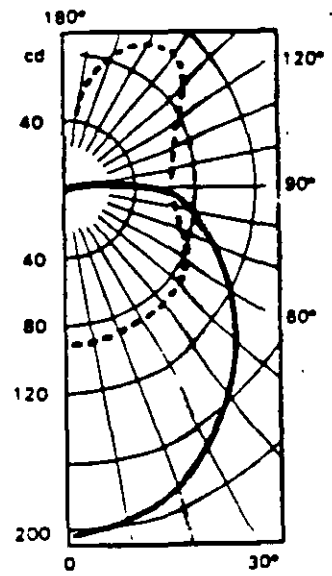
FIG 4.- SOLIDO FOTOMETRICO DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE



(5)



(6)



(7)

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

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, estérorradiares 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:

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 (cd/m^2); tiene un submúltiplo que es el STILB (sb) que es candela por centímetro cuadrado (cd/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 α 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.

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 4π o 12.57 ft². Si el flujo luminoso de 1 lm llega a cada pie cuadrado, la fuente puntual uniforme produce un total de 4π 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:

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

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).

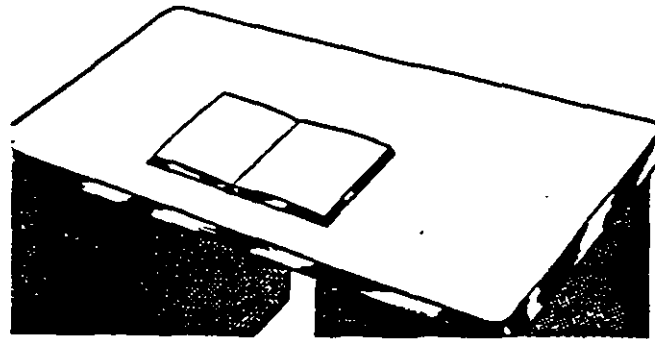


FIG 11.- DIFERENTES LUMINANCIAS DE DOS CUERPOS CON IGUAL ILUMINANCIA

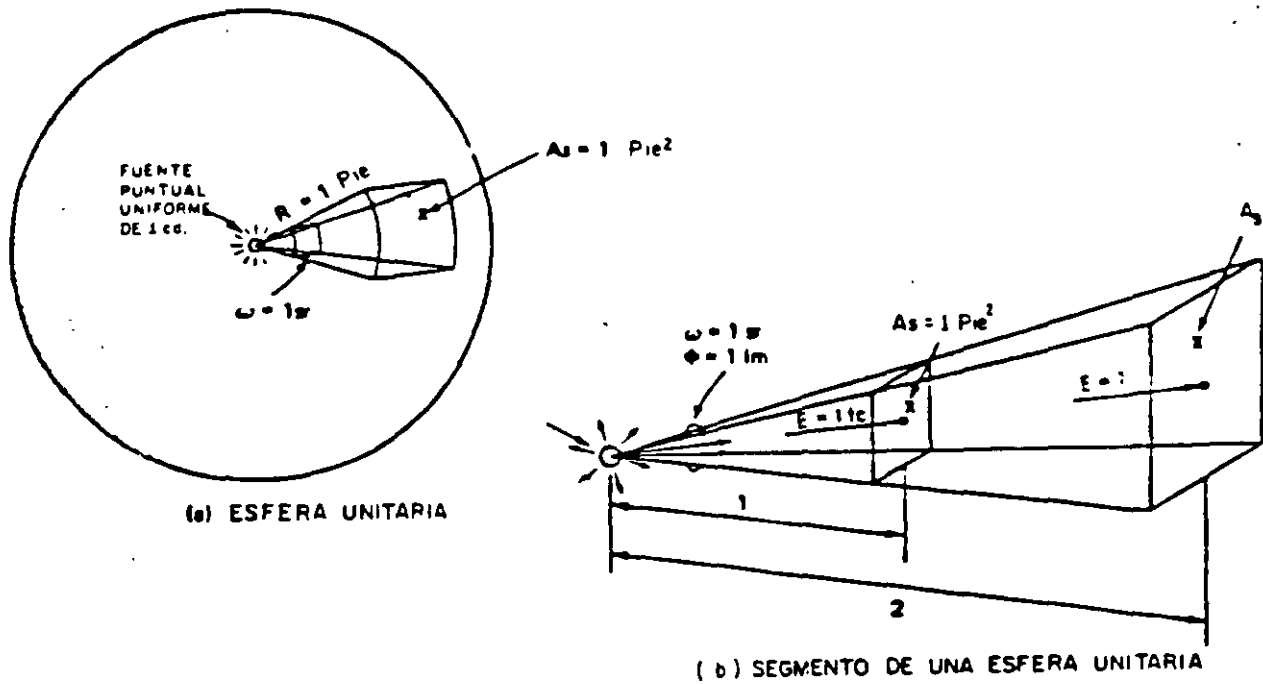


FIG 12.- ESFERA UNITARIA

RESUMEN DE LAS MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS FUNDAMENTALES

| MAGNITUD | SIMBOLO | UNIDAD | DEFINICION DE LA UNIDAD | RELACIONES |
|----------------------|---------|--|--|--------------------|
| FLUJO LUMINOSO | ϕ | Lumen (lm) | Flujo luminoso de la radiacion monocromatica de frecuencia 540×10^{12} Hz y un flujo de energia radiante de 1/683 watts . | $\phi = i \cdot w$ |
| RENDIMIENTO LUMINOSO | | Lumen/watt (lm/w) | Flujo luminoso emitido por unidad de potencia. | $= \phi/W$ |
| CANTIDAD DE LUZ | Q | Lumen por segundo (lms) Lumen por hora (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) footcandle (fc) | Flujo luminoso de 1 lumen que recibe una superficie de 1 m ² . | $E = \phi/A$ |
| LUMINANCIA | L | Nits (cd/m ²) Stilb (cd/cm ²) | 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 DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMAS:

FOTOMETRÍA

**ING. JOSÉ LUIS BONILLA GRIZ
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 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:

$$E = \frac{I}{d^2} \text{ (cd)} \quad (1)$$

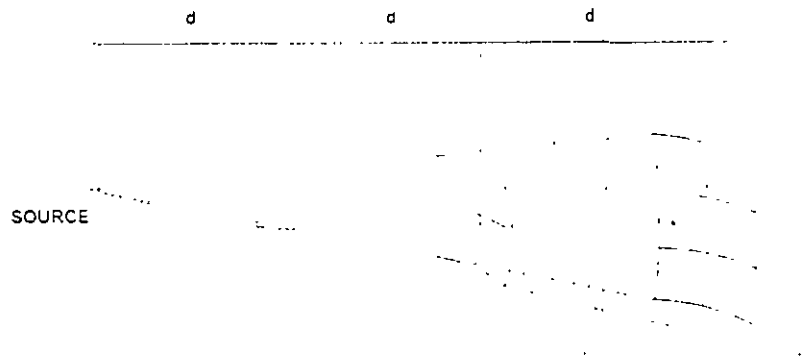
Dónde:

- 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.

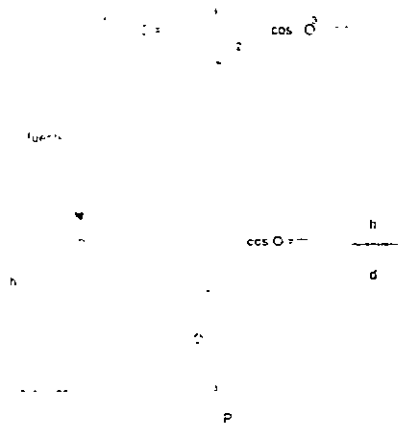
La Ley del Coseno establece que la iluminación de una superficie es proporcional a el coseno del ángulo de incidencia del rayo de luz.

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.

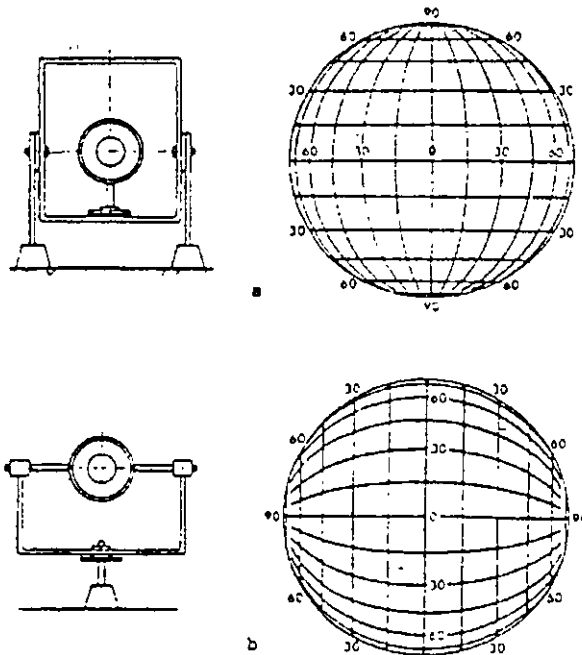
Son utilizados para realizar mediciones de intensidad luminosa (candelas) y hay 5 tipos diferentes.

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

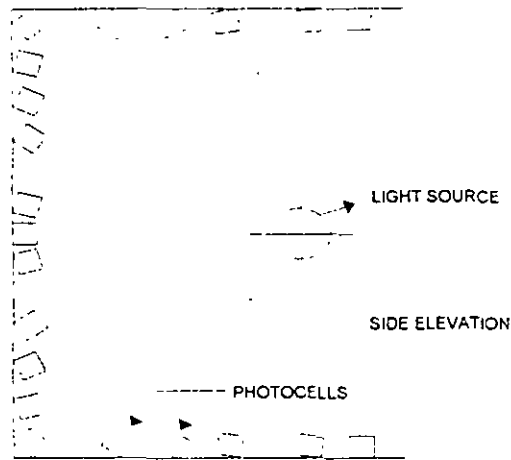
por una celda fija. Existen diferentes versiones de goniómetros, cada uno relacionado al tipo de luminario que va a ser fotometreado.

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.



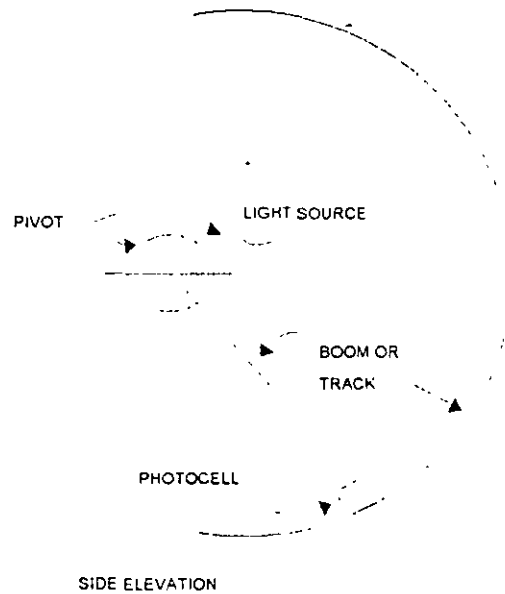
III.2.C.2.- Fotómetro de Celda Múltiple Fija.

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.



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 $\pm 25\%$.

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 reaccionaría 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.

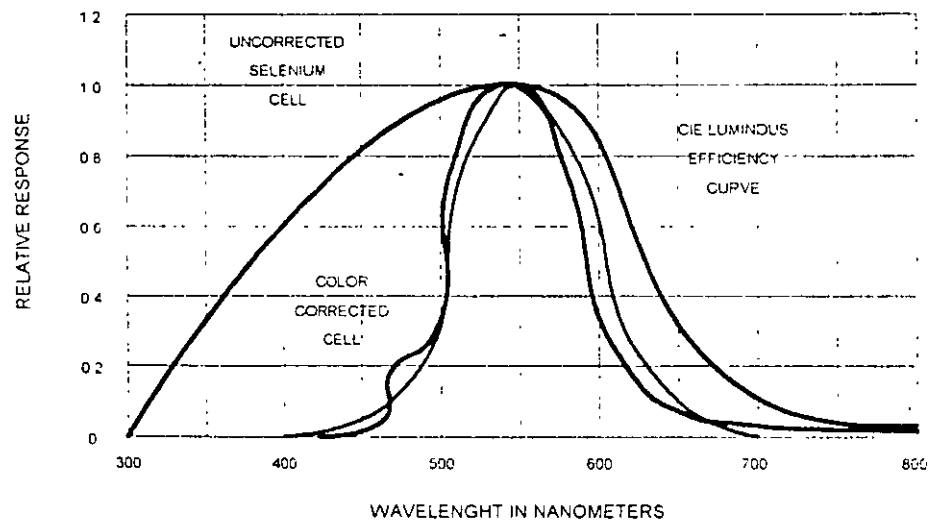


Fig 4-4- Average spectral sensitivity characteristics of selenium photovoltaic cells, compared with CIE spectral luminous efficiency curve.

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:

- 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/m²)
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 m², candelas por in² 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".

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° hasta 180° 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.

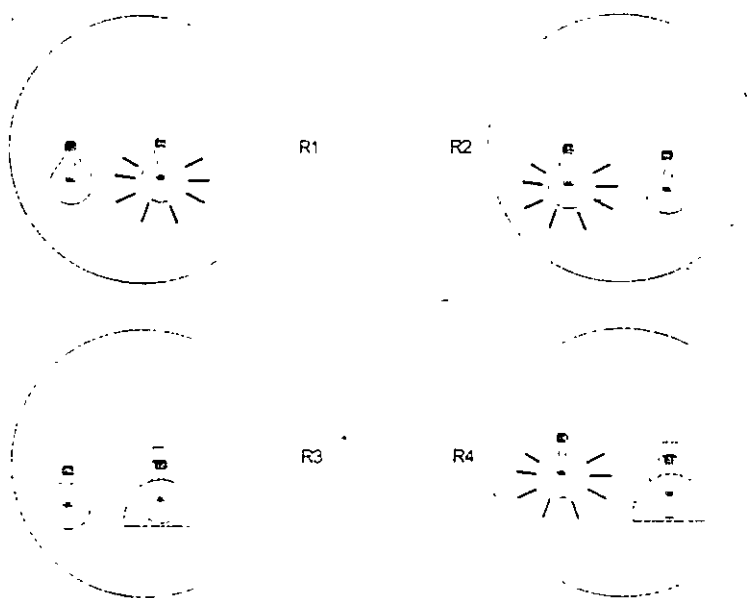
La información de distribución es también convenientemente tabulada en la hoja de información fotométrica. La información de distribución de candelas promedio permite el cálculo del flujo luminoso a cualquier ángulo desde el nadir (0°) hasta (180°). Son satisfactorios en general zonas de 10° , aunque es preferible usar zonas más pequeñas donde las candelas cambien rápidamente. La suma de todos los lúmenes de zona desde el nadir 0° hasta 180° 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 fotómetro 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 |
| Ampliamiento Extensivo | arriba de 1.5 |

Una uniformidad pobre o una buena uniformidad están instaladas en las figuras 2 y 3.

FIG 2 UNIFORMIDAD POBRE

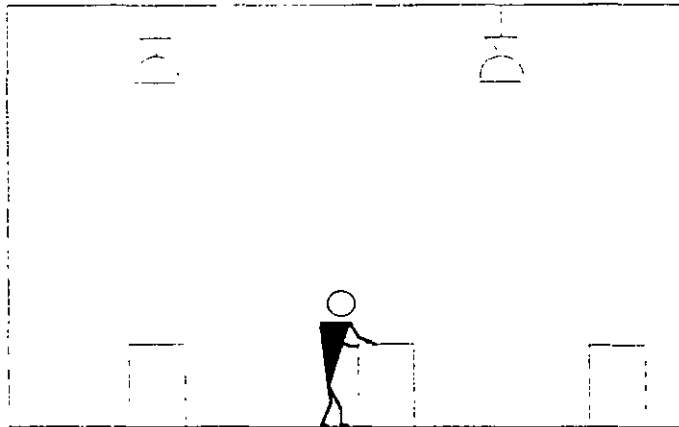
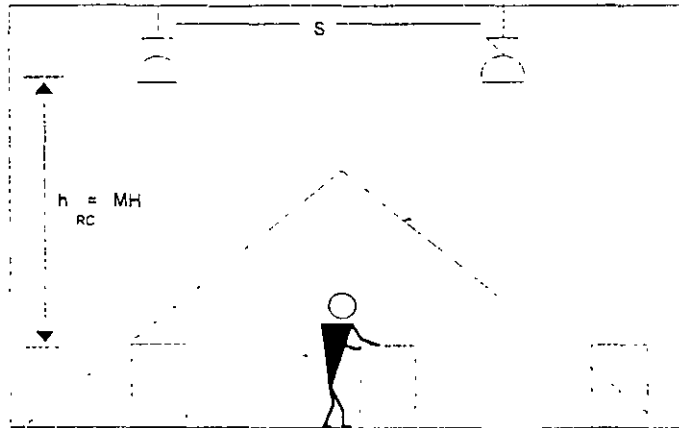


FIG 3 UNIFORMIDAD BUENA



El valor SC proporciona el máximo espaciado para un luminario específico

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.

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

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 indican 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.

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.

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 más y más, 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.

.....



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMAS:

DISEÑO Y CLASIFICACIÓN DE LUMINARIOS

**ING. JOSÉ LUIS BONILLA GRIZ
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 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

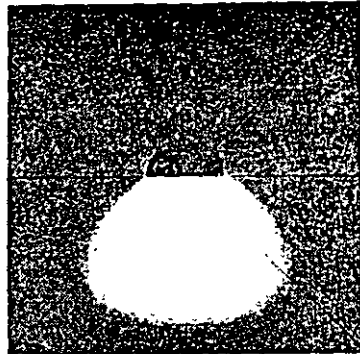
CONSIDERACIONES ADICIONALES

- 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

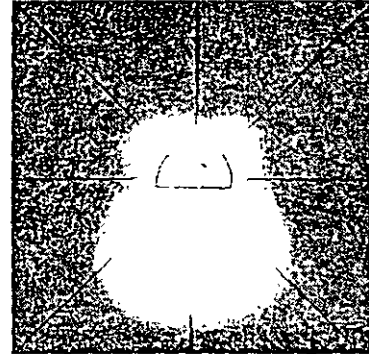
| TIPO DE ENERGIA | INCANDESCENTE 100 W | FLUORESCENTE CW | MERCURIO 400 W | ADITIVOS MET. 400 W | SAP 400W | SODIO BAJA PRESION 180 W |
|-----------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|-------------|-----------------------------|
| LUZ | 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% | -- | -- |

$\frac{0-10\%}{90-100\%}$



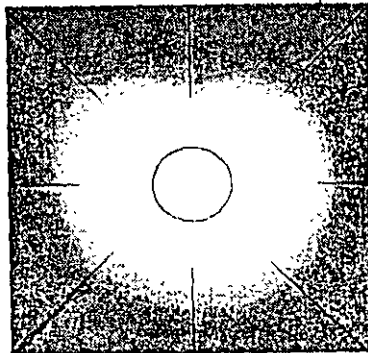
DIRECTO

$\frac{10-40\%}{60-90\%}$



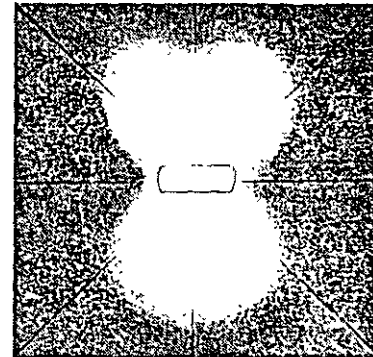
SEMIDIRECTO

$\frac{40-60\%}{40-60\%}$



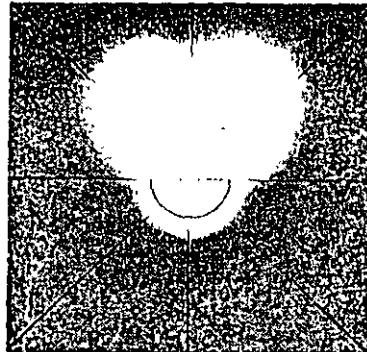
GENERAL DIFUSA

$\frac{40-60\%}{40-60\%}$



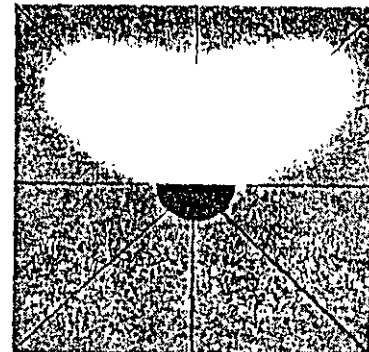
DIRECTO-INDIRECTO

$\frac{60-90\%}{10-40\%}$



SEMI-INDIRECTO

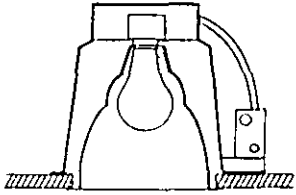
$\frac{90-100\%}{0-10\%}$



INDIRECTO

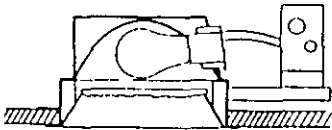
LUMINARIOS DE USO GENERAL CLASIFICADOS POR CIE

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.



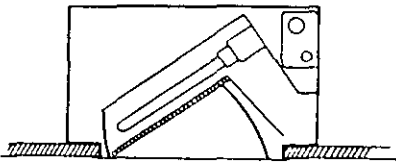
INCANDESCENTE

LAMPARA TIPO A INCANDESCENTE APLICACIONES:
CORREDORES, AUDITORIOS, LOBBIES, ESPACIOS
PUBLICOS.



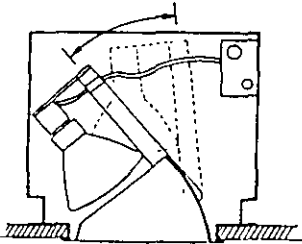
INCANDESCENTE CON LENTE

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

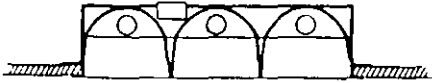
LAMPARA PAR 38 HAZ CERRADO O ABIERTO
APLICACION: PARA ACENTUAR OBJETOS EN TIEN
DAS, MUSEOS, RESTAURANTES.



FLUORESCENTE COMPACTA

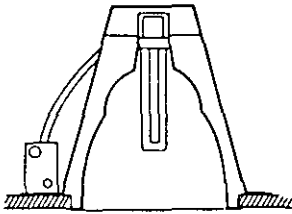
DOS LAMPARAS DE 9 O 13 W. APLICACIONES:
CORREDORES, PASILLOS, LOBBIES.

PARABOLICO FLUORESCENTE



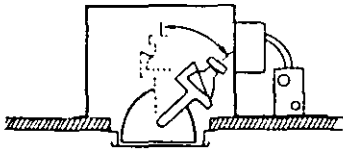
TRES LAMPARAS FLUORESCENTES T-8 O T-12 APLICACION: ILUMINACION GENERAL PARA OFICINAS, ESPECIALMENTE DONDE HAY TERMINALES DE COMPUTADORA

FLUORESCENTE COMPACTO-CONCENTRADO

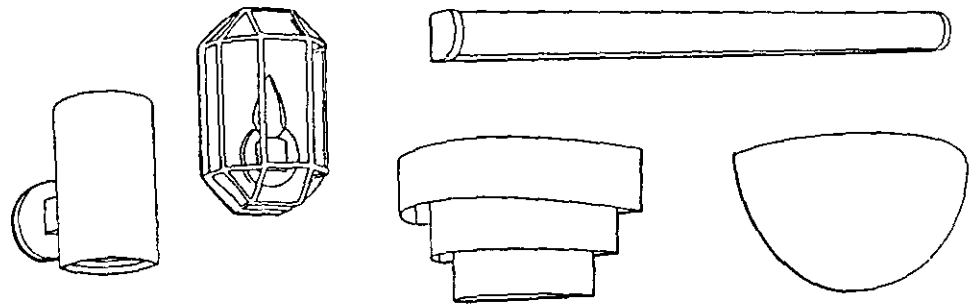


HAY UNA LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 26 WATS. APLICACION: 7 LUMINACION DESCENDENTE EN CORREDORES, AUDITORIOS, LOBBIES.

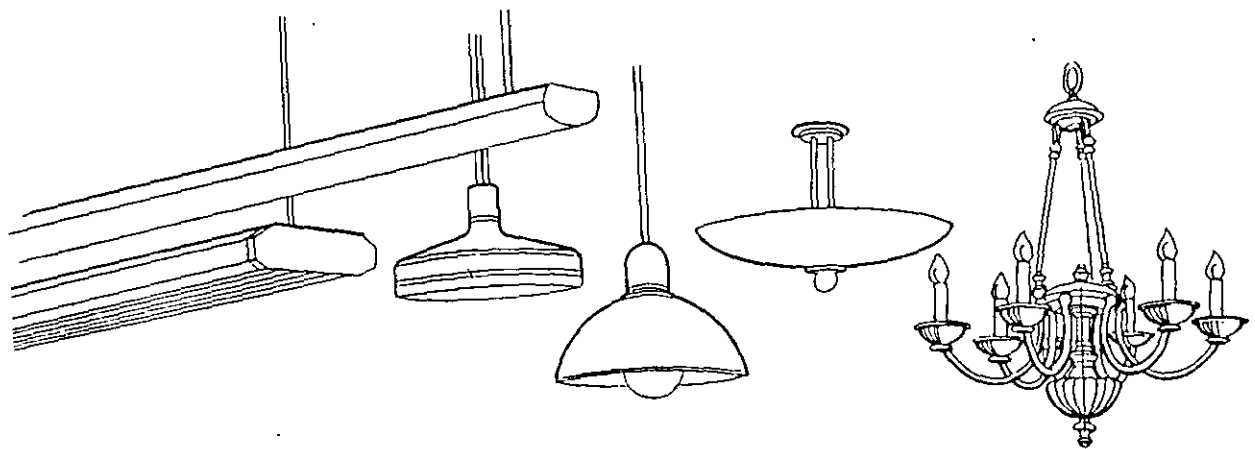
AJUSTABLE DE BAJO VOLTAJE



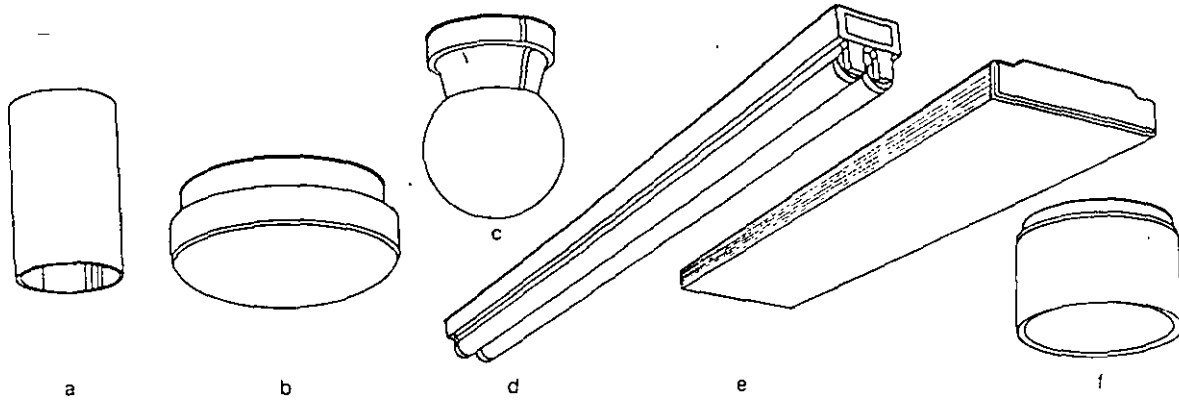
LAMPARA MR-16 APLICACION: PARA ACENTUAR O RESALTAR OBJETOS EN TIENDAS, MUSEOS, RESTAURANTES O RESIDENCIAS



LUMINARIOS DE PARED



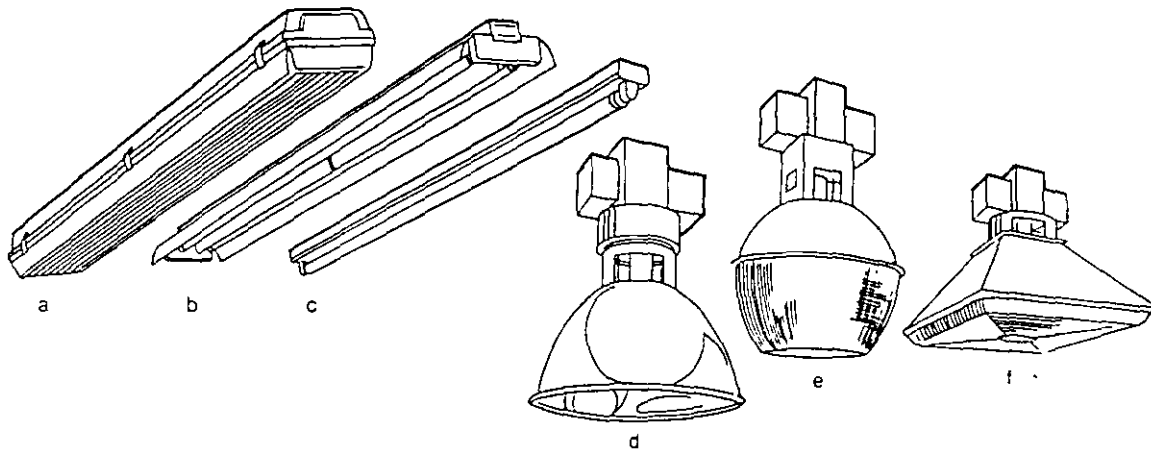
LUMINARIOS COLGANTES



LAMPARAS MONTADAS EN TECHO

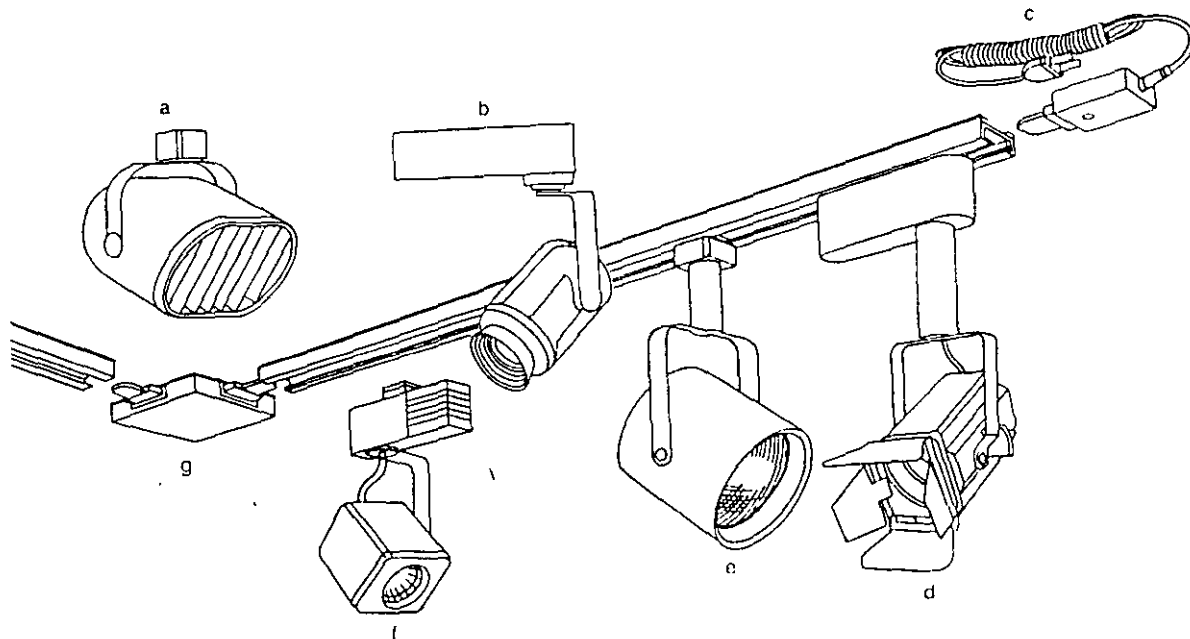
Tipo difuso: b, c y e.

Tipo Downlighting: a, d y f.



TIPOS DE LUMINARIOS INDUSTRIALES

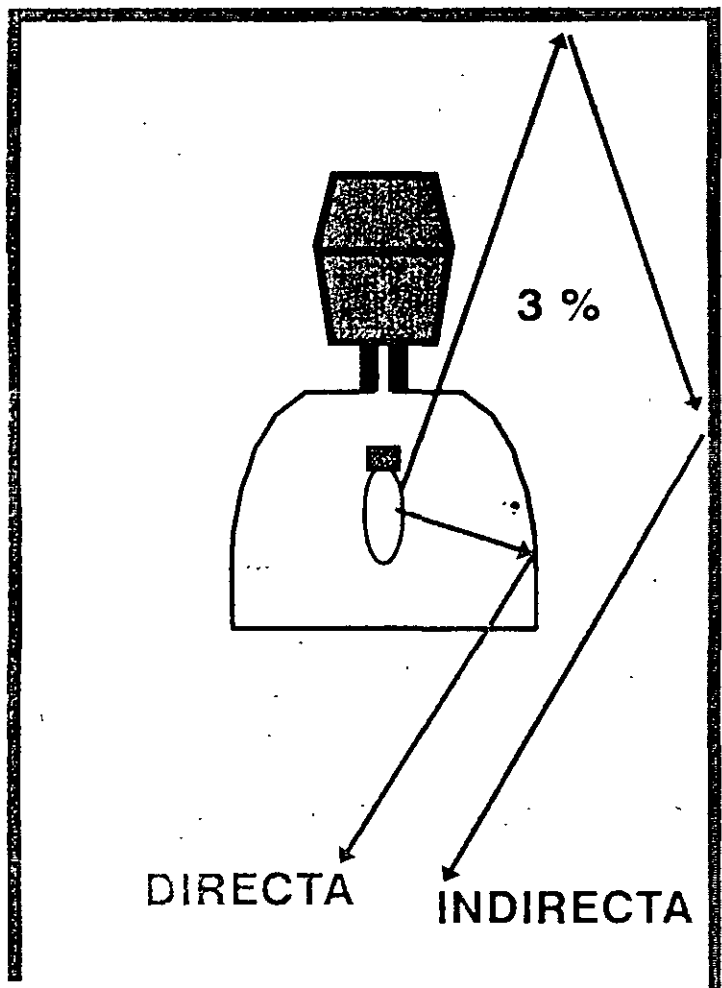
- a) Para zonas húmedas
- b) Dos lámparas slimline
- c) Una lámpara slimline
- d) De alto montaje
- e) Para almacén
- f) Bajo montaje



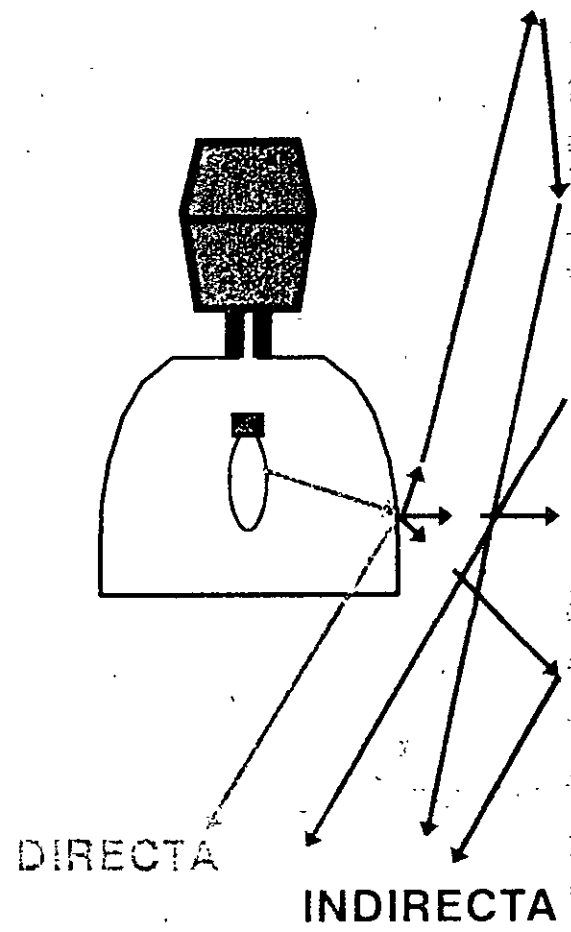
**DISPOSITIVOS Y LUMINARIOS MONTADOS
EN RIEL:**

- 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 PLASTICO



CONFORT VISUAL

La calidad de la iluminación para industrias es afectada por:

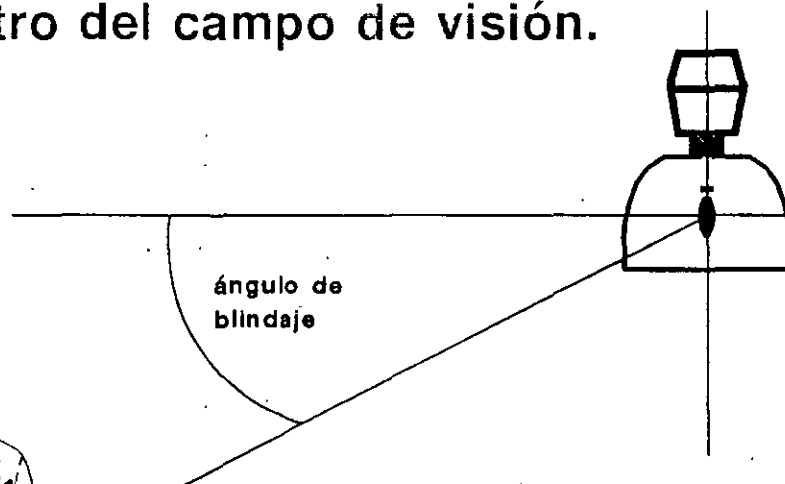
1.- Deslumbramiento

- a) Directo
- b) Reflejado

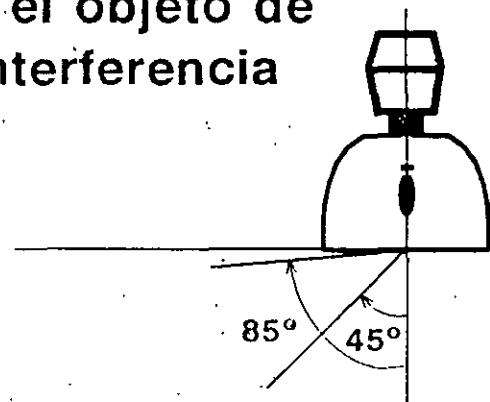
2.- Relación de Luminancias

Deslumbramiento Directo:

Es causado por una fuente luminosa dentro del campo de visión.



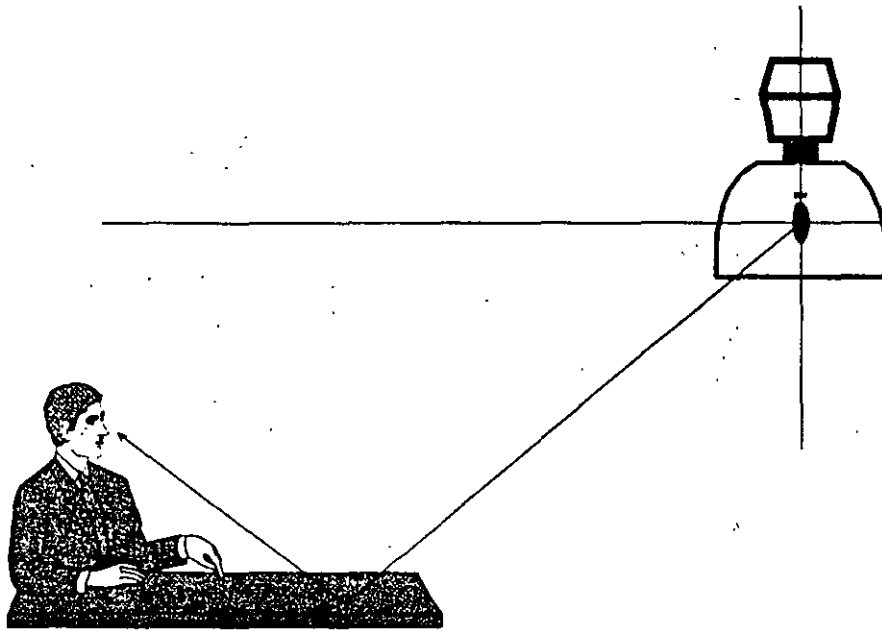
Es conveniente limitar la emisión de luz en el rango de $45-85^\circ$, con el objeto de evitar alguna interferencia con la visión.



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 |
| <i>Entre la tarea visual y las zonas adyacentes más oscuras.</i> | 3 a 1 | 3 a 1 | 5 a 1 |
| <i>Entre la tarea visual y las zonas adyacentes más brillantes.</i> | 1 a 3 | 1 a 3 | 1 a 5 |
| <i>Entre la tarea visual y las zonas lejanas más oscuras.</i> | 10 a 1 | 20 a 1 | (*) |
| <i>Entre la tarea visual y las zonas lejanas más brillantes.</i> | 1 a 10 | 1 a 20 | (*) |
| <i>Entre luminarios y/o ventanas y las superficies adyacentes a ellos.</i> | 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 impráctico

Reflectancias Sugeridas

Techo 80-90%

Paredes 40-60%

Piso > 20%

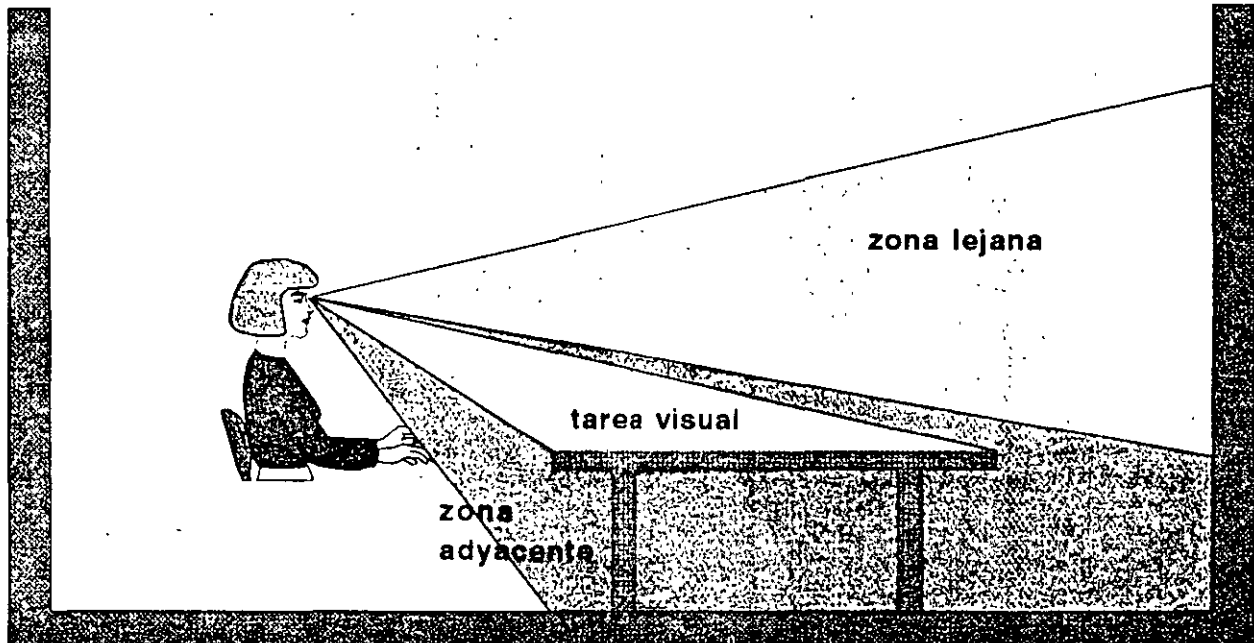
Equipo y mobiliario 25-45%

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

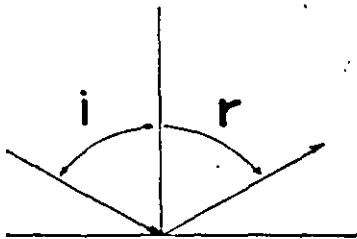
ES EL PROCESO MEDIANTE EL CUAL UN RAYO DE LUZ QUE INCIDE EN UN MEDIO, ABANDONA ESE MEDIO DEL LADO INCIDENTE.

TIPOS DE REFLEXION

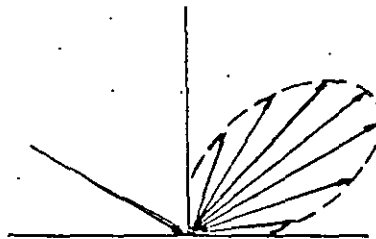
ESPECULAR

SEMIDIFUSA

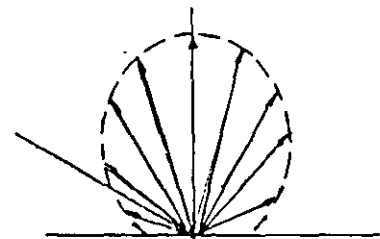
DIFUSA



ESPECULAR



SEMIDIFUSA



DIFUSA

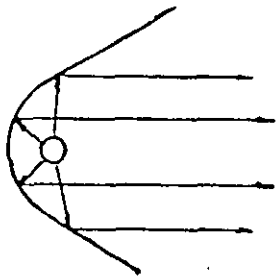
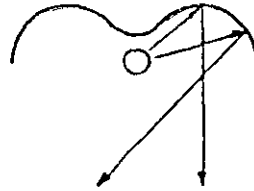
i = ANGULO DE INCIDENCIA

r = ANGULO DE REFLEXION

$$i = r$$

LA FINALIDAD DEL REFLECTOR ES DIRIGIR Y CONTROLAR LA LUZ EN LA DIRECCION DESEADA APROVECHANDO EL PRINCIPIO DE REFLECCION.

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

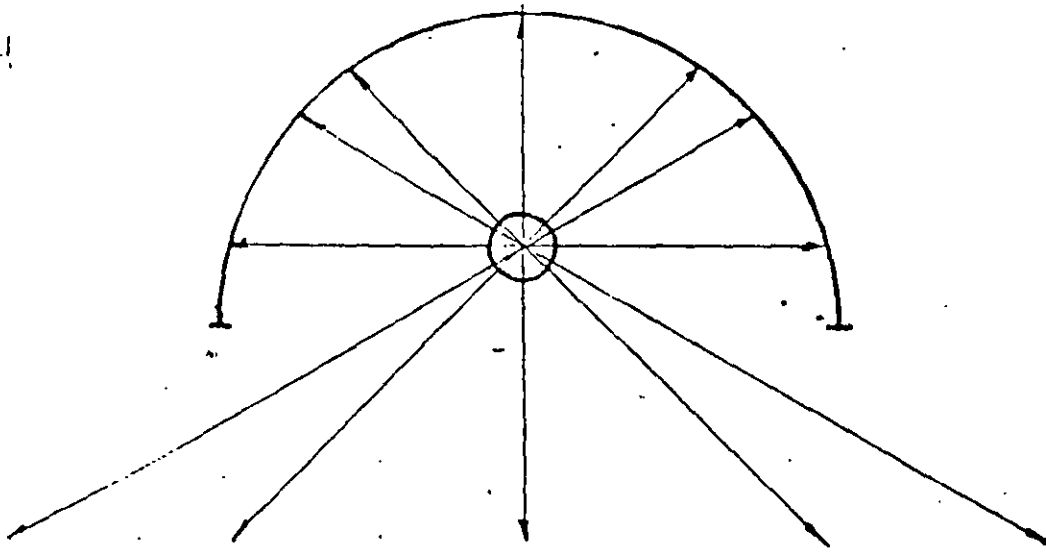
b) CONTORNO GENERAL
ES AQUEL QUE COMPLEMENTA AL CONTORNO BASICO PARA LOGRAR UNA DETERMINADA DISTRIBUCION FOTOMETRICA

CONTORNOS BASICOS

- ELIPSOIDAL
- CIRCULAR
- HIPERBOLICO
- PARABOLICO

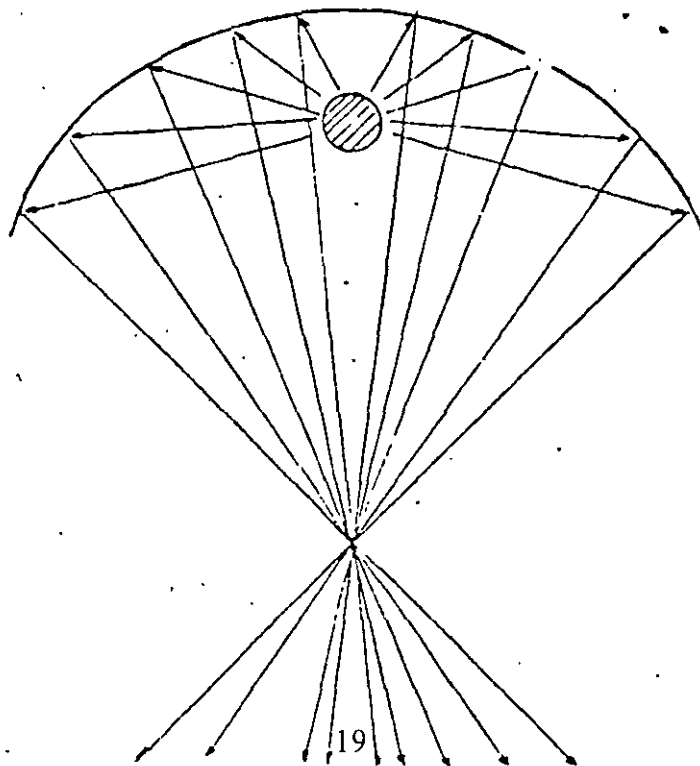
CIRCULAR

NO ES MUY COMUN PORQUE LOS RAYOS DE LUZ INCIDEN EN LA FUENTE LUMINOSA DE NUEVA CUENTA.



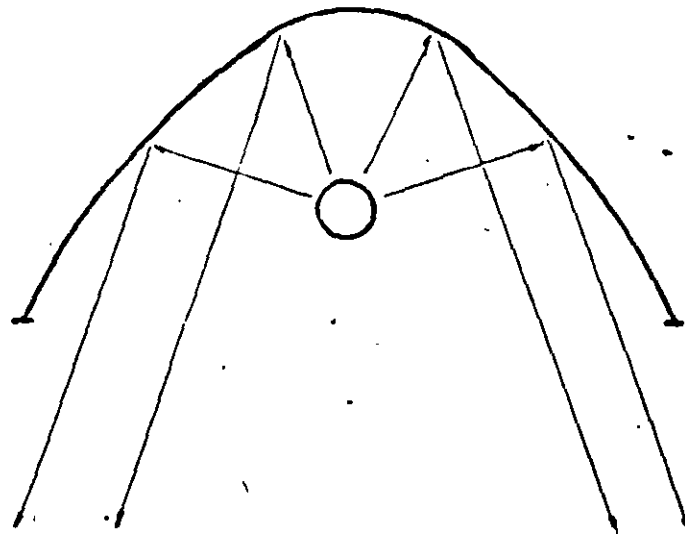
ELIPSOIDAL

SE UTILIZA FRECUENTEMENTE
EN COMBINACION CON LENTES
(NORMALMENTE EN INTERIORES)



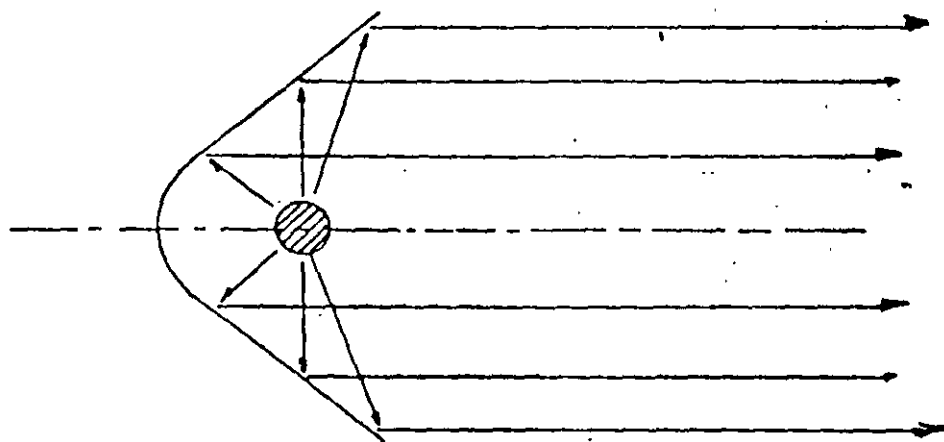
HIPERBOLICO

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

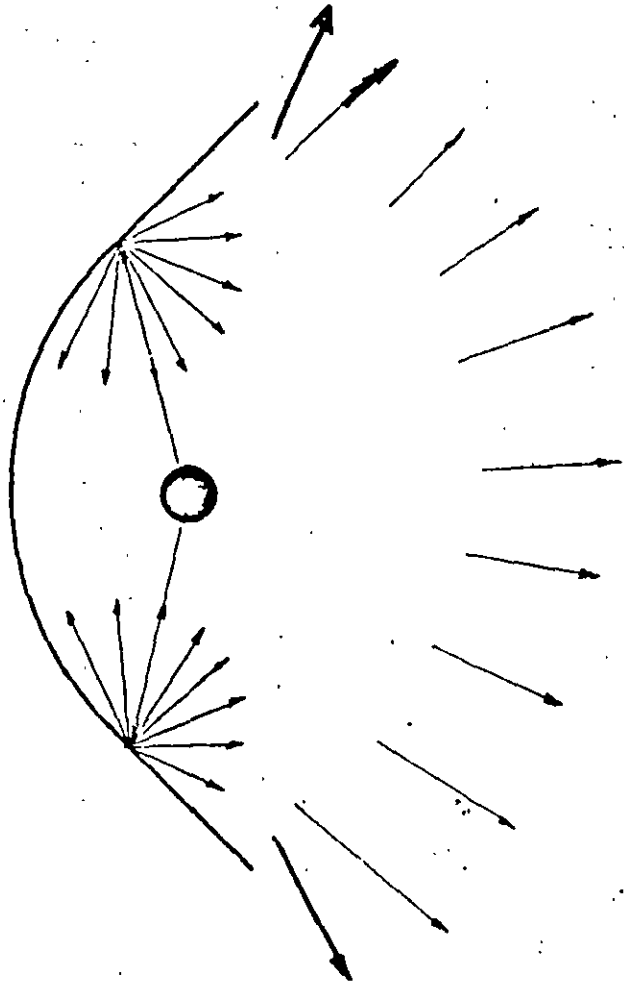
SE DIVIDEN BASICAMENTE EN TRES:

I) DIFUSO

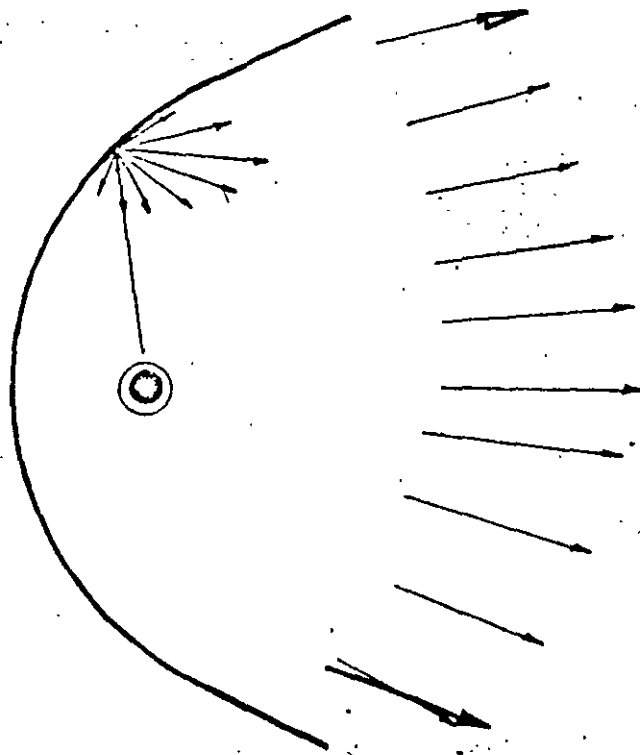
II) SEMIDIFUSO

III) ESPECULAR

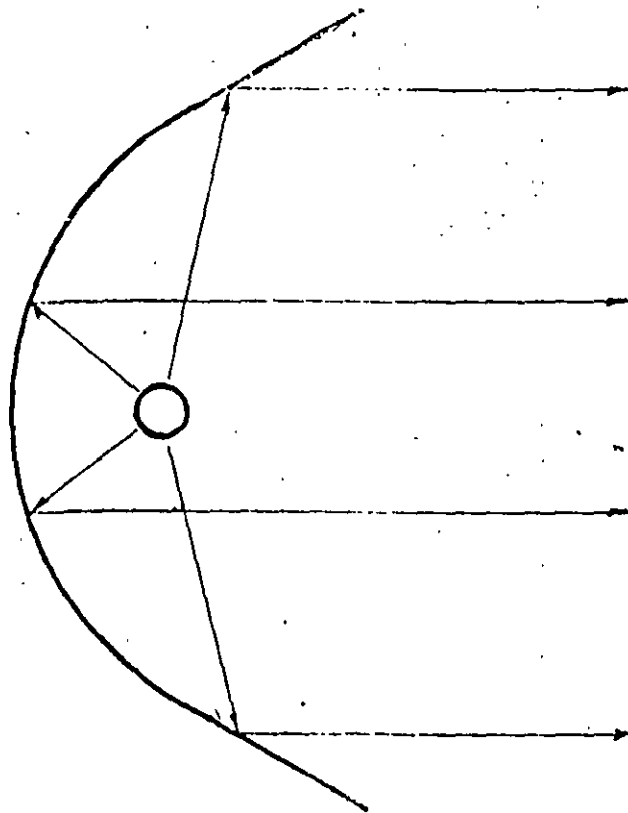
1) DIFUSO. _ SE USA EN LOS CASOS EN DONDE SE NECESITA UNA DISTRIBUCION FOTOMETRICA UNIFORME EN UNA CURVA MUY ABIERTA



II) SEMIDIFUSO._ SE OBTIENE
MEJOR CONTROL LUMINOSO
QUE EN EL CASO ANTERIOR
SE USA EN CURVAS MEDIAS

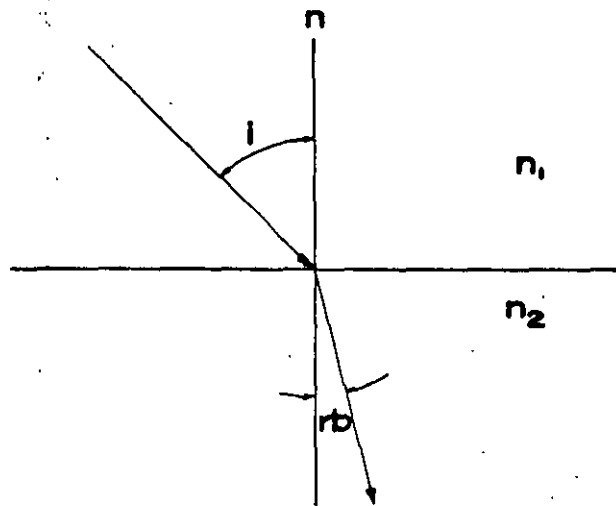


III) ESPECULAR. _ ES EL RECO -
MENDADO PARA EL MEJOR
CONTROL. SE USA EN CURVAS
CERRADAS.



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 :

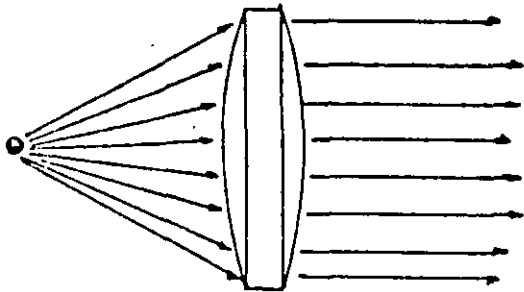
$$n_1 \text{ sen } i = n_2 \text{ sen } rb$$

LA FINALIDAD DEL REFRACTOR ES REDIRIGIR LA LUZ PROVENIENTE DE LA LAMPARA EN LA DIRECCION DESEADA, USANDO EL PRINCIPIO DE REFRACCION

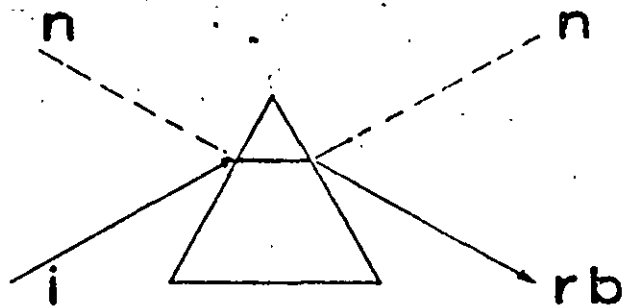
SE PUEDE APROVECHAR ESTE PRINCIPIO UTILIZANDO DOS TIPOS DE DISPOSITIVOS.

— PRISMAS

— LENTES



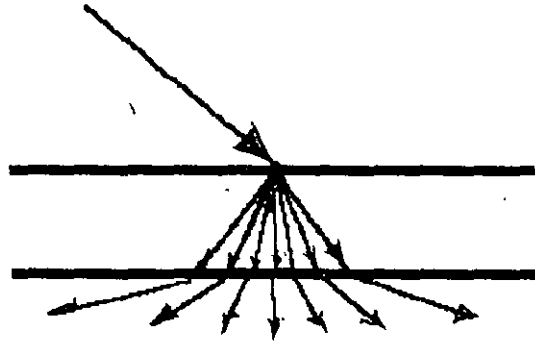
LENTE



PRISMA

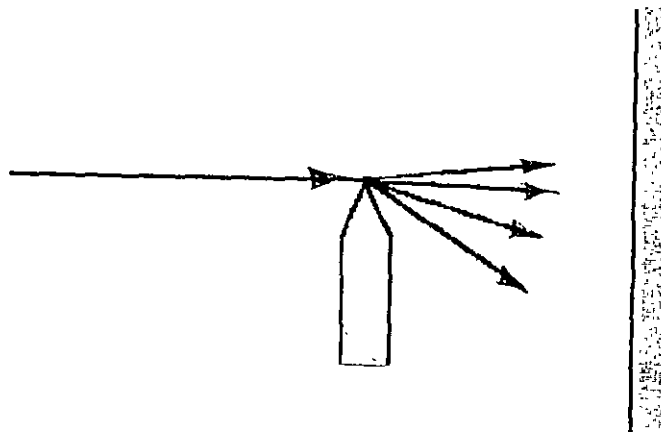
DIFUSION.-

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.





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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMAS:

MODELOS DE EFICIENCIA VISUAL EN CENTROS COMERCIALES

**ING. JOSEPH RUBENAK V.
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

PLUZ S.A. DE C.V.

PRESENTA

CONFERENCIA TECNICA PARA:

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

Y

I.E.S.N.A.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA

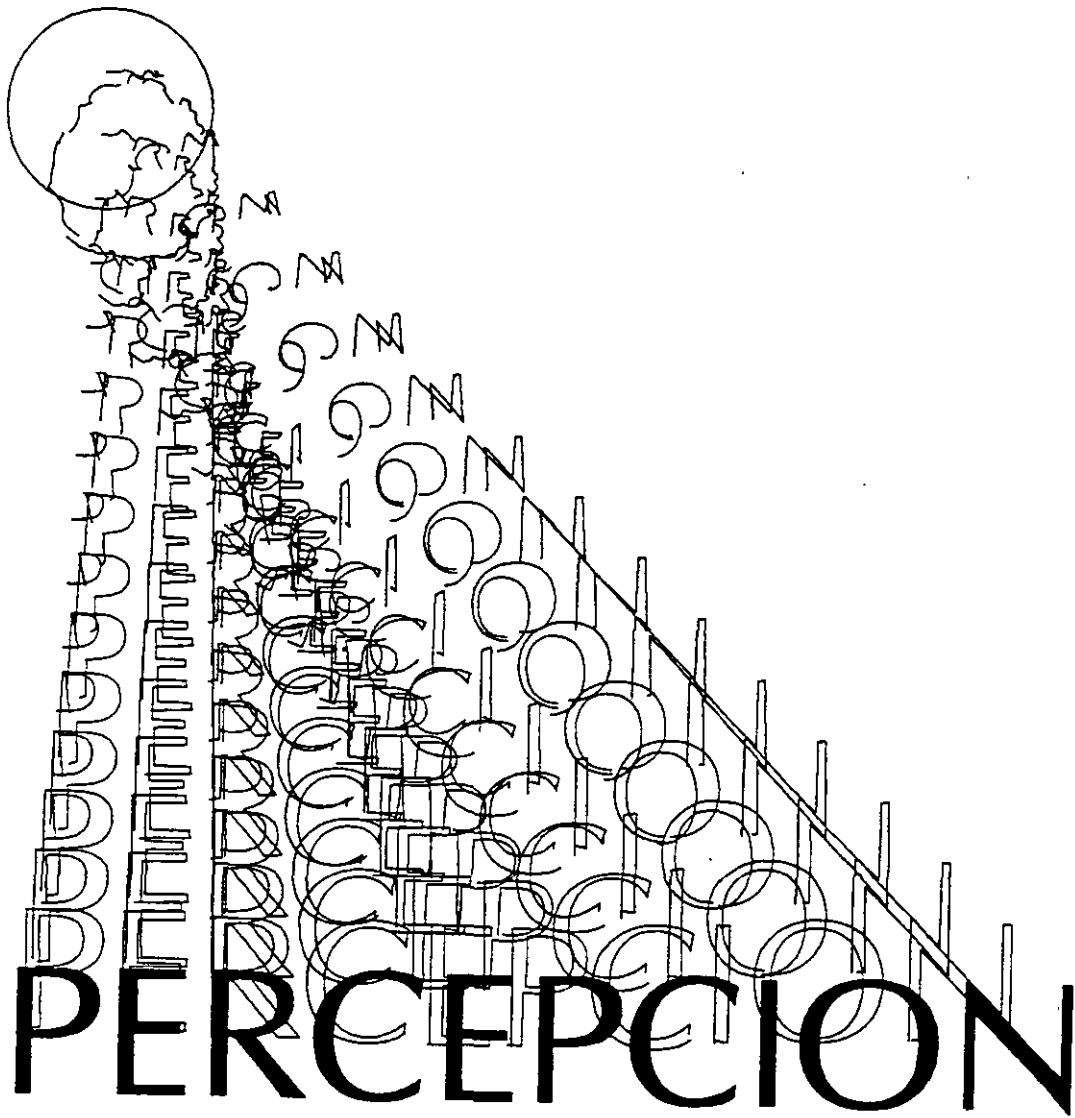
PARA EL CURSO:

ILUMINACION EFICIENTE DE AREAS Y CENTROS COMERCIALES

TITULO:

***MODELOS DE EFICIENCIA VISUAL Y PERCEPCION EN
CENTROS COMERCIALES***

ABRIL, 2000



PERCEPCION ADAPTACION

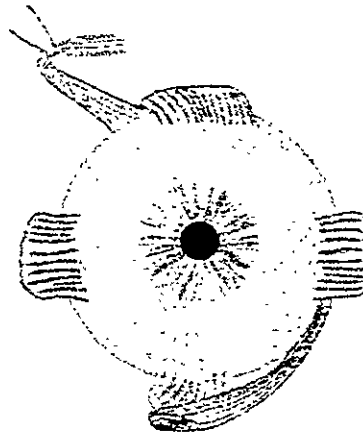
EL OJO PUEDE PROCESAR LA INFORMACION QUE RECIBE SOBRE UN ENORME RANGO DE LUMINANCIAS.

EL SISTEMA VISUAL CAMBIA SU SENSIBILIDAD A LA LUZ A TRAVES DE UN PROCESO DENOMINADO ADAPTACION.

INVOLUCRA CUATRO PROCESOS PRINCIPALES:

1.- CAMBIO EN EL TAMAÑO DE LA PUPILA:

CONTRACCION 0.3 s
DILATACION 1.5 s



2.- ADAPTACION NEURONAL:

DEBIDO A LAS INTERACCIONES SINAPTICAS DENTRO DE EL SISTEMA VISUAL (MENOS DE 1 SEGUNDO).

EL PROCESO NEURONAL CONSIDERA PARA CASI TODOS LOS CAMBIOS TRANSITORIOS EN LA SENSIBILIDAD DEL OJO HUMANO, QUE EL DECOLORAMIENTO O DESCOMPOSICION DE LOS CONOS FOTOPIGMENTADOS AUN NO HA TOMADO LUGAR

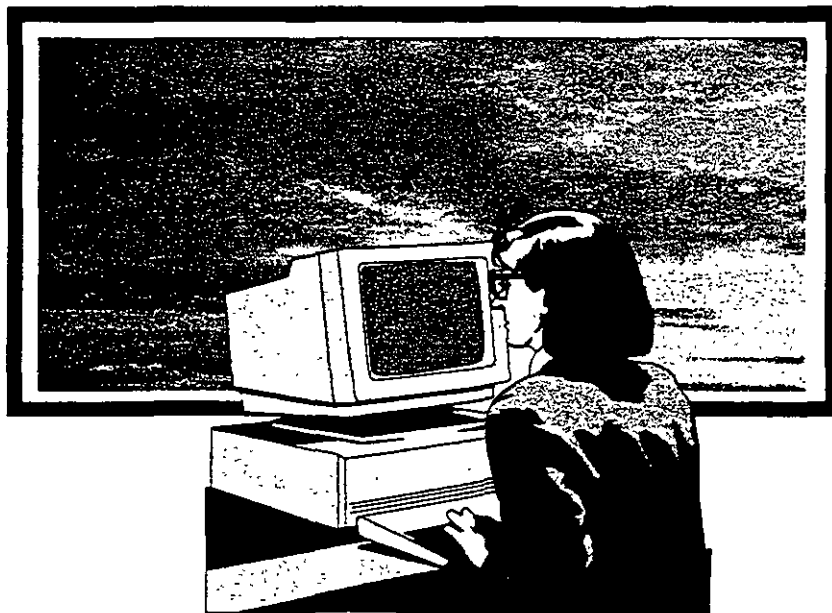
PERCEPCION

ADAPTACION (CONT.)

PARA VALORES DE LUMINANCIA COMUNMENTE ENCONTRADOS EN AMBIENTES ELECTRICAMENTE ILUMINADOS, ABAJO DE 600 CD/M^2 , LA ADAPTACION NEURONAL ES RAPIDA Y OPERATIVA, EN NIVELES DE ILUMINACION MODERADOS.

LA SENSIBILIDAD DEL SISTEMA VISUAL SE AJUSTA ADECUADAMENTE EN INTERIORES.

SIN EMBARGO EN SITUACION DONDE LA BRILLANTEZ PERCIBIDA AL MIRAR HACIA AFUERA POR UNA VENTANA, Y OBSERVAR UN OBJETO CON EXCESIVA BRILLANTEZ, Y VOLVER LA VISTA A LA TAREA PRINCIPAL, NO SOSTENDRA LOS CAMBIOS.



PERCEPCION

ADAPTACION (CONT.)

3.- ADAPTACION FOTOQUIMICA:

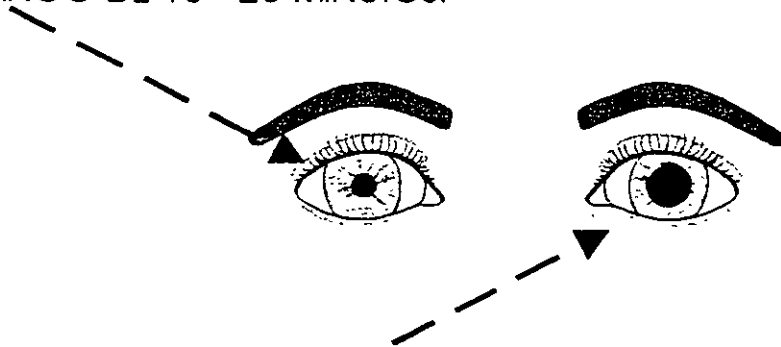
LOS RECEPTORES RETINALES (BASTONES Y CONOS) CONTIENEN PIGMENTOS, LOS CUALES, BAJO LA ABSORCION DE LUZ, CAMBIAN SU COMPOSICION QUIMICA, Y EMITEN IONES, LOS CUALES PROPORCIONAN UNA SEÑAL ELECTRICA AL CEREBRO.

DESPUES DE SER ABSORBIDA, LOS FOTOPIGMENTOS SE DESCOMPONEN EN UN ALDEHIDO INESTABLE DE VITAMINA A Y UNA PROTEINA (LLAMADA OPSIN)

LA SENSIBILIDAD DEL OJO A LA LUZ ES EN GRAN PARTE UNA FUNCION DEL PORCENTAJE DE FOTOPIGMENTO NO DESCOMPUESTO.

BAJO CONDICIONES DE BRILLANTEZ CONSTANTE, LA CONCENTRACION DE FOTOPIGMENTOS ESTA EN EQUILIBRIO, PERO CUANDO ES VARIADO EL VALOR DE BRILLANTEZ, LOS FOTOPIGMENTOS SON DESCOMPUESTOS PARA REESTABLECER EL EQUILIBRIO.

LOS CONOS (DIURNO) RECOBRAN CASI POR COMPLETO SU SENSIBILIDAD DENTRO DEL RANGO DE 10 - 20 MINUTOS.



LOS BASTONES (NOCTURNO) RECOBRAN CASI POR COMPLETO SU SENSIBILIDAD DENTRO DEL RANGO DE 60 MINUTOS (O MAS) PARA UNA COMPLETA ADAPTACION A LA OSCURIDAD.

PERCEPCION

4.-ADAPTACION TRANSITORIA

LA ADAPTACION TRANSITORIA ES UN FENOMENO ASOSCIADO CON LA REDUCIDA VISIBILIDAD QUE SE PRESENTA DESPUES DE VER ALTOS O BAJOS NIVELES DE LUMINANCIA DIFERENTES AL VALOR DE NUESTRA TAREA PRINCIPAL.

SI LA RECUPERACION DE LA ADAPTACION TRANSITORIA ES RAPIDA (MENOS DE 1 SEG.) LOS PROCESOS NEURONALES ESTARAN CAUSANDO EL CAMBIO.

SI LA RECUPERACION ES LENTA (MAYOR A 1 SEG.), HAN TOMADO LUGAR ALGUNOS CAMBIOS EN LOS FOTOPIGMENTOS.

LA ADAPTACION TRANSITORIA ES VISUALMENTE INSIGNIFICANTE EN INTERIORES, PERO PUEDE SER UN PROBLEMA EN EXTERIORES ILUMINADOS EXCESIVAMENTE, EN DONDE PUEDE OCURRIR UNA COMPLETA DESCOMPOSICION DE LOS FOTOPIGMENTOS.

PERCEPCION IMAGEN RETINAL ILUMINANCIA RETINAL

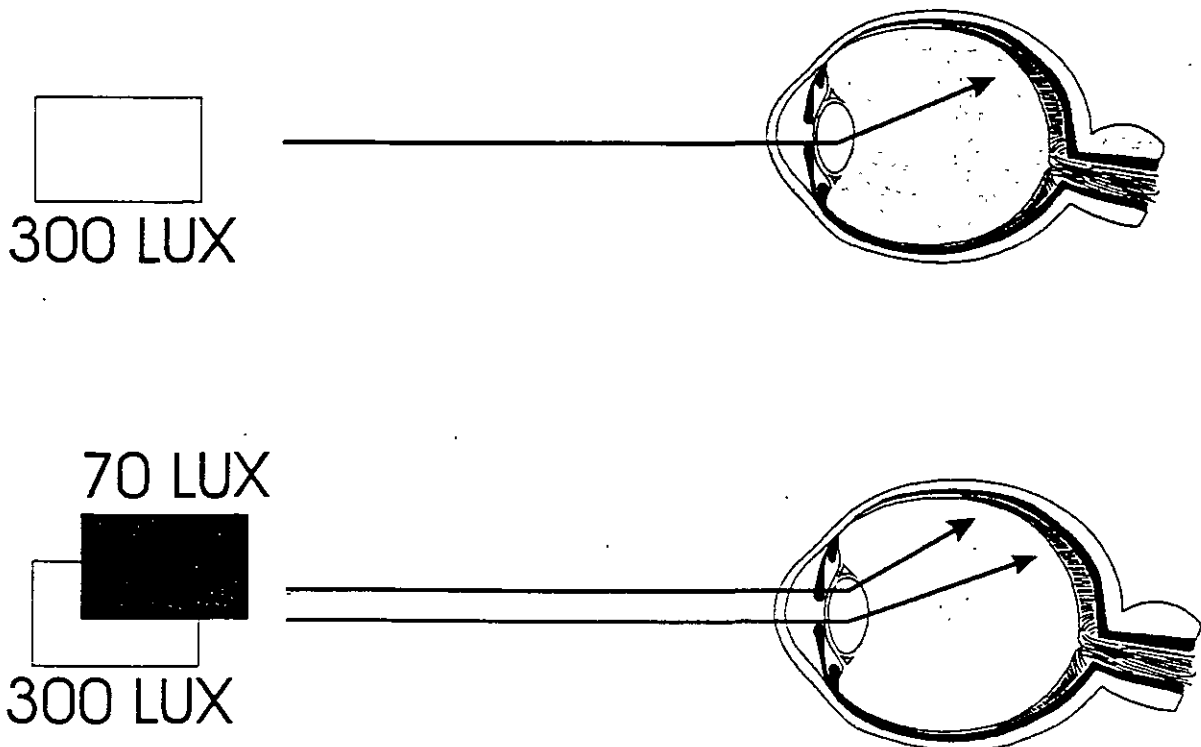
LA RETINA ES SENSIBLE A LA DENSIDAD DE FLUJO (ILUMINANCIA QUE LLEGA A ESTA.)

EN CONDICIONES DE LUZ NATURAL, A PESAR DE QUE LOS OBJETOS SE PRESENTAN BREVEMENTE, LA SENSACION DE BRILLANTEZ ES MONOTAMENTE RELACIONADA CON LA ILUMINANCIA RETINAL PRODUCIDA POR ESE OBJETO.

LA DENSIDAD DE FLUJO POR SI MISMA NO DETERMINA LA PERCEPCION DE LA BRILLANTEZ.

QUIEN DETERMINA ESAS IMPRESIONES, ES LA DENSIDAD DE FLUJO RELATIVA O CONTRASTE ENTRE AREAS ADYACENTES DE LA RETINA.

UNA ZONA DE LA RETINA CON UNA ILUMINANCIA RETINAL QUE PERMANEZCA INVARIANTE, PUEDE APRECIARSE COMO ILUMINADA O NO, DEPENDIENDO DE LA ILUMINANCIA QUE CAE EN LAS AREAS ADYACENTES.



PERCEPCION ILUMINANCIA RETINAL EN (LM/M2)

$$E_r = e_r T \cos \theta / K^2$$

DONDE: E_r = ILUMINANCIA RETINAL EN LM/M²
 e_r = CANTIDAD DE LUZ ENTRANDO AL OJO EN (T) TROLANDS
T = TRANSMITANCIA OCULAR
 θ = DESPLAZAMIENTO ANGULAR DE LA LINEA DE VISION
K = UNA CONSTANTE CUYO VALOR ES 15

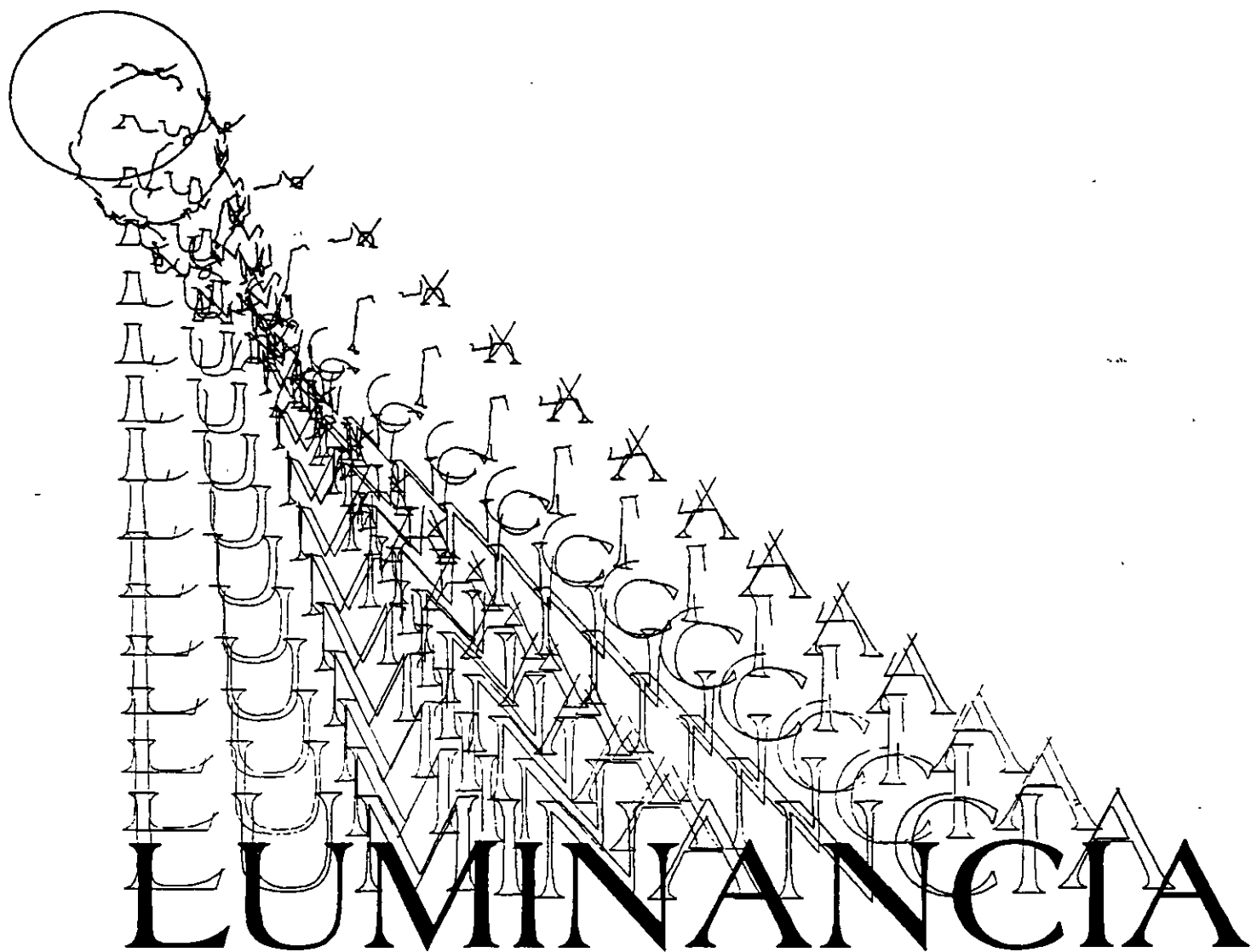
TROLAND: $e_r = LP$

DONDE: L = LUMINANCIA SUPERFICIAL EN CD/M²
p = AREA DE LA PUPILA EN mm²
(3.1416 mm² en altos nivles)
(50.26 mm² en bajos niveles)

LUMINANCIA SUPERFICIAL:

L = REFLECTANCIA DE PLANO X ILUMINANCIA EN PLANO / 3.1416

TRANSMITANCIA OCULAR: EN PROMEDIO 70-85%
DE EL ESPECTRO VISIBLE LLEGA A LA RETINA DE UN
INDIVIDUO JOVEN.



LUMINANCIA

LA LUMINANCIA ES UN TERMINO RELACIONADO CON LA PERCEPCION. ESTA DEPENDE DE LA ILUMINANCIA SOBRE UN OBJETO, SUS PROPIEDADES REFLECTIVAS Y SU AREA PROYECTADA SOBRE UN PLANO PERPENDICULAR A LA DIRECCION DE LA LINEA DE VISION (AREA APARENTE VISTA POR EL OBSERVADOR). ES MERITORIO MENCIONAR QUE EL FLUJO LUMINOSO PUEDE PARTIR, INCIDIR O PASAR A TRAVES DE UNA SUPERFICIE.

$$300 \text{ lux} * .11 / 3.1416 = 10.50 \text{ nit}$$



$$300 * .90 / 3.1416 = 85.94$$

Contraste

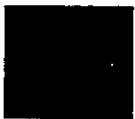
$$85.94 - 10.50 / 85.94 = .87$$



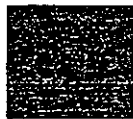
Modulacion:

$$85.94 - 10.50 / 85.94 + 10.50 = .78$$

10.50



$$47.74 - 10.50 / 47.74 = .78$$



47.74

$$85.94 - 47.74 / 85.94 = .44$$



85.94



$$10.50 - 10.50 / 10.50 = 0$$

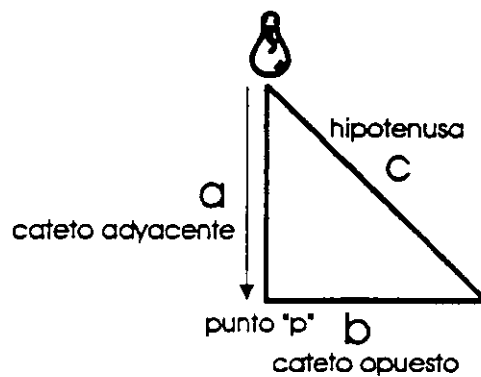


$$85.94 - 85.94 / 85.94 = 0$$

Luminancia

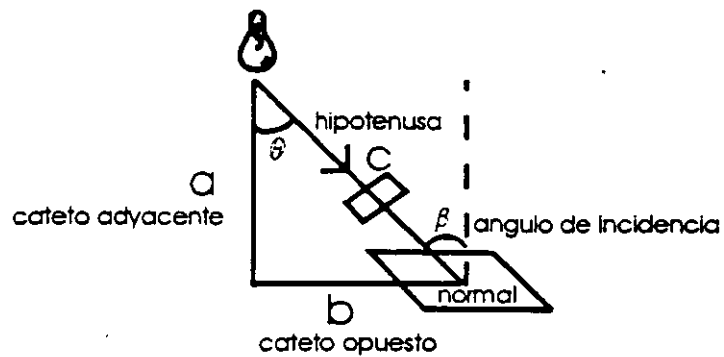
$$L = (\text{reflectancia de la tarea}) (\text{iluminancia puntual}) / \pi$$

Caso 1.



$$E = I/d^2$$

Caso 2.



$$E = (\text{intensidad de la fuente en esa direccion} / d^2) \cos \beta$$

CONTRASTE LUMINOSO

$$C = \left| \frac{L_d - L_b}{L_b} \right|$$

DONDE:

L_d = LUMINANCIA DE EL DETALLE O TAREA

L_b = LUMINANCIA DE EL FONDO

$$C = \frac{L_g - L_t}{L_g}$$

DONDE:

L_g = MAYOR LUMINANCIA

L_t = MENOR LUMINANCIA

$$C_{\text{mod}} = \frac{L_{\text{max}} - L_{\text{min}}}{L_{\text{max}} + L_{\text{min}}}$$

DONDE:

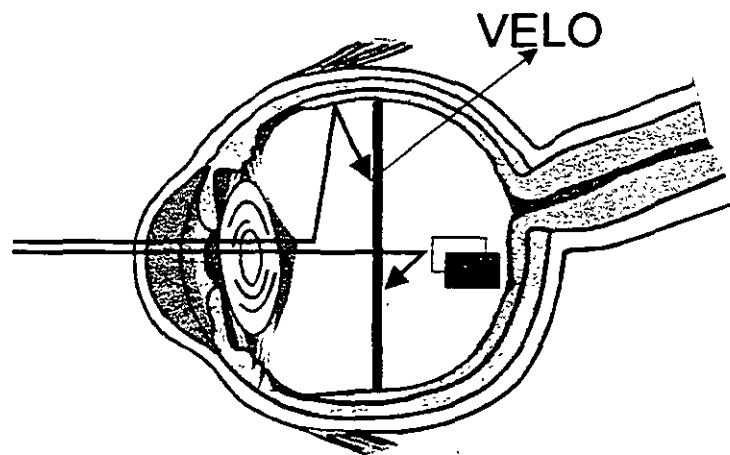
L_{max} = MAXIMA LUMINANCIA

L_{min} = MINIMA LUMINANCIA

PERCEPCION

INCAPACIDAD VISUAL POR DESLUMBRAMIENTO

EL MEDIO OCULAR CONTIENE MUCHAS HOMOGENEIDADES EL CUAL DISPERSA LA LUZ INCIDENTE Y POR CONSIGUIENTE REDUCE EL CONTRASTE DE ESTAS, INCLUSO AUN EN UNA IMAGEN RETINAL PERFECTAMENTE ENFOCADA.



LA LUZ SUSTENTADA POR LA IMAGEN PRINCIPAL, SE DISPERSA HACIA LAS AREAS RETINALES ADYACENTES, MIENTRAS QUE LA LUZ SUSTENTADA POR LAS AREAS ADYACENTES ES DISPERSADA SOBRE LA IMAGEN PRINCIPAL.

DICHO EFECTO SE CONSIDERA EQUIVALENTE A UNA LUMINANCIA DE VELO (VEILING LUMINANCE). (TAMBIEN LLAMADA INCAPACIDAD VISUAL POR DESLUMBRAMIENTO, (DISABILITY GLARE)). ESTE EFECTO ES MUY DIFERENTE AL PRODUCIDO POR REFLEJOS (VEILING REFLECTIONS), LOS CUALES ESTAN ASOCIADOS CON PROPIEDADES GEOMETRICAS ESPECULARES DE LA FUENTE LUMINOSA Y LA TAREA VISUAL.

PERCEPCION

INCAPACIDAD VISUAL POR DESLUMBRAMIENTO (CONT.)

$$\text{ECUACION: } L_V = K E_O / (\theta (\theta + 1.5))$$

DONDE:

L_V = LUMINANCIA DE VELO EQUIVALENTE EN cd/m²

E_O = ILUMINANCIA DE LA FUENTE DE DESLUMBRAMIENTO HACIA EL OJO EN LUX.

K = UNA CONSTANTE QUE DEPENDE DE LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES Y LAS UNIDADES FOTOMETRICAS (9.2)

θ = ANGULO ENTRE EL OBJETO PRINCIPAL Y LA FUENTE DE DESLUMBRAMIENTO, EN GRADOS

PERCEPCION DESCOMFORT POR DESLUMBRAMIENTO

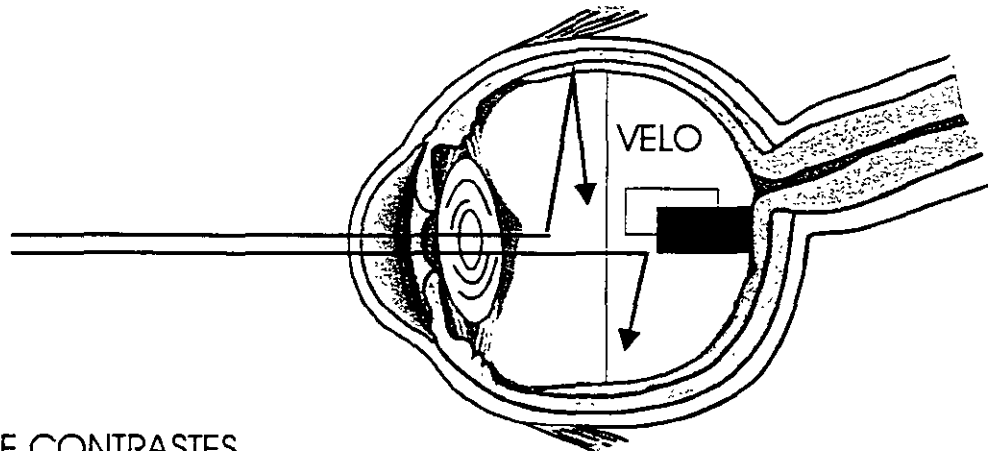
SENSACION DE MOLESTIA O DOLOR CAUSADO POR LA ALTA O NO UNIFORME DISTRIBUCION DE BRILLANTEZ EN EL CAMPO DE VISION.

DESCOMFORT CAUSADO POR VER DIRECTAMENTE UN FUENTE LUMINOSA (LLAMADO A VECES DESLUMBRAMIENTO DIRECTO)

REFLEXION DE UNA FUENTE LUMINOSA A TRAVES DE UNA SUPERFICIE ESPECULAR O SEMIESPECULAR (LLAMADO A VECES DESLUMBRAMIENTO REFLEJADO)

EL DESCONFORT PODRIA ESTAR ACOMPAÑADO POR LA INCAPACIDAD, PERO ES CLARAMENTE UN FENOMENO DIFERENTE.

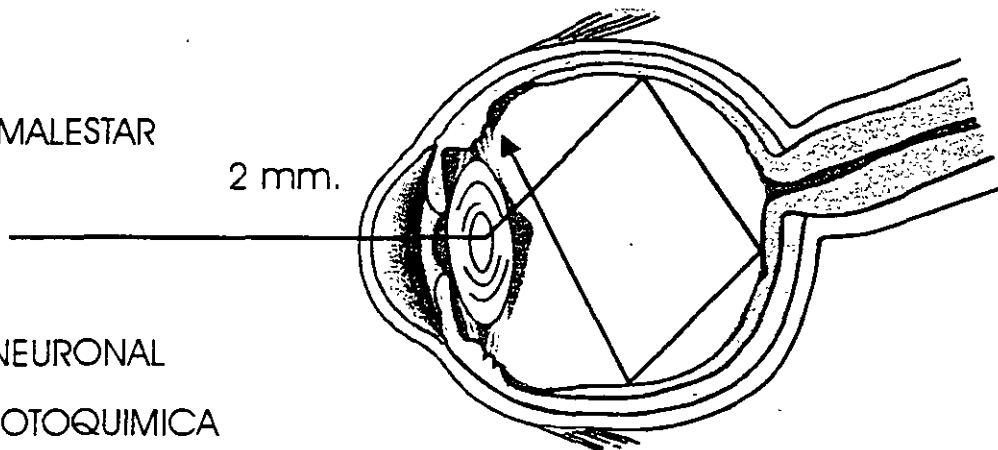
INCAPACIDAD



REDUCCION DE CONTRASTES

DESCONFORT/MALESTAR

2 mm.



ADAPTACION NEURONAL

ADAPTACION FOTOQUIMICA

ADAPTACION TRANSITORIA

ALTA DISPERSION DE LUZ INTRAOCULAR

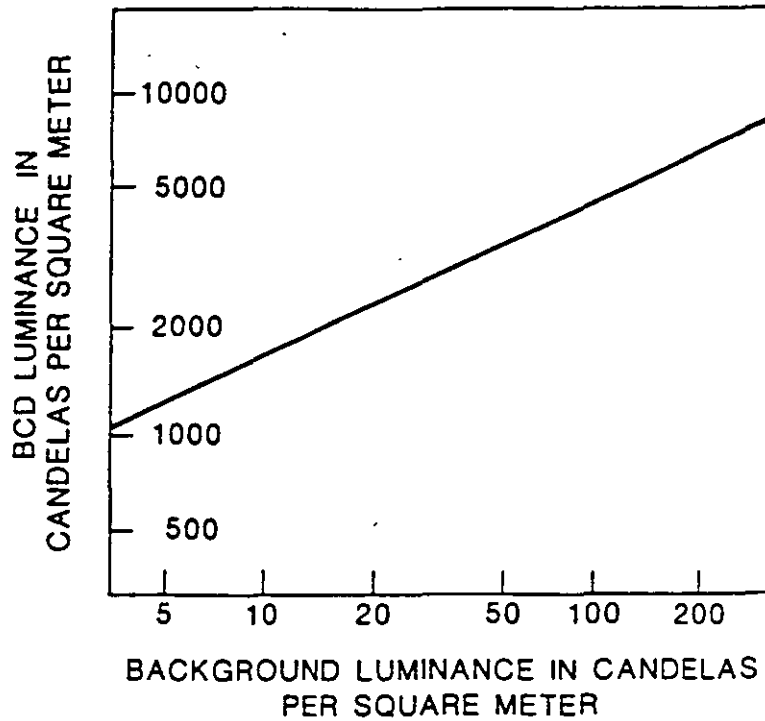


Fig.1. . The luminance of a glare source at discomfort threshold (BCD) as a function of the background luminance (light to which the eyes are adapted): moderate background luminances. $L_b = 302F^{0.44}$.

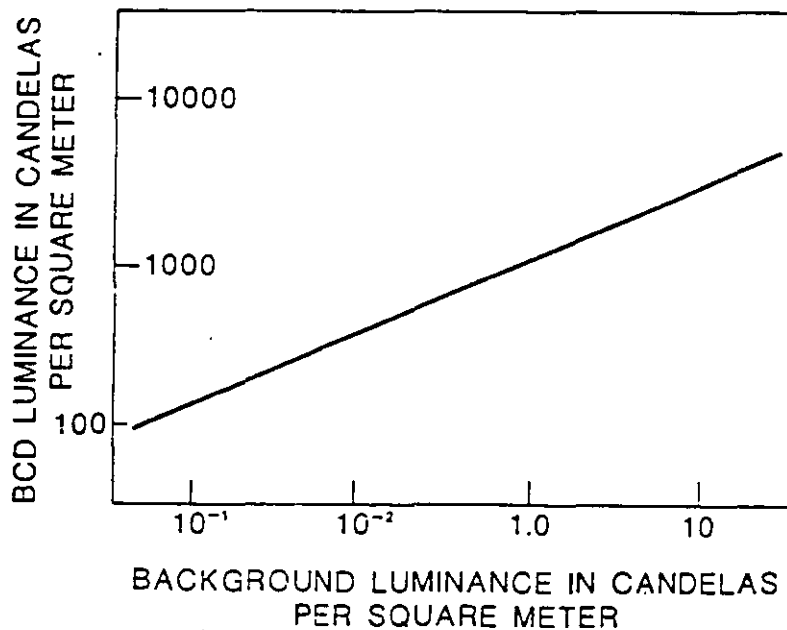


Fig.2. . The luminance of a glare source at discomfort threshold (BCD) as a function of the background luminance (light to which the eyes are adapted): low background luminances. $L_b = 529F^{0.44}$.

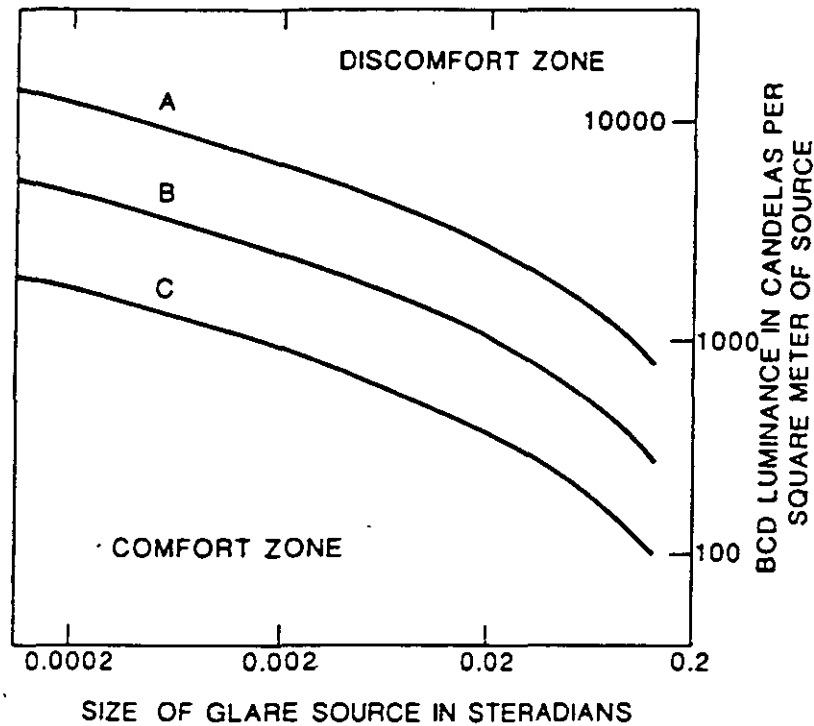


Fig. 3. The effect of glare source on the BCD at three levels of background luminance (L_b). $A = 343 \text{ cd/m}^2$, $B = 34.3 \text{ cd/m}^2$, and $C = 3.43 \text{ cd/m}^2$. Larger sources result in a lower BCD. Sources are located on the primary line of sight—moderate background luminance.

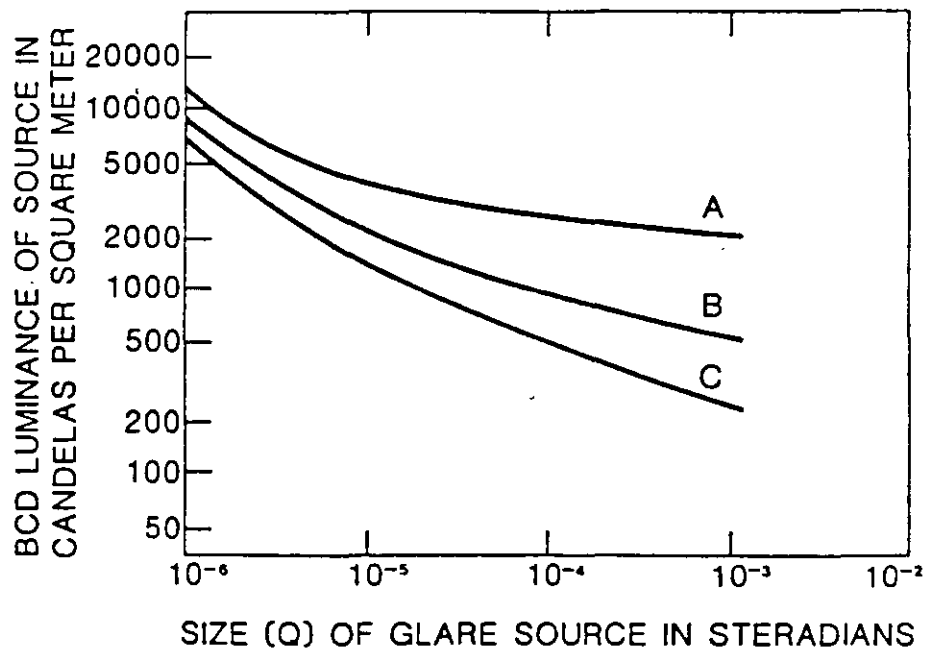
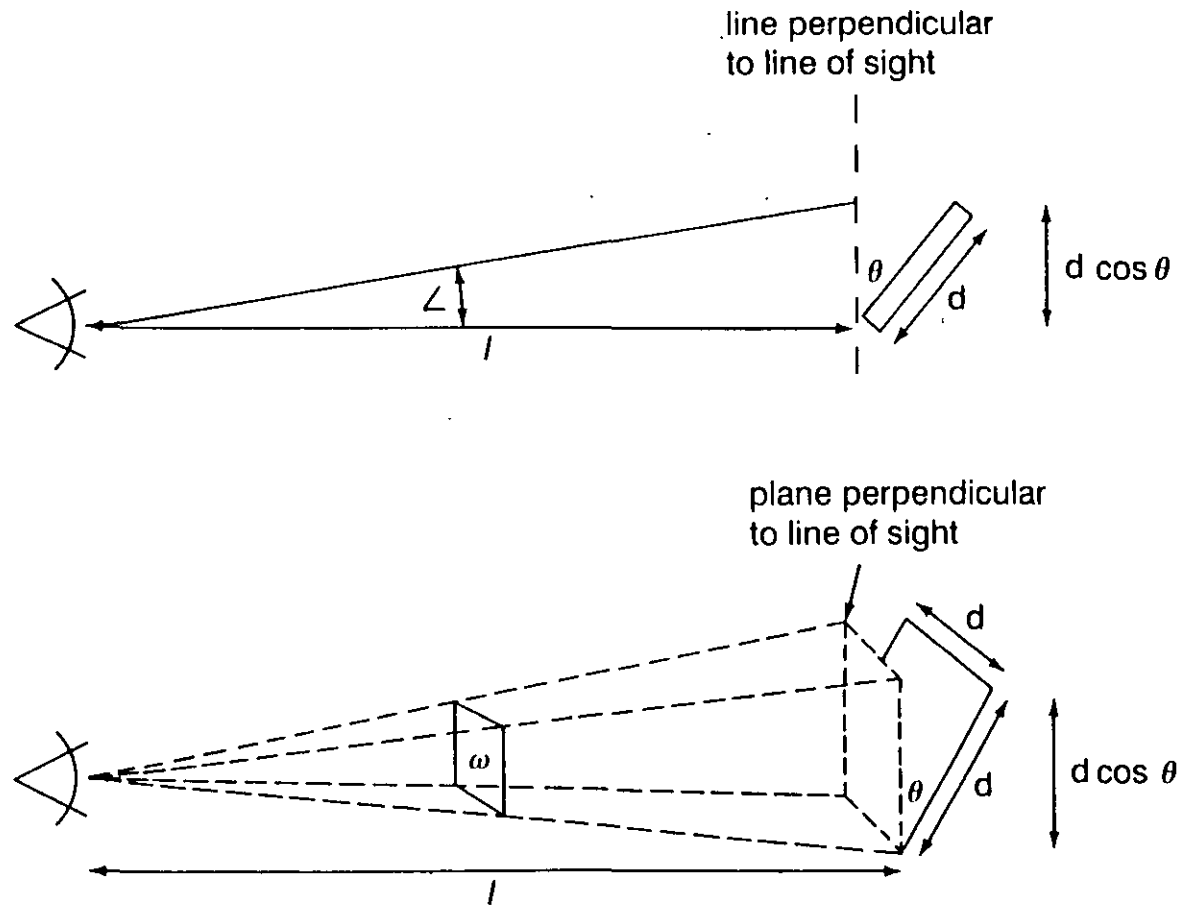


Fig. 4. The effect of glare source on the BCD at three levels of background luminance (L_b). $A = 0.34 \text{ cd/m}^2$, $B = 0.034 \text{ cd/m}^2$, and $C = 0.0034 \text{ cd/m}^2$. Larger sources result in a lower BCD. Sources are located on the primary line of sight—low luminance background.



(a) Approximation of visual angle Δ . $\Delta \cong \arcsin [(d \cos \theta) / l]$. (b) Calculation of solid angle ω . $\omega = (d^2 \cos \theta) / l^2$.

Fig.6.



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

CURSOS ABIERTOS

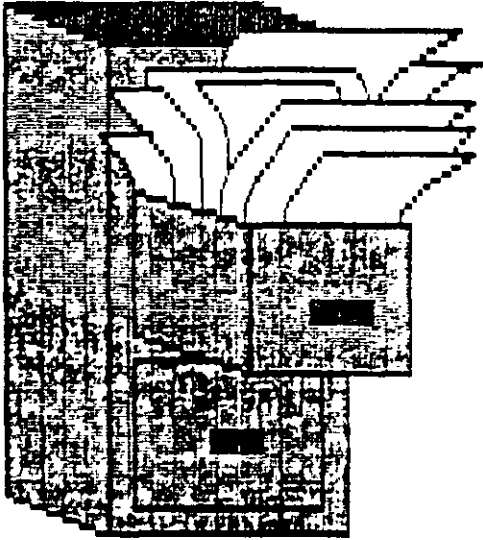
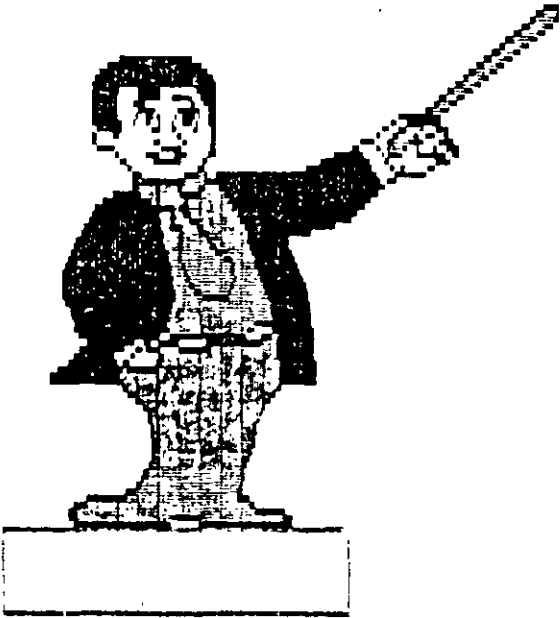
**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMAS:

- ❖ **BALASTROS PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES**
- ❖ **BALASTROS PARA LÁMPARAS DE HID**

**ING. ERNESTO MENDOZA E.
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

MANUFACTURERA DE REACTORES
BALASTROS PARA USO EN
"ILUMINACION INTERIOR"



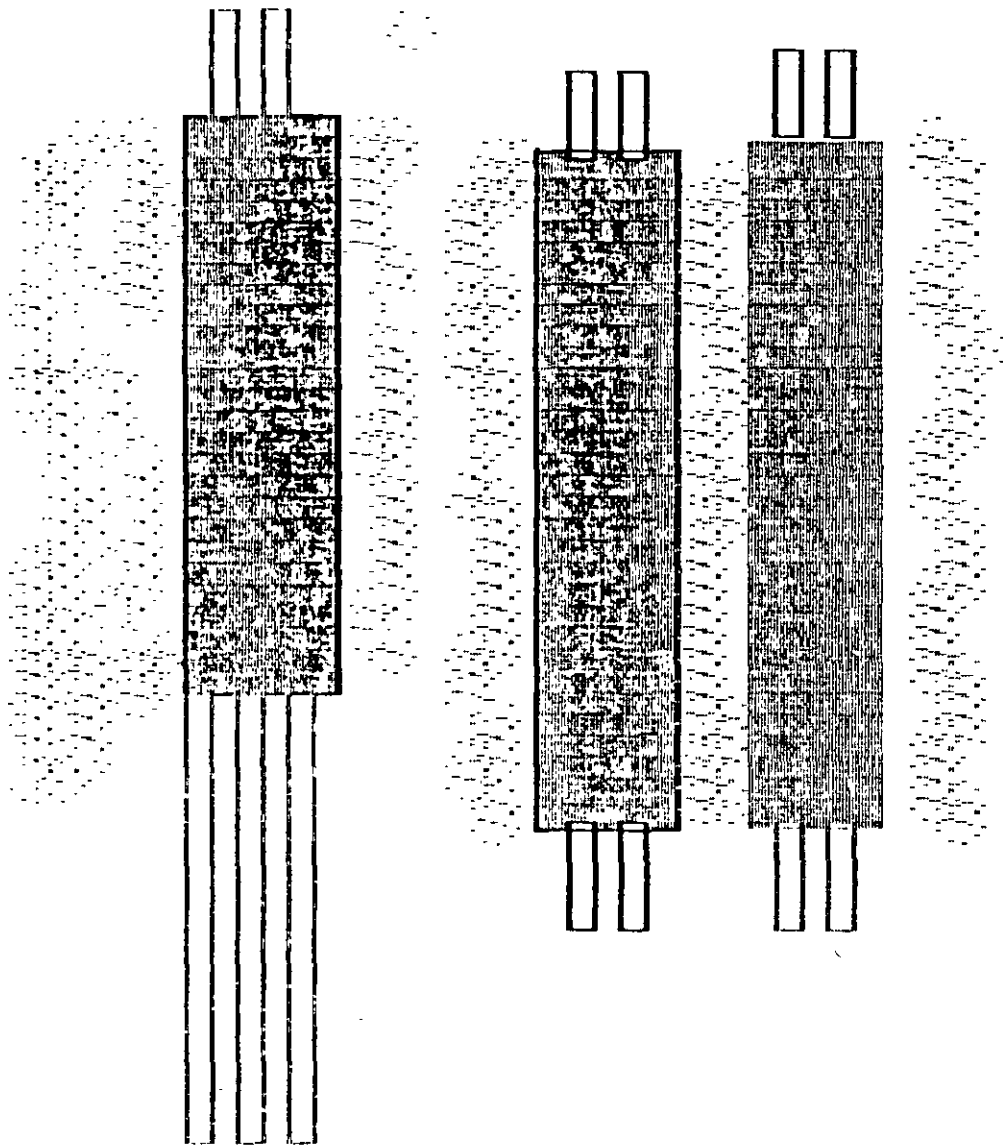
ILUMINACION INTERIOR CONTROL ELECTRICO

BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES

BALASTROS PARA LAMPARAS DE DESCARGA

TRANSFORMADORES HALOGENO

MANUFACTURERA DE REACTORES SA



ILUMINACION INTERIOR

PARAMETROS PARA BALASTROS:

| | |
|--------------------------------|------------------|
| TENSION DE ALIMENTACION | V _{rcm} |
| FACTOR DE POTENCIA | % |
| CONSUMO DE POTENCIA | WATTS |
| CORRIENTE CONSUMO | A _{rcm} |
| TENSION CIRCUITO ABIERTO | V _{rcm} |
| FACTOR DE BALASTRO | % |
| FACTOR DE EFICACIA DE BALASTRO | % |
| PERDIDAS DEL BALASTRO | WATTS |
| FACTOR DE CRESTA DE CORRIENTE | NA |
| NIVEL DE SONIDO | CLASE |
| TENSION DE FILAMENTOS (RAPIDO) | V _{rcm} |
| GARANTIA | ANOS |
| TEMPERATURA DE OPERACION | C |
| PESO | KG |
| DISTORSION ARMONICA TOTAL | % |

MANUFACTURERA DE REACTORES SA

ILUMINACION INTERIOR

BALASTROS

**SEGUN EL TIPO DE CIRCUITO DE LAMPARA:
DE ARRANQUE NORMAL O PRECALENTADO
DE ARRANQUE RAPIDO
DE ARRANQUE "TRIGER"
DE ARRANQUE INSTANTANEO.**

Todos los tipos de encendido se pueden lograr con cualquier tipo de balastro , es decir existen balastros ARRANQUE RAPIDO HIBRIDOS o de ARRANQUE INSTANTANEO ELECTRONICO.

LA LEY DE INSTALACIONES ELECTRICAS NACIONALES NOM-001 EN VIGOR , OBLIGA A INSTALAR BALASTROS CON PROTECCION TERMICA.

En general los balastros HIBRIDOS suponen un costo superior al balastro ELECTROMAGNETICO pero el consumo de energia es menor para la misma salida de luz.Lo mismo es cierto para el ELECTRONICO con respecto al HIBRIDO.

MANUFACTURERA DE REACTORES SA

ILUMINACION INTERIOR

BALASTROS

SI CONSIDERAMOS EL CONSUMO DE POTENCIA Y LA SALIDA DEL
BALASTRO LOS PODEMOS CLASIFICAR EN :

BAJA ENERGIA O ECONOMICO SALIDA BAJA CONSUMO ALTO

COMERCIAL O CONVENCIONAL SALIDA NOMINAL CONSUMO NOMIN

ALTA EFICIENCIA SALIDA NOMINAL CONSUMO BAJO

AHORRADOR HIBRIDO SALIDA NOMINAL CONSUMO BAJO +

ELECTRONICO SALIDA BAJA CONSUMO MINIMO

ELECTRONICO SALIDA NOMINAL CONSUMO MENOR

TEMPORIZADO NOMINAL/BAJA NOMINAL/BAJA

MANUFACTURERA DE REACTORES SA

ILUMINACION INTERIOR BALASTROS

PARA LAMPARAS FLUORESCENTES

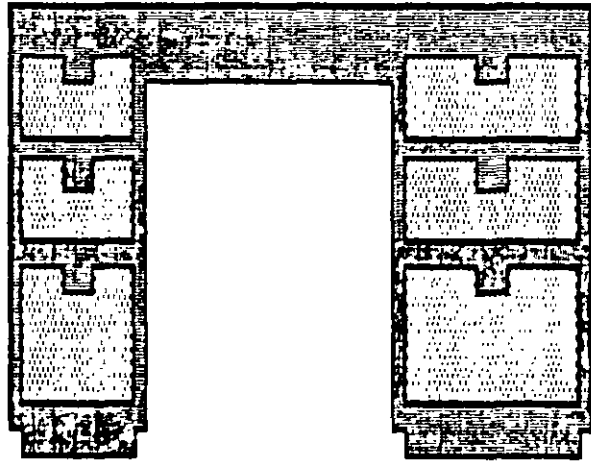
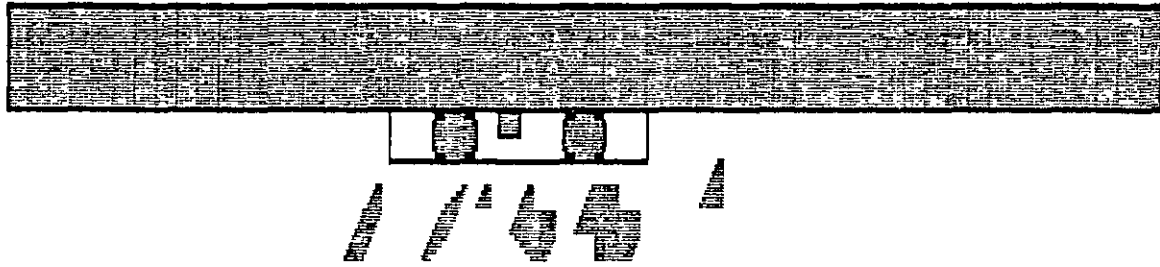
(SEGUN EL TIPO DE CIRCUITO):

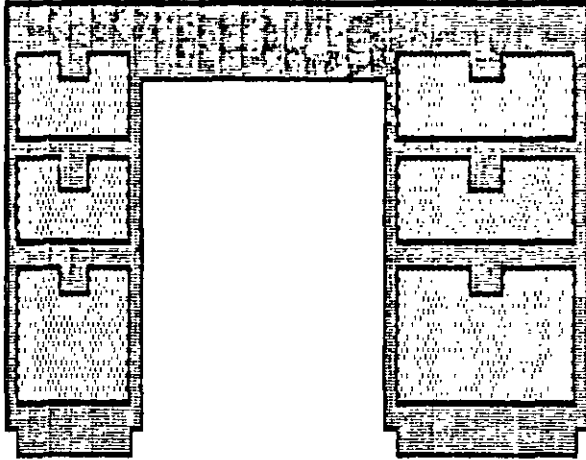
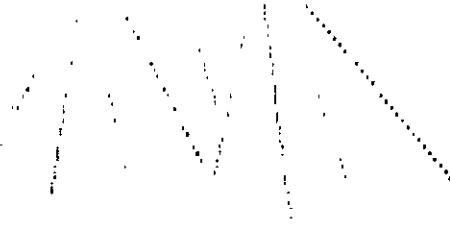
ELECTROMAGNETICO

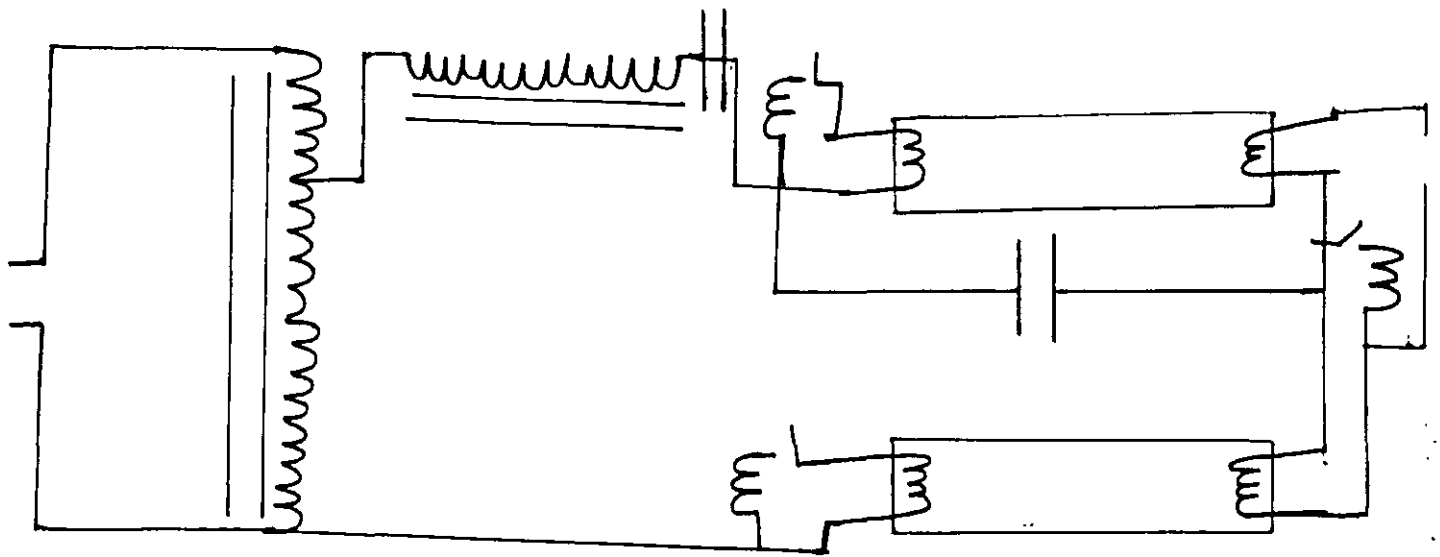
HIBRIDO

ELECTRONICO

MANUFACTURERA DE REACTORES SA







En el esquema se muestra un balastro para dos lámparas de arranque rápido. El principio de operación es simple: Una vez establecido el arco, se desconectan mediante los interruptores modificados, los filamentos del circuito de los cátodos de las lámparas.

DESARROLLO:

Durante algunos años han estado estos sistemas disponibles en el mercado, a continuación mostraremos algunos cuadros comparativos de la operación de balastos de arranque rápido modificado con arranque rápido tradicional:

| | MODIFICADO | TRADICIONAL | MODIFICADO | TRADICIONAL | MODIFICADO | TRADICIONAL |
|---------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| LAMPARAS | 20W | T12 | 40W | T 12 | 34W | T12 |
| CORRIENTE CONSUMO | 0.380 | 0.46 | 0.65 | 0.8 | 0.605 | 0.703 |
| POTENCIA CONSUMO | 44 | 53 | 80 | 93 | 73 | 84 |
| F.P | 91.2 | 91 | 96.6 | 91.5 | 95 | 94 |
| POTENCIA ARCO | 17/17 | 17/17 | 36/35 | 36/36 | 31/32 | 31/31 |
| PERDIDAS | 10 | 19 | 9 | 21 | 10 | 22 |
| F.B. | 85 | 85 | 91 | 92.3 | 98.4 | 96.8 |
| BEF | 1.93 | 1.60 | 1.4 | 0.99 | 1.35 | 1.152 |
| FLUJO TOTAL | 2,099 | 2,099 | 5,618 | 5,698 | 5,641 | 5,549 |
| FLUJO/CONSUMO LINEA | 47.7 | 39.6 | 70.2 | 61.3 | 77.27 | 66 |
| POTENCIA AHORRADA | 9 | | 13 | | 11 | |
| AHORRO % | 16.9 % | | 13.9 % | | 13.1% | |

NOTA: LAS LAMPARAS 20W T12 AQUI MOSTRADAS SON DE ARRANQUE PRECALENTADO , OPERADAS EN UN CIRCUITO "TRIGER"

Existen aun otros enfoques: Para el diseñador de proyectos de iluminación, es evidente que puede lograr dos niveles similares de iluminación al emplear 2 lámparas de 40W T12 con un balastro tradicional ó 2 lámparas 34W T12 con un balastro de arranque rápido modificado. Pero es notoria la diferencia en consumo con los dos sistemas:

| | 40W T12 TRADI- CIONAL | 34W T12 MODIFI- CADO |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| POTENCIA CONSUMO | 93 | 73 |
| F B | 92.3 | 98.4 |
| BEF | 0.99 | 1.35 |
| FLUJO LUMINOSO | 5698 | 5641 |
| FLUJO/CONSUMO LINEA | 61.3 | 77.27 |
| POTENCIA AHORRADA | /// | 20 |
| AHORRO % | /// | 21.5% |

El flujo luminoso disminuyó 57 lumens (-1.0004 %) ! , lo cual es prácticamente igual . Este tipo de solución es útil cuando se desea hacer un proyecto de ahorro de energía conservando la instalación original.

Desde finales de las décadas de los 70'S se introdujeron comercialmente este tipo de circuitos en EUA, a la fecha no hay quejas por una falla temprana masiva de lámparas.

Con la finalidad de preveer los efectos en la vida de las lámparas hemos conducido los siguientes experimentos:

Conectamos un sistema lámpara-balastro para dos lámparas de 40W T12 arran-

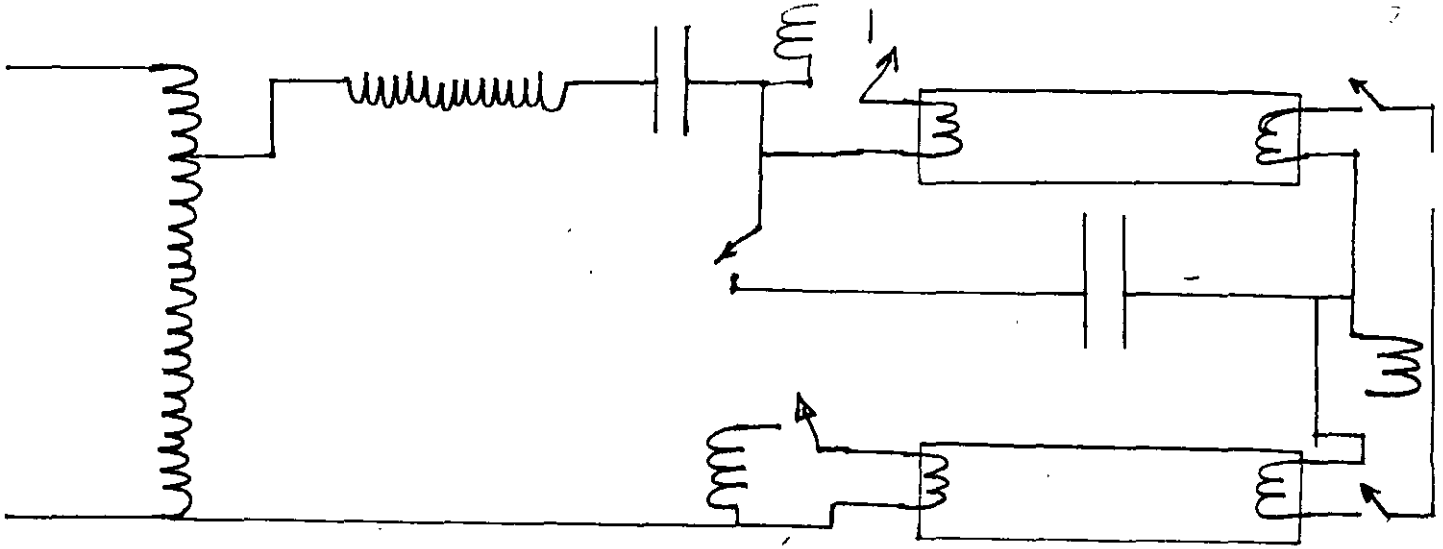
que rápido con un balastro tradicional de forma que enciende 1.5 min. y apaga 1.5 min. Al mismo tiempo conectamos un sistema lámpara-balastro para 2 lámparas de 34W T12 con un balastro de arranque rápido modificado, de forma similar a ciclos de 1.5 min. encendido y 1.5min. apagado, observamos cuantos ciclos se presentan antes de que fallen las lámparas. Esta experiencia se repitió con varios balastros, cada balastro con 3 marcas diferentes de lámparas. Estos experimentos arrojaron :

| TIPO DE SISTEMA | NUMERO DE CICLOS PRIMEDIO PARA FALLA DE LAMPARA. |
|-----------------|--|
| TRADICIONAL | 7 600 40W T 12 |
| MODIFICADO | 14 700 34W T 12 |

De esta experiencia no podemos decir que la operación con sistemas modificados alarguen la vida útil de las lámparas. Los fabricantes de lámparas indican que la vida esperada para las lámparas de 34W T12 es de 20,000 Hrs., mientras que la vida esperada de las lámparas de 40W T12 es de 12,000 Hrs.

Lo que si podemos decir es que la operación del sistema modificado no disminuye la vida útil de las lámparas.

En los años recientes, debido a sus mejores características, se ha presentado una gran penetración de la nueva generación de lámparas T8. En especial han sido de interés en nuestro país las lámparas de 32W T8 y de 17W T8, junto con esta nueva generación de lámparas ha emergido una nueva generación de balastros de arranque rápido modificado, en la cual se desconectan tanto los filamentos de calentamiento como el capacitor de asistencia para el encendido:



Este tipo de sistema presenta todas - las bondades anteriormente descritas y además incrementa ligeramente la vi da útil de las lámparas.

A continuación mostramos un cuadro com- parativo para este tipo de sistemas, in- cluimos unicamente como referencia los datos de sistemas electrónicos.

| PARAMETRO | 40WT12 | 34WT12 | 32W T8 | 32W T8 | 32W T8 | 20W T12 | 17W T8 | 17W T8 | 17W T8 |
|-------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|-----------------|---------------|
| #LAMPARAS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| SISTEMA | TRADI- CIONAL | MODIFI- CADO | TRADI- CIONAL | MODIFI- CADO | ELEC- TRON | TRADI- CIONAL | TRADI- CIONAL | MODIFI- CADO | ELEC- TRON |
| POT.CONSUMO | 93 | 73 | 75 | 63 | 61 | 53 | 44 | 39 | 34 |
| F.B. | 92.3 | 98.4 | 98 | 85 | 95 | 85 | 95 | 95 | 98 |
| FLUJO TOTAL | 5,698 | 5,641 | 5,858 | 5,081 | 5,679 | 2,099 | 2,606 | 2,606 | 2,688 |
| FLUJO/ CONSUMO | 61.3 | 77.27 | 78.11 | 80.65 | 93.1 | 47.7 | 59.2 | 66.82 | 79 |
| AHORRO W | // / | 20 | 18 | 30 | 32 | // / | 9 | 14 | 19 |
| AHORRO % | // / | 21.5 | 19.4 | 32.25 | 34.4 | // / | 16.9 | 26.4 | 35.8 |

XVI SEMINARIO NACIONAL USO RACIONAL DE LA ENERGIA

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

MANUFACTURERA DE REACTORES SA

ELECTRONICOS BAJA FREC.

OBJETIVOS:

DEFINICIONES.

SISTEMAS DE ARRANQUE RAPIDO

SISTEMAS DE ARRANQUE INSTANTANEO

RESUMEN DE SISTEMAS FLUORESCENTES

EL FUTURO: SISTEMAS PARA LAMPARAS HID

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

DEFINICIONES:

Cuando hablamos de balastros ELECTRONICOS comunmente pensamos en balastros que operan las LAMPARAS a frecuencias de 20 KHz o mas. A este tipo de balastro se le denomina:

BALASTRO ELECTRONICO DE ALTA FRECUENCIA.

El operar las lamparas fluorescentes a estas frecuencias permite obtener una eficacia mayor. (EFICACIA es la razon de la luz emitida a la potencia aplicada lm/watt).

Esto es, podemos operar una lampara fluorescente a una frec. cercana a los 20 KHz, a una potencia menor a la potencia a la que opera a 60Hz y aun as obtener el mismo flujo luminoso.

Un balastro que opera las lamaparas a frecuencia de red, pero cuenta con un dispositivo ELECTRTONICO que tipicamente opera durante el encendido de las lamparas se denomina:

BALASTRO ELECTRONICO DE BAJA FRECUENICA.

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

Los balastros electronicos de baja frecuencia, son el ultimo desarrollo de la tecnologia en balastros HIBRIDOS.

Los balastros HIBRIDOS reciben su nombre de su construccion: estan contruidos con una parte ELECTROMAGNETICA y una parte ELECTRONICA.

De manera similar los balastros ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA tienen una parte ELECTRONICA y una parte ELECTROMAGNETICA.

Esta tecnologia conduce a un uso mas eficiente de la energia, se construyen balastros ELECTRONICOS EN BAJA FRECUENCIA con eficiencia cercana a los balastros ELECTRONICOS EN ALTA FRECUENCIA.

Es importante el asegurar que los balastros que se emplean cumplan los requerimientos de el fabricante de lamparas, asi como con los requerimientos nacionales en materia de instalaciones.

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES:

AHORRAN ENERGIA ELECTRICA

COSTO MENOR A EL DE LOS BALASTROS EN ALTA FRECUENCIA

EFICIENCIA CERCANA A LOS BALASTROS EN ALTA FRECUENCIA

MAYOR RELACION COSTO BENEFICIO

MENOR TEMPERATURA DE OPERACION

ALTA CONFIABILIDAD AUN EN CONDICIONES EXTREMAS

CONEXION SIMILAR A LA CONVENCIONAL

TERMOPROTEGIDOS

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

SISTEMAS DE ARRANQUE RAPIDO

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

SISTEMA DE ARRANQUE RAPIDO

CALENTAMIENTO DE CATODOS DE LAMPARA EN ARRANQUE

DESCONEXION DE CALENTAMIENTO DE CATODOS EN OPERACION

AHORRO DE ENRGIA DE 25% CON RESPECTO A COMERCIAL.

TEMPERATURA DE OPERACION INFERIOR A 50 C

NO APORTA ARMONICAS ADICIONALES.

ALTA CONFIABILIDAD.

ALTO FACTOR DE POTENCIA

LARGA VIDA UTIL.

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTRO ELECTRONICO DE BAJA FRECUENCIA.

| PARAMETRO | E.MAGNE | ELECT BF | ELECT AF |
|--------------|---------|----------|----------|
| CONSUMO | 75 | 63 | 61 |
| F.B | 98 | 85 | 85 |
| FLUJO Im | 5858 | 5081 | 50.81 |
| Im/consumo | 78.11 | 80.65 | 93.29 |
| AHORRO WATTS | | 12 | 14 |
| AHORRO % | | 16 | 18.66 |
| BEF | 1.307 | 1.349 | 1.393 |

SISTEMA: 2 LAMPARAS 32W, T8, ARRANQUE RAPIDO BAJA FREC.
MANUFACTURERA DE REACTORES SA

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

SISTEMAS DE ARRANQUE INSTANTANEO

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

ARRANQUE INSTANTANEO.

NO UTILIZA LA TERCER BOBINA PARA EL ARRANQUE

EN SU LUGAR UTILIZA UN DISPOSITIVO ELECTRONICO.

AHORRO EN EL CONSUMO DE UN 25%

TEMPERATURA DE OPERACION MAXIMA DE 50 C

ALTA CONFIABILIDAD.

MEJOR PESO

MEJORES DIMENSIONES

LARGA VIDA UTIL

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

BALASTROS ELECTRONICOS DE BAJA FRECUENCIA

| PARAMETRO | E.MAGNE | ELEC BF | ELEC AF |
|--------------|---------|---------|-------------|
| CONSUMO | 78 | 68 | 65 |
| F.B. | 95 | 95 | 95 |
| SALIDA WATTS | 30.4 | 30.4 | 30.4 |
| AHORRO WATTS | | 10 | 13 |
| AHORRO % | | 12.82 | 16.66716.66 |
| BEF | 1.218 | 1.397 | 1.4615 |

SISTEMA DOS LAMPARAS 32 WATTS T12 ARR. INSTANTANEO
MANUFACTURERA DE REACTORES SA

BALASTROS ELECTRONICOS

BAJA FRECUENCIA

| DATO | E.MAGN | E.BAJA F | E.ALTA F |
|----------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| TENSION | | | |
| CONSUMO | | | |
| FP | | | |
| FB | | | |
| BEF | | | |
| TEMPERATURA | | | |
| CONFIABILIDAD | | | |
| PRECIO | | | |

MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95

BALASTROS ELECTRONICOS BAJA FRECUENCIA

EL FUTURO:

**BALASTROS ELECTRONICOS EN BAJA
FRECUENCIA PARA LAMPARAS HID**

SDOIO ALTA PRESION Y ADITIVOS METALICOS

**MANUFACTURERA DE REACTORES SA
ATPAE 95**

... ..

... ..

... ..

-
-
-
-
-

... ..

... ..

... ..

... ..

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK DURING THE YEAR 1958

The work of the Commission during the year 1958 has been devoted to the study of the various aspects of the problem of the development of the economy of the Community. The Commission has held a number of meetings with the Governments of the Member States and has also held a number of meetings with the Council of Ministers. The Commission has also held a number of meetings with the various bodies of the Community.

1. INTRODUCTION

The Commission has been very fortunate to have had a number of meetings with the Governments of the Member States and with the Council of Ministers. These meetings have been very fruitful and have enabled the Commission to gain a better understanding of the various aspects of the problem of the development of the economy of the Community. The Commission has also held a number of meetings with the various bodies of the Community.

2. THE PROGRESS OF THE WORK DURING THE YEAR 1958

The Commission has been very fortunate to have had a number of meetings with the Governments of the Member States and with the Council of Ministers. These meetings have been very fruitful and have enabled the Commission to gain a better understanding of the various aspects of the problem of the development of the economy of the Community. The Commission has also held a number of meetings with the various bodies of the Community.

THE COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

ANEXO DE ENFOQUE

ENERGÍA 1992

El objetivo principal de este estudio es
definir los aspectos más importantes de

las dimensiones y condiciones de
la energía eléctrica.

Las características de la fuente
de energía y de sus usos son también
aspectos importantes que se han
de considerar como de:

energía
eléctrica

energía

de los recursos naturales de los
países que se están estudiando y sus

En consecuencia en este trabajo
se han considerado los puntos más
importantes de los aspectos más

energía eléctrica en los países

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

5712 S. UNIVERSITY AVE.

CHICAGO, ILL. 60637

TEL: 773-936-3700

FAX: 773-936-3701

WWW.PHYSICS.UCHICAGO.EDU

WWW.PHYSICS.UCHICAGO.EDU

WWW.PHYSICS.UCHICAGO.EDU

PHYSICS DEPARTMENT

5712 S. UNIVERSITY AVE.

CHICAGO, ILL. 60637

TEL: 773-936-3700

FAX: 773-936-3701

WWW.PHYSICS.UCHICAGO.EDU

WWW.PHYSICS.UCHICAGO.EDU

WWW.PHYSICS.UCHICAGO.EDU

PHYSICS DEPARTMENT

5712 S. UNIVERSITY AVE. CHICAGO, ILL. 60637

ANNUAL REPORT

PERIOD 1950

| ITEM NO | VALUE |
|---------|-------|
| 1. ... | ... |
| 2. ... | ... |
| 3. ... | ... |
| 4. ... | ... |
| 5. ... | ... |
| 6. ... | ... |
| 7. ... | ... |
| 8. ... | ... |
| 9. ... | ... |
| 10. ... | ... |
| 11. ... | ... |
| 12. ... | ... |
| 13. ... | ... |
| 14. ... | ... |
| 15. ... | ... |
| 16. ... | ... |
| 17. ... | ... |
| 18. ... | ... |
| 19. ... | ... |
| 20. ... | ... |
| 21. ... | ... |
| 22. ... | ... |
| 23. ... | ... |
| 24. ... | ... |
| 25. ... | ... |
| 26. ... | ... |
| 27. ... | ... |
| 28. ... | ... |
| 29. ... | ... |
| 30. ... | ... |
| 31. ... | ... |
| 32. ... | ... |
| 33. ... | ... |
| 34. ... | ... |
| 35. ... | ... |
| 36. ... | ... |
| 37. ... | ... |
| 38. ... | ... |
| 39. ... | ... |
| 40. ... | ... |
| 41. ... | ... |
| 42. ... | ... |
| 43. ... | ... |
| 44. ... | ... |
| 45. ... | ... |
| 46. ... | ... |
| 47. ... | ... |
| 48. ... | ... |
| 49. ... | ... |
| 50. ... | ... |

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

| PARAMETRO | VALOR |
|--------------------------|------------------|
| TIPO DE LAMPARA | RAPIDO T8 32W |
| CONSUMO DE LAMP, BALA | 77 WATTS(2LAMPS) |
| FLUJO LUMINOSO | 2,850 LUMENS |
| C.R.I. | 85% |
| COLOR | 3,000'K |
| #LAMPARAS | 6 |
| FLUJO TOTAL | 17,100 LUMENS |
| CONSUMO TOTAL | 231WATTS |
| AHORRO | 769 WATTS |
| SALIDA RELATIVA | +15.5% |

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

| PARAMETRO | VALOR |
|--------------------------|------------------|
| TIPO DE LAMPARA | FL.COMPACTO 36W |
| CONSUMO DE LAMP, BALA | 80 WATTS(2LAMPS) |
| FLUJO LUMINOSO | 2,900 LUMENS |
| C.R.I. | 82% |
| COLOR | 2,700'K |
| #LAMPARAS | 6 |
| FLUJO TOTAL | 17,400 LUMENS |
| CONSUMO TOTAL | 240WATTS |
| AHORRO | 760 WATTS |
| SALIDA RELATIVA | +17.6 |

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

| PARAMETRO | VALOR |
|--------------------------|--------------------|
| TIPO DE LAMPARA | INSTANTANEO 60W |
| CONSUMO DE LAMP, BALA | ELEC. 110W(2LAMPS) |
| FLUJO LUMINOSO | 5,850 LUMENS |
| C.R.I. | >90% |
| COLOR | 5,000'K |
| #LAMPARAS | 4 |
| FLUJO TOTAL | 23,400 LUMENS |
| CONSUMO TOTAL | 220WATTS |
| AHORRO | 780 WATTS |
| SALIDA RELATIVA | +58.1% |

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

| PARAMETRO | VALOR |
|--------------------------|----------------|
| TIPO DE LAMPARA | ADITIVOS-0.70W |
| CONSUMO DE LAMP, BALA | 98W |
| FLUJO LUMINOSO | 5,500 LUMENS |
| C.R.I. | 94% |
| COLOR | 4,200'K |
| #LAMPARAS | 3 |
| FLUJO TOTAL | 16,500 LUMENS |
| CONSUMO TOTAL | 294WATTS |
| AHORRO | 706 WATTS |
| SALIDA RELATIVA | +11.49% |

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

A partir de los datos anteriores se puede formar un criterio respecto al cual de los sistemas propuestos es el más adecuado. Siempre quedará esto condicionado al usuario, pues cada proyecto es para un trabajo visual diferente, este ejemplo simplemente nos ha puesto en contacto con las alternativas disponibles a nivel nacional. Para concretar nuestro análisis, definamos un número como el índice de rendimiento, el cual lo calcularemos como la salida de luz expresada en porcentaje, con respecto a el sistema inicial por los watts de ahorro. Cuanto mayor sea este índice, cuanto mayor eficiente es el sistema. Esto es el sistema con mayor índice es el que emplea de manera más eficiente la energía.

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

| SISTEMA | AHORRO | SALIDA | INDICE |
|----------------|--------|---------|--------------|
| INCANDESCENTE | | 100% | (REFERENCIA) |
| FL.COMP 13W | 760W | 97.3% | 739.48 |
| FL INS. 32W | 793W | 97.3% | 771.58 |
| FL RAP. 34W | 769W | 116.8% | 898.19 |
| FL RAP.32 W | 769W | 115.54% | 888.5 |
| FL. COMP 36W | 760W | 117.6% | 893.76 |
| FL.(EI)INS.60W | 780W | 158.1% | 1233.2 |
| HID COMP 70W | 706W | 111.5% | 787.09 |

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

Los números aislados no nos pueden definir por completo cual es la mejor opción, de hecho depende de parámetros no medibles como el uso o el gusto. Si el ejemplo mostrado es para un comercio, la mejor opción será la lámpara de aditivos-M de 70W. Si fuese una escuela u oficina, la lámpara de 36W FL.Compacto será la opción, si se tratase de una bodega o taller de uso intermitente, la mejor decisión es el fluorescente de 60W con balastro electrónico y así.

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

AHORRO DE ENERGIA

MERIDA 1993

DEFINIMOS LA EFICIENCIA DE UNA LAMPARA COMO LA CAPACIDAD DE CONVERTIR LA ENERGIA ELECTRICA EN LUZ.

EFICACIA: LUMENS (PRODUCIDOS) / WATTS (APLICADOS)
DESDE ESTE PUNTO DE VISTA, LAS LAMPARAS QUE TENGAN UNA MAYOR EFICACIA SON LAS LAMPARAS QUE UTILIZAN MAS EFICIENTEMENTE LA ENERGIA. SIN EMBARGO AL IGUAL QUE EN EL CASO ANTERIOR, SE REQUIERE TAMBIEN LOS DATOS DEL BALASTRO Y DE EL LUMINARIO A EMPLEAR, ASI COMO SU APLICACION, EL TIPO DE USUARIO Y EL TRABAJO VISUAL A EFECTUAR. NO ES LA MISMA DEMANDA DE ILUMINACION PARA UNA VIA RAPIDA QUE PARA UNA FACHADA DE UN EDIFICIO A RESALTAR.

MANUFACTURERA DE RECTORES S.A.

ATPAE XIII

OBJETIVO:

**ENTRAR EN CONTACTO CON LAMPARAS DE
ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA, CON ALTO
RENDIMIENTO DE COLOR, PARA PONER EN
PERSPECTIVA SU USO EN EL ALUMBRADO
COMERCIAL.**

**ALUMBRADO EFICIENTE CON LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE
DESCARGA Y ALTO RENDIMIENRTO DE COLOR.**

ATPAE XIII

PARAMETROS A CONSIDERAR:

- **FLUJO LUMINOSO**
- **EFICACIA**
- **RENDIMIENTO DE COLOR**
- **TEMPERATURA DE COLOR**

ATPAE XIII

FLUJO LUMINOSO

**A LA ENERGIA RADIANTE DE UNA FUENTE DE
LUZ QUE PRODUCE UNA SENSACION
LUMINOSA SE LE DENOMINA FLUJO
LUMINOSO.**

(SU UNIDAD ES EL LUMEN)

ATPAE XIII

LUMEN:

UN LUMEN ES EL FLUJO LUMINOSOS DE LA
RADIACION MONOCROMATICA DE $540 \cdot 10^{12}$
HZ CON UN FLUJO DE ENERGIA RADIANTE DE
 $1/683$ W

ATPAE XIII

EFICACIA:

ES EL RENDIMIENTO LUMINOSO DE UNA FUENTE, EXPRESADO COMO EL COCIENTE DEL FLUJO LUMINOSOS GENERADO POR LA FUENTE A LA ENERGIA APLICADA A ESTA.

(SUS UNIDADES SON LUMENS/WATT)

ATPAE XIII

APARIENCIA O CROMATICIDAD:

DIAGRAMA DE CROMATICIDAD

TEMPERATURA DE COLOR.

ATPAE XIII

RENDIMIENTO DE COLOR:

**“CRI” PARAMETRO DESARROLLADO POR
LA CIE (COMMISSION INTERNATIONALE
DE L’ECLAIRAGE)
EL METODO EMPLEA UNA ESCALA DE
100, EXPRESA LA HABILIDAD DE
REPRODUCIR COLOR.**

ATPAE XIII

| LAMPARA | BALASTRO | FLUJO | EFICACIA |
|----------------|------------|---------------|---------------|
| 100W MT | AX100Q127 | 5,600 LUMENS | 56 LUM/WATT |
| 70W MT | AX70Q127 | 5,000 LUMENS | 66.7 LUM/WATT |
| 150W MT 3.2K | AX150Q127 | 13,000 LUMENS | 86.7 LUM/WATT |
| 150W MT 4.3K | AX150Q127 | 11,250 LUMENS | 75 LUM/WATT |
| 150 W HPS | AX150LU127 | 15,000 LUMENS | 100 LUM/WATT |
| 150 HPS NUEVO | AX150LU127 | 15,000 LUMENS | 100 LUM/WATT |
| 150 HPS BLANCO | | 2,500 LUMENS | 50 LUM/WATT |
| ULTR.04324 | 260IE127 | 5,900 LUMENS | 98.3 LUM/WATT |

ATPAE XIII

| LAMPARA | BALASTRO | CRI | TEM 'K |
|----------------|---------------|-----|----------|
| 100 MT | 43.1 LUM/WATT | 75 | 3,200'K |
| 70 MT | 56.2 LUM/WATT | 65 | 3,000'K |
| 150 MT 3.2'K | 66.3 LUM/WATT | 65 | 3,200'K |
| 150 MT 4.3'K | 57.4 LUM/WATT | 79 | 4,300'K |
| 150 HPS | 76.5 LUM/WATT | 21 | 2,000'K |
| 150 HPS NUEVO | 76.5 LUM/WATT | 65 | 2,200'K |
| 150 HPS BLANCO | 43.1 LUM/WATT | 82 | 2,500'K |
| ULTR.04324 | 97.3 LUM/WATT | | 4,100 'K |

ATPAE XIII

| LAMPARA | TEM 'K | CRI |
|--------------------|--------------|-----|
| MERCURIO | 3000-7000 'K | 75 |
| METALARC | 3200-4200 'K | 65 |
| SODIO ALTA PRESION | | 65 |
| TRADICIONAL | 1900-2000 'K | 79 |
| COLOR CORREGIDO | 2000-2300 'K | 21 |
| SODIO BLANCO | 2600-2700 'K | 65 |



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMAS:

BALASTROS

**ING. ERNESTO MENDOZA E.
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

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 balastos para lámpara fluorescentes de arranque rápido, también se encarga de suministrar la tensión para calentamiento de cátodos".

Los balastos 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.

1.- BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

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

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.

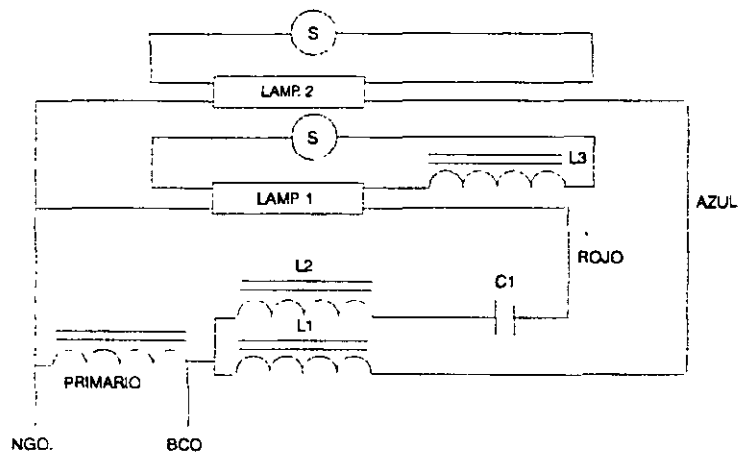
Este circuito es de bajo factor de potencia, pero al igual que en el reactor serie, es posible hacer la corrección mediante un capacitor de valor adecuado.

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.



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 balastos 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 sola lámpara con factor de potencia corregido.

2) ATRAS-ADELANTE (SECUENCIA SERIE).

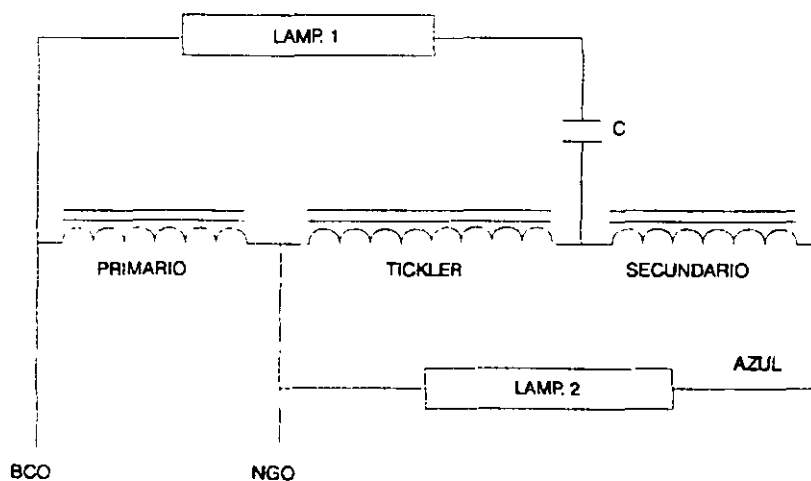
En este circuito las lámparas encienden siguiendo un orden prefijado. Primero se efectúa el encendido de una de las lámparas aplicando tensión y corriente

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.



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 aterizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque. Los circuitos más usados para este encendido son:

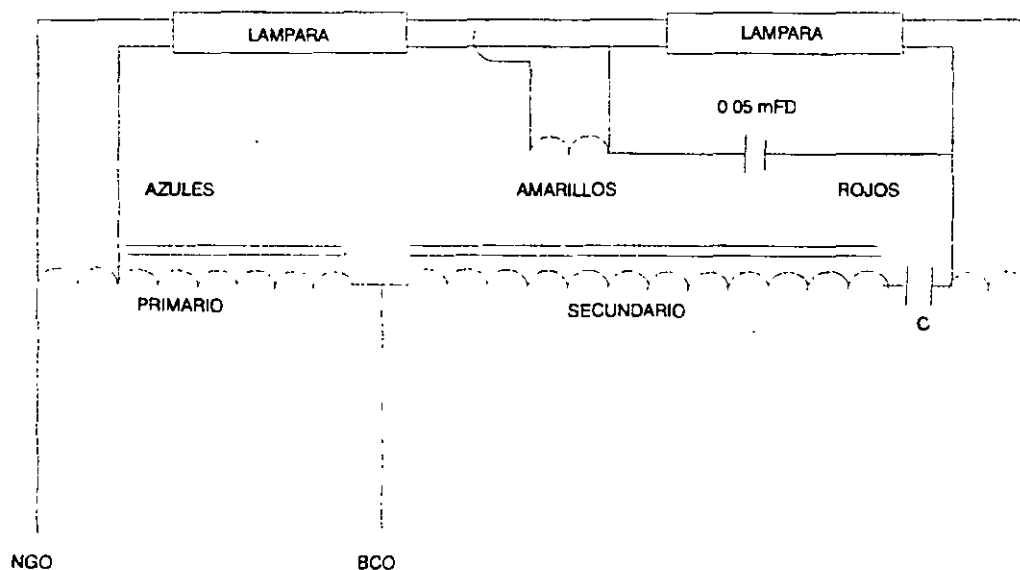
a) AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.

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 arrancarí­a 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 aterrizar el reflector, la limitación para instalar los balastos remotos y los falsos contactos en las bases principalmente.

1.1.- BALASTROS HIBRIDOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

En general se puede decir que los balastros 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 balastros 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 balastros 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.

1.2.- 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.

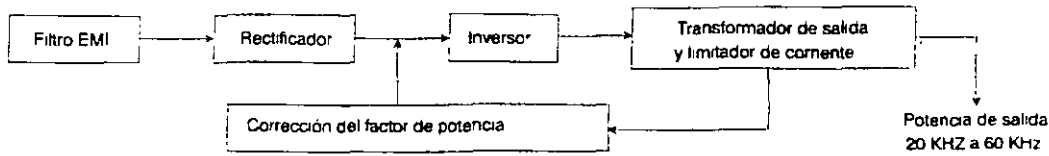
Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Por trabajar a temperaturas menores que los normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que 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.

1.3.- BALASTROS ELECTRONICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

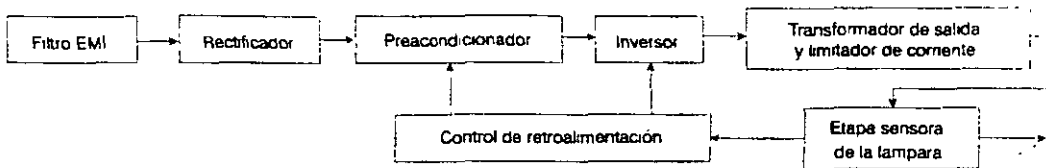
Son balastros de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (típicamente de 4 a 6 watts), ayudando a

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.

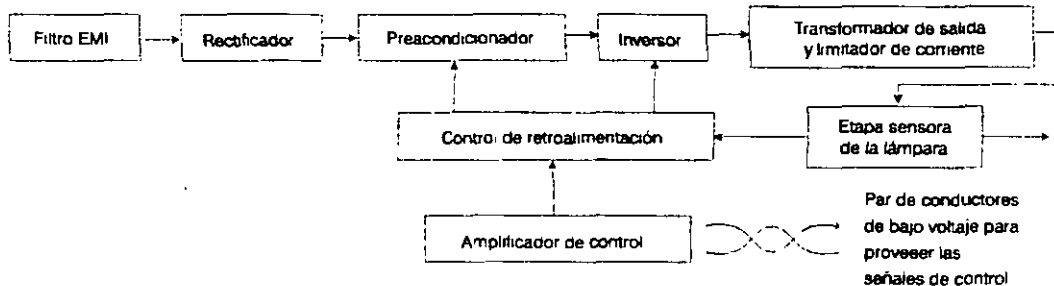
Balastro electrónico discreto.



Balastro electrónico con circuito integrado.



Balastro electrónico con circuito controlador integrado



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

Como referencia se recomienda consultar la "Guía de Adquisición de Equipo Eficiente: Balastros", desarrollada por el Grupo de Consulta de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE).

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 voltaje 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:

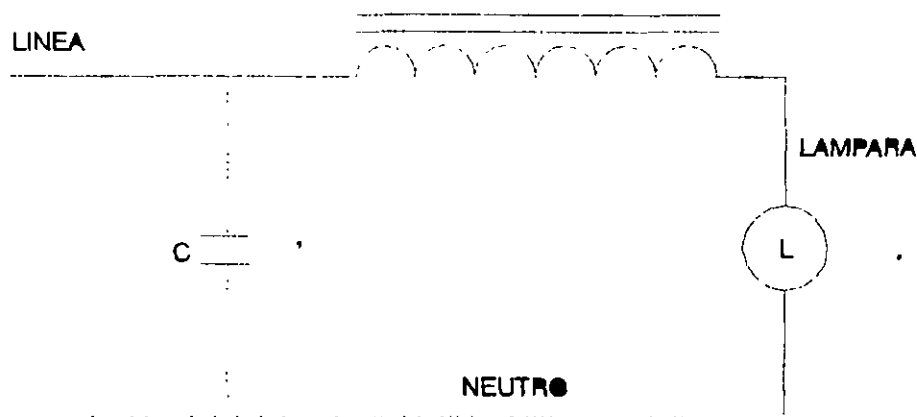
- a) Reactor Serie
- b) Autotransformador Alta Reactancia
- c) Autotransformador Autorregulado
- d) Potencia Constante

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%).

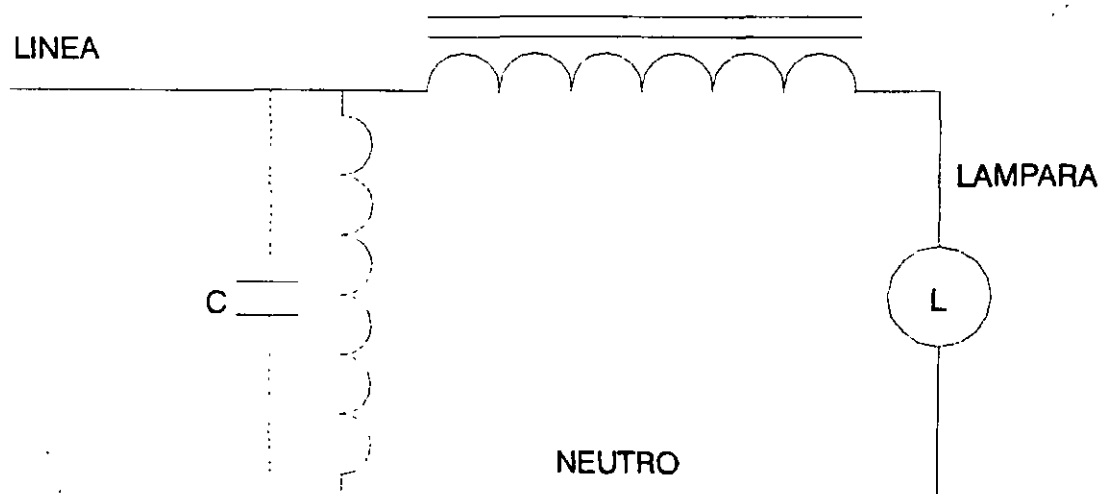
Por su simplicidad de construcción es el balastro más pequeño, más barato, más ligero y más eficiente a tensión nominal. Sin embargo, su regulación deja mucho que desear $\pm 5\%$ de variación en la tensión de línea provoca $\pm 12\%$ en la potencia de lámpara, lo que repercute en la vida de ésta última 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.

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 sola 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.



2.c.- AUTRANSFORMADOR AUTORREGULADO (CWA).

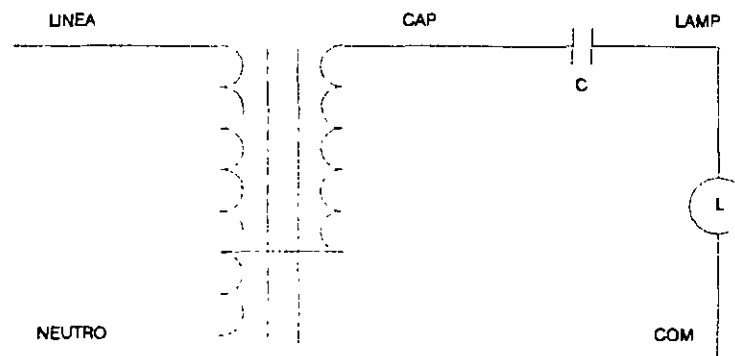
El balastro autotransformador autorregulado combina un transformador y una bobina de choke en un sólo núcleo, lo que disminuye el tamaño y costo, aumentando la eficiencia. El circuito magnético está diseñado de modo que sólo parte del flujo magnético del primario enlaza al secundario; el resto del flujo 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.



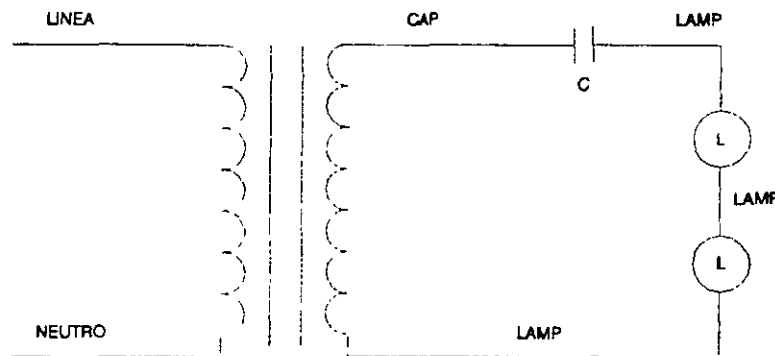
2.c.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (CW).

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 esto el secundario se convierte en una fuente regulada de amperaje, prácticamente insensible a los cambios de voltaje de la línea de alimentación en un amplio rango: $\pm 13\%$ en la tensión de línea repercute en $\pm 3\%$ de la potencia de 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.



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.

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.

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 balastos para lámparas de VSAP cuentan con un circuito electrónico auxiliar que genera pulsos de tensión elevada (2500 - 3500 volts) durante el periodo de encendido. Este dispositivo llamado IGNITOR es de estado sólido y se polariza a través de uno de los devanados del balastro. Los circuitos disponibles para estas lámparas pueden ser de los 4 tipos mencionados, con algunas variantes:

- a) Circuitos Atrasados.- Como el reactor serie común
- b) Alta Reactancia.- Equivalente a los tipos mencionados
- c) Autotransformador Adelantado Regulado.- Es similar a los circuitos para VMAP, pero cuenta con entrehierros especiales para generar una mayor reactancia de dispersión
- c) Atrasado Regulado.- Es similar en comportamiento al CW para VMAP, pero su circuito es un transformador de tres devanados: el primero sirve para alimentar al

balastro, el segundo es un secundario auxiliar que incluye al capacitor y actúa junto al primario para regular el voltaje del tercer devanado, el cual se conecta en serie con la lámpara funcionando como un choke.

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.

2.h.- BALASTROS DE BAJAS PERDIDAS PARA LAMPARAS DE HID.

Al igual que en el caso de los balastos fluorescentes, existen balastos 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.

PARAMETROS A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES

Se ha establecido una hoja para cada tipo de balastro, en la que se consignan los parámetros a considerar de acuerdo con el número y potencia de lámparas, así como la calidad del balastro.

Los parámetros se han clasificado en dos categorías: los obligatorios y los deseables.

REQUISITOS OBLIGATORIOS.

- A1.- Protección térmica.- No es un parámetro para ahorrar energía, pero sí es fundamental para incrementar la seguridad en las instalaciones eléctricas. En balastros electromagnéticos y en los híbridos se logra por medio de un protector sensible a la temperatura de los devanados y a la magnitud de la corriente. En algunos balastros electrónicos se usa un fusible, con el inconveniente de que no se autorrepone. En balastros electrónicos de calidad superior la protección se hace por medio de semiconductores y se le llama protección inherente. En general, a los balastros termoprotegidos se les conoce como clase "P".
- A2.- Clasificación de Sonido.- De acuerdo con su construcción y principio de funcionamiento, todos los balastros producen sonido audible. Se han clasificado en 6 categorías, que van desde la "A" hasta la "F", siendo "A" la más silenciosa (20 a 24 db) y "F" la de mayor ruido (más de 49 db). En inmuebles, el sonido excesivo puede causar dolor de cabeza, fatiga prematura y bajo rendimiento de los usuarios.
- A3.- Voltaje de Alimentación Elevado.- Un sobrevoltaje en balastros puede causar falla prematura de lámparas y balastros, además de un consumo excesivo de energía. Mientras mayor sobretensión sea capaz de soportar el balastro, mejor.
- A4.- Voltaje de Alimentación Reducido.- Un voltaje de alimentación al balastro menor del nominal puede causar incertidumbre en el encendido de las lámparas, sobre todo en condiciones de baja temperatura. Mientras más bajo sea el voltaje aceptado por el balastro sin arriesgar el encendido de las lámparas, mejor.

- A5,A6.-La regulación en un balastro establece la variación de la luz producida por las lámparas (dada en porciento) debida a una variación en el voltaje de alimentación (también expresado en porciento). Una regulación perfecta significa luz constante a pesar de las variaciones de voltaje.
- A7.- Distorsión Armónica Total (THD).- Se expresa en porciento con respecto a la onda fundamental y puede darse en voltaje, corriente ó potencia. Un THD alto produce exceso de corriente en el neutro de los sistemas trifásicos, elevación de pérdidas en cables y transformadores, etc. Mientras más bajo sea su valor, mejor.
- A8.- Distorsión de Tercera Armónica.- La tercera armónica tiene una frecuencia triple de la fundamental (180 Hz) y en edificios se considera la más dañina. Un balastro puede tener un THD bajo, pero con tercera armónica alta. Por lo tanto, mientras más baja esta armónica mejor.
- A9.- Factor de Cresta en Corriente.- Es la relación entre el pico y el rms de una onda. Cuando el factor de cresta se eleva, la vida de la lámpara se reduce. El óptimo es igual ó menor a 1.4142, pero en lámparas de encendido rápido el máximo permitido es 1.7 y en instantáneo 1.85.
- A10.- Frecuencia Nominal de Alimentación.- En algunos tipos de balastros la frecuencia de alimentación modifica las características de los circuitos y el desempeño del balastro. En México la frecuencia única es 60 Hz, por lo que los balastros deben estar diseñados para operar a esta frecuencia.
- A11.- Calentamiento Continuo de Cátodos.- En lámparas de encendido rápido se aplica un pequeño voltaje para calentar los cátodos durante toda la operación de la lámpara. Una reducción ó una interrupción en el calentamiento disminuye la vida de la lámpara y causa problemas en el encendido.
- A12.- Frecuencia de Operación en las Lámparas.- Los balastros electrónicos generalmente operan en alta frecuencia, mejorando la eficiencia de las lámparas fluorescentes. Frecuencias demasiado altas pueden producir interferencia electromagnética e interferencia de radio (EMI y RFI).
- A13.- Factor de Potencia.- Los balastros pueden influir en la producción de un bajo factor de potencia general, con las consiguientes altas corrientes en la instalación. CFE y LyF penalizan a los usuarios con bajo factor de

potencia. Mientras más cercano a la unidad sea el factor de potencia de un balastro, mucho mejor.

- A14.- Voltaje de Circuito Abierto (OCV).- Para que una lámpara fluorescente encienda, se requiere que el balastro le aplique un voltaje lo suficientemente alto para iniciar el arco en el tubo. Un voltaje bajo dificulta el encendido.
- A15.- Sin resina o cápsula.- Algunos fabricantes de balastros electrónicos del tipo discreto (con componentes visibles) encapsulan a sus balastros con resina o algún compuesto equivalente para protegerlo de la humedad, efecto de punta y otros agentes perjudiciales, por lo que el peso total del balastro se incrementa, lo que puede causar un error al confundirlos con balastros electromagnéticos.
- A16 - Sin contenido de Askareles (PCB's).- Los capacitores usados en los balastros usan un dieléctrico, que puede ser askarel ó un compuesto similar. El askarel es no biodegradable y causa daños serios a la salud y al medio ambiente. Se debe evitar absolutamente su uso.
- A17.- Potencia Total a Voltaje de Línea.- Es la potencia total demanda por el balastro y su(s) lámparas(s), asumiendo voltaje nominal constante. Para ahorro de energía es un parámetro fundamental.
- A18- Corriente de Línea.- Dependiendo del número y potencia de lámparas, de su eficiencia y del factor de potencia, cada balastro demanda ciertos amperes (ó miliamperes). Es un valor a considerar para el dimensionamiento de la instalación y su protección. Cuando un balastro se energiza, se puede producir momentáneamente una alta corriente mayor a la nominal (corriente de inrush).
- A19.- Factor de Balastro (FB).- Para balastros de encendido rápido es el relación entre la luz producida por un balastro comercial y la luz producida por las mismas lámparas operadas por un balastro patrón ó de laboratorio. Para encendido instantáneo es la misma relación, pero se sustituye a la luz por la potencia de las lámparas en cuestión. Se expresa generalmente en porciento, aunque para fines de cálculo de otros parámetros puede expresarse en por unidad y la información se obtiene del fabricante. Un factor de balastro bajo causa reducción en los niveles de iluminación.
- A20.- Factor de Eficacia de Balastro (FEB).- Es la relación entre el factor de balastro en porciento y los watts totales demandados por el conjunto

lámpara(s)-balastro. Se establece un valor mínimo para cada tipo de balastro y depende del número y potencia de las lámparas. Mientras más alto, mejor.

- A21.- Eficacia a Voltaje Nominal.- Es la relación entre los lúmenes totales producidos por el conjunto lámpara-balastro y los watts totales, asumiendo voltaje constante). El flujo luminoso para cada lámpara se considera como sigue: 1,400 lm para 17w T8, 3,050 lm para 32w T8 y 6,000 lm para 59w T8. La eficacia se expresa en lúmenes por watt (lm/w) y mientras más alta, mejor.
- A22.- Eficiencia a Voltaje Nominal.- Es la relación entre los watts entregados por el balastro a las lámparas y los watts demandados por el conjunto lámpara-balastro. Se multiplica por 100 para expresarla en por ciento y mientras más alta mejor, no pudiendo nunca llegar a 100.
- A23.- Sello FIDE.- Es un estricto sistema de certificación implementado por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) para verificar que equipos eléctricos como motores, sensores de presencia, balastos, lámparas, etc. cumplen con los requisitos para ser considerados como ahorradores de energía.
- A24.- Sello NOM / ANCE.- Las normas nacionales establecen que todos los materiales y equipos usados en las instalaciones eléctricas deben presentar el sello NOM, con objeto de garantizar la seguridad de los usuarios. En EEUU se usa el sello UL y en Canadá el CSA.
- A25.- Diagrama de Conexiones.- Dado que se tiene un sinnúmero de alternativas de circuitos y tipos de balastos, las formas de conectar a las lámparas es diversa, por lo que es un requisito indispensable que el propio fabricante incluya en la etiqueta el diagrama de conexiones.
- A26.- Garantía Directa del Fabricante.- Los fabricantes garantizan sus balastos en función de la calidad de sus productos, asumiendo una aplicación adecuada. A más garantía, los costos de mantenimiento se reducen, por lo que se justifica una inversión mayor en balastos garantizados por más años.

| | |
|------------|---------------------------------|
| BALASTRO | ELECTRONICO |
| CALIDAD | PREMIUM |
| TENSION | 120 ó 127 v |
| LAMPARAS | T8 32 WATTS ER (RECTA ó EN "U") |
| ENCENDIDO | RAPIDO |
| No. LAMPS. | 2 |
| CIRCUITO | SERIE / PARALELO |

| PARAMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | REQUERIDO | VERSION | | |
|-----------|---|---------------|-------------|----------------|--|
| | | | OBLIGATORIO | FINAL DESEABLE | |
| A1 | PROTECCION INHERENTE | N. A. | Clase "P" | X | |
| A2 | CLASIFICACION DE SONIDO | "A" - "F" | "A" | X | |
| A3 | VOLTAJE DE ALIMENTACION SOBRE EL NOMINAL | % | 20 (Mín) | X | |
| A4 | VOLTAJE DE ALIMENTACION ABAJO DEL NOMINAL | % | 20 (Mín) | X | |
| A5 | REGULACION DE ACUERDO AL PUNTO (3) | % | 2.0 (Máx) | X | |
| A6 | REGULACION DE ACUERDO AL PUNTO (4) | % | 2.0 (Máx) | X | |
| A7 | DISTORSION ARMONICA TOTAL (THD) | % | 10 (Máx) | X | |
| A8 | DISTORSION TERCERA ARMONICA | % | 6 (Máx) | X | |
| A9 | FACTOR DE CRESTA EN CORRIENTE | Adim. | 1.414 (Máx) | X | |
| A10 | FRECUENCIA NOMINAL DE ALIMENTACION | Hz | 60 | X | |
| A11 | CALENTAMIENTO CONTINUO DE CATODOS | N. A. | SI | X | |
| A12 | FRECUENCIA DE OPERACION EN LAMPARAS | KHz | 20 - 80 | X | |
| A13 | FACTOR DE POTENCIA | % | 99.0 (Mín) | X | |
| A14 | VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO | Volts | 390 (Mín) | X | |
| A15 | SIN RESINA O CAPSULA | N. A. | SI | X | |
| A16 | SIN CONTENIDO DE ASKARELES Ó PCB's | N. A. | SI | X | |
| A17 | POTENCIA TOTAL A VOLTAJE NOMINAL | Watts | 61 (Máx) | X | |
| A18 | CORRIENTE DE LINEA | mA | 540 (Máx) | X | |
| A19 | FACTOR DE BALASTRO | % | 85 - 90 | X | |
| A20 | FACTOR DE EFICACIA DE BALASTRO (BEF) | Adim. | 1.35 (Mín) | X | |
| A21 | EFICACIA A VOLTAJE NOMINAL | lm/W | 85 (Mín) | X | |
| A22 | EFICIENCIA A VOLTAJE NOMINAL | % | 91.8 (Mín) | X | |
| A23 | SELLO FIDE | Sello/Certif. | SI | X | |
| A24 | SELLO NOM/ANCE | Sello/Certif. | SI | X | |
| A25 | DIAGRAMA DE CONEXION | Diag. Etq. | SI | X | |
| A26 | GARANTIA DIRECTA DEL FABRICANTE | Años | 5 (Mín) | X | |

| | | | | | |
|-----|--|---------------|-----------|--|---|
| B1 | CÉRTIFICACION UL TIPO 1 EXTERIOR | Sello/Certif. | SI | | X |
| B2 | CERTIFICACION CSA | Sello/Certif. | SI | | X |
| B3 | CERTIFICACION CSA - E | Sello/Certif. | SI | | X |
| B4 | CERTIFICACION IEC 928/929 | Certificado | SI | | X |
| B5 | PROTECCION TRANS. ANSI / IEEE C82.41 CATEGORIA A | Certificado | SI | | X |
| B6 | TEMP. AMB. PARA ENCENDIDO GARANTIZADO | oC | 10 (Mín) | | X |
| B7 | TEMPERATURA EN CAJA | oC | 65 (Máx) | | X |
| B8 | OPERACION CONTINUA CON UNA SOLA LAMPARA* | Diagrama | SI | | X |
| B9 | FLICKER EN LAMPARAS | % | 3.0 (Máx) | | X |
| B10 | CUMPLIMIENTO DE NORMA FCC PARTE 18 CLASE A | Sello/Certif. | SI | | X |
| B11 | CUMPLIMIENTO DE NORMA FCC PARTE 47 CLASE A | Sello/Certif. | SI | | X |
| B12 | PESO TOTAL | (grs) | 800 (Máx) | | X |

* Sólo para circuito paralelo

ALEX RAMIREZ R 17.99



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMAS:

LÁMPARAS INCANDESCENTES

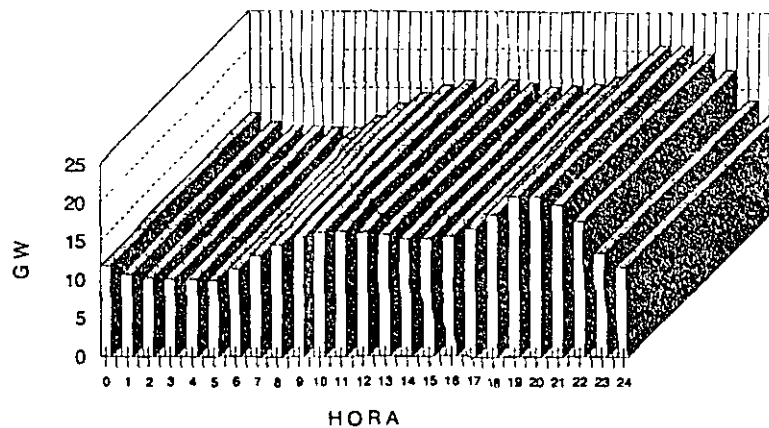
**ING. ALDO PAREDES
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

LAMPARAS INCANDESCENTES

INTRODUCCION.

La luz artificial juega un papel de capital importancia en nuestros días debido a que sin ella no podríamos llevar a cabo actividades nocturnas ni tampoco muchas de las que realizamos durante el día. Sus efectos y beneficios van desde los fundamentales como la sobrevivencia hasta los de importancia secundaria como el confort, pasando por los psicológicos, económicos, sociales, culturales y prácticamente todos los relacionados con las actividades humanas modernas. No es extraño entonces que el 30% de la energía eléctrica total generada en México sea consumida por los sistemas de iluminación.

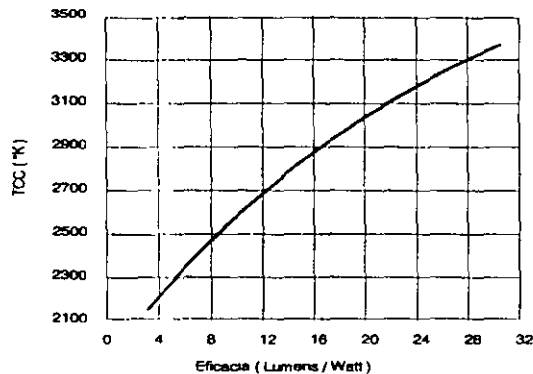
GENERACION HORARIA DURANTE UN DIA LABORABLE
EN EL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL
HASTA EL 16-JUN-1994



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

Aunque son muchos los métodos para producir luz artificialmente, hay uno que domina ampliamente en todo el mundo desde hace más de 100 años: la incandescencia. La lámpara incandescente se compone de un filamento de alambre encerrado en un bombillo ó bulbo relleno de determinado gas ó simplemente al vacío. Al aplicársele voltaje a la lámpara la corriente que circula por el filamento eleva la temperatura de éste hasta el punto de incandescencia, emitiéndose energía radiante en forma de luz y calor. Desafortunadamente, entre el 90 y el 95% de esta energía se disipa al medio en forma de calor por conducción, convección y radiación y un mínimo porcentaje se convierte en luz. Desde este punto de vista, la lámpara incandescente es más eficiente como calefactor ó radiador de calor que como lámpara. A pesar de

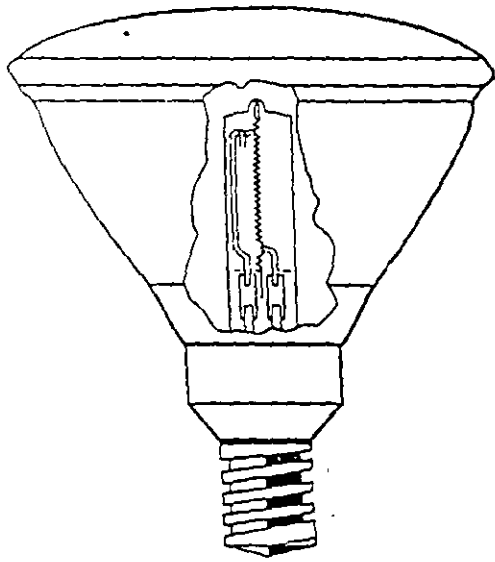
este inconveniente, las incandescentes presentan grandes cualidades como: altísimo rendimiento de color (CRI), agradable aspecto cromático (TCC), no requieren balastro, son muy puntuales, operan con factor de potencia unitario, no producen efecto estroboscópico, son muy baratas y se tiene amplia disponibilidad.



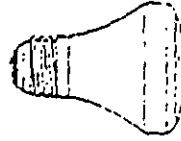
Estas y otras cualidades han hecho que su población se haya incrementado cada año desde 1890 a la fecha al usarse en un sinnúmero de aplicaciones. De hecho, algunos modelos avanzados pueden superar las 20,000 horas de vida nominal, aunque la eficacia es menor que en los modelos normales. En cuestión de eficiencia también hay avances. Las lámparas halógenas a tensión de red y a tensión reducida no sólo producen una luz de máxima calidad sino que existen modelos que permiten ahorros hasta del 40% comparadas con lámparas convencionales. En EE.UU. el National Energy Policy Act estableció las eficacias mínimas para lámparas tipo PAR y R así como la fecha límite para su sustitución.

Hay aplicaciones donde las incandescentes son prácticamente insustituibles, como en la iluminación de pistas de aeropuertos, aplicaciones de fotografía, cine, aplicaciones científicas, joyerías, etc. Las lámparas que se ilustran son de aplicaciones especiales y hasta el momento, no hay posibilidad de sustituirlas por una lámpara de otra familia.

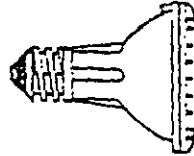
De acuerdo con el análisis de mercado que llevamos a cabo en 1992, se estima que en 1995 la población de lámparas incandescentes A19 en México es de unos 320 millones de unidades en potencias desde 25 hasta 100 watts con precios que varían generalmente entre N\$2.1 y N\$2.8, dominando las potencias de 60 y 100 watts con 30% y 40% respectivamente. El mercado anual nacional es de 190 millones, destinándose 150 millones para el sector residencial.



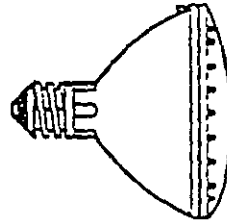
PAR 16



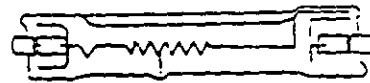
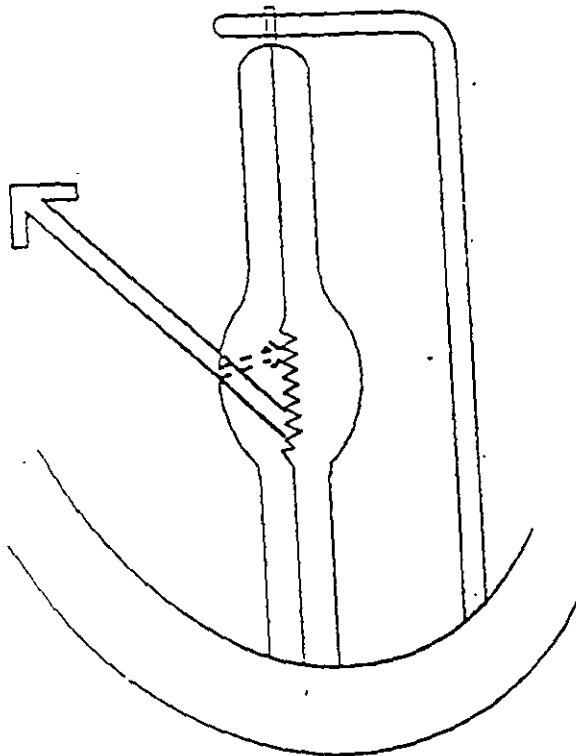
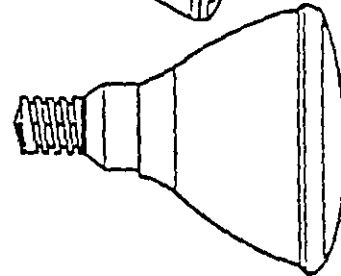
PAR 20



PAR 30



PAR 38



a) Versiones más comunes de Lámparas de Tungsteno-Halógeno

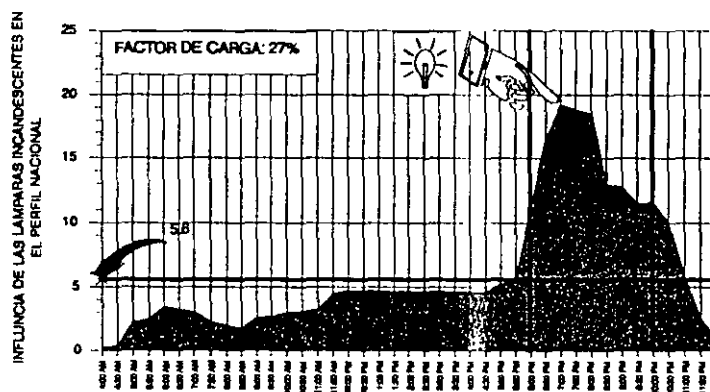
VENTAS ANUALES EN MEXICO (1994)*

| POTENCIA (WATTS) | VENTAS TOT. ANUALES | | VENTAS ANUALES RESIDENCIALES |
|------------------|---------------------|------|------------------------------|
| | LAMPARAS | % | |
| 25 | 8.1 | 4.3 | 6.5 |
| 40 | 19.4 | 10.3 | 15.6 |
| 60 | 57.3 | 30.3 | 45.8 |
| 75 | 28.1 | 14.8 | 22.5 |
| 100 | 76.2 | 40.3 | 61.0 |
| TOTALES | 190 | 100 | 151.4 |

* Estimado sobre la base de 1992.

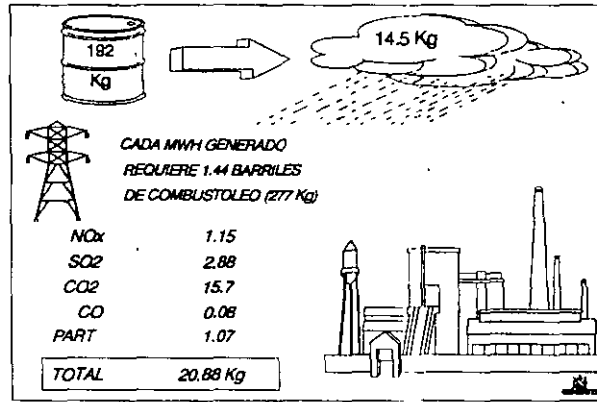
En las casas habitación las cargas dominantes son refrigeradores, lámparas, equipo misceláneo y en su caso, ventiladores ó equipos de aire acondicionado. Las lámparas incandescentes consumen entre el 45% y el 55% de la energía por hogar, dependiendo de las características del usuario y de las condiciones ambientales. Aún no existe en México un estudio formal que permita establecer el perfil de carga de los sistemas de iluminación en el sector residencial en todo el país, pero en registros aislados se ha comprobado que el perfil es muy parecido al presentado en la gráfica anexa, el cual corresponde a la India. Su uso se presenta típicamente entre las 17:00 y las 23:00 horas, incrementándose notablemente entre las 19:00 y las 21:00, dependiendo de la estación del año. Como se observa, mientras el factor de carga es bajo (27%), el factor de coincidencia con el perfil nacional es alto.

PERFIL DE ILUMINACION RESIDENCIAL



El sector residencial en conjunto consume el 21% de la energía total en México, pero dada la marcada influencia de las lámparas incandescentes, impacta en casi 40% el pico nacional, es decir, cerca de 8 GW. Las lámparas incandescentes

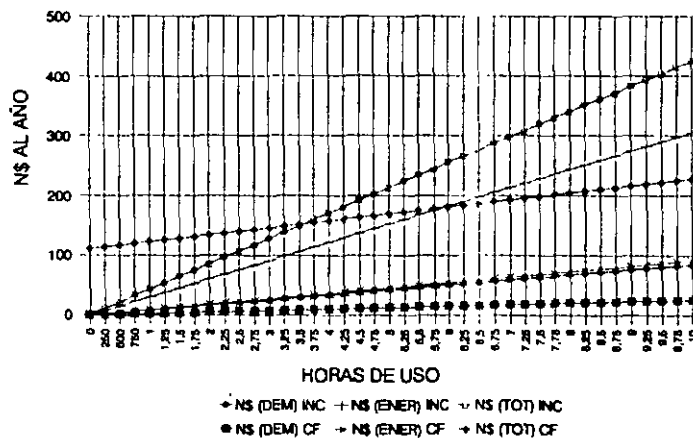
aportan entonces entre 3 y 4 GW al pico (entre 15 y 20% del total). Dado que dos terceras partes de la generación de energía eléctrica en México se realiza con plantas termoeléctricas que consumen recursos energéticos no renovables, que se cotizan a precios internacionales y que son altamente contaminantes, los efectos en la economía y la salud son evidentes (cada barril quemado de combustóleo emite 14 Kg de contaminantes).



Fuente: CFE, 1993

¿Cómo se pueden atenuar los efectos negativos de la aplicación masiva de lámparas incandescentes? Una de las soluciones es sustituirlas por lámparas compacto fluorescente (CFL's). El costo de estas últimas se volvió prohibitivo después de la devaluación de 1994, pero el ajuste de las tarifas y la estabilización del mercado están permitiendo que a través de los estudios técnico-económicos se demuestre que es una inversión rentable invertir en CFL's (dentro de ciertas tarifas y para un determinado número de horas de uso al año). Los tiempos de recuperación de la inversión llegan a ser hasta de 9 meses, lo cual resulta muy atractivo.

ANALISIS COMPARATIVO A19 100W vs CF 26W
TARIFA 3 A NOVIEMBRE DE 1995

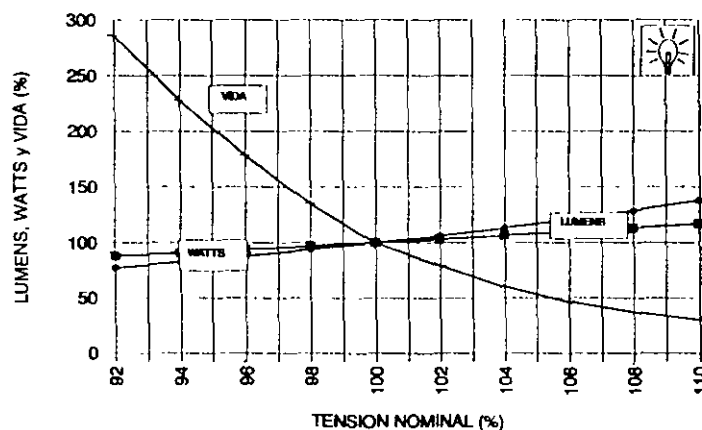


Aunque las CFL's viven de 10 a 13 veces más que las incandescentes y consumen entre 60% y 75% menos energía, la falta de liquidez de los usuarios y la limitada disponibilidad son un serio impedimento para su aplicación en grandes volúmenes.

El exitoso y agresivo programa ILUMEX, llevado a cabo por el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico de CFE (PAESE) y el Fideicomiso de Apoyo a dicho Programa (FIDE) con recursos de la propia CFE, del Banco Mundial y el Gobierno de Noruega está permitiendo la incorporación masiva de CFL's en las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey (más de 1'500,000 lámparas). Sin embargo, aún con este esfuerzo, el impacto en el mercado potencial no llega al 1%. Presentar una alternativa que puede permitir en corto plazo y con inversión mínima, impactar fuertemente al sector eléctrico nacional es el objeto de este artículo. Dado que las lámparas incandescentes se ven seriamente afectadas en su funcionamiento por la tensión, una variación en ésta puede ofrecer grandes beneficios tanto para el usuario, como para los fabricantes, la CFE y la sociedad en su conjunto.

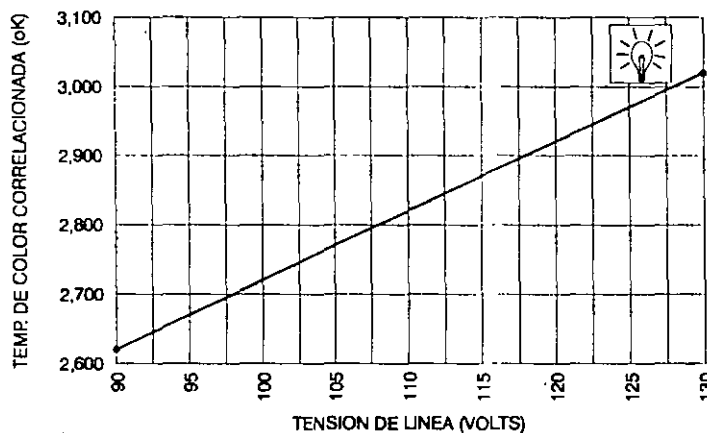
Pruebas de laboratorio indican que la operación de incandescentes a 90% de la tensión nominal reduce el flujo luminoso en 28% y la potencia de la lámpara en 16% promedio. En estas condiciones de tensión la TCC se correría de 2800°K a 2625°K y la vida se incrementaría casi 4 veces. Dado que los niveles de iluminancia en residencias están frecuentemente excedidos (hasta 5 veces superiores a los recomendados), una reducción de 30% en el nivel y un corrimiento de 175°K es casi imperceptible.

FUNCIONAMIENTO DE LAS LAMPARAS INCANDESCENTES EN FUNCION DE LAS VARIACIONES DE VOLTAJE



Pruebas en campo han comprobado una y otra vez el efecto de la tensión en la vida de las lámparas incandescentes. En un importante centro comercial en el norte del país, la instalación de un transformador nos permitió no sólo reducir en un 40% los costos de energía al cambiar de tarifa 3 a OM, sino también impactar el mantenimiento de lámparas R30 y R20. Ajustar la tensión de operación permitió reducir de 36 lámparas muertas en promedio al mes (de enero a junio) a 12.5 lámparas (de julio a octubre), es decir casi triplicar la vida útil.

VARIACION DE LA TCC EN LAMPARAS INCANDESCENTES
EN FUNCION DE LAS VARIACIONES DE VOLTAJE



Dado lo anterior se propone la fabricación exclusiva y el uso obligatorio en México de lámparas incandescentes a 19 de potencias entre 25 y 100 watts a 140 volts ó 110% de la tensión de red".

Los efectos resultantes serían los siguientes:

- Adecuación de niveles de iluminancia a valores aceptables, sin afectar notablemente la TCC, el CRI ó el confort.
- Incremento en la vida de lámpara, con las consiguientes reducciones en costos de mano de obra y reemplazo.
- Reducción en la potencia y el consumo de energía del orden de 16% promedio por cada unidad reemplazada, más los beneficios por reducción de carga térmica.
- Reducción de más de 500 MW en el pico nacional (2.5% del total).

- e) Disminución entre 4.5% y 7% en el consumo de energía en el sector residencial, ó sea más del 2% del gran total nacional.
- f) Ahorro de 48 KWH en promedio a lo largo de su vida con cada lámpara sustituida, lo que equivale a ahorrar 19.2 Kg de carbón ó 0.069 barriles de combustóleo.
- g) Si se sustituyera cada lámpara muerta por una de la tensión propuesta, el cambio de la población total requeriría menos de 2 años y el impacto ecológico sería impresionante (52,200 toneladas de contaminantes evitados como SO₂, NO_x, CO, CO₂ y partículas).
- h) Se aligeraría la necesidad de incrementar la capacidad instalada requerida para cubrir las necesidades de energía y demanda con las consiguientes disminuciones en las inversiones en el sector eléctrico (cada MW de incremento en la capacidad instalada de generación requiere entre 1,200 y 1,500 USD), recursos que podrían ser aplicados para mejorar la calidad del servicio ó aplicados en cualquier otro rubro dentro de los programas de beneficio social ó del presupuesto federal.

¿Bajo qué condiciones puede ser implementada esta medida? Evidentemente se requiere de la participación de todos los sectores, incluyendo usuarios, fabricantes, CFE y LyF, Cámaras, Gobierno, etc. La iniciativa puede ser llevada por FIDE dada su experiencia y éxito en iniciativas similares (como el programa ILUMEX, el cambio de horario de verano y el programa de incentivos, entre otros) y llevada a norma nacional obligatoria (NOM) por la CONAE.

Evidentemente, la propuesta no se opone a la aplicación de CFL's, ya que éstas siguen siendo la mejor alternativa para sustituir incandescentes. Aunque las cifras aquí presentadas son preliminares y muy conservadoras, sirven como punto de partida para presentar y justificar esta propuesta. Aún desde un punto de vista poco optimista los requerimientos para su implementación son moderados y los beneficios sobresalientes. México los necesita!

LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS

El constante crecimiento de la popularidad de las lámparas compacto fluorescente (CFLs) demuestra sus cualidades en aplicaciones de ahorro de energía y larga vida al sustituir a las lámparas incandescentes convencionales. Las CFLs consumen solamente entre una tercera y una cuarta parte de la energía consumida por las incandescentes, teniendo además una vida 10 veces superior. Por ejemplo, una CFL de 13 watts (que consume 17 watts con todo y su balastro) vive 10,000 horas y puede producir casi la misma luz que una incandescente de 60 watts que vive usualmente menos de 1,000 horas.

Las CFLs están disponibles en una amplia gama de temperaturas de color (TCC), desde 2700°K hasta 5000°K. Tienen generalmente un alto rendimiento de color (CRI) y las hay en una amplia variedad de tamaños, formas y potencias. La cada vez mayor disponibilidad de luminarios diseñados específicamente para operar CFLs (tanto para instalaciones nuevas como remodelaciones) permite que las CFLs satisfagan las necesidades de casi todas las aplicaciones.

Las CFLs se desarrollaron a fines de la década de los 70s, pero fueron introducidas al mercado norteamericano a principios de los 80s. Los primeros modelos fueron producidos para penetrar en el mercado de las remodelaciones (retrofits). Los modelos integrales que incluyen al conjunto lámpara-balastro con una base tipo Edison son una útil y económica alternativa para reemplazar a las incandescentes en hoteles, conjuntos habitacionales e instalaciones que requieren grandes volúmenes de lámparas. Los sistemas modulares, que usan lámparas reemplazables, también se volvieron muy conocidos. En sus diferentes modelos, las CFLs incrementaron notablemente su popularidad a fines de los 80s. La reciente producción en gran escala de luminarios para CFLs ha permitido incrementar ampliamente su rango de aplicaciones.

1.- DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA.

Las CFLs son sistemas de iluminación que constan de una lámpara (que incluye casi siempre un arrancador en la base), un portalámpara y un balastro. En muchos casos se incluye dentro del paquete a un adaptador que facilita la instalación. Actualmente hay tres sistemas diferentes (Figura 1):

- **SISTEMAS INTEGRALES.** Son conjuntos autobalastados de una sola pieza, que contienen un adaptador, una lámpara y un balastro.
- **SISTEMAS MODULARES.** También son conjuntos autobalastados que contienen un adaptador del tipo incandescente, un balastro, un portalámparas y una lámpara reemplazable.
- **SISTEMAS DEDICADOS.** Se componen de un balastro, un socket para lámpara fluorescente alambrados como parte de un luminario para CFLs. Mientras los sistemas integrales y los modulares se diseñan para instalarse en los sockets de base media existentes en los luminarios para lámparas incandescentes, los dedicados son generalmente componentes especiales suministrados como parte de los luminarios específicos para CFLs.

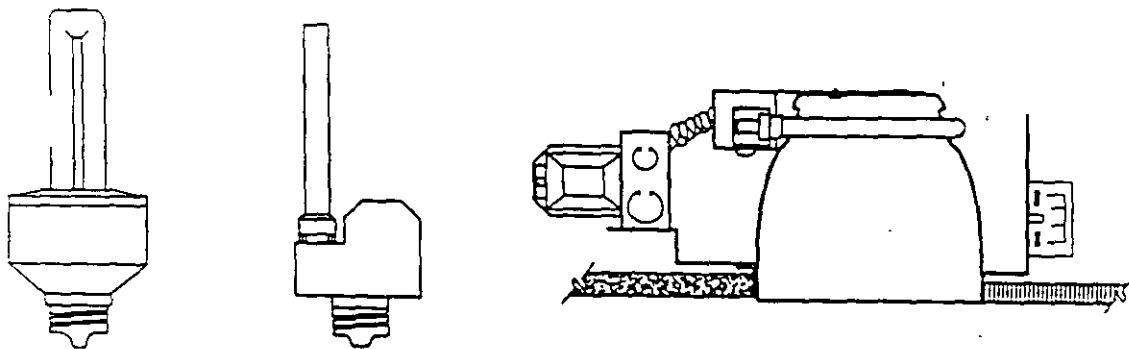


Fig 1.- Sistemas Típicos para CFLs

Las lámparas compactas se pueden reemplazar fácilmente tanto en los sistemas modulares como en los dedicados a diferencia de los sistemas integrales, donde la falla de alguna componente requiere la sustitución de todo el conjunto.

Los sistemas modulares y los integrales son especialmente recomendables para remodelación, mientras que los dedicados se recomiendan para construcciones nuevas, aunque recientemente algunas compañías han lanzado modelos del tipo empotrar que son aplicables para instalaciones en donde existen luminarios para incandescentes. También se tienen ya disponibles equipos para letreros de salida y para iluminación suplementaria de mesas y escritorios.

2.- TIPOS DE LAMPARAS.

Los siguientes tipos de lámparas son los que se encuentran disponibles actualmente a través de los fabricantes más importantes (Figura 2):

- Lámparas de tubo gemelo sencillo con doble alfiler y diámetro de media pulgada (T4) con arrancador integrado en la base. Operan con balastro económico tipo electromagnético de circuito serie. Las hay de potencias de 5 a 13 watts y se encuentran disponibles tanto para sistemas modulares como dedicados.
- Lámparas de doble tubo gemelo (llamadas Quad) con doble alfiler y diámetro T4 ó T5 con arrancador integrado en la base. Estas lámparas producen más luz que las de tubo gemelo sencillo y están disponibles en potencias hasta 27 watts. Se aplican en todos los sistemas de CFLs.
- Lámparas de doble tubo gemelo con cuatro alfileres y diámetro T4 ó T5. Gracias al número de alfileres no requieren de arrancador en la base. Estas lámparas están diseñadas para usarse principalmente con balastos electrónicos. Las T5 de mayor potencia (hasta 55 watts) usan bases 2G11 aunque por sus características en ocasiones se consideran como lámparas fluorescentes estándar.

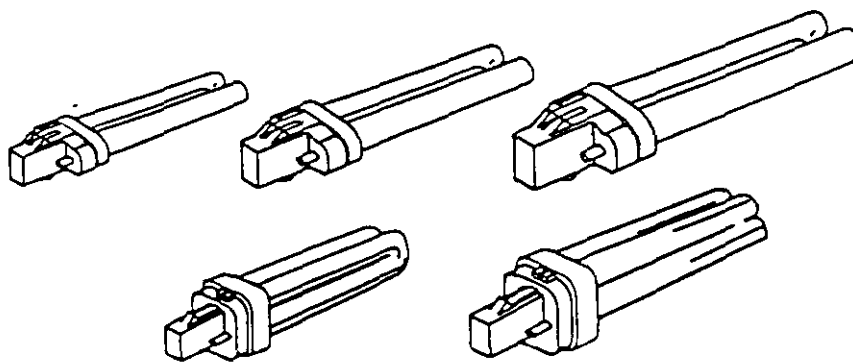


Fig. 2.- Formas comunes de CFL's

Las CFLs para sistemas integrales generalmente son de tubo gemelo doble ó sencillo operadas con balastro que puede ser electromagnético ó electrónico y adaptador con base

atornillable. En algunos casos pueden incluir un reflector con diseño óptico avanzado aunque son más comunes los modelos que incluyen un difusor envolvente.

3.- BALASTROS.

Las CFLs son lámparas de descarga en gas que requieren de un balastro para arrancar y operar adecuadamente. Un balastro proporciona el voltaje necesario para arrancar la lámpara y una vez encendida, mantiene a la lámpara en operación. Todos los balastros consumen cierta cantidad de energía que debe siempre considerarse cuando se determina la eficacia de un sistema.

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

- **BALASTROS TIPO SERIE CON FACTOR DE POTENCIA NORMAL.** Estos balastros son comunes en las lámparas pequeñas de dos alfileres. Tienen generalmente factor de potencia muy bajo (0.45 para 120 volts y 0.25 para 277 volts), por lo que es importante calcular cuidadosamente la carga real de los circuitos cuando se diseña el sistema eléctrico.
- **BALASTROS TIPO SERIE DE ALTO FACTOR DE POTENCIA.** También diseñados para lámparas pequeñas de precalentamiento, estos balastros tienen capacitores para elevar el factor de potencia a 0.9 mínimo. Son más caros y más grandes que los de bajo factor, pero permiten reducir los costos de los circuitos de alimentación.
- **BALASTROS ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.** Las lámparas de mayor potencia diseñadas para bases 2G11 de 4 alfileres pueden generalmente operar con balastros similares a los usados con las lámparas fluorescentes estándar. La mayor parte son del tipo ahorradores de energía y cumplen con las normas americanas de balastros.
- **BALASTROS PARA VARIAR LA POTENCIA DE LAS LAMPARAS (DIMMEABLES).** Las lámparas de 4 alfileres sin arrancador pueden usarse tanto con un balastro electromagnético dimmeable que incluya una caja de control en pared,

como por un dimmer electrónico ó un balastro electrónico dimmeable. Se recomienda consultar la información técnica de los fabricantes.

- **BALASTROS ELECTRONICOS.** Existen muchos productos integrales disponibles actualmente que combinan una lámpara de tubo gemelo doble ó sencillo con un balastro electrónico. Esta combinación elimina el flicker indeseable que se presenta durante el arranque en las CFLs con arrancador integrado en la base.

Además de los sistemas integrales con balastro electrónico, actualmente muchos fabricantes ofrecen luminarios para CFLs con balastos electrónicos en lugar de electromagnéticos, ofreciendo las siguientes ventajas:

- La eficacia del sistema (dada en lúmenes por watt incluyendo las pérdidas del balastro) es en promedio 20% mayor con un balastro electrónico. Bajo condiciones de prueba a 25°C la eficacia de una CFL balastrada electrónicamente se encuentra entre 50 y 70 lúmenes por watt, a diferencia de una CFL balastrada electromagnéticamente que produce entre 40 y 55 lúmenes por watt.
- El tiempo de arranque de una CFL operada electrónicamente es menor de un segundo, mientras que con un balastro electromagnético puede llegar hasta 4 segundos.
- El balastro electrónico reduce notablemente el flicker.
- Los balastos electrónicos generalmente operan mucho más silenciosamente que los electromagnéticos.
- Los balastos electrónicos son mucho más ligeros que los electromagnéticos y pueden fabricarse en tamaños reducidos.

Sin embargo, una desventaja importante de los balastos electrónicos para CFLs es su alto precio. Esto se debe en parte a que hay pocos balastos electrónicos en los sistemas modulares en donde la lámpara puede reemplazarse independientemente del balastro. Los diseños electrónicos integrales requieren que el balastro se reemplace junto con la lámpara. Adicionalmente, muchos de los productos disponibles actualmente presentan un alto porcentaje de distorsión armónica total (THD). Los efectos de la THD producida por un balastro para CFL se está evaluando actualmente por parte de las compañías suministradoras de energía eléctrica, aunque los estudios preliminares indican que la THD producida actualmente es insuficiente para causar problemas severos.

4.- PARAMETROS IMPORTANTES EN EL SISTEMA ELECTRICO.

El bajo factor de potencia es un indicador del efecto que las CFLs pueden causar en el sistema de distribución. Los sistemas con CFLs tienen generalmente factores de potencia mucho menores a 0.9, valor que se alcanza y rebasa casi siempre con las fluorescentes convencionales. El factor de potencia es una medida del aprovechamiento del sistema eléctrico, que determina qué tan adecuadamente se está convirtiendo la corriente de entrada en potencia útil suministrada a la lámpara. Una utilización óptima de la corriente produciría un factor de potencia unitario y significaría que el producto de la corriente por el voltaje (volt-amperes ó VA) es igual a la potencia usada (watts). La mayoría de los sistemas con CFLs (ya sea con balastos electrónicos o electromagnéticos) funcionan con bajo factor de potencia (de 0.5 a 0.7 a 120 volts).

Por tanto, una lámpara de 13 watts que incluyendo su balastro consume 17 watts con factor de potencia de 0.5, demanda 34 VA a 120 volts ó el doble de corriente de lo que tomaría con factor de potencia unitario. La corriente en los circuitos y la protección contra sobrecorriente están basadas en los VA. Por eso es importante consultar con un especialista cuando se piense usar un número elevado de balastos de bajo factor de potencia en luminarios para CFLs.

Los balastos de alto factor de potencia para CFLs están disponibles en el mercado, pero en la mayoría de los casos los fabricantes de luminarios sólo los ofrecen como una opción a mayor precio. Las compañías suministradoras de energía eléctrica en EEUU están recomendando en sus programas de ahorro de energía el uso de balastos de alto factor, lo que seguramente tenderá a incrementar su disponibilidad en el futuro. Ya sea con balastos de alto ó de bajo factor de potencia los ingenieros proyectistas deben tomar en cuenta los datos sobre la corriente de entrada de cada balastro cuando diseñen la carga de cada circuito.

La distorsión armónica es otro indicador del efecto que las CFLs tienen sobre la calidad del servicio eléctrico. Cualquier carga no lineal como una computadora personal, un variador estático de velocidad para motores, una televisión ó una CFL causa distorsión armónica en los sistemas de distribución. La mayoría de los balastos electromagnéticos para CFLs produce una THD entre 15% y 25%. La THD de casi todos los balastos electrónicos para CFLs es mucho más alta debido a la distorsión de la forma de onda de la corriente. La distorsión de la onda senoidal también puede estar asociada con una reducción en el factor de potencia. Un punto importante es la presencia de terceras armónicas (180 Hz). Estas armónicas pueden causar sobrecalentamiento en el hilo neutro de los sistemas trifásicos de

edificios comerciales antiguos. Este problema generalmente no es grave cuando se instalan CFLs gracias a que la carga total con estas lámparas por lo general no es muy grande.

Actualmente se tienen disponibles productos que reducen tanto la THD como la tercera armónica de los balastos electrónicos llegando a valores tan bajos como los producidos por los balastos electromagnéticos. Se dispone actualmente de sistemas integrales de CFL's con balastos electrónicos con alto factor de potencia y baja THD. Sin embargo, debido a que estos productos son de mayor tamaño, a que producen una mayor radio interferencia (RFI) y a que son más costosos su desarrollo se ha visto limitado.

5.- CONTROL DE POTENCIA DE LAMPARA (DIMMEO).

En general, la potencia de las CFLs no puede controlarse usando equipo convencional de dimmeo. Por ejemplo, de acuerdo con algunos de los fabricantes de lámparas, si se usa un dimmer convencional para incandescentes en un sistema integral de CFL (especialmente los que usan balastro electrónico) se puede causar un incendio. Sin embargo, hay dos productos especiales que sí pueden dimmear CFLs:

- Adaptadores que permiten que un dimmer para incandescente dimmee una CFL de doble tubo gemelo con cuatro pins. El adaptador sólo puede usarse con un balastro específico que esté instalado en el luminario desde fábrica.
- Balastos dimmeables de estado sólido que controlan la potencia de lámparas de cuatro alfileres con tubo gemelo sencillo ó doble a través de un potenciómetro remoto ó de una señal de bajo voltaje.

6.- ENCENDIDO-APAGADO.

La vida de cualquier lámpara fluorescente (incluyendo las CFLs) se ve afectada por el número de veces que sea encendida y apagada durante su vida. La vida nominal de las fluorescentes que aparece en los catálogos de los fabricantes está basada en períodos de 3 horas de encendido. Si estos períodos se reducen la vida de la lámpara se acorta. Sin embargo, con la tecnología desarrollada con los balastos electrónicos modernos los fabricantes

incluyen circuitos que optimizan la secuencia de encendido (llamada "arranque suave") y así se mantiene la vida nominal de la lámpara aún cuando los períodos de encendido se acorten. Es recomendable consultar la información técnica de los fabricantes si la aplicación requiere períodos de encendido cortos.

También requieren especial atención los productos modernos para control electrónico. Los dispositivos instalados en pared como apagadores de tacto, relojes y sensores de presencia pueden no ser compatibles con la mayoría de CFLs. Esta incompatibilidad se debe casi siempre al uso de interruptores de estado sólido (triacs) en lugar de interruptores en aire ó relevadores. Una corriente pequeña constante (insuficiente para encender una lámpara incandescente) pasa a través de la carga cuando el control está en la posición de "apagado". En balastos electromagnéticos para CFLs esta corriente causa calentamiento continuo de los electrodos e intento constante de arranque, lo que reduce la vida de la lámpara. Cuando se aplica con balastos electrónicos, el propio balastro puede eliminar esta pequeña corriente, lo que causa que el control sea inoperante.

7.- CONDICIONES AMBIENTALES Y EFICACIA.

Es importante tomar en cuenta que las condiciones de laboratorio bajo las cuales se mide el flujo luminoso de las CFLs son frecuentemente diferentes a las condiciones reales en campo. Las dos condiciones ambientales que afectan significativamente el funcionamiento de las CFLs son la temperatura ambiente y la orientación ó posición de la lámpara.

La figura 3 muestra las curvas típicas de funcionamiento de las CFLs en función de la temperatura ambiente y la posición (base arriba, horizontal y base abajo). Se puede notar que mientras la lámpara produce los lúmens nominales en posición base arriba a 25°C, el flujo luminoso cae a 80% de los nominales cuando la temperatura sube a 50°C. En las aplicaciones donde las CFLs están montadas en luminarios de volúmen reducido y poca circulación de aire (como en luminarios empotrados) es frecuente que la temperatura interior del luminario varíe entre 40°C y 50°C por lo que el flujo luminoso se reduce notablemente. Algunos fabricantes de luminarios para CFLs han desarrollado nuevos modelos diseñados para mejorar la ventilación con el objeto de reducir la temperatura de trabajo y mejorar el flujo luminoso.

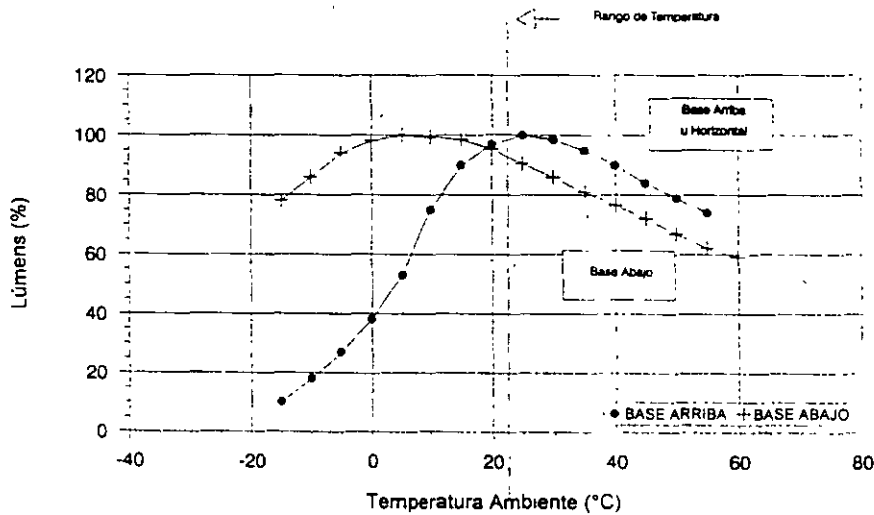
La figura 3 también muestra como la posición de operación de las CFLs puede tener una marcada influencia en la producción de lúmens. Aunque la temperatura ambiente de la

lámpara se mantenga fija en 25°C una CFL operando en posición horizontal ó base arriba producirá aproximadamente 20% más lúmens que cuando opera con la base abajo.

Por lo tanto, en todas las aplicaciones donde una CFL se instale con la base abajo (como sucede en los retrofits ó en sustitución de incandescentes para iluminación de mesas ó escritorios) debe tomarse en cuenta que el flujo luminoso se reducirá por lo menos 10%. A temperaturas superiores, la reducción del flujo luminoso en posición base abajo es del orden de 15%. Para cada tipo específico de lámpara debe considerarse la información del fabricante, ya que existen diferencias en el funcionamiento de acuerdo con la forma y potencia de la lámpara.

EFFECTO DE LA POSICION Y LA TEMPERATURA AMBIENTE EN LA PRODUCCION DE LUZ DE LAS CFLs

Figura 3



La temperatura ambiente y la posición de operación afecta a las CFLs. Las curvas corresponden a un tipo específico de lámpara en un ambiente natural. El funcionamiento puede variar notablemente con la base abajo, dependiendo de la configuración y potencia de la lámpara (Fuente: Osram Corporation)

8.- PRODUCTOS DISPONIBLES ACTUALMENTE.

Como se explicó previamente, las CFLs son muy eficaces, tienen alto rendimiento de color y existen en un amplio rango de temperaturas de color. Estas cualidades se deben principalmente al uso de fósforos de tierras raras (RE). El balance relativo de estos fósforos

determina la temperatura de color de la lámpara. Los fósforos de tierras raras son esenciales en la operación de las CFLs porque permiten una alta densidad de potencia en un tubo de diámetro pequeño. Si se usaran halofósforos convencionales con la misma densidad se produciría una rápida y severa depreciación de lúmenes.

La mayor parte de las CFLs son capaces de producir entre 50 y 60 lúmenes por watt, eficacia similar a la de otras tecnologías de igual flujo luminoso, como aditivos metálicos y sodio alta presión compactas ó de baja potencia, y similar también a las fluorescentes convencionales tanto rectas como en forma de "U" y circulares.

9.- LAMPARAS DE NUEVOS DISEÑOS.

Además de los tipos comunes de CFLs, constantemente se han estado lanzando al mercado lámparas de configuraciones diferentes. Por ejemplo, ya se dispone actualmente de una nueva lámpara cuadrada en forma de Doble D fabricada en tres tamaños y cinco potencias (Figura 4). Su forma y tamaño compactos la hacen apropiada para luminarios de poco volumen. Otro fabricante está produciendo actualmente una nueva lámpara miniatura con bulbo T2 y base de tipo cuña, en un amplio rango de longitudes y potencias. Se encuentra disponible tanto en versión de cátodo frío como cátodo caliente. Al igual que todas las CFLs estas lámparas usan fósforos de tierras raras de alto rendimiento de color, con una eficacia de 80 lúmenes por watt sin considerar las pérdidas del balastro.

En este momento, el desarrollo de luminarios y balastros para estas lámparas ha sido muy lento, lo que ha limitado su aplicación. De cualquier forma, las aplicaciones probables para estas lámparas incluyen iluminación suplementaria, de señales y letreros.

Actualmente varios fabricantes están produciendo CFLs de triple tubo en "U". Esta configuración permite mayor producción de luz con un paquete reducido. Por otro lado, otro fabricante ha empezado la producción de una CFL de 20 watts con balastro electrónico con alto factor de potencia y baja THD. Esta versión mide solamente 6 pulgadas de longitud y produce un flujo luminoso similar a una incandescente de 75 watts.

Los desarrollos actuales de nuevas CFLs están encaminados para producir una mayor variedad de lámparas con mayores potencias, formas diferentes y con bases tanto simples como de cuatro alfileres (2G7, 2G11, etc). Estas nuevas lámparas pueden usar balastros electrónicos, pueden ser dimmeadas y eliminar la mayor parte del flicker que se presenta normalmente con las CFLs, por lo que prometen incrementar el número de aplicaciones.

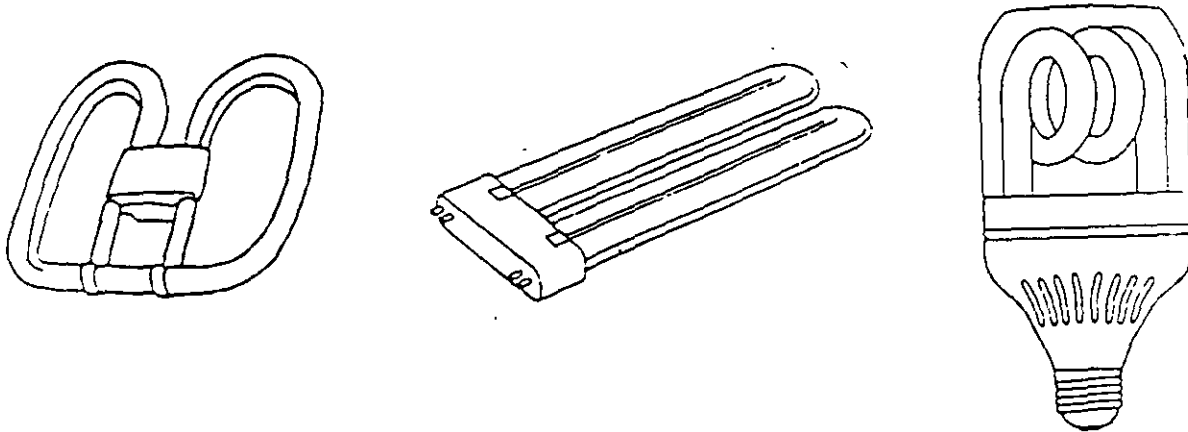


Fig 4.- Nuevos Diseños de CFL's

10.- DISEÑO DE LUMINARIOS PARA CFL's.

Las atractivas oportunidades de ahorro con luminarios para CFLs han causado que muchos fabricantes lancen al mercado productos que son simplemente luminarios incandescentes con sockets para fluorescentes. El especialista en iluminación debe tener precauciones sobre todo para evitar los siguientes problemas:

- Uso de reflectores y otros componentes diseñados especialmente para lámparas incandescentes (causando problemas de eficiencia del luminario).
- Problema de sobrecalentamiento, que provoca reducción de vida de la lámpara y el balastro y disminución del flujo luminoso (problema de diseño de luminario).
- Producción de ruido por la lámpara y el balastro (problema del luminario y limitante de aplicación).
- Temperatura excesivamente alta ó baja en la pared del bulbo de la lámpara, causando disminución del flujo luminoso nominal (problema de diseño del luminario y aplicación).
- Alta distorsión armónica, bajo factor de balastro y bajo factor de potencia en ciertas combinaciones de lámpara-balastro (consultar con la guía de balastros fluorescentes eficientes).

11.- TIPOS DE LUMINARIOS.

Las CFLs de potencias más bajas están diseñadas para usarse en lugar de las lámparas incandescentes en una amplia variedad de formas y tamaños de luminarios. Las de tubo gemelo son especialmente aplicables para iluminación de mesas y escritorios, candelabros, letreros de salida e indicadores de ruta. La combinación de dos lámparas de tubo gemelo alineadas horizontalmente han resultado una excelente opción para sustitución de incandescentes en luminarios empotrados en techo, por lo que muchos fabricantes han diseñado nuevos luminarios usando este concepto. Las tipo quad tienen aplicaciones similares en luminarios empotrados en techo, para baño de pared y en el tipo candelabro. La figura 5 ilustra algunos de los luminarios usados para distintos tipos de CFLs.

12.- REMODELACIONES (RETROFITS).

Las CFLs del tipo modular e integral con socket tipo Edison por lo general no son tan eficientes como las usadas en los sistemas dedicados, pero aún así son una opción muy buena para sustituir a las incandescentes de los luminarios existentes. Los sistemas integrales y modulares están disponibles tanto con balastos electromagnéticos como electrónicos. Los electrónicos operan con una eficiencia mayor y prácticamente sin producir ruido ni flicker.

13.- RECOMENDACIONES SOBRE APLICACION.

En general, las CFLs son aplicables en aquellos casos en los que existen incandescentes ó fluorescentes convencionales de baja potencia. Pueden usarse en muchísimas aplicaciones de tipo residencial, comercial, remodelaciones (retrofits) y nuevas construcciones.

14.- SUSTITUCION DE LAMPARAS INCANDESCENTES.

Las CFLs en la mayoría de los casos pueden ser utilizadas en las áreas que fueron originalmente diseñadas con lámparas incandescentes. Estas áreas pueden ser con luminarios empotrados, para baños de pared, iluminación suplementaria de escritorios, candelabros, esquineros, aparadores, proyectores de tipo residencial y comercial y en muchas aplicaciones

más. En la mayor parte de los casos, las CFLs producen de tres a cuatro veces más luz que las incandescentes de la misma potencia. Por ejemplo, una CFL de 13 watts produce aproximadamente la misma luz que algunos tipos de incandescentes de 40 a 60 watts.

La sustitución de incandescentes por medio de CFLs le ofrece importantes ahorros económicos al usuario. Ofrecen ahorros por la reducción de consumo de energía, por el reemplazo de menos lámparas, por la reducción de carga térmica en lugares con aire acondicionado y ahorros en mantenimiento en general que permiten en conjunto recuperar rápidamente la inversión inicial y proporcionar constantes ahorros en la operación. Adicionalmente, en algunos países los costos iniciales por remodelación se reducen por medio de bonificaciones por parte de las compañías suministradoras de energía.

15.- ALTERNATIVAS CON OTRAS LAMPARAS FLUORESCENTES.

En potencias reducidas, otros tipos de pequeñas lámparas fluorescentes como las circulares no pueden ofrecer los beneficios de las CFLs, como por ejemplo las múltiples opciones de temperatura de color, las prácticas bases enchufables y el alto rendimiento de color. En muchas aplicaciones típicas de lámparas fluorescentes pequeñas como las usadas en lámparas de escritorio ó de corredor, las CFLs son más efectivas. También, la alta calidad del rendimiento de color de una CFL se mantiene constante independientemente del reemplazo. En la figura 6 se resume información sobre las opciones de color y otras características de las CFLs.

Figura 6
Opciones de TCC para CFLs Típicas

| Temperatura de Color | CRI Nominal | Equivalente |
|----------------------|-------------|---|
| 2700 K | 82 | Bianco Cálido, Incandescente, Sodio Blanco |
| 3000 K | 85 | Bianco Cálido, Incandescente, Halógeno, otras lámparas Fluorescentes y HID de 3000 K. |
| 3500 K | 85 | Halógeno y otras Lámparas Fluorescentes de 3500 K. |
| 4100 K | 85 | Bianco Frio, Aditivos Metálicos, otras Lámparas Fluorescentes y de HID. |
| 5000 K | 85 | C/D50 y todas las otras Lámparas HID y fluorescentes de alta TCC. |

* no existen tantos productos disponibles como temperaturas de color.

16.- LIMITACIONES.

Sin duda, las CFLs son excelentes opciones para muchas necesidades comerciales y residenciales, pero su principal desventaja cuando se intenta usarlas en remodelaciones es su tamaño. El conjunto lámpara-balastro es más grande que la incandescente que produce el mismo flujo luminoso, por lo que no siempre pueden adaptarse a los luminarios incandescentes existentes. Por ejemplo, en luminarios empotrados en techo, las CFLs muchas veces sobresalen del luminario y del propio techo, por lo que causan problemas estéticos y de deslumbramiento. También la base y el contenedor del balastro de una CFL es más grande y de diferente forma que una incandescente estándar. Esto provoca que en ocasiones el reflector del luminario no permita instalar el adaptador en el socket. Por estas razones, los especialistas tratan de seleccionar CFLs de una configuración con la que se logre el retrofit adecuado. Muchos de los fabricantes de CFLs facilitan muestras de modelos reales ó productos a escala para que el fabricante del luminario asegure la compatibilidad física antes de promover sus productos.

Otra limitación de las CFLs es que no son recomendables para alturas de montaje grandes (arriba de 4 metros) y además de que en ciertas aplicaciones de acento requieren tener un reflector cerrado con un haz de luz abierto. Adicionalmente, el diseñador debe tener cuidado al usar CFLs en exteriores con clima frío ya que la operación principalmente de las lámparas de baja potencia se ve afectada negativamente por las bajas temperaturas (menores de 0°C), a menos que los luminarios sean herméticos y/o usen balastos electrónicos.

17.- APLICACIONES RESIDENCIALES.

El uso de luminarios con CFLs es especialmente recomendable en cuartos como cocinas y baños, donde la alta salida de luz, el alto rendimiento de color y el cumplimiento de las normas locales de energía hacen muy atractiva su aplicación. Las CFLs también se usan en aplicaciones de iluminación interior en general y en luminarios cerrados para iluminación exterior (donde el ambiente lo permita) como faroles e indicadores de ruta ó en luces de ambiente con candelabros. Su larga vida también las hace recomendables para lugares en donde el mantenimiento sea complicado y para iluminación de ciertas taras visuales, especialmente aquellas que permitan la configuración de una CFL.

Una de las principales razones por las que se espera incrementar las ventas de CFLs en el sector residencial es en términos de los programas de ahorro de energía, como el exitoso

programa ILUMEX en México. Si en EEUU se lograra aplicar CFLs en las aplicaciones más recomendables de todas las casas, se lograría un ahorro de energía eléctrica entre 25% y 50%. En EEUU EPA ha promovido inténsamente la aplicación de CFL's a través de su programa Green Lights. En la figura 7 se resumen las principales aplicaciones recomendables para CFLs de uso residencial.

Figura 7
Aplicaciones de CFLs en Residencias

| Cocinas | Salas | Recámaras | Baños | Áreas Generales | Exteriores |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------|------------|
| Luminarios Empotrados en Techo | Iluminación Localizada | Iluminación Localizada | Espejos | Escaleras | Lanterns |
| Under cabinets | Lámparas Giratorias | Closets | Luminarios Empotrados en Techo | Cuarto de Lavado | Garages |
| | Under cabinets Lights | | Regadera y Tina | Aticos | Corredores |
| | Luminarios Empotrados en Techo | | | Closets | Seguridad |
| | Baño de Pared | | | Crawlspace | |

La selección de CFLs para usarse en casas habitación debe hacerse con mucho cuidado. Los recientes diseños de CFLs balastadas electrónicamente son óptimos para aplicaciones residenciales, ya que operan silenciosamente y arrancan casi inmediatamente sin flicker inicial. Otra ventaja es su menor peso y tamaño debido al balastro electrónico.

Cuando los equipos con balastos electromagnéticos se usan en aplicaciones residenciales, las cualidades como alta eficiencia y larga vida pueden perderse por la desventaja de producir alto ruido y flicker en el arranque. En muchas aplicaciones residenciales esta operación es intolerable. En todos los casos es conveniente consultar con un especialista para sopesar las características de cada sistema.

18.- APLICACIONES COMERCIALES.

La iluminación comercial representa la mejor aplicación para las CFLs. Los luminarios pueden incorporarse fácilmente a los diseños de iluminación proporcionando ventajas estéticas y energéticas. Actualmente es posible realizar un diseño de primer nivel


usando CFLs en lugar de la mayor parte de las incandescentes. En el diseño de la iluminación de oficinas no todos los luminarios incandescentes tienen una versión similar con CFLs. Sin embargo, las oficinas y otros tipos de espacios comerciales e institucionales se verán estéticos y operarán eficientemente usando luminarios apropiados con CFLs. Como resultado, los diseños podrán cumplir más fácilmente con las normas más estrictas, como el Título 24 de la California Energy Commission. La iluminación con incandescentes debe restringirse para ciertas aplicaciones, como aquellas áreas en donde se requiera un dimmeo muy amplio que sólo puede lograrse con estas lámparas.

PROYECTO DE USO RACIONAL DE ILUMINACION EN MEXICO

ILUMEX


INSTITUCIONES INVOLUCRADAS:

BANCO MUNDIAL
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD



OBJETIVOS:

- Maximizar los ahorros de energía
- Reducir el consumo de energía y disminuir la demanda eléctrica durante los periodos pico que presenta el sistema eléctrico nacional
- Reducir la emisión de contaminantes al disminuir la demanda, mitigando el efecto invernadero
- Estimular el mercado de lámparas fluorescentes compactas, concientizando al usuario de su disponibilidad comercial y desempeño
- Demostrar la factibilidad y el beneficio económico de DSM en México



En el diseño de tiendas la iluminación con lámparas fluorescentes es adecuada para iluminación general y baño de paredes. Cuando se toma en consideración el consumo de energía, los diseñadores usan incandescentes estándar ó halógenas solamente cuando se requiere que la fuente de luz sea puntual ó cuando se necesita un alto valor de candelas. Este es el caso en la iluminación de displays, aparadores de joyería, etc.

En restaurantes y hoteles la mayor parte de las áreas de circulación y otros espacios públicos pueden iluminarse con CFLs, excepto cuando las alturas de montaje sean muy altas

y por tanto sea mejor usar lámparas de HID de baja ó mediana potencia. La mayor parte de los luminarios suspendidos y los de tipo candelabro pueden usarse con CFLs.

Las incandescentes sólo deben usarse donde se requiera iluminación de acento ó dimmeo en un rango muy amplio. En las áreas de comida es muy conveniente usar luminarios con CFLs para dar la iluminación general. En hospitales, laboratorios, escuelas y otras instituciones las CFLs pueden sustituir a las incandescentes en casi todas las aplicaciones.

En iluminación industrial la mayor parte de las compactas tienen aplicaciones limitadas. Sin embargo, la baja producción de calor de las CFLs las hacen recomendables en ambientes peligrosos donde no se acostumbra usar lámparas de HID.

La figura 8 resume las aplicaciones comerciales más típicas de las CFLs.

Figura 8
Aplicaciones Comerciales para CFLs

| Iluminación General | Iluminación de Acento | Iluminación Decorativa | Iluminación Institucional | Iluminación Exterior |
|-----------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------------|--|
| Luminarios Empotrados en Techo | Luminarios Empotrados ó Montados en Riel para Baño de Pared | Baño de Pared | Iluminación de Seguridad | Landscape Floodlights |
| Luminarios Suspendidos | Esquineros | Candelabros | Iluminación de Pasillos | Puntas de Poste y Bollards para corredores |
| Sistemas de Iluminación Indirecta | Cove Lights | Lámparas de Mesa | Letreros de Salida | Iluminación de Pasillos |
| | Case Display Lights | Áreas de Probadores y Maquillaje | Iluminación para Tareas Específicas | Under Rail Lights |
| | Modular Strip Outfiting | | | |
| | Letreros para Señalización | | | |

19.- EJEMPLOS.

19.a.-JUSTIFICACION DE AHORROS ECONOMICOS EN REMODELACIONES.

Vender la idea de que las CFLs son efectivas, de larga vida y ahorradoras de energía cuando sustituyen a las incandescentes es más fácil cuando el usuario final puede ver, en

términos claros, los beneficios de cada alternativa. La figura 9 ejemplifica cómo la sustitución de incandescentes por CFLs puede permitir importantes ahorros de energía y una buena reducción en los costos de operación. La tabla representa una sustitución hipotética en la que el gerente de una industria analiza el cambio de lámparas de 75 watts con luminarios empotrados en techo por CFLs de 20 watts operadas con balastos electrónicos. Se considera que en total existen 60 luminarios.

Figura 9
Análisis Económico en Remodelaciones Usando CFLs

| | |
|---|-------------|
| Sistema Existente: 75W A19/1210 Lúmens | |
| Nueva Lámpara: 20W Quad con Balastro Electrónico. | |
| Potencia de Lámpara Existente | 75 |
| Potencia de Nueva Lámpara | 20 |
| Watts Ahorrados por Lámpara | 55 |
| Horas de Operación al Año | 2600 |
| KWH Ahorrados al Año por Lámpara | 143 |
| Vida Nominal de la Lámpara Existente | 1,000 Hrs. |
| Vida Nominal de la Nueva Lámpara | 10,000 Hrs. |
| Costo de Energía Eléctrica (KWH) | 0.12 |
| Ahorro Económico al Año por Lámpara | \$17.16 |
| Ahorro a lo Largo de la Vida de la Lámpara | \$68.07 |
| Costo de Mano de Obra para Reemplazo | \$7.00 |
| Ahorro en M. de O. en la vida de la Lámpara | \$70.00 |
| Ahorros Económicos al Año por Reemplazo | \$18.18 |
| Ahorros Totales al Año por Lámpara | \$35.34 |
| Costo del Retrofit | \$22.00 |
| Bonificación de la Cía. Eléctrica | \$3.00 |
| Costo Neto del Retrofit por Lámpara | \$19.00 |
| Número de Luminarios | 60 |
| Costo Total del Retrofit | \$1140.00 |
| Periodo de Recuperación (Payback) | 6.5 meses |
| Ahorros Totales al Año | \$2120.40 |
| Ahorro Neto en la Vida de la Lámpara | \$7023.54 |
| Tasa Interna de Retorno | 188% |
| NOTAS: | |
| 1 - Basadas en 10 horas/día, 5 días a la semana. | |
| 2 - Basado en costos promedio en comercios, 1992. | |
| 3 - Incluye costo de lámpara y mano de obra. | |
| 4 - Basado en costos de 1992; incluye costo conjunto lámpara-balastro | |
| 5 - Estimado (varía por Región y Cía. Suministradora) | |

19.b.- ILUMINACION GENERAL CON LUMINARIOS EMPOTRADOS EN TECHO.

Muchos de los corredores y lobbies que existen actualmente fueron diseñados desde nuevos con luminarios incandescentes empotrados em techo de forma circular ó cuadrada de

6 ú 8 pulgadas. Una alternativa para ahorrar energía es usar luminarios empotrados del tipo modular diseñados especialmente para operar con CFLs de tubo gemelo sencillo ó doble. Por medio de una cuidadosa selección el diseñador debe preferir a los luminarios fluorescentes que más se parezcan a los incandescentes existentes.

Una "regla de dedo" general es usar aproximadamente el 25% de la potencia usada en el sistema incandescente. Por ejemplo, usar un luminario empotrado con una CFL de 26 watts ó dos de 13 watts en lugar de cada incandescente de 100 watts, dos CFLs de 18 watts para reemplazar a una de 150 watts y dos CFLs de 26 para sustituir a una de 200 watts. En construcciones nuevas se debe evitar en lo posible el uso de adaptadores para instalación en sockets, ya que no son las más eficientes y con el paso del tiempo tienden a ser sustituidas nuevamente por incandescentes.

Ahorrar energía con un sistema de CFLs en luminarios empotrados en techo da siempre mejores resultados que si se trata de ahorrar con opciones de incandescentes. Por ejemplo, para dar de 150 a 200 luxes en un corredor los luminarios se instalan cubriendo unos 3 metros cuadrados cada uno. La opción de CFLs (2 lámparas de 13 watts) opera a aproximadamente 10 watts por metro cuadrado mientras que la opción de incandescentes (una lámpara de 100 watts) opera a más del triple. Los ahorros superiores a 60 KWH por metro cuadrado al año ahorran en promedio N\$ 40.00 por metro cuadrado al año, lo que equivale a unos N\$ 125.00 ahorrados cada año por luminario. Se obtienen beneficios adicionales al usar lámparas con mayor vida lo que reduce los costos por mantenimiento al hacer el reemplazo.

20.- ILUMINACION EXTERIOR CON LAMPARAS PROYECTORAS.

Las CFLs también tienen excelentes cualidades si se usan como lámparas proyectoras, teniendo un potencial de ahorro de energía muy alto cuando se comparan con lámparas incandescentes. Muchas aplicaciones de proyectoras para iluminar paredes, letreros, etc. usan lámparas incandescentes PAR38 con haz concentrado.

En muchos casos, un luminario de haz concentrado con CFL puede ahorrar energía cuando la temperatura exterior es lo suficientemente alta para su correcta operación. Por ejemplo, una CFL tipo quad de 22 watts con su propio luminario de reflector integrado es muy buena alternativa para sustituir a una incandescente PAR38 de 100 watts. La CFL incluyendo su balastro consumiría 60 watts menos que una PAR halógena de 90 watts y 70 watts menos si se compara con una PAR estándar de 100 watts.

21.- ILUMINACION DECORATIVA.

Muchos luminarios suspendidos, candelabros y otros tipos ya están disponibles actualmente con lámparas CFLs. Los fabricantes de candelabros que se instalan en pared han sido los de mayor desarrollo para aplicación de CFLs, por lo que hay una mayor cantidad de diseños disponibles.

22.- CLASIFICACION DE LOS PRODUCTOS.

Los fabricantes de lámparas acostumbran crear su propia nomenclatura para tener mayor penetración en el mercado, pero estos nombres a veces dificultan la posibilidad de manejar una especificación genérica. Afortunadamente, la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico de EEUU (NEMA) ha desarrollado un sistema genérico de designación para CFLs. En todos los casos el especificador ya puede relacionar fácilmente el producto deseado con el código NEMA. El código consiste de los siguientes elementos:

CF + (Shape) + (Watts) + (Designación de la base)

La forma puede ser "T" para tubo gemelo sencillo, "Q" para tipo Quad ó tubo gemelo doble, "S" para forma cuadrada ó "M" para cualquier configuración que no esté cubierta por las anteriores. Por otro lado, las designaciones para la base sí aparecen en los catálogos de los propios fabricantes.

Usando el código de designación de NEMA, una lámpara de 13 watts con tubo gemelo sencillo T4 se designa como:

CFT13W/GX23

Una lámpara de 26 watts T4 tipo Quad de dos alfileres se designa como:

CFQ26W/G24d.

23.- FUNCIONAMIENTO DE LAS CFL's.

La siguiente tabla proporciona la información sobre las características de las CFLs más pequeñas. Los datos incluyen a las lámparas de tubo gemelo sencillo y doble.

Figura 10
Características de CFLs de Tubo Gemelo Sencillo, Doble y tipo Quad.

| Código NEMA | Watts de Línea (Típico) | Lúmenes Nominales | Factor de Balastro Típico a 120 volts | Lúmenes Reales | Balastro Tipo | Eficiencia del Sistema (lm/w) |
|--------------|----------------------------|----------------------|--|-------------------|------------------|-------------------------------------|
| CFT5W/G23 | 9 | 250 | .95-1.0 | 238-250 | 5W Reactor * | 26-28 |
| CFT7W/G23 | 11 | 400 | .99-1.0 | 355-390 | 7W Reactor * | 32-33 |
| CFT9W/GX23 | 13 | 600 | .79-.83 | 474-498 | 9W Reactor * | 36-38 |
| CFT13W/GX23 | 17 | 900 | .95-1.0 | 855-900 | 13W Reactor | 50-53 |
| CFQ9W/G23 | 13 | 600 | .79-.83 | 474-498 | 9W Reactor * | 36-38 |
| CFQ13W/GX23 | 17 | 900 | .95-1.0 | 817-860 | 13W Reactor | 50-53 |
| CFQ10W/G24d | 16 | 600 | .95-1.0 | 540-600 | 10/13W Auto. * | 34-38 |
| | 13 | | | | 10/13W React. * | 42-46 |
| CFQ13W/G24d | 18 | 900 | .99-1.0 | 810-900 | 10/13W Auto * | 45-50 |
| | 16 | | | | 10/13W React. * | 51-56 |
| CFQ18W/G24d | 25 | 1250 | .99-1.0 | 1125-1250 | 18W Autotrans. * | 45-50 |
| | 22 | | | | 18W Reactor * | 51-57 |
| CFQ26W/G24d | 37 | 1800 | .99-1.0 | 1620-1800 | 26W Autotrans. * | 44-49 |
| | 31 | | | | 26W Reactor * | 52-58 |
| CFQ15W/GX32d | 20 | 900 | .99-1.0 | 819-900 | 16W Reactor | 41-46 |
| CFQ20W/GX32d | 27 | 1200 | .99-1.0 | 1080-1200 | 22W Reactor | 40-44 |
| CFQ27W/GX32d | 34 | 1800 | .99-1.0 | 1620-1800 | 28W Reactor | 48-53 |

NOTAS

- 1 - La mayor de las lámparas que solo opera a con tubo gemelo.
- 2 - La mayor de las lámparas que solo son del tipo Quad.
- 3 - Operación a 120 volts
- 4 - Operación a 277 volts

5 - Escase las lámparas que se operan múltiples li reparas, pero se reduce el flujo luminoso y la vida de la lámpara.
Todas las CFLs consideradas se usan 10,000 horas de vida para períodos de encendido de 3 horas.

Al usar la información es importante tomar en cuenta que los fabricantes de sistemas modulares con CFLs generalmente proporcionan la salida de luz del sistema lámpara-balastro del mismo valor que el flujo luminoso nominal dado por el fabricante de la lámpara. En la práctica, los lúmenes de los sistemas modulares son menores que los nominales de las lámparas debido a que el factor de balastro (una medida de cada balastro en particular) es

menor del 100%. Al usar las tablas, los lúmens nominales de lámpara deben multiplicarse por el factor de balastro para obtener los lúmens reales. Si no se considera el factor de balastro, el sistema proporcionará un nivel de iluminancia menor a lo esperado. En los sistemas integrales, donde la lámpara y el balastro no se pueden separar, el fabricante acostumbra proporcionar los lúmens corregidos, por lo que ya no se requiere usar ningún factor de corrección.

24.- GUIA PARA ELABORAR ESPECIFICACIONES.

Especificar CFLs no es difícil. Hay muchas formas para asegurarse que las características deseadas sean entendidas por los distribuidores y se eviten así sustituciones con productos de calidad inferior. El proyectista debe especificar los productos usando los formatos para luminarios o escribiendo las especificaciones completas.

25.- FORMATOS PARA ESPECIFICAR LUMINARIOS.

La mayoría de los proyectistas describen los luminarios por tipo usando una simbología que se incluye en los planos, para describir con cierto detalle los luminarios, lámparas y balastros. Sin embargo, para especificar correctamente CFLs es recomendable que se proporcione información adicional a la que se acostumbra dar para otros tipos de productos.

Como cada fabricante tiende a crear sus propios nombres comerciales, lo que dificulta la especificación genérica. Por esta razón es deseable que cada especificador use las designaciones NEMA cada vez que sea posible. Para las CFLs integrales es conveniente identificar a un sólo fabricante que disponga de todos los tipos de productos y aprovechar su nomenclatura. De esta forma, se pueden fácilmente enlistar los números correspondientes a las lámparas en un formato general de acuerdo con la sustitución propuesta.

Ocasionalmente, se puede necesitar especificar un tipo de lámpara producida por un sólo fabricante. Por ejemplo, hasta el primer semestre de 1993 había un sólo fabricante que produce la CFL cuadrada ó doble "D". En situaciones como ésta es conveniente separar la especificación y enlistar la única lámpara aclarando el nombre del fabricante.

26.- ESPECIFICACIONES GENERICAS.

La mayor parte de los proyectistas usan variantes de especificaciones cortas para proyectos pequeños ó poco complejos, como la siguiente:

LAMPARAS COMPACTO FLUORESCENTES:

- 1) Recubrimiento fosfórico de tierras raras con CRI mínimo de 80 y TCC de (2700) (3000) (3500) (4100) (5000) Kelvin, a menos que se especifique lo contrario.
- 2) La producción de luz, la vida nominal y la depreciación de lúmens de acuerdo con los procedimientos de prueba de IES, e igual en funcionamiento a los valores publicados en el catálogo del fabricante _____.
- 3) Reemplazo de lámparas defectuosas en caso de ocurrir fallas en los primeros 90 días de funcionamiento.
- 4) Fabricantes reconocidos:
Listado ...

27.- ESPECIFICACIONES PARTICULARES.

Es recomendable que se incluyan especificaciones más detalladas en los proyectos complejos. Aunque se requiere mucho más tiempo y trabajo para escribir especificaciones detalladas, estas especificaciones protegen el diseño original contra la ejecución de obras de calidad inferior, en los casos en que el diseñador no tenga control sobre la construcción. La mayor parte de los productos que se ofrecen en el mercado nacional son importados ó con la mayor parte de sus componentes fabricadas en el extranjero, por lo que la nomenclatura puede diferir. También los voltajes y frecuencias de los sistemas eléctricos de otros países causan problemas para su aplicación en México.

28.- FABRICANTES DE CFL's Y SUS BALASTROS

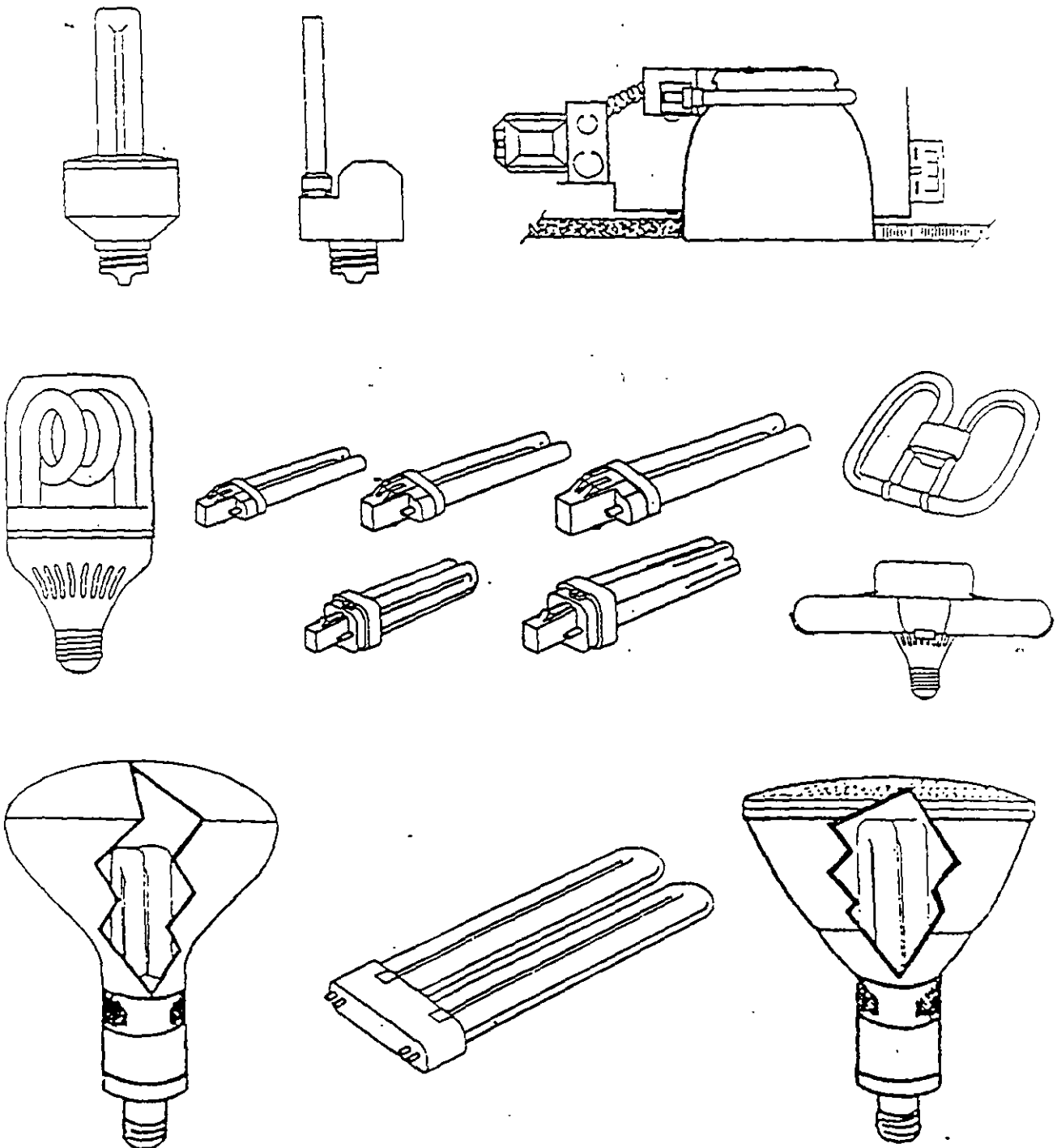
Existe actualmente una importante cantidad de fabricantes de CFL's y sus balastros en el mundo. En el caso de algunos productos orientales (como chinos y coreanos) la calidad es

muy inferior a la de productos de países como EEUU, Holanda ó Alemania, por lo que se debe evitar su compra. La fábrica de CFL's en el norte de México produce lámparas de la mejor calidad para satisfacer principalmente el mercado norteamericano. En el caso de los balastos, la calidad de la mayor parte de los productos nacionales es comparable a la mejor calidad internacional y adicionalmente están diseñados para la tensión y regulación actuales. Con excepción de los balastos electrónicos usados en los sistemas integrales, la compra de balastos importados tanto electromagnéticos como electrónicos debe evitarse en lo posible.

FIGURA 11.- RELACION DE FABRICANTES Y PRODUCTOS

| LAMPARAS | BALASTROS ELECTRONICOS | BALASTROS ELECTROMAGNETICOS |
|------------------|------------------------|-----------------------------|
| GENERAL ELECTRIC | ADVANCE TRANSFORMER | ADVANCE TRANSFORMER |
| · MITSUBISHI | EBT | MAGNETEX UNIVERSAL |
| OSRAM | ETTA INDUSTRIES | QUALITY SERVICES E. |
| PANASONIC | INNOVATIVE INDUSTRIES | RADIONIC |
| PHILIPS | LUTRON ELECTRONICS | ROBERTSON |
| SYLVANIA | MAGNETEX TRIAD | SCHUMACHER |
| | OSRAM | VALMONT ELECTRIC |
| | VALMONT ELECTRIC | |

La inclusión en esta lista no implica aprobación o compromiso por parte de la CEC, ni DOE ni del EPA. Pueden existir otras compañías que también fabrican estos productos.



a) Versiones más comunes de Lámparas Compacto-Fluorescente



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

CURSOS ABIERTOS

ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS COMERCIALES



**ARQ. PEDRO ALEJANDRO GARZA DE YTA
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

DISEÑANDO
CON LUZ

ARQ. PEDRO A. GARZA DE YTA.

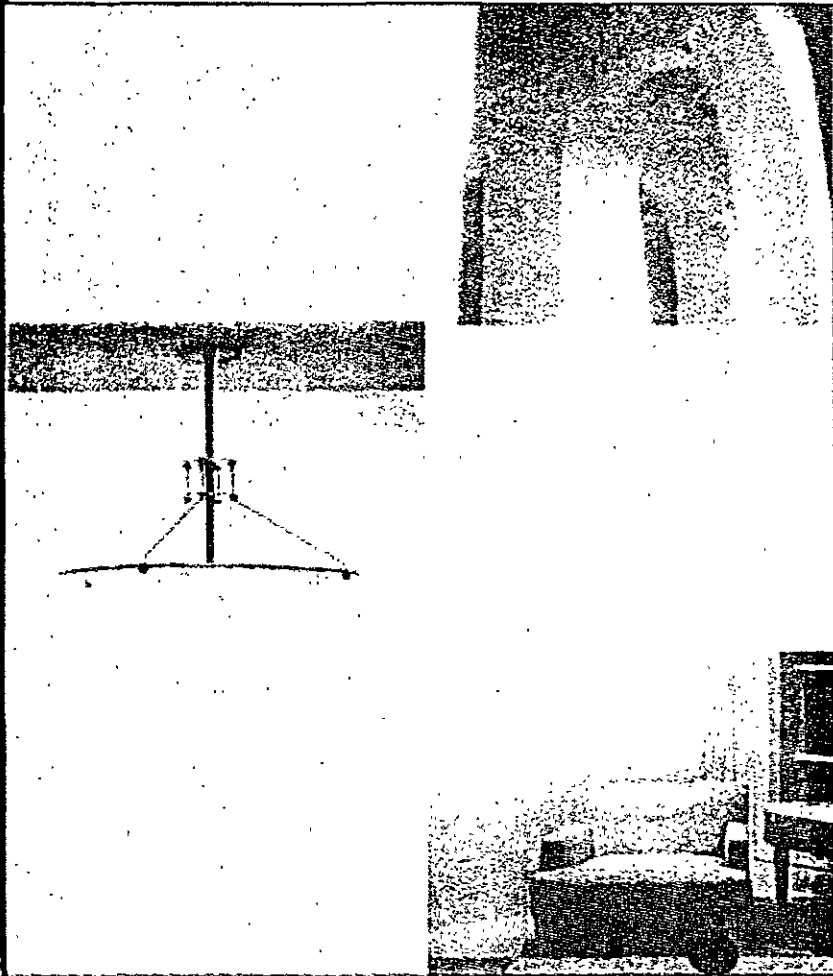

Coordinación Integral de Obras
COORDINACIÓN INTEGRAL DE OBRAS

Misión de la Presentación.

Enseñar los fundamentos del diseño de iluminación y las habilidades básicas requeridas para documentar un diseño efectivamente



Líneamiento del seminario



- * Proceso de diseño de iluminación.
- * Efectos de iluminación.
- * Realzando con luz.
- * Luminarias
- * Elementos que influyen.
- * Proceso de documentación

Proceso de diseño de iluminación.



- * Reunión con clientes para obtener información relevante para iluminar.
 - * Cuestionario a clientes.
- * Identificar las tareas visuales que tenemos que iluminar
- * Seleccionar la lampara apropiada para obtener el efecto deseado
- * Selección del luminaria apropiada.

Proceso de diseño para iluminación.

Cuestionario a clientes.

Identificar los efectos de iluminación.

Selección de lamparas.

Selección de luminarios.

Cuestionario de perfil de clientes.

Iluminación general.

- 1.- Cuantos metros cuadrados tiene su casa?
- 2.- Cual es el estilo arquitectónico gral. de su casa?
- 3.- Tiene su casa detalles arquitectónicos de altura a losa o plafon ? Cuando si , en cuales áreas?
- 4.- Que estilo tendrá el mobiliario que utilizara en la casa a)moderno b)contemporáneo c)tradicional d)etc..
- 5.- Actualmente colecciona piezas de arte o lo tiene pensado hacer en el futuro?
- 6.- Tiene usted objetos especiales que le gustaría resaltar en la noche
- 7.- El acabado de la carpintería será claro, medio u oscuro. En mate o Brillante?
- 8.- El acabado de sus paredes es claro, mediano ó oscuro?
- 9.- Que tipo de materiales utilizara en los acabados de la casa?
- 10.-Tendrán sus paredes texturas? Cuando si, serán ligeras,medias o pesadas.
- 11.-Hay alguien en casa que tenga problemas de visión y necesite iluminación especial
- 12.-En cuales áreas usted acostumbra leer o escribir su trabajo?
- 13.-Tiene usted algún objeto que requiera iluminación especial ?
Por ejemplo Proyectores para cuadros.
- 14.-Le gustaría utilizar iluminación indirecta en la casa?
- 15.-Le gustaría usar iluminación decorativa fija?
- 16.-Cual es su nivel de iluminación preferido?ligero, medio alto.
- 17.-Estaría usted interesado en diseñar la iluminación de su jardín?
- 18.-Le gustaría usar sistemas de control en su casa?

Proceso de diseño para iluminación.

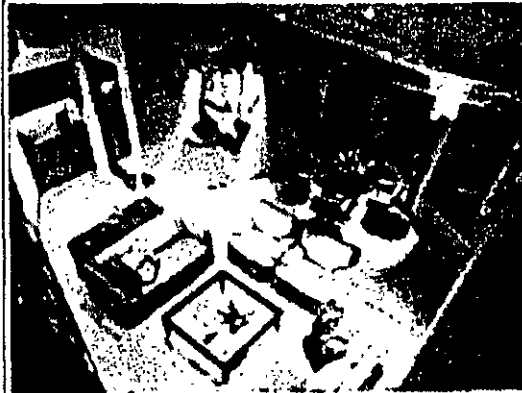
Cuestionario a clientes.

Identificar los efectos de la iluminación.

Selección de lamparas.

selección fija.

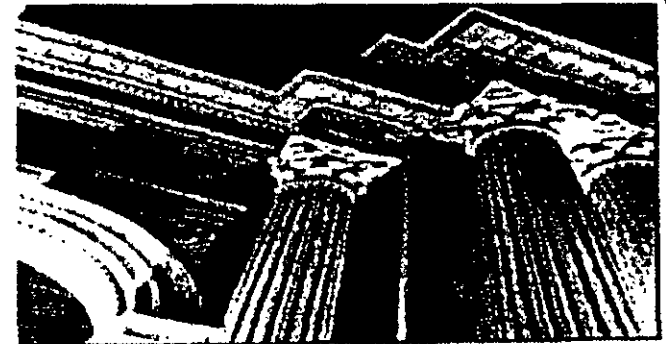
*Baño de luz
*Baño rasante



*Iluminación
Ascendente
*Luz de Acento



*Iluminación Cenital
*Iluminación para tareas
visuales
*Iluminación indirecta



Proceso de diseño para iluminación.

Cuestionario a clientes.

Identificar los efectos de la iluminación.

Selección de lamparas.

selección fija.

- *LAMPARAS A-19
- *LAMPARAS R
- * LAMPARAS PAR
- * HALOGENO CACAHUATE
- * MR 16
- * MR20
- * PAR 20
- * PAR 36
- * PAR 50
- * FLUORESCENTE
- * FLUORESCENTE COMPACTA



Proceso de diseño para iluminación.

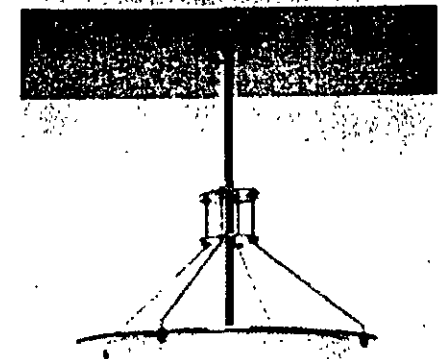
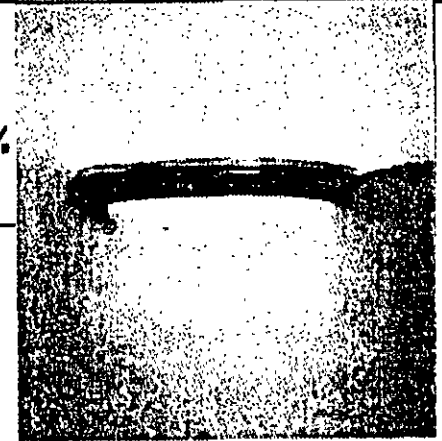
Cuestionario a clientes.

Identificar los efectos de la iluminación.

Selección de lamparas.

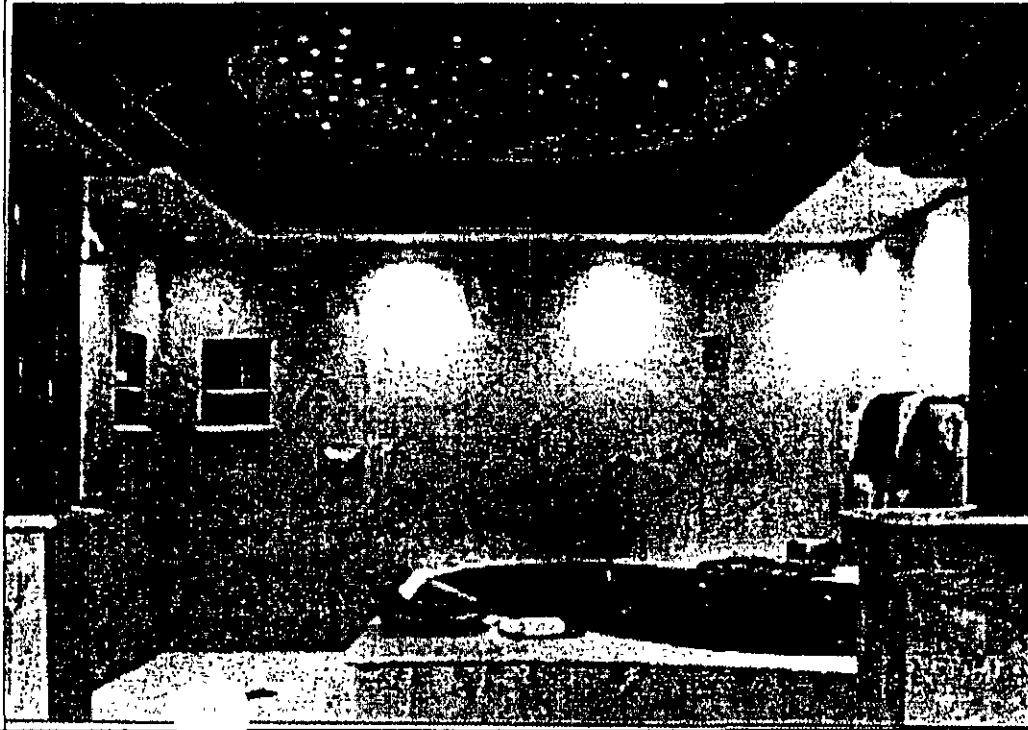
Selección de luminarias.

- * En Nichos
- * Montadas en la pared
- * Decorativas
- * Lineal desnuda
- * De un solo punto
- * Luz Derramada
- * Cable de luz



Efectos de la Iluminación.

Los efectos de iluminación nos dan la oportunidad de crear: Drama e Interés en un espacio



Efectos de la Iluminación.

* General hacia abajo

* Luz inferior

* Acento

* De trabajo

* Paredes lavadas

* Paredes realzadas

* Indirecta

* Proveer Iluminación General.

* Debe ser lo mejor para todas las actividades.

* Ilumina las superficies uniformemente.



Efectos de la Iluminación.

General hacia abajo

* Luz inferior

* Acento

* De trabajo

* Paredes lavadas

* Paredes realzadas

* Indirecta

* Primeramente usado para efectos dramáticos

* Acentuar la arquitectura.

* Iluminar Jardines.



Efectos de la Iluminación.

- * General hacia abajo

- * Luz inferior

- * Acento

- * De trabajo

- * Paredes lavadas

- * Paredes realzadas

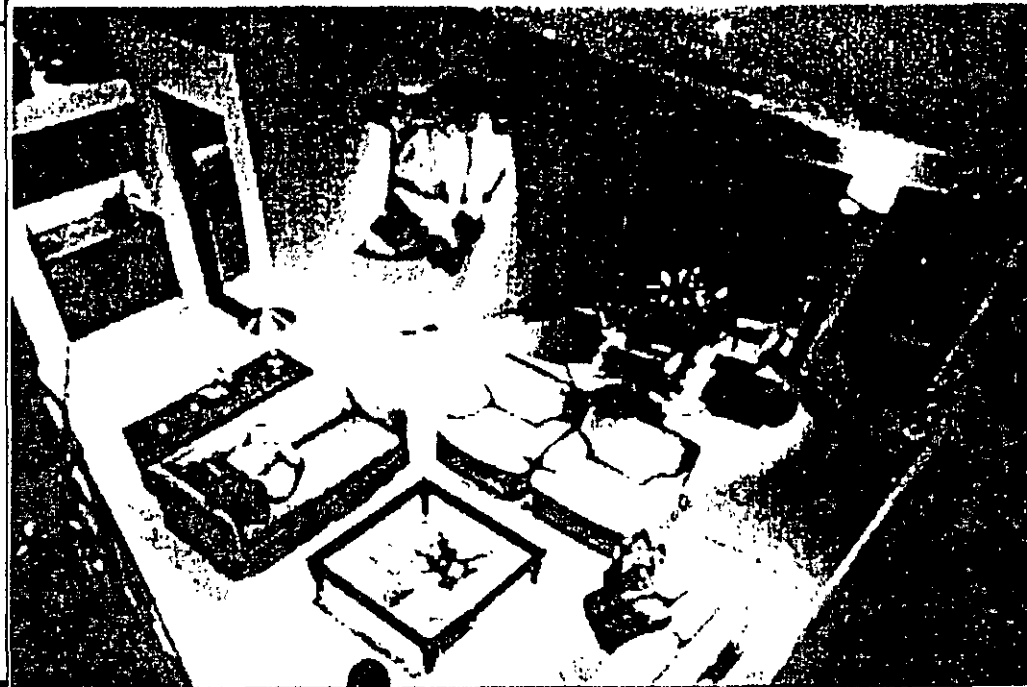
- * Indirecta

- * Determina las prioridades visuales.

- * Provee Drama.

- * Resalta objetos y arte.

- * Es oculta y/o ajustable.



Efectos de la Iluminación.

* General hacia abajo

* Luz inferior

* Acento

* De trabajo

* Paredes lavadas

* Paredes realzadas

* Indirecta

* Altos niveles de iluminación en áreas específicas.

* Ilumina las superficies uniformemente.

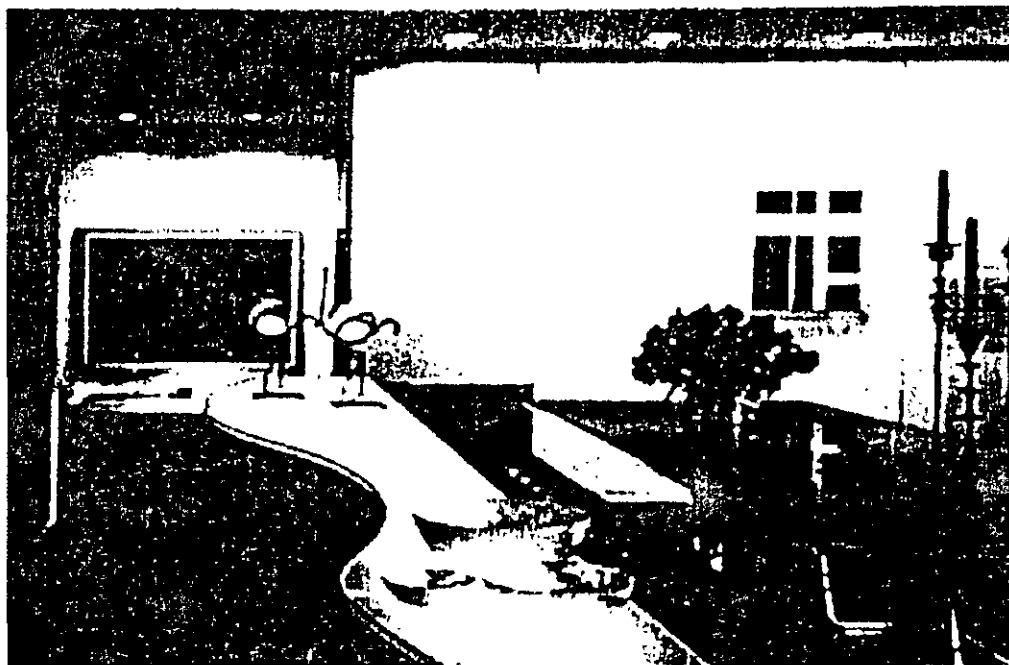
* Fuentes oculta.



Efectos de la Iluminación.

- * General hacia abajo
- * Luz inferior
- * Acento
- * De trabajo
- * Paredes lavadas
- * Paredes realzadas
- * Indirecta

- *Superficies uniformes de arriba abajo y de derecha a izquierda.
- *Realza objetos en la pared.
- *Minimiza el rendimiento de las texturas
- *Crea puntos focales.



Efectos de la Iluminación.

* General hacia abajo

* Luz inferior

* Acento

* De trabajo

* Paredes lavadas

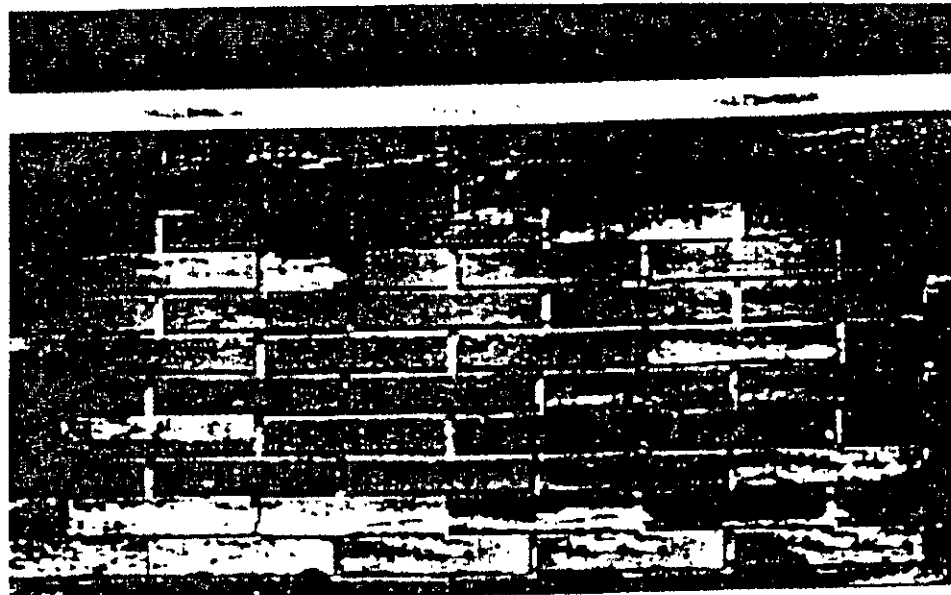
* Paredes realzadas

* Indirecta

*Usado para resaltar la textura de la superficie.

*Ideal para texturas de ladrillo o piedra.

*Crea puntos focales de alto dramatismo.



Efectos de la Iluminación.

* General hacia abajo

* Luz inferior

* Acento

* De trabajo

* Paredes lavadas

* Paredes realzadas

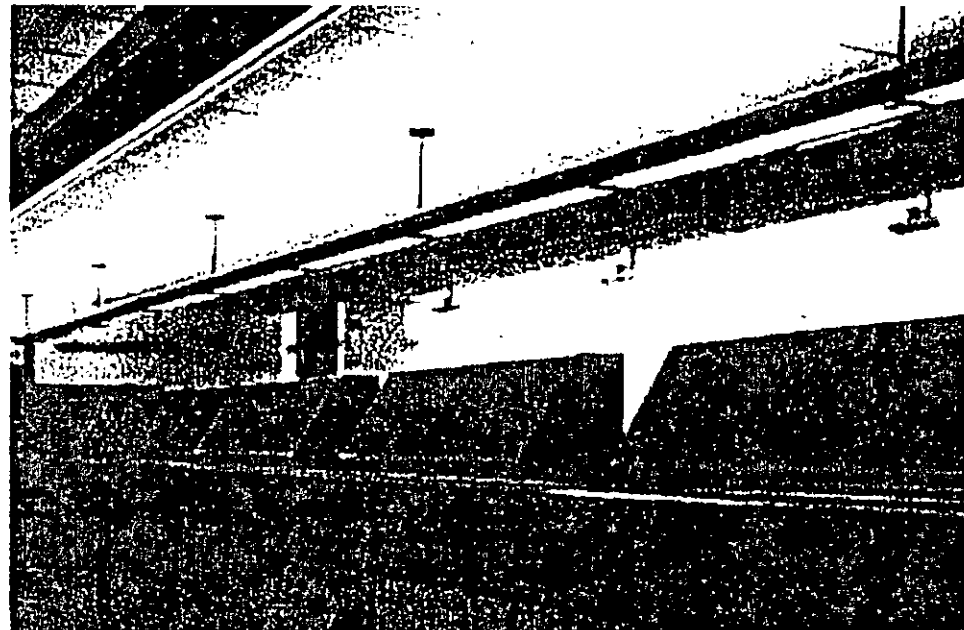
* Indirecta

*No brilla.

*Suaviza e iguala distribución de luz.

*Aproxima la iluminación a la arquitectura.

*Apropiado para áreas con computadoras o monitores.



Interpretando con luz.

Las propiedades de color de la luz es lo que crea el medio ambiente de un espacio.

Tomando en consideración tanto las propiedades de rendimiento de color y la temperatura de color de las lamparas se crean capas de luz, que son indispensables para crear ambientes diferentes y proveer claridad visual.

Interpretando con luz.

Capas de luz.

Rendimiento de color

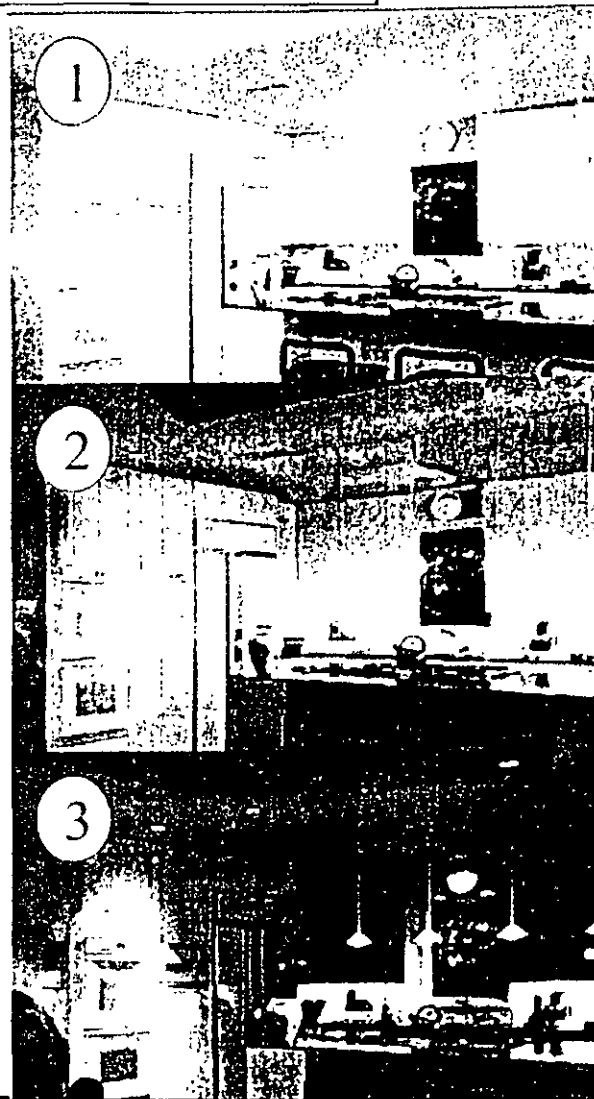
Temperatura de color

Lampara fuente.

① Ambiental

② De trabajo

③ Acento



Interpretando con luz.

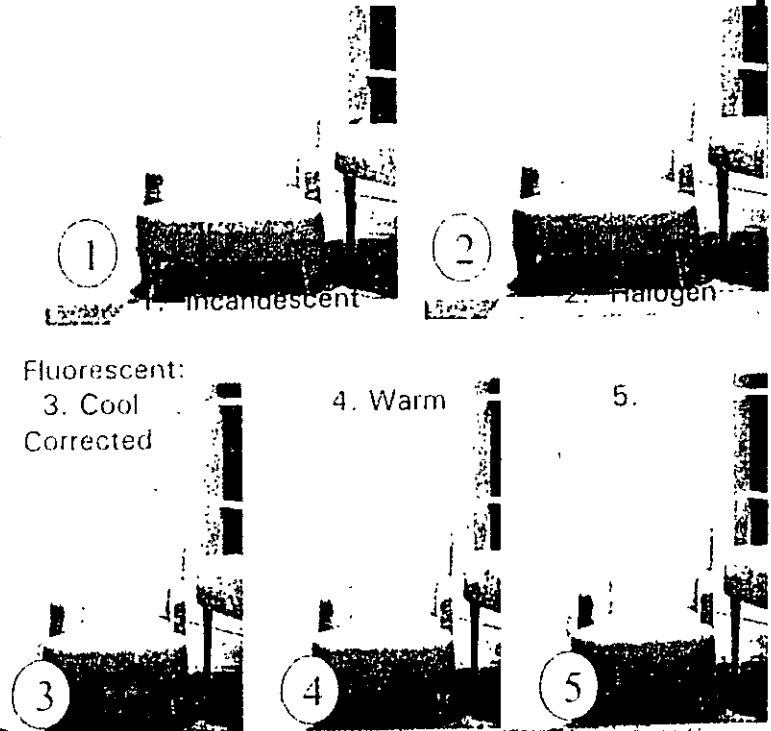
Capas de luz.

Rendimiento de color

Temperatura de color

Lampara fuente

- ① Incandescente
- ② Halógeno
- ③ Fluorescente con corrección tibia.
- ④ Fluorescente cálida.
- ⑤



Interpretando con luz.

Capas de luz.

El índice de rendimiento de color proporcionado (IRC o CRI) es una escala porcentual de 0 a 100
Esto determina la capacidad de la fuente para igualar la manera que un objeto se vea comparado el como se vería si estuviera iluminado por la luz del sol. y la capacidad de longitud de onda que el ser humano percibe sea el total de esta
El CRI tiene diferentes fuentes y debe de compararse solo cuando la fuente en análisis tiene el mismo índice porcentual: ejemplo.
Las lamparas incandescentes tienen un CRI de 100.

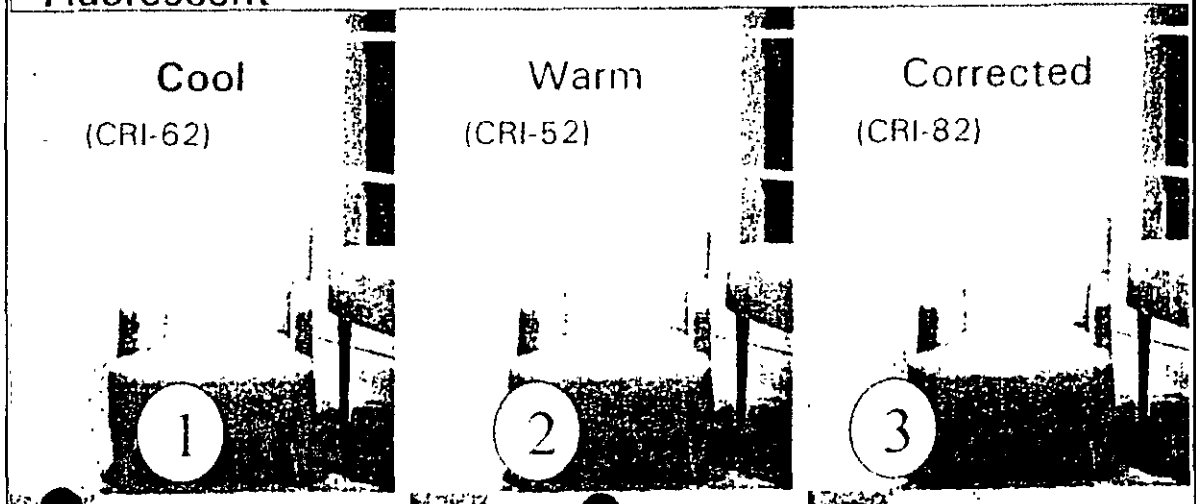
Rendimiento de color

Un buen valor es 70-80 CRI
Un Excelente valor es 80 + CRI

Temperatura de color

Fluorescent

Lampara fuente



Interpretando con luz.

Capas de luz.

Rendimiento de color

Temperatura de color

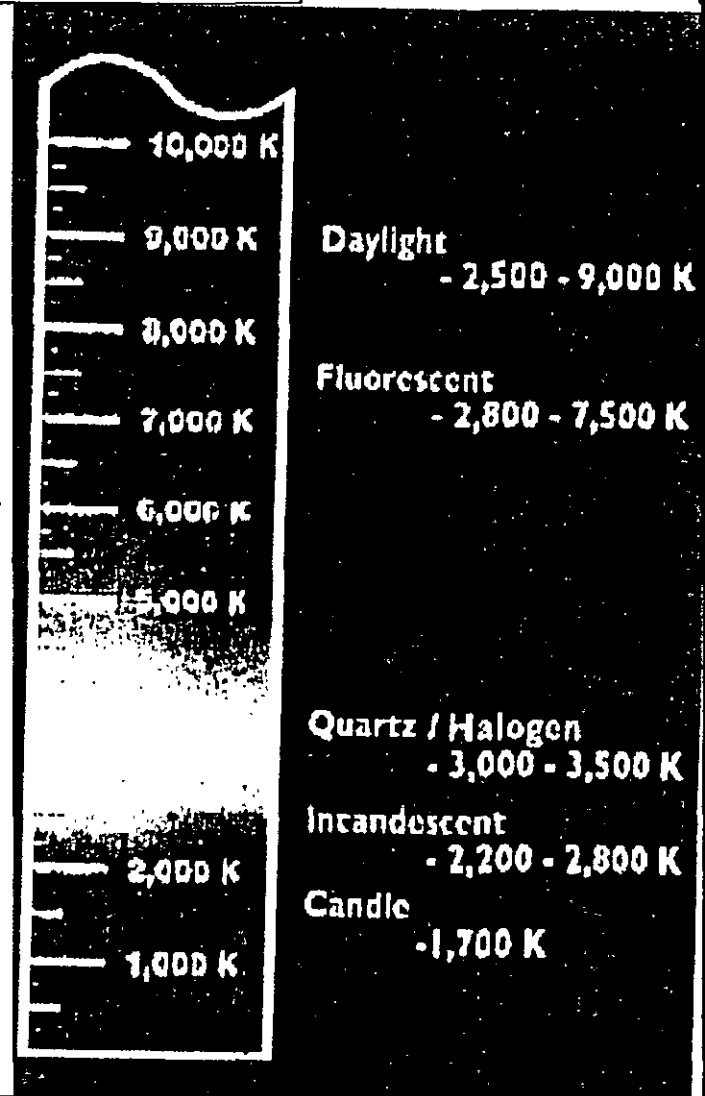
Lampara fuente

La temperatura del color para una fuente es expresada en grados Kelvin (K).

Las fuerzas calientes están abajo en la escala Kelvin.

Las fuerzas frías están arriba en la escala Kelvin.

(Esto esta relacionado con el color que tiene el filamento de las lamparas incandescentes sometidos a la temperatura indicada)



Interpretando con luz.

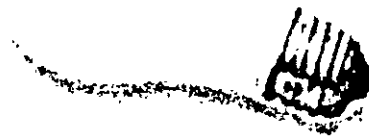
Capas de luz.

Rendimiento de color

Temperatura de color

Lampara fuente

- *Incandescente.
- *Halógeno.
- *Fluorescente.
- *Fibra óptica.



- *La mejor fuerza de luz ambiental.
- *Confortable, ancho y suave radiación.
- *proporciona luz completa para minimizar las sombras.
- *Buen color proporcionado.
- *Seguro, bajo costo, muy disponible.

Interpretando con luz.

Capas de luz.

Color propuesto

temperatura del
color

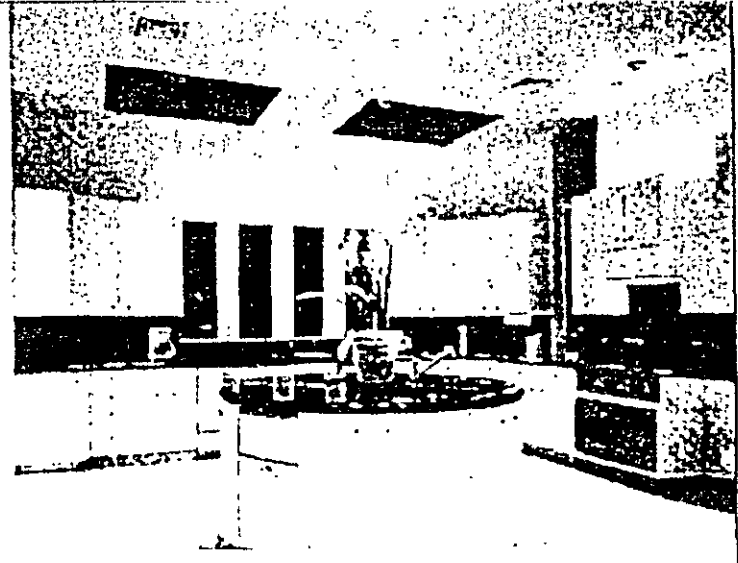
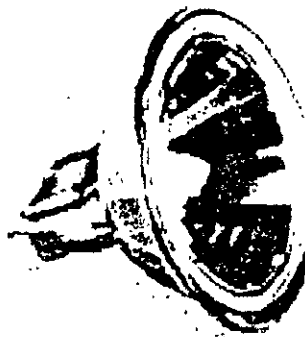
fuentes de
la lampara

*Incandescente.

*Halógeno.

*Fluorescente.

*Fibra óptica.



*Buena fuerza para ambiente ,de trabajo y
acentúa la iluminación.

*Eficiencia en energía y larga vida.

*Rayo altamente controlable.

*Baja fuerza.

*Proporciona brillantes efectos.

Interpretando con luz.

Capas de luz.

Color propuesto

temperatura del
color

fuentes de
la lampara

*Incandescente.

*Halógeno.

*Fluorescente.

*Fibra óptica.



*Buena fuerza para ambiente, iluminación de trabajo.

*Buen índice de color, color corregido.

*Incluye, partículas negativas-directas de luz

*Efectivo costo.

*Produce menos calor que las lamparas incandescentes.

Interpretando con luz.

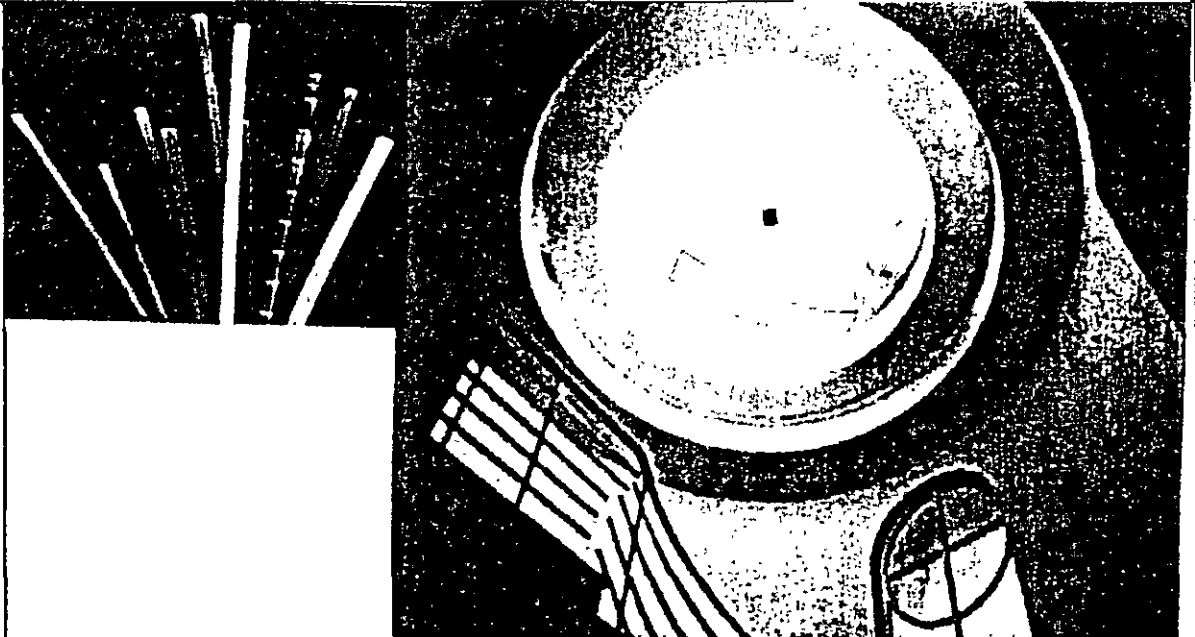
Capas de luz.

Color propuesto

temperatura del
color

fuelle de
la lampara

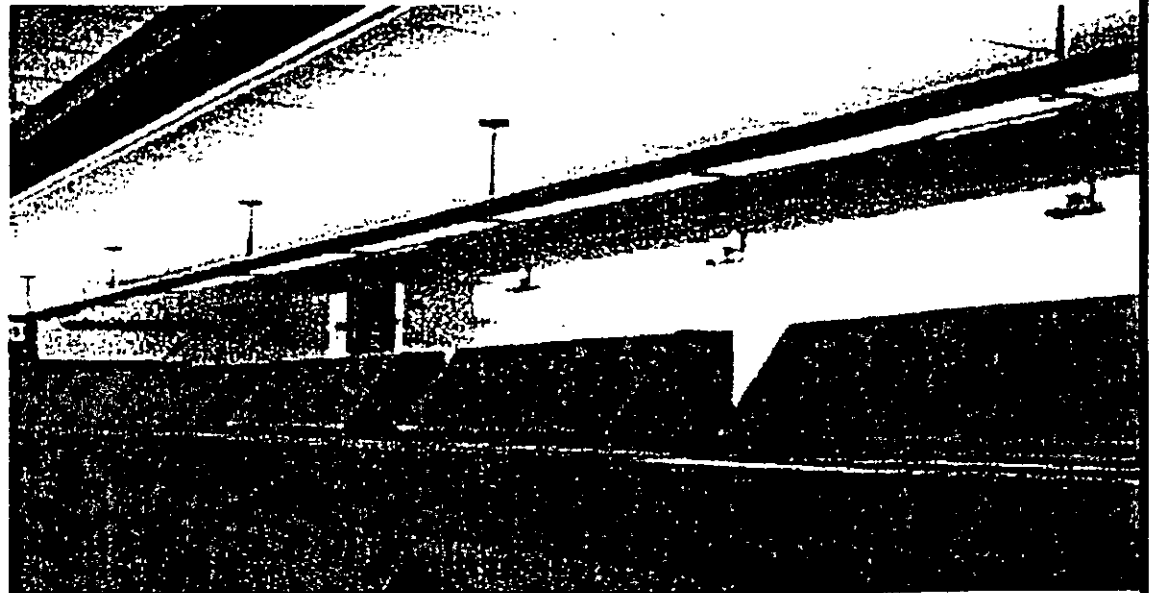
- *Incandescente.
- *Halógeno.
- *Fluorescente.
- *Fibra óptica.



- *Buena fuerza para efectos especiales y luz ascendente.
- *Sencilla y remota fuerza de luz.
- *usada como fin o emisión linear de fuerza.
- *Opciones de color.
- *Se logran efectos muy interesantes

Luminarias:

La luminaria esta diseñada para complementar la fuente de luz ó lampara. En muchas ocasiones , el uso de reflectores aumentan la productividad de la lampara.



Iluminación fija.

Empotrada al techo.

Colgada al techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

Luz de estaca.

Luz derramada.

- * Solución versátil.
- * Invisible.
- * Ajustable.
- * Lineal o de bajo voltaje.



Iluminación fija.

Empotrada al techo.

Colgada al techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

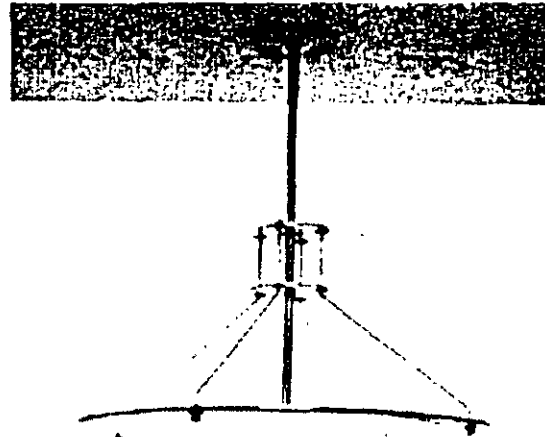
Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

Luz de estaca.

Luz derramada..

- * Arquitectónica.
- * Decorativa.
- * Colgante-pendiente o candelabro.
- * Cercana al Techo.



Iluminación fija.

Empotrada al techo.

Colgada al techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

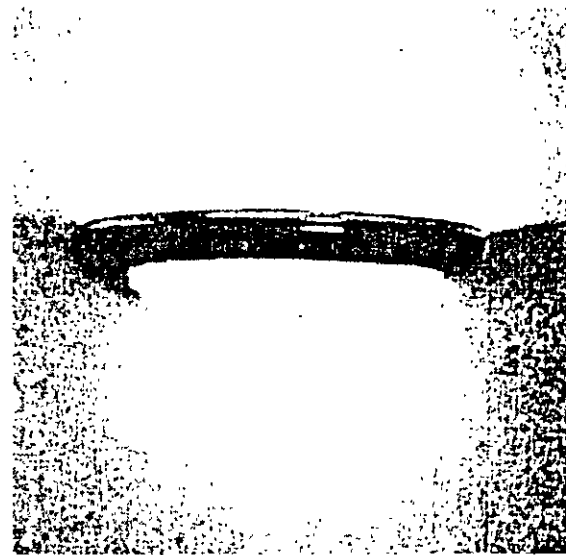
Luz de estaca.

Luz derramada..

* Arquitectónica.

* Decorativa.

* Montada en cornisa, o montada directamente a la pared.



Iluminación fija.

Empotrada al techo.

Colgada al techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

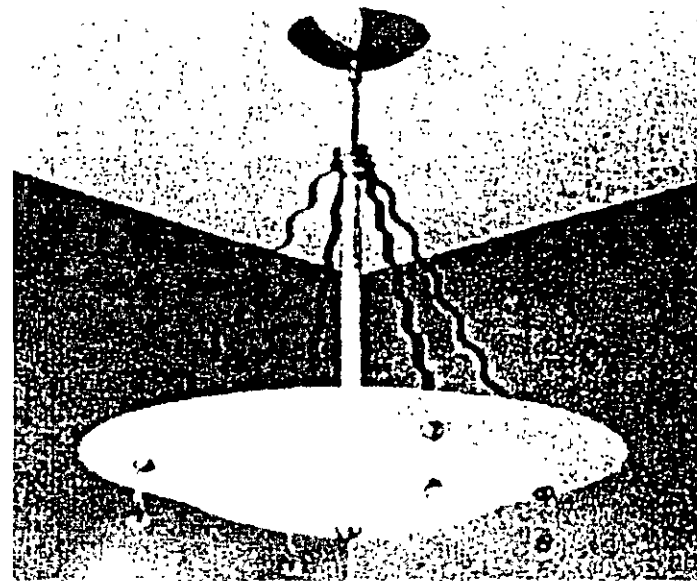
Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

Luz de estaca.

Luz derramada..

- * Empotradas en techo o pared.
- * Lámparas de mesa y antorchas.



Iluminación fija.

Empotrada al techo.

Colgada al techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

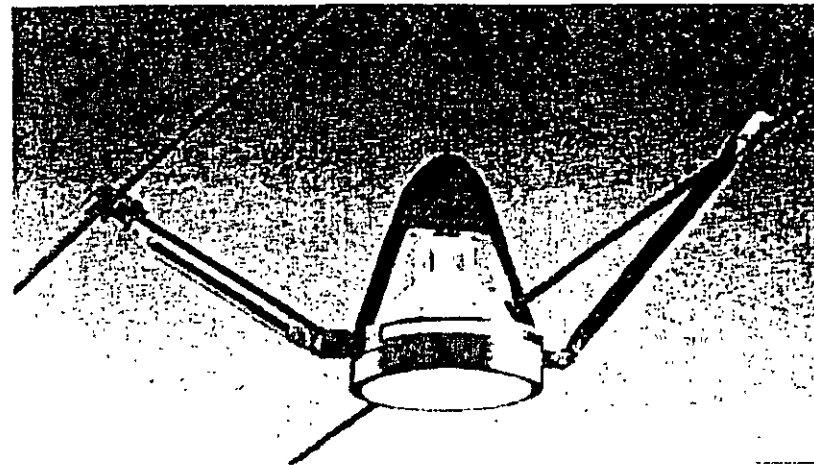
- * Versátiles
- * Múltiple fuerza de luz.
- * Decorativas
- * Reutilizable.

Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

Luz de estaca.

Luz derramada..



Iluminación fija.

Empotrada al techo.

Colgada al techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

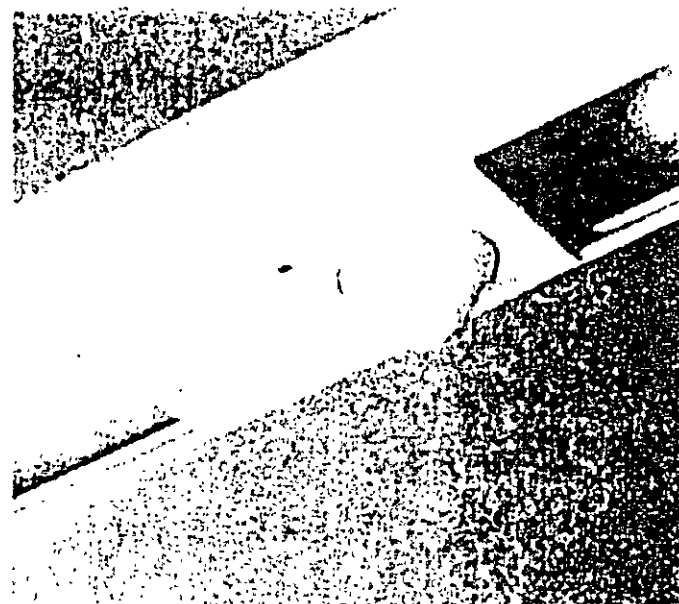
Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

Luz de estaca.

Luz derramada..

- * De trabajo.
- * Pequeñas, tamaño compacto.
- * Fácil de ocultar.
- * Estética.



Iluminación fija.

Empotrada al techo.

Colgada al techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

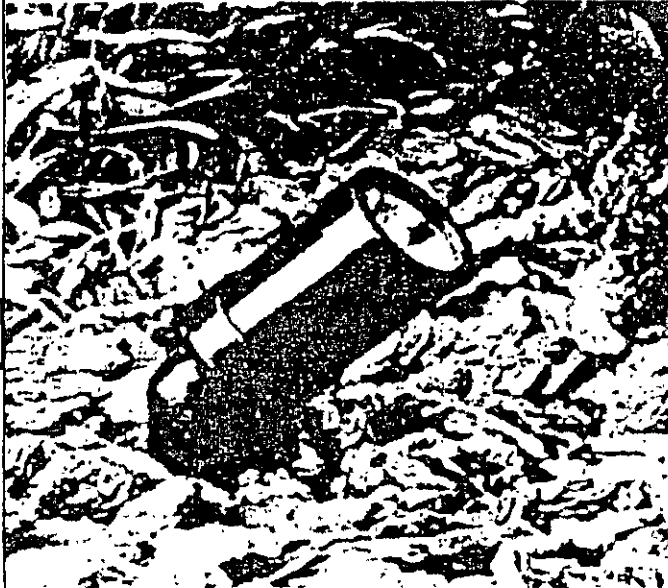
Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

Luz de estaca.

Luz derramada.

- * Para uso en paisajes.
- * Punto de fuerza.
- * Ajustable.
- * Discreta.
- * Flexible.



Iluminación fija.

Nichos.

Empotrado en techo.

Empotrado en pared.

Decorativa.

Cable de iluminación.

Lineal desnuda.

Luz de estancia.

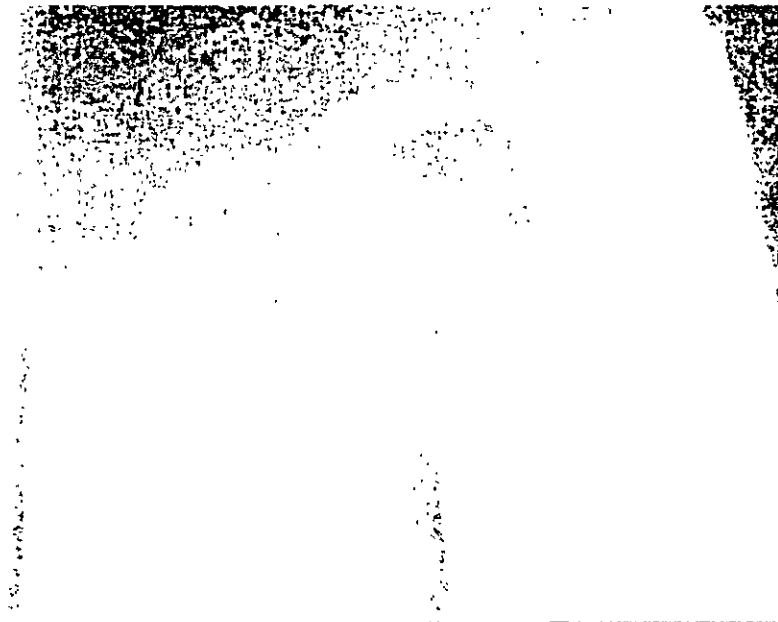
Luz derramada.

- * Dramático.
- * Invisible.
- * Luz arquitectónica.
- * Efectos de luz alta



Elementos que Influyen.

Hay muchos elementos que pueden influenciar el proceso de diseño. Hablando del tiempo primero deberás entender completamente los detalles de tu proyecto para obtener mejores resultados.



Elementos que Influyen.

Arquitectura.

Techos.

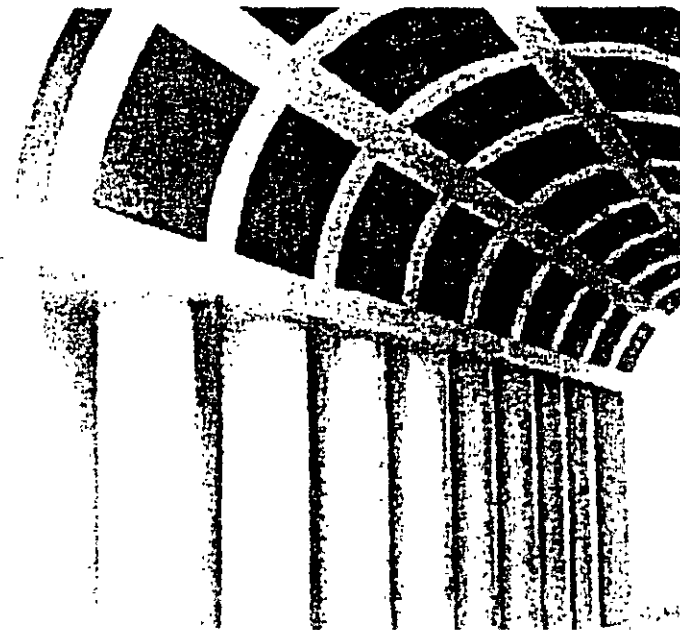
Locales usados.

Fuerzas.

Exteriores/
paisajes.

Otros.

- * Características para mejorar.
- * Defectos para ocultar.
- * Fijas y placenteras.



Elementos que Influyen.

Arquitectura.

Techos.

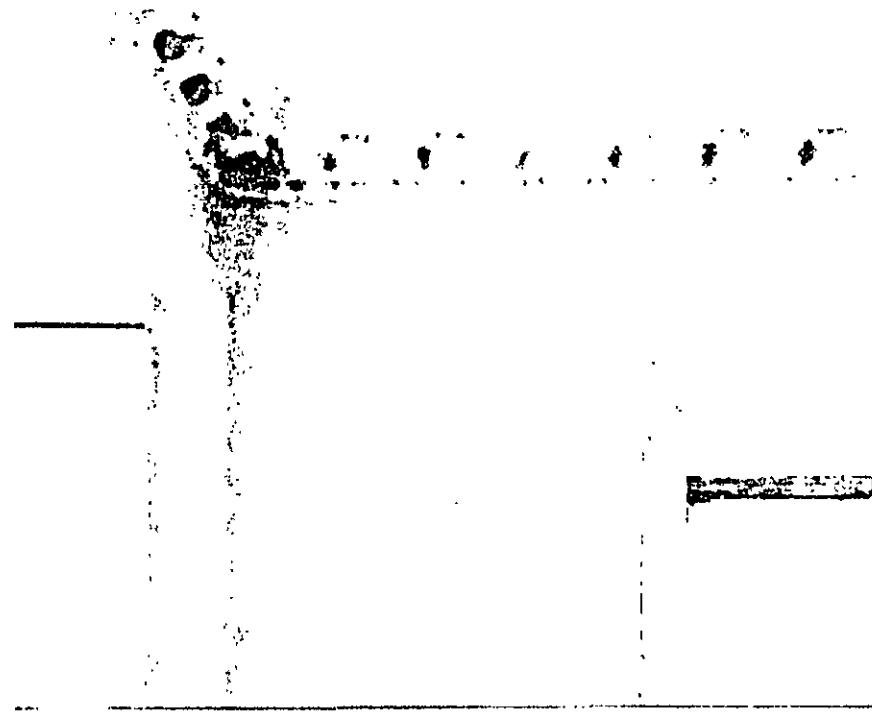
Locales usados.

Fuerzas.

Exteriores/
paisajes.

Otros.

- * Condiciones del techo.
- * Mantenimiento implícito.
- * Elementos del espacio.



Elementos que Influyen.

Arquitectura.

Techos.

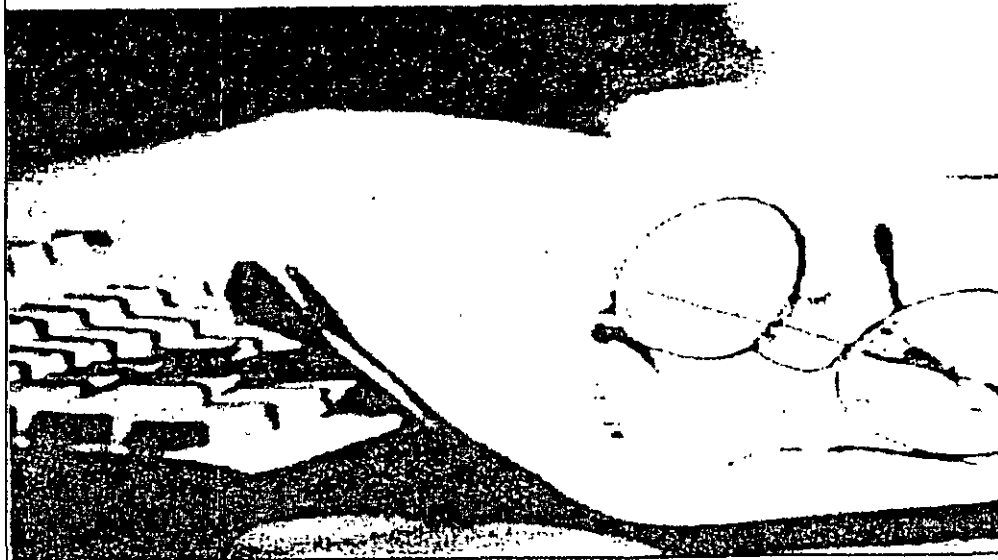
Locales usados.

Fuerzas.

Exteriores/
paisajes.

Otros.

- * Funcionalidad.
- * Mobiliario placentero.
- * Trafico de charlas.
- * Apagadores y controles.
- * Punto focal.



Elementos que Influyen.

Arquitectura.

Techos.

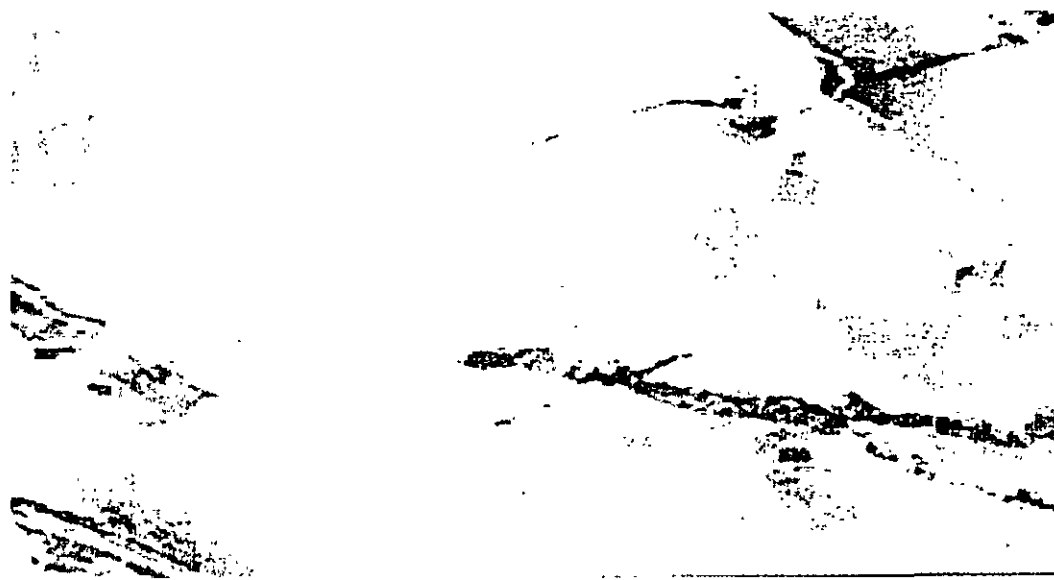
Locales usados.

Fuerzas.

Exteriores/
paisajes.

Otros.

- * Oscuro o brillante.
- * Color del espacio.
- * Texturas.
- * Materiales.



Elementos que Influyen.

Arquitectura.

Techos.

Locales usados.

Fuerzas.

Exteriores/
paisajes.

Otros.

* Elementos a considerar.

* Localización húmeda.



Elementos que Influyen.

Arquitectura.

Techos.

Locales usados.

Fuerzas.

Exteriores/
paisajes.

Otros.

- * Trabajos de arte/ colecciones.
- * Consistencia de la aplicación.
- * Código de requerimientos.
Comprender estado y regulación local, por ejemplo.
 - * Título 24(solo CA y WA)
 - * IC montado.
 - * Revisar los entarimados arquitectónicos.
- * Presupuesto.
- * Eficiencia de la energía.



Proceso de la documentación.

Reunión con Los Fernández



Los Fernández tienen completo el cuestionario para clientes. En base a sus respuestas ,nosotros tenemos aquí con que seguir diseñando el criterio para su nueva biblioteca.

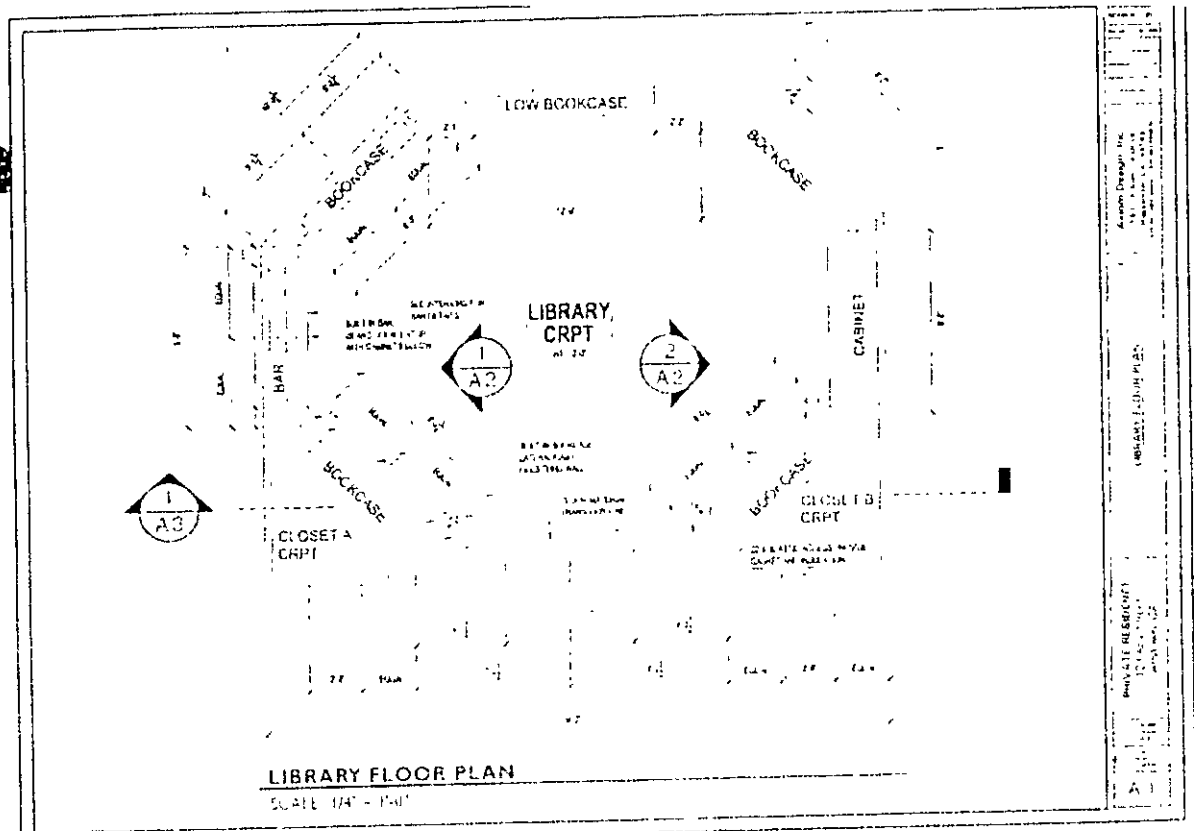
- *A ella le gusta el estilo contemporáneo y el prefiere el tradicional.
- *Están en desacuerdo acerca de cual de su trabajo de arte es importante.
- *Ellos prefieren iluminación fuerte en detalles arquitectónicos y techos con luz.
- *Están ansiosos de leer y necesitan perder la iluminación general en el espacio y en los libreros.
- *Los colores en el cuarto son naturales. El piso es alfombra y el bar tiene luz cubierta de granito.

Proceso de la documentación.

Reunión con Los Fernández



Permitir ver el plano del piso:

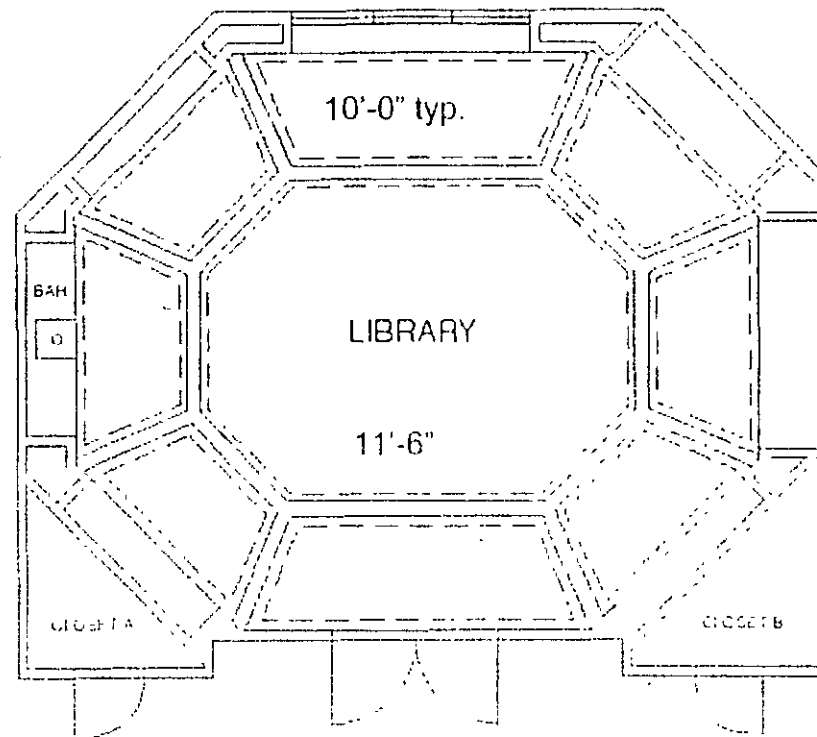


Proceso de la documentación.

Reunión con Los Fernández



Permitir ver el plano de proyección del techo:



REFLECTED CEILING - LIBRARY

SCALE 1/4" = 1'-0"

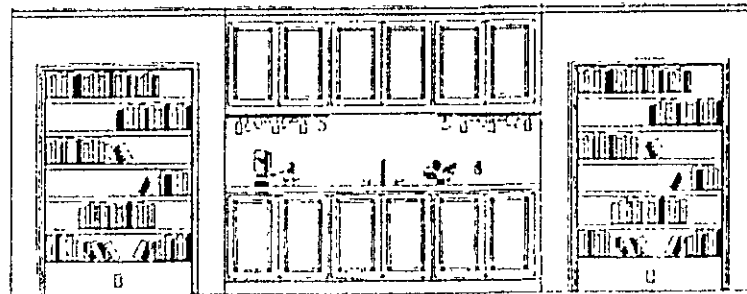
| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| PROJECT INFORMATION | PROJECT: LIBRARY - LIBRARY |
| DATE: 1/1/80 | PROJECT NO: 1000 |
| SCALE: 1/4" = 1'-0" | DATE: 1/1/80 |
| DESIGNED BY: [Name] | CHECKED BY: [Name] |
| DRAWN BY: [Name] | DATE: 1/1/80 |
| PROJECT LOCATION: [Address] | PROJECT NO: 1000 |
| PROJECT OWNER: [Name] | PROJECT NO: 1000 |
| PROJECT NO: 1000 | PROJECT NO: 1000 |

Proceso de la documentación.

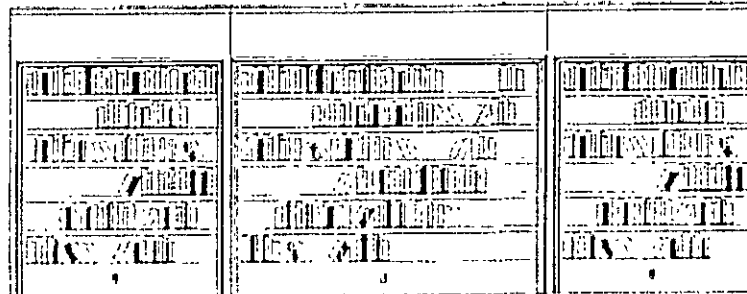
Reunión con Los Fernández



Permitir ver el plano de elevación de los libreros:



1 LIBRARY ELEVATION - WEST
SCALE: 1/4" = 1'-0"



2 LIBRARY ELEVATION - EAST
SCALE: 1/4" = 1'-0"

Architectural Drawings
1000 North Street
New York, N.Y. 10017
Tel. (212) 697-9000
Fax (212) 697-9001
ELEVATIONS
PROJECT: RESIDENCE
1000 North Street
New York, N.Y.
PART 2
A 2

Proceso de la documentación.

Los Fernández.



- *Estilo contemporáneo.
- *Acentuar iluminación en nichos y arte.
- *Sistema de cable para iluminación superior.
- *Nichos con iluminación baja por iluminación general.
- *Nichos con paredes iluminadas para libreros.
- *Halógeno desnudo de bajo voltaje, en bar cubierto de granito.

Proceso de la documentación.

Los Fernández.



*Estilo tradicional.

*Iluminación de pinturas para trabajos de arte.
Y fija ajustable en nichos para librerías bajas.

*Indirectamente cubrir con bajo voltaje a la
iluminación superior en techo.

*Lámparas de piso, lámparas de mesa y poca
iluminación baja en nichos por la iluminación general.

*Paredes iluminadas en nichos para librerías.

*Halógeno desnudo de bajo voltaje, en bar cubierto
de granito.

Trazos básicos.

Antecedentes.

Fijos.

Dimensiones.

Distribución.

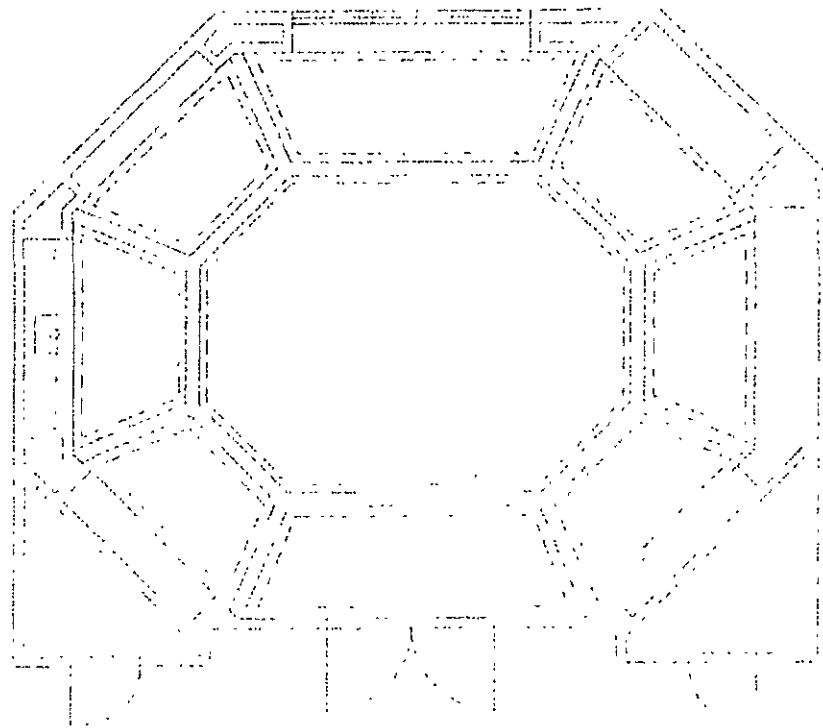
Interruptores.

Rótulos fijos.

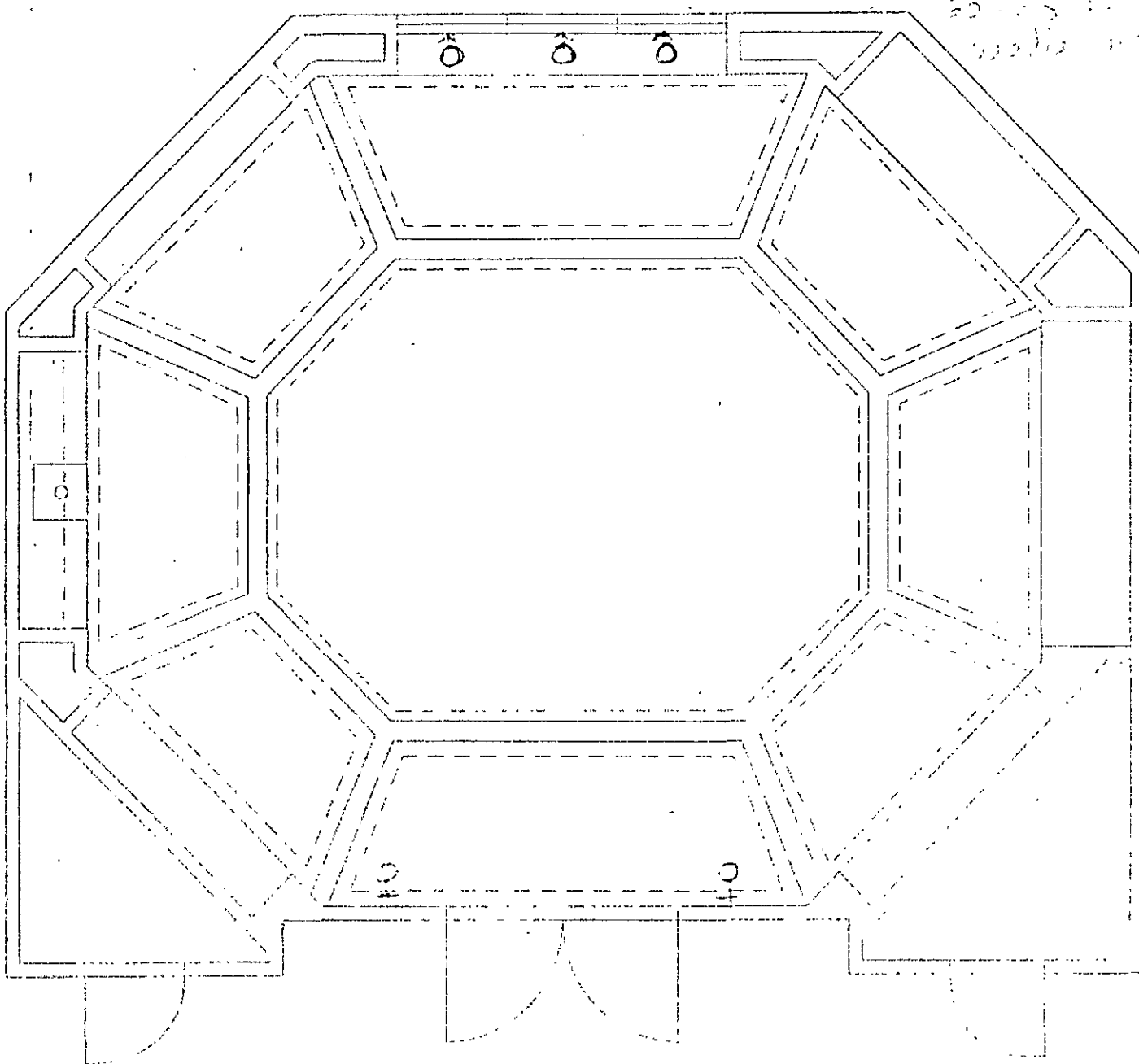
Ahora , comenzamos mostrando el proceso de trazo.

Comenzamos con una planta arquitectónica del piso en blanco. Entonces incluye información acerca de reflectores en techo.

Esta con referencia a los antecedentes.



Arson Design Inc.
12345 Main St.
City, State, Zip
Tel: (555) 123-4567
Fax: (555) 987-6543
www.arsondesign.com



Symbol List

- Wall mount fixture
- ⊕ Ceiling mount fixture
- Recessed fixture
- Recessed wall washer
- Recessed adjustable
- ⊖ Low voltage strip
- S ⊖ Switch with dimmer
- ⊕ Floor outlet-half not
- Fixture tag

| | |
|---|-------------|
| <p>AXIOM DESIGN, INC. 5071 A Seawall Drive Pleasanton, CA 94566 925-433-8888</p> | |
| <p>LIBRARY - LIGHTING</p> | |
| <p>PRIVATE RESIDENCE 123 Any Street Anytown CA</p> | <p>LE-1</p> |

Conclusión.

¡ Felicidades!

Usted ha terminado el curso fundamental para diseño de iluminación y ahora tiene las herramientas básicas y los documentos requeridos para diseñar efectivamente.





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

CURSOS ABIERTOS

ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS COMERCIALES

TEMA:

AHORRO DE ENERGÍA EN LA ILUMINACIÓN DE INTERIORES

**ING. ALEX RAMÍREZ RIVERO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

AHORRO DE ENERGIA EN LA ILUMINACION DE INTERIORES

El enorme consumo de energía eléctrica en inmuebles representa una importante área de oportunidad para ahorro. El diseño de instalaciones sin criterios luminotécnicos avanzados, la ausencia durante muchos años de normalización sobre eficiencia energética, la falta de observancia de las normas y recomendaciones vigentes, el continuo crecimiento de carga en instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado son algunas de las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica en inmuebles. Aunque las problemas y por tanto las soluciones son particulares para cada unidad, algunos de los primeros se repiten frecuentemente. A continuación se comentan los problemas encontrados a lo largo de más de 40 auditorías realizadas a inmuebles de diverso tipo en México.

I.- INTRODUCCION.

La energía eléctrica es un satisfactor indispensable para el bienestar de la sociedad en su conjunto y un insumo fundamental del proceso productivo.

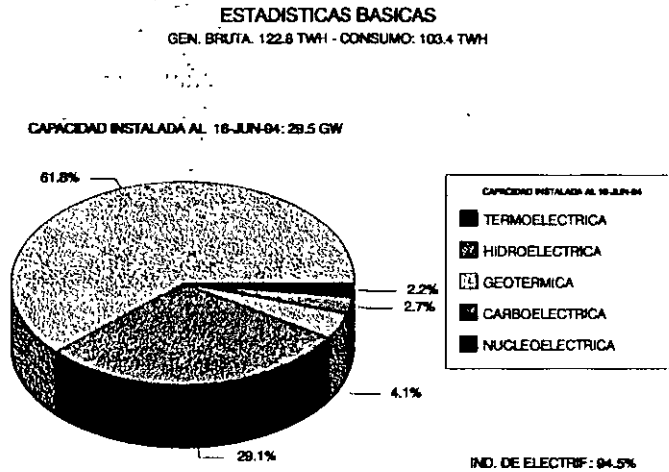
Sin embargo, la disponibilidad de energía eléctrica requiere de un complejo proceso para formar la cadena GENERACION-DISTRIBUCION-UTILIZACION que implica por un lado la necesidad de grandes inversiones por parte del sector eléctrico para satisfacer una demanda que crece en México a un ritmo de aproximadamente 4% anual y por otro lado representa un enorme consumo de recursos energéticos, la mayor parte de ellos no renovables. El 61% de la capacidad instalada de generación en nuestro país se basa en hidrocarburos (Fig. 1) con el tremendo impacto ambiental por todos conocido.

En 1994 el 56% de la energía eléctrica consumida en nuestro país se debe a la industria, el 21% al sector doméstico, 16% a comercios y servicios y 7% al sector agrícola. En la distribución por uso final, el 60% corresponde a sistemas de fuerza, 30% a iluminación y el 10% restante a usos varios (Fig. 2).

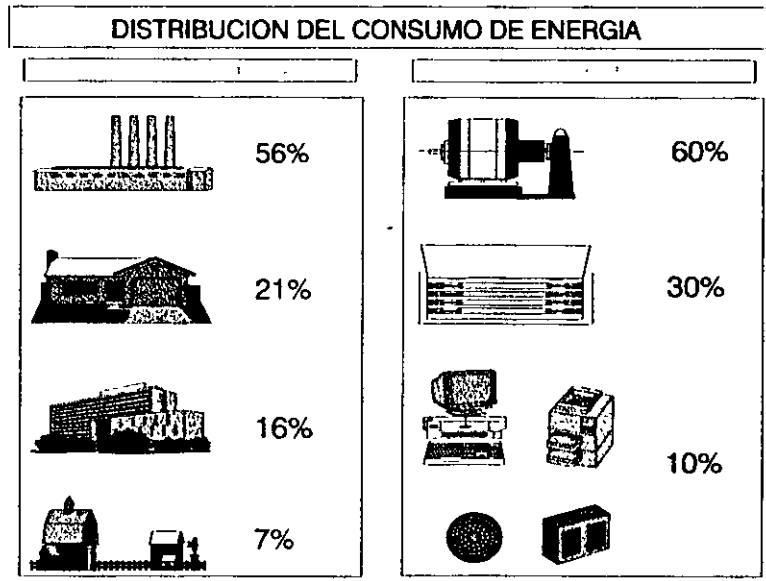
De acuerdo con las tendencias actuales de consumo y con las reservas probadas de hidrocarburos, nuestro país puede correr el riesgo de dejar de ser exportador de estos energéticos en el mediano plazo para convertirse en importador en el largo plazo.

Es evidente que aunque las fuentes alternas para generación de electricidad son numerosas (llamadas también fuentes no convencionales), no representan

individualmente ni en su conjunto, una posibilidad real de apoyar de una manera significativa a los métodos actualmente usados, al menos en el corto plazo.



La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) ha desarrollado un modelo de pronóstico de cogeneración en México. De acuerdo con estimaciones preliminares en tres escenarios se determinó que el potencial total nacional - incluyendo industrias e instalaciones de PEMEX- en el escenario bajo es de 2,900 MW, el medio de 4,000 MW y el alto de 6,000 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.



Para hacer frente a esta difícil situación, la alternativa más viable resulta ser sin duda el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. En base a metas al año 1994, estimadas por empresas consultoras especializadas en el ramo y contratadas por el Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), se logró establecer una proyección ponderada para el año 2000. Se ha estimado un ahorro de unos 20,500 GWH o sea el equivalente al 21% de las ventas de energía eléctrica en 1992.

Para alcanzar esta meta se requiere del esfuerzo conjunto tanto de Comisión Federal de Electricidad y Compañía de Luz, como de los propios usuarios, en una proporción de 30% y 70% del ahorro esperado, respectivamente.

De acuerdo con numerosas experiencias en inmuebles de diversos tipos, actualmente es factible en México lograr ahorros de energía que fluctúan entre 20% y 50%, dependiendo de las condiciones particulares existentes y de la capacidad de inversión para llevar a cabo las medidas ó bien del tiempo de recuperación deseado para dicha inversión. Conservadoramente se puede estimar para este sector un ahorro promedio de 25%, lo que representa un atractivo 4% del gran total nacional.

II.- CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EDIFICIOS.

El consumo de energía eléctrica en un edificio comercial o de oficinas es muy variable, porque depende de numerosos factores, como son:

- **Su localización geográfica.** Determina variables climáticas como temperatura, presión atmosférica, grado de insolación, humedad, etc..
- **Su estructura, configuración y materiales de construcción.**
- **Su orientación y las características particulares del medio ambiente en el cual opera** (árboles, edificios contiguos, etc.).
- **El equipo instalado** (tipo, cantidad y calidad).
- **Los ocupantes** (número, edad y actividades que desarrollan).
- **Los hábitos de uso** (p.ej. los períodos de ocupación).
- **El mantenimiento.**

La factura eléctrica está formada generalmente por cuatro conceptos: consumo de energía (KWH), demanda (KW), bajo factor de potencia (cuando es menor a 90%) y cargos fijos (como mantenimiento). El peso relativo de cada concepto puede variar dentro de límites muy amplios. Por ejemplo, el cargo por bajo factor de potencia puede llegar a provocar un recargo equivalente de hasta 120% del monto de la facturación, pero en cambio, en caso de alto factor de potencia se puede conseguir una bonificación de 2.5 %.

El costo del KWH depende de la tarifa contratada. Esta a su vez es función de la tensión de suministro y la demanda. Para edificios se tienen generalmente dos casos: cuando la compañía suministradora abastece directamente a tensión de utilización (inmuebles medianos ó pequeños sin subestación) ó cuando el suministro se hace en alta tensión (edificios grandes con subestación propia).

La distribución por uso final en edificios también es variable. Se distinguen 4 grandes tipos de carga: iluminación, aire acondicionado, motores (para elevadores y equipo de bombeo) y cargas múltiples (de contactos principalmente).

Para edificios en localidades con climas extremos el equipo de acondicionamiento ambiental tiene un peso muy importante, que puede ser el mayor en el edificio; iluminación es en este caso el segundo, motores el tercero y contactos el cuarto. En cambio, por ejemplo en escuelas en clima templado y estable durante todo el año no requieren equipo de aire acondicionado y normalmente no tienen elevadores. En este caso la carga por iluminación es totalmente predominante, la carga de contactos (que está formada por cafeteras, máquinas de escribir, computadoras, impresoras, lámparas de escritorio, copiadoras, etc.) es el segundo y la carga por motores para bombas el tercero.

II.1.- CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA POR ILUMINACION.

En base a las experiencias de diagnósticos energéticos en edificios de diversos tipos en la zona metropolitana de la Ciudad de México se han encontrado los siguientes porcentajes promedio: iluminación 50%, aire acondicionado 30%, contactos 12% y motores 8%.

De acuerdo con el objetivo de este Diplomado, el consumo debido a las cargas de alumbrado es el que comentaremos con más detalle. Un sistema de iluminación está formado básicamente por 4 elementos: lámpara, balastro, luminario y control. Los sistemas más importantes que podemos aplicar actualmente son: incandescente

(que no requiere balastro), fluorescente, vapor de mercurio (VM), vapor de aditivos metálicos (VAM) y vapor de sodio en alta y baja presión (VSAP y VSBP). Las características más relevantes que deben considerarse para cualquier sistema son: vida útil, eficacia, mantenimiento de lúmenes, índice de rendimiento de color (CRI), temperatura de color, tiempo de encendido y reencendido, costo inicial, costo de operación y disponibilidad en el mercado. Desde el punto de vista de ahorro de energía la eficacia es la característica más importante, pero para cualquier aplicación deben considerarse siempre todos los factores en conjunto.

Cada sistema tiene características propias, por lo que la aplicación de cada uno debe ser cuidadosamente estudiada. A continuación se enlistan los problemas eléctricos más comunes encontrados en edificios auditados en México.

III.- PROBLEMAS DETECTADOS FRECUENTEMENTE EN EDIFICIOS.

Los problemas detectados a lo largo de los diagnósticos eléctricos en edificios son numerosos, pero pueden resumirse en los siguientes:

1) Transformadores sobredimensionados. Esto provoca que se trabaje con bajo factor de potencia y baja eficiencia. El rango óptimo de carga para transformadores es variable, pero generalmente se encuentra entre 50% y 70% de plena carga. Se han encontrado instalaciones con 2 transformadores idénticos trabajando cada uno en promedio a menos de 25% de su carga nominal.

2) Transformadores permanentemente conectados. En ciertas instalaciones el consumo a determinadas horas cae casi a cero, haciendo que el transformador trabaje prácticamente en vacío. En estas condiciones la eficiencia es cero y el factor de potencia es bajísimo.

3) Tableros con puntos calientes y circuitos compartidos. En algunos tableros la falta de mantenimiento provoca malos aprietes que se convierten en puntos calientes y desperdicio de energía. También es común encontrar que la amperacidad de los cables y la corriente nominal de los interruptores no concuerda, provocando altas temperaturas generadoras de mayores pérdidas y reducción de vida de aislamientos. Otro problema es encontrar circuitos compartidos para sistemas de fuerza y alumbrado. Esto dificulta ó imposibilita incluso el control y el monitoreo de parámetros relevantes para auditoria y control de energía.

4) Sistema de tierras defectuoso. Un sistema de tierras defectuoso acarrea muchos problemas, incluyendo los de seguridad y eficiencia. Interfiere en el funcionamiento correcto del equipo de protección, en el encendido confiable de lámparas fluorescentes, en los equipos de cómputo y en los dispositivos de estado sólido en general (como balastos electrónicos y sensores de presencia, por ejemplo).

5) Factor de Potencia. Aunque los sistemas de iluminación generalmente no producen bajo f.p., la instalación en conjunto sí puede padecerlo. La corrección de f.p. es una de las inversiones más rentables. Sin embargo es común encontrar edificios que llevan meses pagando multas por bajo factor porque no existe monitoreo por parte del personal de mantenimiento ó por la falta de comunicación entre el departamento de contabilidad y el de mantenimiento.

6) Seccionamiento deficiente de circuitos. Es común encontrar áreas muy grandes con un número muy reducido de circuitos. Esto provoca una falta de control sobre la iluminación de áreas específicas, con el consiguiente desperdicio de energía.

7) Regulación de tensión. Las fluctuaciones de tensión tienen siempre un efecto negativo en las cargas de cualquier tipo. Legalmente, en México la regulación puede variar $\pm 10\%$ con respecto a la nominal, pero no es extraño encontrar variaciones de 12% y hasta 15% en algunos casos. En lámparas incandescentes, un aumento de 10% en la tensión provoca incremento de 21% en el consumo y 70% de reducción de vida. Para sistemas de H.I.D. el efecto no es tan drástico, pero no deja de ser importante. En sistemas fluorescentes la misma variación representa en promedio 12% de incremento en la potencia de línea y para H.I.D. se tiene un porcentaje que depende del circuito del balastro, pero fluctúa entre 5% y 18%.

Los balastos también se ven afectados por el aumento de tensión. Para balastos fluorescentes, por cada volt la temperatura en la caja del balastro aumenta 0.8 °C y con cada °C las pérdidas crecen 0.5%, es decir cada volt hace que las pérdidas aumenten aproximadamente 0.4%. El factor de potencia también se ve afectado: 10% de incremento causa que un balastro con alto factor de potencia (90%-100%) caiga a menos del 90% establecido por norma, con los consiguientes perjuicios en todo el circuito.

8) Balastos de Baja Eficiencia. Por una errónea política de compra por parte de contratistas y usuarios basada exclusivamente en el precio, el mercado nacional se encuentra inundado por balastos fluorescentes de altas pérdidas, mal llamados de baja energía. Estos balastos representan 80% del mercado nacional y tienen un Factor de Eficacia de Balastro (BEF) 12% menor que los balastos normales, 27% menor que los electromagnéticos ahorradores y 42% menor que los electrónicos,

además de que no cumplen con el Factor de Balastro (BF). Aún en condiciones óptimas trabajan a las temperaturas máximas permitidas por norma, con la consiguiente disminución de vida y eficiencia. Pueden representar además un peligro para usuarios e instalaciones porque no cuentan con termoprotector integrado.

9) Incompatibilidad de equipos. El uso de lámparas ahorradoras con balastos normales provoca sobrecalentamiento en el balastro y reducción de vida de la lámpara. El uso de balastos de altas pérdidas ó línea económica con lámparas ahorradoras causa además una fuerte incertidumbre en el arranque. La adición de dispositivos que se intercalan en el circuito del balastro económico para limitar la corriente en la lámpara ahorradora es la peor combinación posible.

10) Balastos Ociosos. Cuando el mantenimiento es pobre, las lámparas quemadas no son sustituidas en corto tiempo. No hay entonces producción de luz pero sí consumo de energía. El balastro permanece conectado a la red tomando su potencia nominal de circuito abierto (W_0). De acuerdo con el tipo y potencia del balastro W_0 puede tomar entre 6 y 12 watts.

11) Sistemas fluorescentes encendido instantáneo (Slimline). Los sistemas fluorescentes de encendido instantáneo (slimline ó EI) presentan claras desventajas si se les compara con los de encendido rápido (bipin ó ER). Comparándolos sobre la misma base, los balastos EI son 25% más caros, 37% más pesados, 65% más voluminosos y 23% menos eficientes. La lámpara de EI vive 55% menos y su eficacia es hasta 15% menor que la de ER. Por otro lado EI no puede ser controlado por equipos de control de potencia (balastos electrónicos dimmeables) y además producen más ruido que los otros tipos. A pesar de ésto, EI se ha preferido en parte porque las bases para lámparas de ER nacionales son, salvo algunas excepciones, de mala calidad. Esto produce incertidumbre en el arranque y reducción de vida de la lámpara.

12) Acabado de las lámparas fluorescentes. La eficacia de las lámparas depende entre otras cosas, del color. Desde el punto de vista energético se deben preferir los acabados de mayor eficacia pero siempre se deben respetar las recomendaciones que relacionan la tarea visual con la iluminancia y la temperatura de color.

13) Mezcla de lámparas con diferente temperatura de color. A causa de los problemas de disponibilidad en el mercado, de stock y a veces de falta de cuidado por parte del personal de mantenimiento, es común encontrar áreas con lámparas fluorescentes de dos y hasta tres temperaturas de color diferentes. Además del aspecto estético, la estimación de las reflectancias para proyecto ó auditoría se

complica ya que ésta depende del color y acabado de la superficie, pero también de la temperatura de color de la fuente utilizada.

14) Uso y abuso de lámparas incandescentes. Aunque generalmente no representa el mayor porcentaje de carga, es común encontrar corredores, salas de espera y áreas comunes de oficinas con altos valores de iluminancia a base de lámparas incandescentes A19 ó tipo PAR convencionales. Estas lámparas pueden ser sustituidas por compacto-fluorescentes para iluminación general a baja altura de montaje ó por lámparas de H.I.D. de baja potencia para alturas medias y por lámparas incandescentes de bajo voltaje para iluminación de acento, lo que permite grandes ahorros de energía y fuerte disminución de carga térmica. Cada 3.5 KW de luminario evitado, reduce una tonelada de a/c.

15) Luminarios ineficientes. Debido a la obsolescencia de algunas normas nacionales y a la falta de observancia de las normas vigentes, existe una enorme diversidad de luminarios para lámparas fluorescentes que no cumplen con los requisitos mínimos de calidad. Los principales problemas detectados son: mal ensamblaje, pintura de mala calidad (baja reflectancia, reducido espesor y mala adherencia), dimensiones irregulares, difusores de material rápidamente degradable por la radiación ultravioleta (UV), lámina de menor calibre al requerido, diseño óptico ineficiente e información fotométrica casi siempre inexistente. El espesor de la lámina es determinante para que la rigidez del luminario evite amplificar el ruido producido por el balastro y para que se asegure un buen contacto entre los portalámparas y las bases. Si no existe información fotométrica completa y confiable, es imposible garantizar el nivel de iluminancia, las relaciones de uniformidad, el índice de probabilidad de confort visual (IPCV), el factor de eficacia de luminario (FEF) y mucho menos la eficiencia.

16) Instalación defectuosa de luminarios. La instalación defectuosa contribuye a producir ruido, incertidumbre en el arranque y calentamiento anormal de lámparas y balastos. Luminarios mal instalados tienden a amplificar el ruido producido normalmente por el balastro. La falta de aterrizamiento interfiere en el encendido de las lámparas de encendido rápido. Un luminario con diseño térmico defectuoso ó con montaje que no permita un buen enfriamiento, provoca que el balastro trabaje a temperatura mayor con el aumento de pérdidas ya comentado, haciendo que las lámparas reduzcan su eficacia al rebasar su punto de óptima temperatura de trabajo.

17) Mantenimiento. La falta de un buen mantenimiento es común en edificios. Un sistema de iluminación que no recibe mantenimiento adecuado, puede reducir su eficiencia hasta en un 40%. Se debe efectuar revisión eléctrica y limpieza periódica a todos los componentes, especialmente al reflector, al controlente y a la lámpara. Se

deben detectar las lámparas en falla sobre todo en circuitos de EI, ya que la operación de un balastro para dos lámparas con sólo una de ellas produce un sobrecalentamiento excesivo en la bobina tickler (secundario auxiliar), afectando notablemente la vida y las pérdidas.

18) Niveles de iluminancia. La Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ha establecido las iluminancias recomendables de acuerdo con la tarea visual a realizar y la edad de los ocupantes, actualizándolas constantemente. Por su parte, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación (SMII) adecuó esos niveles a las condiciones en nuestro país hace unas tres décadas, pero no se han tenido revisiones recientes. Es común encontrar áreas sobreiluminadas para ciertas aplicaciones (como unidades con VDT's), aunque lo más frecuente es encontrar niveles bajos en escuelas y oficinas.

19) Bajo aprovechamiento de luz natural. A pesar de que en muchas instalaciones como edificios y comercios la aportación de luz natural es excelente, la falta de controles manuales o automáticos evita un óptimo aprovechamiento de este recurso. Mediante el control se pueden apagar durante ciertas horas del día las lámparas que estén colocadas cerca de las ventanas o bajo domos o láminas translúcidas.

20) Densidades de Carga. La normalización internacional -sobre todo la de países avanzados como EE.UU.- ha desarrollado normas en el sentido de limitar la carga instalada por unidad de cada área tipo por concepto de iluminación. Esta densidad está íntimamente ligada con la iluminancia, de modo que sólo es posible cumplir con ambas haciendo un buen uso de la energía eléctrica. Por ejemplo, la densidad actual para áreas generales de oficinas es de 1.5 w/pie² ó 16.14 w/m². En los edificios estudiados, la densidad está algunas veces excedida a pesar de que los niveles son inferiores a los recomendados. La nueva norma sobre eficiencia energética en edificios no residenciales de CONAE esta ya en vigencia a partir de 1995 y establece que la densidad en oficinas es de 16 w/m².

IV.- ALTERNATIVAS PARA AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION.

Con el explosivo avance tecnológico en los equipos de iluminación y la ya inminente entrada del Tratado de Libre Comercio, actualmente se dispone de una cantidad tal de productos, marcas y precios que es fácil ahogarse en un mar de alternativas.

En general, puede decirse que todas las alternativas caben en dos grandes categorías: una a través del **HARDWARE** y otra mediante el **SOFTWARE**. El hardware lo constituyen los equipos en sí y el software se refiere a la filosofía de operación de dichos equipos.

La selección del equipo requiere necesariamente de la consideración de criterios tanto energéticos como luminotécnicos, siendo los segundos generalmente los más ignorados. A continuación comentaremos los pros y contras de las principales alternativas para ahorro de energía en cuanto a equipo:

1.- LAMPARAS INCANDESCENTES ELIPSOIDALES.

Descripción general. Están diseñadas de modo que su punto focal coincida con el ángulo de apertura del luminario, reduciendo las pérdidas típicas por absorción de luz.

Características físicas. Tienen una eficacia nominal similar a las tipo A ó R pero la eficacia del sistema se incrementa ya que aumenta la salida neta de luz del luminario.

Aplicación. Se usan típicamente en restaurantes, corredores y en general en todos los lugares en donde se tengan instaladas lámparas convencionales.

Ahorro de energía típico. Se recomienda que las lámparas ER sean de la mitad de la potencia de las lámparas A ó R comunes, aunque en algunos casos la reducción puede hacerse hasta a una tercera parte.

Costo. Cuestan entre 20% y 40% más que las tipo R sobre la misma base de potencia, pero al hacer la sustitución a potencia reducida los ahorros en inversión son evidentes.

Vida útil. Tienen una vida promedio de 2000 horas bajo condiciones normales de operación.

Beneficios al usuario. Si el luminario no está diseñado para una lámpara en especial, la reducción de luz es imperceptible, pero el ahorro es considerable.

Disponibilidad. Aunque son lámparas relativamente nuevas, su disponibilidad en el mercado nacional es cada vez mayor.

Recomendaciones. Hacer un siempre un análisis con criterios luminotécnicos antes de hacer el reemplazo, evitando la sustitución indiscriminada.

2.- LAMPARAS INCANDESCENTES CON RECUBRIMIENTO MEJORADO.

Descripción general. Es una lámpara incandescente de tamaño y forma similar a la convencional con recubrimiento mejorado que permite aumentar la eficacia.

Características físicas. La superficie interior del bulbo está recubierta con un material que bloquea el paso de la radiación infrarroja, evitando pérdida excesiva de energía por radiación de calor al medio.

Aplicación. Reemplaza a lámparas tipo A19 de emisión lumínica igual ó menor a 1500 lúmenes, aunque se tienen prototipos para potencias mayores (hasta 900 watts).

Ahorro de energía típico. Tienen una eficacia de hasta 29 l/w, contra una eficacia de 15 a 17 l/w de lámparas normales equivalentes.

Costo. Su precio es entre 4 y 5 veces mayor que la A19.

Vida útil. Tiene 2,000 horas de vida contra 750 horas de la A19 bajo las mismas condiciones de operación.

Beneficios al usuario. Su temperatura de color, apariencia y rendimiento de color es tan bueno como el de las convencionales.

Disponibilidad. Por ser de muy reciente desarrollo, no se encuentran todavía en el mercado nacional pero con la virtual apertura comercial se espera que estén disponibles muy pronto.

3.- LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS.

Descripción general. Hay una gran variedad de tipos, pero las más comunes son las PL o Dulux de dos y cuatro tubos, las SL y las circulares. Pueden encontrarse con balastro integrado ó separado y adaptador para socket tipo Edison.

Características físicas. Las circulares generalmente tienen balastro electromagnético independiente, mientras que las SL tienen balastro electrónico integrado. Las PL normalmente tienen el arrancador integrado en la misma lámpara y son de balastro intercambiable, aunque ya las hay en forma de espiral y autobalastadas.

Aplicación. Pueden usarse en instalaciones nuevas ó existentes. Actualmente pueden reemplazar a casi todos los tipos de lámparas A19 y van desde 5 hasta 55 watts, siendo 9 y 13 watts las potencias más comunes.

Ahorro de energía típico. Incluyendo el balastro, las circulares tienen eficacias entre 35 y 40 l/w, las L y SL fluctúan entre 40 y 80 l/w.

Costo. La SL 18 tiene un precio de unos N\$150.00, las circulares cuestan entre N\$35.00 y N\$80.00 y las PL o DULUX varían entre N\$40.00 y N\$80.00, incluyendo el balastro.

Vida útil. Entre 7,500 y hasta 20,000 horas para las C , L y SL, de 7,500 a 12,000 las circulares, y 50,000 horas para los balastros.

Beneficios para el usuario. El uso de estas lámparas permite reducir el consumo, la demanda máxima y la carga térmica, además de muchos beneficios adicionales como mano de obra para reemplazo, menor costo de cableado, etc.

Disponibilidad. Ya se encuentran en el mercado nacional prácticamente todos los tipos existentes, de diferentes marcas y precios.

Recomendaciones. La sustitución de lámparas incandescentes por compacto-fluorescentes es una excelente alternativa, pero debe aclararse que originalmente fueron creadas específicamente para sustituir a incandescentes. Con los nuevos desarrollos, las lámparas de mayor potencia y luminarios con reflectores especiales pueden usarse en aplicaciones típicas de lámparas fluorescentes convencionales. Sin embargo debe tenerse cuidado en aplicaciones donde se requiera un alto CRI, ya que hasta el momento no alcanzan los magníficos CRI de las incandescentes, necesarios para algunas aplicaciones comerciales. En caso de aplicación masiva deberá monitorearse también el factor de potencia y el contenido total de armónicas.

4.- LAMPARAS FLUORESCENTES AHORRADORAS.

Descripción general. Fueron desarrolladas para sustituir a las fluorescentes normales, pero operando con 10-20% menos de consumo a cambio de 5-10% de reducción de luz.

Características físicas. Están rellenas de mejores gases, recubrimientos fosfóricos especiales, algunos tipos incorporan una guarda para disminuir la depreciación de lúmenes y una fina banda conductora interna para arrancar con menor OCV.

Aplicación. Pueden usarse en prácticamente todos los casos en que se encuentren instaladas lámparas convencionales, ya que se fabrican de las mismas dimensiones y formas, aunque deben observarse las recomendaciones que se mencionan posteriormente.

Ahorro de energía típico. Depende de los colores y potencias, pero el aumento de eficacia es de 7% en promedio. Las lámparas más eficaces hasta el momento están cerca de los 100 l/w, como la FO32T8/(7-8)(30-35-41) ER de 1.22 m de largo y la FO96T8/(7-8)(30-35-41) EI de 2.44 m de largo.

Costo. Aunque originalmente aparecieron en el mercado con un alto costo, actualmente (después de la devaluación) cuestan entre 50 y 110% más que las lámparas normales equivalentes.

Vida útil. Bajo condiciones estándar de operación tienen una vida útil de 20,000 horas, en comparación con las 12,000 horas de las lámparas de encendido rápido normales. Existen en el mercado lámparas que alcanzan ya hasta 26,000 horas, cuando son operadas bajo periodos de encendido - apagado normalizados.

Beneficios para el usuario. Cuando se operan con balastos adecuados, se obtiene una reducción promedio en el consumo de 24% contra 10% en reducción de luz.

Disponibilidad. Actualmente se encuentran en el mercado lámparas VHO de 190w que sustituyen a VHO de 215w, 95w HO para sustituir 110w HO, 34w T12 ER y 32w T8 ER para reemplazar a 40w T12 ER, 30-32w T12 EI para sustituir a 39w T12 EI. Su disponibilidad no es todavía la máxima porque la población no representa actualmente más que el 0.5% del mercado en México.

Recomendaciones. Las lámparas ahorradoras siempre deben acoplarse a balastos compatibles con ellas. Debe evitarse su uso con balastos del tipo baja energía o incluso normales y con dispositivos que se intercalan para lastrar la corriente del circuito. Por sus características de construcción, deben operarse a temperaturas mínimas de 15 °C. Su operación óptima se obtiene con balastos electromagnéticos de alta eficiencia o electrónicos con operación a alta frecuencia.

5.- BALASTROS ELECTROMAGNETICOS DE ALTA EFICIENCIA.

Descripción general. Son balastos fabricados con alta tecnología y mejores materiales para 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.

Características físicas. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente incluyen un termoprotector para evitar sobrecalentamientos internos.

Aplicación. Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas existentes y su aplicación es muy recomendable.

Ahorro de energía típico. Ahorran directamente 10% en promedio con respecto a los normales, además de que reducen la carga térmica.

Costo. Es variable de acuerdo con el fabricante y la cantidad pero cuestan aproximadamente 40% más que los normales.

Vida útil. Por trabajar a temperaturas menores que los normales, viven más que ellos. La garantía de los fabricantes es de unos 4 años, pero pueden vivir de 10 a 12. Para cálculos prácticos se acostumbra considerar una vida útil de 50,000 horas.

Disponibilidad. Se encuentran disponibles en el mercado, aunque no ampliamente. Esto se debe a que la demanda ha sido muy limitada y actualmente no representan más que el 1.32% del mercado total nacional en 1994.

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

Recomendaciones. Deben acoplarse a lámparas compatibles con ellos y se debe tener cuidado de la procedencia ya que han llegado al mercado productos de origen oriental que no cumplen con los requisitos mínimos de calidad ni seguridad. Es recomendable comprobar que ostenten el sello CBM y UL.

6.- BALASTROS ELECTRONICOS.

Descripción. Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (4 a 6 watts promedio) mejorando además la eficacia de la lámpara.

Características físicas. Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable (dimmeables).

Aplicación. En todas las aplicaciones de los balastos normales, excepto en lugares con temperaturas o vibración excesivas.

Ahorro de energía típico. En combinación con lámparas ahorradoras pueden permitir ahorros de hasta 35% si se les compara con los balastos y lámparas normales, pero el ahorro depende de una serie de variables que deben siempre ser consideradas.

Costo. 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 cuestan entre 4 y 5 veces más que los convencionales.

Vida útil. Aunque es uno de los parámetros más difíciles de evaluar se estima una vida de 20 años, pero esto depende del fabricante y de las condiciones de operación. Para fines prácticos generalmente se consideran 50,000 horas.

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

Disponibilidad. Fabricantes nacionales producen actualmente balastos electrónicos del tipo discreto, pero pueden conseguirse algunas marcas importadas de balastos tipo integrado con posibilidad de controlar la potencia de lámpara.

Recomendaciones. Deben instalarse en lugares con ventilación aceptable 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 y también es recomendable que ostenten el sello UL y CBM.

7.- REFLECTORES ESPECULARES.

Descripción general. Son reflectores de a base de aluminio pulido al espejo con recubrimientos especiales, presentando un comportamiento especular. Están diseñados para reducir la absorción de luz y evitan la distorsión de la longitud de onda de los rayos incidentes.

Características físicas. Tienen un diseño óptico optimizado y generalmente diseñado por computadora para satisfacer las necesidades de cada aplicación.

Aplicación. Se puedan usar sobre todo en instalaciones existentes con depreciación por tiempo y suciedad importantes. Para obras nuevas se debe hacer un estudio cuidadoso para evaluar sus posibles ventajas con respecto a luminarios nuevos.

Ahorro de energía típico. Cuando su aplicación es factible, pueden permitir ahorros de 50% en el consumo de energía, ya que reducen el número de lámparas y balastos a la mitad.

Costo. El costo varía de acuerdo con el fabricante y con las dimensiones pero los ahorros de energía generalmente justifican su adquisición.

Vida útil. Cuando son de alta calidad pueden mantener los niveles de iluminancia dentro de límites muy aceptables y su vida útil depende del medio y del mantenimiento, pero puede ser de 10 años o más.

Disponibilidad. Se encuentran desde hace algunos años distribuidores de reflectores importados de muy buena calidad. No deben confundirse estos reflectores con la película adherible al reflector original.

Beneficios para el usuario. Los beneficios son evidentes, ya que se reduce el consumo, la demanda máxima, la carga térmica y el mantenimiento.

Recomendaciones. La eliminación del 50% de lámparas y balastos puede reducir los niveles de iluminancia drásticamente (entre 15% y 40%), reducción que la instalación por sí sola del reflector no puede compensar. Debe realizarse un cuidadoso estudio técnico-económico con criterios luminotécnicos y energéticos para decidir su instalación.

8.- LAMPARAS DE H.I.D.

Descripción general. Las lámparas de H.I.D. son lámparas de descarga en gas que se han aplicado típicamente en aplicaciones exteriores. Sin embargo, gracias a sus nuevas características como baja potencia y alto CRI están penetrando en campos como comercios y edificios.

Características físicas. Son lámparas con un tubo de arco en el que se lleva a cabo la descarga de alta intensidad. Pueden ser de vapor de mercurio, vapor de aditivos metálicos ó vapor de sodio en alta presión.

Aplicación. Pueden usarse en aplicaciones interiores en un amplio rango: comercios, edificios de oficinas, escuelas, hoteles, industrias, etc. Pueden usarse en obras nuevas o en remodelaciones y la elección del sistema depende de las necesidades.

Ahorro de energía típico. Los ahorros pueden ser muy atractivos debido a que estas lámparas tienen eficacias entre 60 y 140 l/w, dependiendo del tipo de lámpara y la potencia.

Costo. Los precios promedio para el conjunto lámpara-balastro sobre base de 200 W fluctúa entre \$180,000.00 y \$300,000.00.

Vida útil. La vida también depende del tipo de lámpara y la potencia pero varía entre 7,500 y 24,000 horas.

Beneficios para el usuario. En función de su alta eficacia y larga vida el costo de operación es bajo, por lo que la inversión casi siempre se justifica.

Disponibilidad. Se encuentran disponibles en México desde hace un par de años, pero como su demanda ha sido limitada la disponibilidad es todavía difícil sobre todo en el interior de la república.

Recomendaciones. Para aplicar estas lámparas deben considerarse siempre criterios luminotécnicos y no exclusivamente energéticos o económicos.

9.- CONTROLES.

Descripción general. Los controles para iluminación pueden ser manuales o automáticos y locales ó centralizados.

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

Aplicación. Depende de variables tanto técnicas como económicas. La elección depende tanto de características físicas de la instalación (p. ej. Factor de aportación de luz natural) como de hábitos de consumo (p. ej. Factor de ocupación (FO)).

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

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

Vida útil. La vida es uno de los factores más difíciles de determinar, pero se estima en 20 años bajo condiciones normales de operación. Este valor se puede reducir drásticamente si la instalación es defectuosa, si la temperatura y vibración son excesivas, si la regulación es pobre, etc.

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

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

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

Los posibles ahorros en términos económicos ó de energía que se esperan obtener a través del cambio de equipo se calculan fácilmente en función de la variación de densidades de carga, la tarifa contratada y las horas de operación en un período determinado.

Existen acciones adicionales, entre las que se encuentran las siguientes:

- * Optimización de luz natural
- * Adecuación de Iluminancias
- * Apego a densidades de carga
- * Revaloración de reflectancias
- * Mantenimiento

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

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

$$APE(\%) = 100 \left[1 - \frac{FO(1-FALN)}{FULA} \right]$$

donde:

APE = Ahorro potencial de energía (en porciento)

FO = Factor de Ocupación

FALN = Factor de aportación de luz natural

FULA = Factor de utilización de luz artificial

Las variables anteriores se determinan como sigue:

$$FO = \frac{A_{oho}}{A_{tth}}$$

$$\left[\begin{array}{l} 0 < FO < 1(\text{Teorico}) \\ 0.4 < FO < 0.7(\text{Tipico}) \end{array} \right]$$

siendo:

Ao = Area efectivamente ocupada

ho = Horas de ocupación de Ao

At = Area total ocupable

ht = Tiempo total ocupable para At

$$FALN = \frac{IPLN}{IPR} = \frac{\sum_{i=1}^n E}{n(IPR)}$$

$$\left[\begin{array}{l} 0 < FALN < 1(\text{Tipico}) \\ 0 < FALN < 1(\text{Tipico}) \end{array} \right]$$

siendo:

IPLN = Iluminancia promedio con luz natural exclusivamente

IPR = Iluminancia promedio requerida

$\sum_{i=1}^n E$ = Sumatoria de los valores de iluminancia horaria considerados

n = Número de lecturas de iluminancia horaria consideradas.

$$FULA = \frac{HULA}{HHT}$$

$$\left[\begin{array}{l} 0 < FULA < 2(\text{Tipico}) \\ 0.8 < FULA < (\text{Teorico}) \end{array} \right]$$

HULA = Horas de utilización de luz artificial (> 0)

HHT = Horas hábiles totales

En base a las posibles combinaciones de hardware y software, se establecen las alternativas más viables en número razonable. La selección implica primero el análisis técnico para desechar aquellas que no cumplan. A partir de las que sí cumplan técnicamente se realiza el análisis económico, obteniéndose los índices financieros comúnmente requeridos.

CONCLUSIONES.

Las acciones para ahorrar energía eléctrica en edificios se justifican plenamente a través de los beneficios recibidos por el usuario, la compañía suministradora y el país en conjunto. El ahorro potencial por concepto de iluminación

es en general muy grande. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado al emprender acciones para ahorrar energía en iluminación. Debe entenderse que, de acuerdo con la filosofía de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, se puede considerar ahorro **exclusivamente** aquella disminución en el consumo que no disminuya la calidad de vida del usuario. Es de capital importancia tomar en cuenta que el sistema de iluminación interactúa con el resto de los equipos eléctricos dentro del sistema de distribución, por lo que cualquier modificación al diseño original repercutirá en el consumo de energía, la demanda, la factura eléctrica y en todos los sistemas y equipos instalados, desde el transformador hasta el punto terminal de la instalación..

Para determinar la calidad de vida ó de las actividades por concepto de iluminación se requiere de un cuidadoso análisis de las condiciones existentes, de las recomendadas institucional y normativamente y de las propuestas para ahorrar energía. Esto implica la aplicación de conceptos y criterios especializados en luminotecnia. El equipo y los métodos de medición en campo y en laboratorio deben ser también los aprobados por la normatividad nacional e internacional, con el objeto de que las lecturas obtenidas sean confiables y reproducibles. Es un error frecuente entre usuarios, proyectistas e incluso algunos consultores pensar que los estudios en sistemas de iluminación son triviales.

Para resolver problemas energéticos en luminotecnia existen varias alternativas. Una de ellas es recurrir a los especialistas en iluminación. Los mejores en el país pertenecen a alguna de las Asociaciones mas prestigiadas, como son: la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación (**SMII**) y la Sección México de la Illuminating Engineering Society of North America (**IESNA**) organización líder a nivel mundial en el arte y ciencia de la iluminación.

Una segunda alternativa es recurrir a los fabricantes de equipo de iluminación. En México existen productos de la más alta calidad, pero desafortunadamente no son la mayoría. Un inconveniente que se corre al asesorarse exclusivamente por un fabricante es que en muchas ocasiones exageran las cualidades de sus productos y además tratan de adecuar las necesidades a sus equipos, en lugar de hacerlo a la inversa.

Una tercera alternativa es asesorarse directamente por un experto, pero se debe tener precaución al hacer la elección. Los programas de ahorro de energía están empezando a ser buen negocio en México, por lo que han surgido repentinamente una gran cantidad de profesionistas que ofrecen sus servicios para realizar diagnósticos energéticos. Para evitar en lo posible estos problemas, la Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (**ATPAE**) está preparando una serie de cursos y exámenes para certificar la preparación y

experiencia de los interesados. Mientras este proceso se lleva a cabo sería prudente por parte del usuario solicitarle al consultor información comprobable sobre sus experiencias en este campo.

Una alternativa más y probablemente la mejor es asesorarse directamente por una empresa consultora. El Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE) y la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) mantienen contacto permanente con empresas consultoras de reconocida experiencia. También en este caso es prudente que el usuario solicite información que avale ampliamente la experiencia de diferentes empresas, de modo que pueda hacer la mejor elección.

En suma, la situación para nuestro país en materia de energía eléctrica es difícil pero no crítica; las condiciones para ahorrar energía están dadas a través de voluntad política gubernamental, de instituciones que otorgan financiamiento blando e incluso a fondo perdido, de la disponibilidad buenos equipos nacionales e importados, de recursos humanos capacitados y de usuarios cada día mas conscientes y motivados.

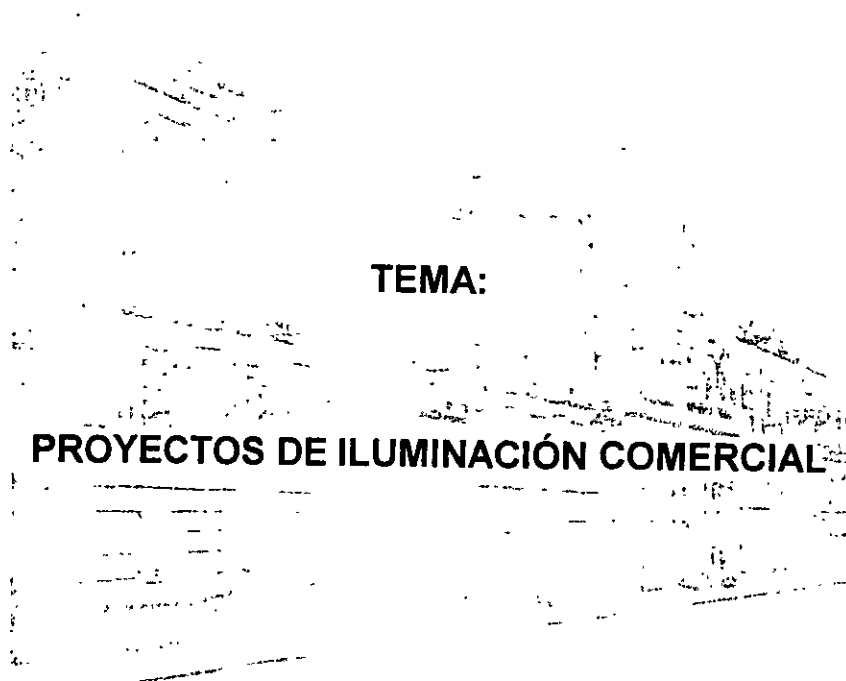
.....



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

CURSOS ABIERTOS

ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS COMERCIALES



TEMA:

PROYECTOS DE ILUMINACIÓN COMERCIAL

**ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| II. ILUMINACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES ESPACIOS INTERIORES | 2 |
| III. LAS FUNCIONES DE LA ILUMINACIÓN | 2 |
| IV. SUBSISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES | 4 |
| A. Iluminación General | 4 |
| 1. Equipo de iluminación | 4 |
| 2. Distribución de la luz | 5 |
| B. Iluminación de Acento | 6 |
| C. Iluminación Perimetral | 6 |
| V. ILUMINACIÓN DE EXHIBIDORES (DISPLAY) | 7 |
| VI. ILUMINACIÓN PUNTUAL | 8 |
| Calor Generado por las Luces Puntuales | 11 |
| VII. ILUMINACIÓN VERTICAL DE EXHIBIDORES CON FUENTES FLUORESCENTES | 11 |
| VIII. PIE CANDELAS MANTENIDOS EN LAS SUPERFICIES VERTICALES DE APARADORES | 12 |
| IX. ILUMINACIÓN PERIMETRAL | 15 |
| X. LUZ Y DESVANECIMIENTO | 17 |
| XI. ECONOMÍA DE ILUMINACIÓN EN TIENDAS | 19 |

ILUMINACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES ESPACIOS INTERIORES

La mejor medición de una buena iluminación de los establecimientos comerciales es, cuan efectiva resulta para favorecer la venta de mercancías. las decisiones de compra generalmente son el resultado de la percepción visual, los otros sentidos también se involucran, pero la visión es considerada la más importante. Por ejemplo, un costoso perfume, por su aroma, pero deberá verse en un elegante y estilizado recipiente para completar la sensación de romance. Un conjunto de prendas que se sientan confortables, son también ponderadas por su color, corte, estilo y detalles de la hechura. Muchos de los equipos reproductores de sonido se compran más por su apreciación decorativa que por su calidad de sonido. No obstante que los más delicados gourmets son verdaderamente exitosos con la degustación, requieren un medio ambiente visual apropiado.

Es clara la importancia de la rapidez y precisión de la visión para la toma de la decisión de compra, la iluminación es el factor principal en la visión. Sin embargo, otros factores son también importantes en la visión. Los compradores deberán atraerse a la tienda en primer lugar, por el prestigio, por el servicio, por la ubicación de la tienda, diseño exterior, facilidades de estacionamiento, etc. Publicidad y atractivos escaparates deberán ayudar a atraer clientes a su interior. Una vez adentro, las exhibiciones y la distribución general de la tienda deberán arreglarse para alentar a los compradores a realizar sus impulsos de compra. El personal deberá estar entrenado para dirigir la atención de los compradores hacia la mercancía de alto precio, más que para ser un accesorio alrededor del comprador.

LAS FUNCIONES DE LA ILUMINACIÓN

Las cuatro funciones que desempeña la iluminación en los establecimientos comerciales contribuye directamente en la visión de la mercancía. Estas funciones de una buena iluminación son:

1. Asegurar buena visibilidad de la mercancía.
2. Lograr que los colores de las mercancías se vean reales.
3. Aumentar la brillantez hacia el foco de atención, haciéndolo interesante.

4. Minimizar el brillo directo que distrae y molesta.

Estos factores están íntimamente relacionados y deberán estudiarse cuidadosamente en la planeación de la tienda.

La iluminación puede ser la función clave para asegurar la buena visibilidad de la mercancía. Ver detalles evidentes en muchas partes puede ser completamente difícil. Por ejemplo, examinar el cosido con hilo de la tela o tejer modelos en fábricas oscuras es un trabajo exigente.

La iluminación puede proveer niveles de brillantez y distribución direccional de la luz que facilitará la visión a los compradores para distinguir con rapidez y precisión cada parte de la mercancía. En efecto, el propósito de la iluminación es hacer imposible que el comprador no vea la gran variedad de las exhibiciones, para que el cliente retenga en su memoria la imagen del establecimiento y regrese a efectuar nuevas compras.

Es importante también la evaluación de los colores. El color es una consideración tanto en la mercancía como en el tono del color aparente de la piel de los compradores que juegan un rol importante en la satisfacción del comprador. Los sistemas de iluminación deberán usar fuentes luminosas que produzcan favorables resultados en la reproducción cromática, sin exagerarlos o distorcionarlos.

Son útiles las variaciones en los niveles de iluminación para adecuar la iluminación de las operaciones de los establecimientos mercantiles. Algunas veces, esto requiere el abandono de la uniformidad en la iluminación general en favor de variaciones de niveles de luz para separar las áreas de tráfico, de las áreas de exhibición y de las terminales de punto de venta, haciendo énfasis en las áreas de venta.

Dentro de cada una de estas áreas pueden iluminarse dramáticamente exhibidores (display) para atraer el foco de atención hacia lo más importante de la exhibición.

Finalmente variaciones en los patrones de la iluminación pueden lograr un ambiente visual atractivo.

Atraer la atención hacia la mercancía es más importante que minimizar las condiciones bajo las cuales pueden distraerse los compradores, o que sea incómodo. Brillantez o deslumbramiento causados por las fuentes luminosas puntuales o lámparas fluorescentes desnudas en el techo, crean distracciones que estorban la visión de la mercancía.

El mejor diseño de iluminación mantendrá la atención de los compradores hacia la mercancía y no hacia el techo, y también crea un ambiente agradable. Todas estas funciones deberán garantizarse cuando se planea una nueva tienda o se realice la remodelación de una existente.

SUBSISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES.

Fundamentalmente son tres los subsistemas utilizados en la iluminación de establecimientos comerciales:

- Iluminación general
- Iluminación de acento
- Iluminación perimetral

El propósito de la iluminación general es el de proveer la iluminación en cantidad, dirección y distribución optimizadas, de apropiada calidad de color, para crear un ambiente general y de carácter específico. La iluminación de acento, agrega el impacto visual hacia las exhibiciones (displays) obligando la atención del cliente. La iluminación perimetral, contribuye significativamente para lograr un ambiente agradable, al mismo tiempo refuerza la iluminación general sobre las exhibiciones de pared.

Iluminación General

La iluminación general, usualmente, se localiza en el techo del establecimiento; la iluminación en el área de tránsito de los compradores contribuye a la iluminación para apreciar la mercancía. La iluminación general se usa principalmente en establecimientos de alta y media actividad. Las lámparas fluorescentes, incandescentes, tungsteno halógeno, aditivos metálicos pueden utilizarse en la iluminación general. Con iluminación vertical (down lights) utilizando lámparas incandescentes, tungsteno halógeno, compactas fluorescentes y halogenuros metálicos de baja potencia; el sistema de iluminación general ocupa solamente una pequeña porción del área del techo. Un plafón luminoso de todo el techo sería el otro extremo.

Equipo de iluminación

El equipo de iluminación pequeño, que no pueda ser fácilmente apreciado por la vista es muy importante. El sistema de iluminación deberá permitir una máxima

concentración sobre la mercancía. El equipo de iluminación que sea extremadamente brillante tenderá a distraer la atención de la mercancía hacia el techo impidiendo apreciar la mercancía. En general, las fuentes de luz deberán ocultarse de la vista utilizando louvers, difusores o algunos medios para controlar el brillo o deslumbramiento, mejorando el confort visual y la buena visión.

Un amplio rango de equipo de iluminación comercial se encuentra disponible. La elección particular para un establecimiento es influenciada por un número de factores, los económicos son por supuesto los principales. El ambiente de cada tienda es diferente. En las grandes tiendas donde los márgenes de utilidad son bajos, el ambiente es simple e inexpresivo, en este caso pueden utilizarse luminarios con lámparas fluorescentes desnudas o los denominados "gabinetes tipo industrial", pero existe una tendencia a usar luminarios con lámparas cubiertas en supermercados y tiendas departamentales de descuento. En establecimientos donde el margen de utilidad es alto, el objetivo del diseño es usualmente para crear una atmósfera más refinada. El equipo de iluminación deberá seleccionarse para un mínimo de distracción.

Distribución de la luz.

La distribución de la luz emitida por el equipo de iluminación juega un papel importante en la atmósfera de la tienda y en la visibilidad de la mercancía. Por ejemplo, luminarios incandescentes de luz vertical, distribuirán la luz en un cono estrecho. Esto tenderá a hacer que los luminarios tengan baja brillantez y crear una atmósfera de relativo dramatismo en el espacio. Sin embargo, el techo se verá relativamente oscuro y bajo, a menos que los pisos y otros equipos tengan colores ligeros, el efecto puede ser opresivo. Es buena la iluminación sobre superficies horizontales, pero no en superficies verticales, ya que en las partes superiores tenderá a haber sombras.

Generalmente, los sistemas de iluminación fluorescente tienen una curva de distribución amplia, como un resultado de esto y de la típica disposición o arreglo de los luminarios en un espacio, tanto las superficies horizontales como las verticales recibirán buena iluminación. El área se verá más espaciosa, atmósfera menos dramática, sombras y contrastes son menos desagradables, no tendiendo hacia la monotonía en la apariencia de la mercancía. Una combinación de lámparas fluorescentes con incandescentes halógenas o compactas fluorescentes de baja temperatura de color son recomendadas en muchas tiendas. Los efectos de cada una pueden combinarse para balancear la apariencia del techo, atmósfera de la tienda y efectos sobre la mercancía. O donde cada tipo de distribución de luz es usada solamente para iluminación general, sus efectos pueden modificarse por la iluminación de acento y la iluminación vertical.

Iluminación de Acento.

La iluminación de acento es alta y específicamente para atraer la atención hacia la mercancía y para ser efectiva deberá dirigirse solamente sobre las exhibiciones (displays). Los exhibidores son de muchas formas, tales como maniquies vestidos con ropa de toda especie, exhibidos junto a la pared o un arreglo de mercancía que es colocada fuera de la disposición normal.

El objetivo de la iluminación de acento del display es para iluminar la mercancía con niveles de cinco veces el nivel del ambiente, esto produce un contraste dramático y más predominante que la iluminación uniforme. La regla de cinco a uno es válida, pero un rango de tres a uno, diez a uno es usado en muchas tiendas.

Las lámparas incandescentes son típicamente usadas por su rendimiento de color y su buen control de la distribución de la luz, pero recientes avances en lámparas de metales aditivos y de vapor de sodio en alta presión, proporcionan al diseñador fuentes luminosas de alta eficacia HID, que son aceptables en muchas aplicaciones de iluminación de acento.

Las lámparas halógenas tipo *PAR* son las más populares en la iluminación de acento, mejores que las tipo *PAR* y *R* tradicionales. Así mismo, las lámparas de bajo voltaje *MR-16*, *MR-11* y *PAR 36* de 12 volts son las preferidas para displays de tamaño moderado. Cuando objetos pequeños son exhibidos individualmente el muy alto control del haz que provee la lámpara *PAR 46* de 5.5 volts puede preferirse. La iluminación sobre el display puede predecirse usando el método de cálculo punto por punto, sin embargo, el método más comúnmente usado son el uso de las cartas y tablas que proporcionan los fabricantes de lámparas y luminarios. Este es un método rápido y simple para estimar la iluminación de una lámpara específica o luminario que produce sobre el display.

Iluminación Perimetral.

La iluminación perimetral o también de superficies verticales (wall washing) es utilizada en la mayor parte de los establecimientos comerciales por dos razones básicas:

La mercancía se coloca frecuentemente junto a la pared para propósitos de exhibición y las paredes bien iluminadas tenderán a crear una impresión visual de amplitud en el espacio interior de la tienda; la iluminación perimetral agrega importancia

a las exhibiciones en las paredes y otras superficies verticales. La iluminación de superficies verticales consiste del montaje de luminarios sobre o cerca de las paredes y dirigiendo la luz directamente hacia abajo más o menos rasante a las paredes. Entre más cerca estén los luminarios a las paredes más pronunciado será el efecto rasante y agranda el sombreado sobre las superficies no planas, ásperas. Si las texturas son rugosas el sombreado es deseable y los luminarios deberán instalarse lo más cercano a la pared como sea posible. Si la apariencia de las paredes es lisa, pulida, los luminarios deberán montarse en el techo a alguna distancia de la pared para minimizar las sombras.

Fuentes luminosas fluorescentes son generalmente usadas por su eficacia y uniformidad en la iluminación. Fuentes incandescentes (halógenas) pueden usarse, pero los costos de la energía serán más altos que los del sistema fluorescente y la iluminación no será tan uniforme. Un sistema típico usa una simple fila continua de lámparas F32T8 con los extremos traslapados. Los extremos se traslapan para evitar sombras donde se junta una lámpara con otra. Es conveniente el uso de faldones o doceles y brazos para que se emita el flujo luminoso hacia arriba y hacia abajo no solamente iluminando la mercancía, sino también dirigiendo la gente dentro del espacio de la tienda.

ILUMINACIÓN DE EXHIBIDORES (DISPLAY)

En los almacenes unos artículos son de mayor importancia que otros, pueden tener mayor margen de ganancia, pueden ser artículos de temporada o de existencia regular.

En cualquiera de los casos los artículos deben de presentarse en forma que impacten a la apreciación visual del comprador. El objetivo de la iluminación es hacer que el comprador vea las mercancías claves.

Una buena iluminación del exhibidor proporciona variaciones en configuraciones de la brillantez que dan énfasis visual necesario para atraer la atención hacia los artículos de atracción particular. También la iluminación adicional incrementa la visibilidad produciendo una apreciación rápida y exacta por medio de alta brillantez y distribución de luz favorable. En suma una buena iluminación de exhibidor enfatiza aquellas características de la mercancía que son especialmente atractivas —pulido,

atractivo, textura, forma, translucidez, etc. Finalmente la iluminación de exhibidores añade intereses a lo que de otra forma podría aparecer como una atmósfera sin atractivo.

Para lograr un grado significativo del impacto visual, el exhibidor iluminado deberá tener una brillantez de por lo menos el doble de los espacios que lo rodean. Conforme aumente el significado o importancia de la exhibición, la diferencia en brillantez, también deberá aumentarse, los exhibidores clave deberán tener de 5 a 10 veces más brillantez que los espacios que los rodean. Ejemplo: Una tienda con un nivel de iluminación para la mercancía en general de 100 fc, deberá utilizar niveles de iluminación de 200 a 1000 fc para los exhibidores.

Para añadir iluminación a las superficies verticales o a los artículos que son de atractivo especial, en los almacenes de frente abierto, el factor que determina la iluminación de los exhibidores, no es la iluminación de los espacios adyacentes, sino las reflexiones producidas en la protección del vidrio. En este caso, los espacios más importantes de la exhibición deberán estar dentro del rango de 500 a 2000 fc, porque ellos están en el escaparate.

El arreglo que se dé a la iluminación de exhibidores se rige por la naturaleza de la mercancía y a la forma en que se quiere presentar. El arreglo más común de iluminación de exhibidores es el de luz puntual, cuyo haz de luz direccional varía las cualidades de configuración, brillantez y acentúa la forma que no se logra con la iluminación general. Las lámparas fluorescentes también son útiles en cornisas y doceles, ocultas en las repisas iluminadas y en los gabinetes iluminados, e instaladas en cavidades ocultas por tableros traslúcidos para producir un ambiente o medio de luz a las mercancías de alta reflectancias.

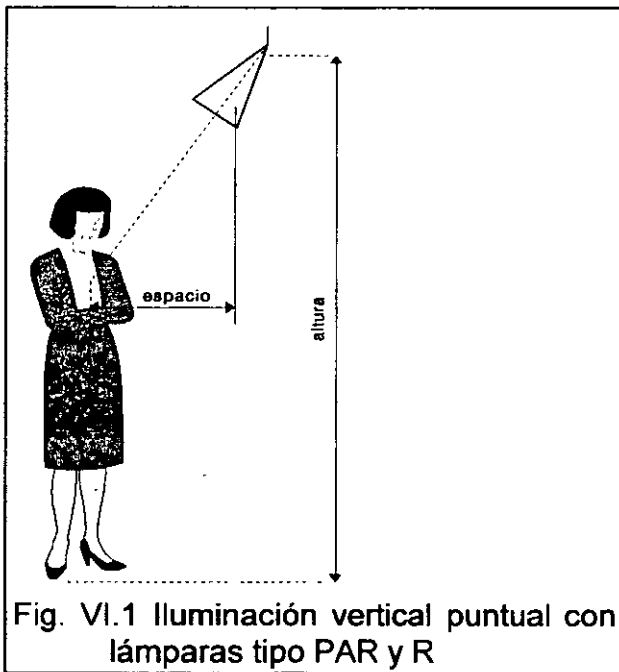
ILUMINACIÓN PUNTUAL

Las tablas anexas al final muestran las relaciones adecuadas de potencia y espaciamiento para varios tipos de iluminación incandescente acentuada. No obstante que estos datos son útiles, en la mecánica del diseño de iluminación y en la elección de fuentes de luz, no contemplan algunas consideraciones importantes en la iluminación puntual de exhibidores.

La elección de lámparas y equipo de iluminación está basada parcialmente en las necesidades de iluminación, así como en la naturaleza del exhibidor y su ubicación en el almacén. Cuando un lugar fijo se establece para exhibidores de mercancía tal como el extremo de una góndola, un maniquí de pedestal o un lugar de barra de fondo

es deseable planear la iluminación en términos de su atracción para un efecto visual mejor o en general, si las superficies principales de los exhibidores son verticales, las luces puntuales deberán localizarse de tal forma que los ejes de los haces incidan en los puntos importantes de la exhibición, un ángulo con respecto a la vertical de 25° a 30° . Esto asegura que son efectivas visualmente en la vertical con contornos naturales de sombras. También, este ángulo de dirección evita la posibilidad de un deslumbramiento que moleste a las personas que se aproximen hacia la exhibición o transiten en áreas cercanas a ella. Las luces puntuales instaladas en la parte baja para dirigirlas hacia arriba deben de ser evitadas cuando sea posible, ya que produce efectos de desconfort visual.

No obstante que las luces puntuales dirigidas verticalmente son inadecuadas para la iluminación de superficies importantes en exhibidores verticales, son de bastante utilidad para la iluminación de exhibiciones de importancia cubiertas de tapetes, y otros exhibidores cuyas superficies superiores pueden ser vistas por las



personas. En los equipos de iluminación hacia abajo, es importante particularmente vigilar las reflexiones en los momentos que puedan ser molestas a las personas o producir reflejos en los objetos que se muestran. Por esta razón, la iluminación de vitrinas con luces verticales, usualmente se localizan dentro de la mitad del área de la vitrina que quede hacia el comprador. Algunas veces estos equipos con portalámparas ligeramente inclinados se utilizan para ayudar a posicionar las lámparas fuera de las zonas de reflexión y tengan el centro del haz hacia el centro de la cubierta de la vitrina.

Las herramientas más comunes para la iluminación puntual interior son las lámparas PAR y R. Sus ventajas

principales son:

1. Amplia variedad de equipo para alojarlos y costo accesible o económico.
2. Amplia variedad de tamaños y potencias para satisfacer las necesidades de la mayoría de los exhibidores, tanto en cantidades de luz como en áreas para iluminar.
3. Reflectores que no necesitan ajuste o limpieza.
4. Vida útil larga, minimizando la necesidad de mantenimiento.

Se recomienda utilizar hasta donde sea posible equipo fijo para la iluminación de exhibidores, para asegurar que el equipo permanecerá enfocado adecuadamente sobre el aparador sin que de lugar a "puntos calientes", áreas oscuras o deslumbramientos para los clientes que algunas veces encuentran equipo mal dirigido.

En casos donde los exhibidores puedan variar ligeramente en tamaño o forma, y especialmente en casos donde la ubicación general de los exhibidores pueda cambiar frecuentemente, se necesita una flexibilidad mayor. Las luces puntuales ajustables, ya sean empotradas o sobrepuestas, pueden dirigir sus haces hacia las partes importantes de la exhibición. Este punto o detalle seguido se descuida resultando que las luces no pueden ser dirigidas hacia las nuevas ubicaciones de los aparadores, perdiéndose mucho del atractivo visual, que puede lograrse del exhibidor. Para estos casos, algunos de los sistemas de rieles electrificados deben ser considerados. Ellos permiten fijar las luces puntuales en cualquier punto deseado, con una planeación cuidadosa pueden adicionar flexibilidad y utilidad a los sistemas de iluminación de exhibidores.

Generalmente los fabricantes de lámparas muestran las relaciones de espaciamiento y la iluminación resultante para exhibiciones con iluminación puntual vertical. Los datos se basan en orientaciones de cada lámpara con su eje del haz incidiendo en el objetivo 5 pies arriba del piso, con un ángulo de 30°. Los valores de iluminación son los obtenidos en un área pequeña en el centro del haz de luz sobre una superficie perpendicular al eje del haz.

Las lámparas PAR y R espaciadas uniformemente se utilizan para la iluminación de cubiertas o mostradores.

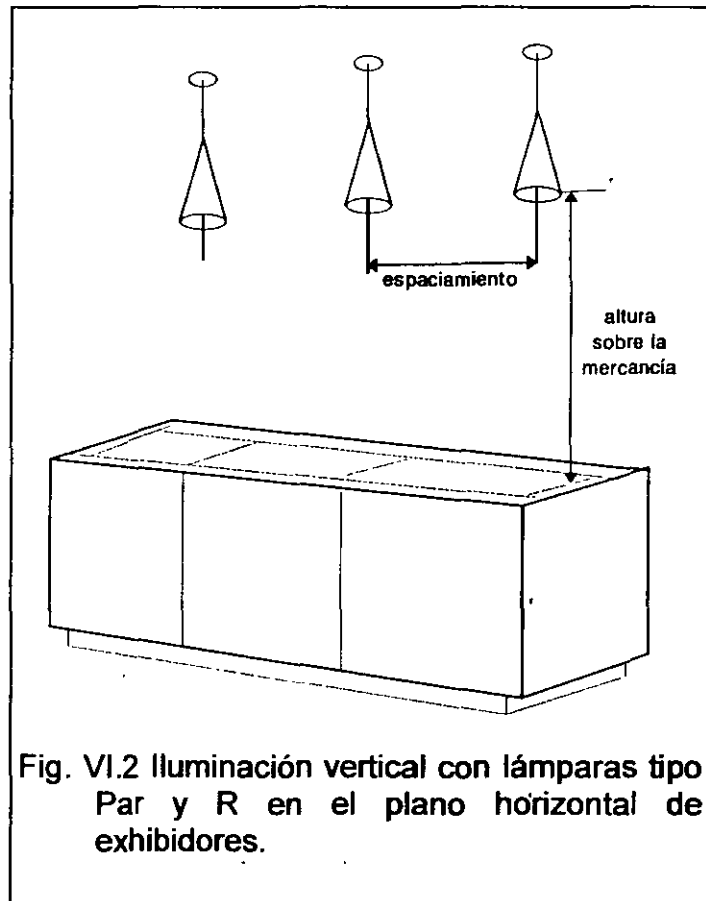


Fig. VI.2 Iluminación vertical con lámparas tipo Par y R en el plano horizontal de exhibidores.

Calor Generado por las Luces Puntuales.

La iluminación incandescente utilizada para resaltar objetos, algunas veces está limitada por el calor producido por la radiación infrarroja de dichas lámparas. Algunas veces, el calor por sí mismo tiene efectos perjudiciales en la mercancía, como en el caso de carnes frescas y ciertos tintes de fibras textiles. Otras veces, el efecto del calor en los aparadores, vitrinas, etc. causa desconfort en las personas tanto compradores como vendedores. Para disminuir el calor mencionado anteriormente en muchos casos no es práctico utilizar enfriamiento artificial y deberá disminuirse la iluminación de los aparadores.

La introducción de lámparas PAR de haz frío, ha hecho posible la utilización de medios nuevos para el control de la energía calorífica radiante de las lámparas incandescentes.

En estas lámparas, la superficie reflectora no es de aluminio únicamente, que refleja energía infrarroja y energía lumínica, sino que el reflector está compuesto de 20 capas de dos materiales transparentes, alternados que producen una superficie reflectora con un alto grado de reflectancia a las longitudes de energía visible y alto grado de transmitancia de energía infrarroja.

El resultado es que la mayor parte de la energía infrarroja que normalmente se movería del haz de luz, se transmite hacia el interior del gabinete o hacia el aire que rodea a la lámpara y el efecto total del calor radiante dentro del haz de luz, se reduce a $\frac{1}{3}$ y así pueden aumentarse los niveles de iluminación puntual para una cantidad de calor dada que se tendría con lámparas PAR normales, o disminuir los efectos de calor para un mismo nivel de iluminación.

ILUMINACIÓN VERTICAL DE EXHIBIDORES CON FUENTES FLUORESCENTES

Tiras luminosas colgantes y arreglos semejantes tal como cornisas, son medios eficientes en la iluminación de exhibidores verticales utilizando lámparas fluorescentes, cuando exista un área definida por iluminar más artículos u objetos individuales.

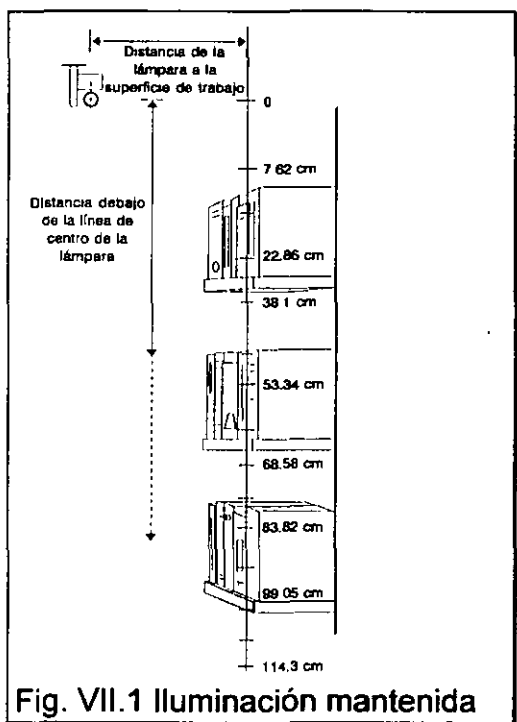
Las tiras luminosas son utilizadas más frecuentemente a lo largo de paredes para iluminar repisas y anaqueles decorados, pero también son eficientes en áreas

centrales del almacén para iluminar góndolas o muestrarios similares con artículos de lujo o alto margen de utilidad.

Brillantez más alta en las mercancías clave, es el objetivo de la iluminación con tiras continuas luminosas en los almacenes. También, se utiliza para compensar las reducciones o carencias que resultan en ciertas áreas únicamente con la iluminación general.

La fuerza de atracción de las tiras luminosas usualmente es mucho menos dramática que la obtenida con iluminación puntual, y llama la atención desde distancia en el área total iluminada. Puntos de alta intensidad y las sombras son disminuidos más que con la iluminación puntual, ya que la dimensión de la fuente de luz es más grande y su brillantez es más baja.

Algunas guías de diseño para tiras luminosas se ilustran en los siguientes bosquejos y tablas. El montaje de las lámparas suficientemente separadas de la superficie vertical para producir una distribución de iluminación razonable es de importancia principal, si la tira luminosa está demasiado cercana a la superficie por iluminar, la apariencia es de una alta brillantez en la parte superior, perdiendo uniformidad en el total del área iluminada, además, de que aumenta la probabilidad de desvanecer los colores de las mercancías.



La tabla y el diagrama muestran la iluminación mantenida, las superficies verticales obtenidas con tiras luminosas equipadas con lámparas fluorescentes blanco frío de lujo o blanco cálido de lujo de 40 Watts T-12. Las superficies interiores de la línea luminosa son pintadas de color blanco, se considera un factor de mantenimiento de 75%. Los valores de iluminación disminuyen en los extremos de las líneas luminosas.

PIE CANDELAS MANTENIDOS EN LAS SUPERFICIES VERTICALES DE APARADORES

La tabla y el diagrama muestran la iluminación mantenida, las superficies verticales obtenidas con tiras luminosas equipadas con lámparas fluorescentes blanco frío de lujo o blanco cálido de lujo de 40 Watts T-12. Las superficies interiores de la línea luminosa son pintadas de color blanco, se considera un factor de mantenimiento de 75%. Los valores de iluminación disminuyen en los extremos de las líneas luminosas.

Tabla VIII.1 Iluminación Mantenido

| Distancia abajo de la línea de centro de las lámparas | Distancia de línea del centro de la lámpara a la superficie vertical | | | |
|---|--|----------|-----------|----------|
| | 15.24 cm | 22.86 cm | 30.48 cm | 45.72 cm |
| 7.62 cm | 1614 Lux | 1076 Lux | 828.5 Lux | 538 Lux |
| 22.86 cm | 645.6 | 699.4 | 664.6 | 516.5 |
| 38.1 cm | 236.7 | 344.3 | 398.1 | 398.1 |
| 53.34 cm | 107.6 | 182.9 | 236.7 | 279.8 |
| 68.58 cm | 75.3 | 107.6 | 139.9 | 193.7 |
| 83.82 cm | 43.4 | 75.3 | 96.8 | 129.1 |
| 99.06 cm | 32.3 | 43.4 | 64.5 | 96.8 |
| 114.3 cm | 21.5 | 32.3 | 53.8 | 75.3 |

La iluminación de repisas o entrepaños con fuentes fluorescentes es de otra manera para obtener brillantez variada y aumentar el poder de atracción de los exhibidores. La iluminación integrada a vitrinas normales y vitrinas refrigeradas cae dentro de estas categorías, lo mismo que la iluminación de repisas o entrepaños individuales en exhibidores especiales o convencionales.

Se dispone de varios métodos para integrar la iluminación a los entrepaños. Los reflectores de vitrinas comerciales pueden sujetarse a los entrepaños, con los balastos localizados lejos, de tal forma que no interfieran la distribución de luz en el espacio por iluminar.

Los reflectores para vitrinas utilizan lámparas fluorescentes de diámetro pequeño, tal como las lámparas Slim-Line 42T6 y 64T6. Esto reduce el espesor necesario del entrepaño. Lámparas y canaletas convencionales también pueden sujetarse en algunos entrepaños. Las lámparas deberán quedar bien ocultas para que no distraigan la atención del comprador, apartándola de las mercancías y para no disminuir el confort visual.

Puede también ser deseable utilizar muebles de entrepaños fabricados especialmente con su sistema de iluminación integrado. Por ejemplo, las lámparas pueden instalarse en el eje frontal de los entrepaños y los balastos sujetos a la pared. Este método reduce la resistencia necesaria para sujetar los entrepaños a los soportes de pared.

La iluminación de entrepaños convencional tiende a crear un énfasis pronunciado de superficie horizontal, con repeticiones, planos horizontales gruesos. Este énfasis puede ser cambiado a planos verticales modulares, utilizando entrepaños de vidrio delgado con lámparas fluorescentes sujetas a herrajes verticales existentes entre los compartimentos del aparador.

Para obtener una eficiencia máxima con este arreglo, las lámparas deben estar localizadas con una separación del frente del mostrador a un octavo de claro entre herrajes, así, para aparadores con claros de 48 pulgadas, las lámparas deberán estar separadas más de 6 pulgadas de las superficies frontales de los separadores.

En muchos almacenes, la iluminación fluorescente puede estar integrada a los exhibidores, las líneas luminosas iluminan a la parte superior de las paredes y a la mercancía. Los entrepaños y vitrinas iluminadas en forma individual son detalles más localizados.

Tableros con iluminación por la parte posterior producen efectos importantes con las mercancías transparentes y translúcidas.

En algunas aplicaciones, las tiras luminosas utilizan lámparas de alta emisión montadas en canaletas de sección transversal pequeña, con balastos remotós. Se han hecho diseños de tiras luminosas con canaletas para contener los balastos, sujetos directamente a la estructura del entrepaño y con brazos soporte de portalámparas a una distancia apropiada desde la pared.

Estos dos arreglos disminuyen la posibilidad de que la canaleta con balastro obstaculice la distribución de luz y también son arreglos que se pierden en el conjunto de la estructura de los aparadores.

La ilustración muestra un diseño sencillo de tableros luminosos que es el adecuado para instalarse en los aparadores existentes. También, es de menor costo que tableros fabricados con el sistema de iluminación integrado y retiene mucho de la eficiencia visual de la mayoría de las unidades complejas.

Para las mercancías presentadas por lotes, la no uniformidad de brillantez en un tablero como éste, no sería distrayente. La luz puntual esta sujeta a un riel eléctrico que permite relocalizar la unidad rápidamente para acentuar algún artículo en particular.

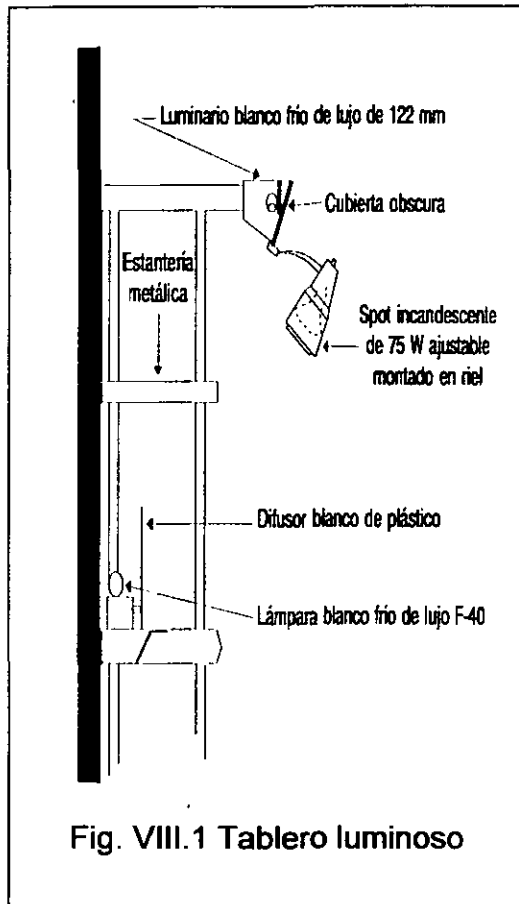


Fig. VIII.1 Tablero luminoso

La ilustración nos muestra los medios para introducir color en las superficies de fondo de las mercancías, mientras que conserva un rendimiento de color favorable en los exhibidores.

Una estructura de entrepaño como la mostrada se puede obtener haciendo variaciones pequeñas al ángulo normal de entrepaños y al equipo de iluminación.

Algunas veces puede ser problema el calor producido o generado por los sistemas de iluminación de vitrinas y entrepaños. Para disminuir lo anterior los balastos pueden localizarse lejos ayudando a disminuir la carga de refrigeración en aparadores que necesitan ambiente frío no obstante el calor del balastro puede ser necesario para calentar a las lámparas en vitrinas refrigeradores.

Cuando artículos sensibles al calor son colocados en entrepaños iluminados, la localización de

temperaturas más altas en los extremos de las lámparas y arriba de los balastos puede ser demasiado y dañan algunos productos, botes de aerosol en particular, no deben ser mostrados en este tipo de exhibidores.

ILUMINACIÓN PERIMETRAL

El ambiente de tiendas se relaciona con la vista de superficies verticales alrededor del perímetro de la misma, y con superficies verticales dentro de ella. El sentido de espacialidad en la tienda y la apariencia de su decoración están influenciadas por la iluminación perimetral. La planeación cuidadosa ayuda a crear

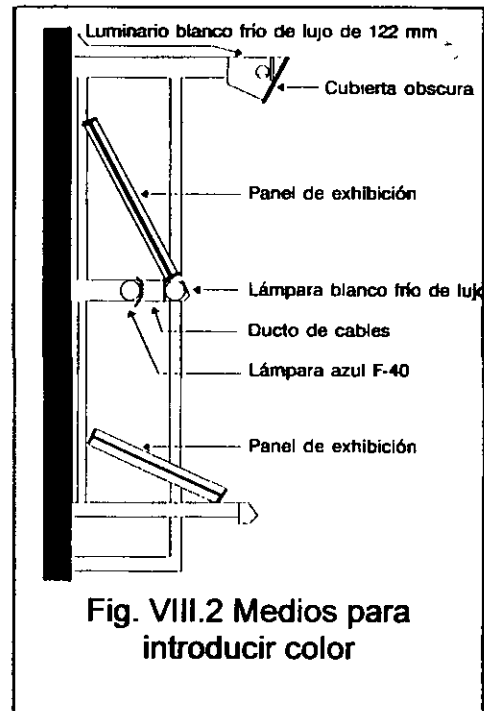


Fig. VIII.2 Medios para introducir color

configuraciones brillantes que complementen al diseño y orden del departamento, dando al comprador una impresión favorable de la tienda.

En la tienda de frente abierto, las superficies superiores del interior de ellas constituyen una parte importante del campo visual a través de los escaparates. Las paredes de color brillante, iluminadas efectivamente para realzar su brillantez, ayudan a eliminar las reflexiones en el cristal, así los compradores pueden mirar dentro de la tienda durante el día. De hecho, las paredes interiores de la tienda constituyen la "espalda" del escaparate. Estas deben ser suficientemente brillantes para que la gente pueda ver fácilmente dentro de la tienda. Esto requiere para iluminación sobre paredes de alta reflectancia de 100 a 200 pies-candela.

Parte del efecto de la apariencia de superficies de un cuarto se producen por la iluminación general y por la exhibición. Si en la iluminación general se usan lámparas fluorescentes en conjunto con una amplia distribución de luz, existirá mayor iluminación sobre las paredes, no así, si se usaran luces incandescentes bajas de distribución concentrada. Los exhibidores con reflectores, los nichos iluminados, los anaqueles y los paneles luminosos también contribuyen a la apariencia de las superficies verticales de la tienda a una distancia, éstas deben también ser consideradas como una característica de la iluminación perimetral.

La iluminación uniforme de superficies perimetrales es fácil de realizar con lámparas fluorescentes. Las luces superiores de línea colgante pueden ser efectivas en este aspecto. Frecuentemente, sin embargo, un sistema separado para iluminación de paredes puede ampliar la flexibilidad de diferentes tonos o colores a las mismas creando un ambiente más interesante.

La brillantez no uniforme alrededor del perímetro de la tienda puede ser bastante interesante, añade individualidad a la apariencia y acentúa un rasgo de diseño particular o un departamento. Las lámparas incandescentes, localizadas cerca de las superficies que ellas iluminan, son útiles para este propósito. Este modelo de iluminación variante, se acentúa aún más por la mayor atención dada a las texturas o formas, en las superficies iluminadas.

La luz de color para uso en exhibidores posteriores y paredes puede estar convenientemente logradas con lámparas fluorescentes o incandescentes. La mayoría de los tamaños de lámparas fluorescentes se encuentran disponibles en varias clases de blanco y en un número de colores saturados. Las lámparas fluorescentes de color son mucho más eficientes que las incandescentes de color.

Las lámparas incandescentes de color incluyen diseños de bulbo convencional en wattajes que oscilan entre los 10 y los 150, y en bulbos PAR y R-Shape para líneas

de luz de color. La variedad de color adicional puede realizarse combinando luz de dos o más lámparas de color. Algunos comerciantes han empleado sistemas motorizados de atenuamiento para lograr un cambio gradual, sutil en el tono perimetral de la superficie sobre un ciclo de varios minutos.

LUZ Y DESVANECIMIENTO.

En algunos tipos de mercancías se desvanecerá el color debido a la exposición a la luz. En la mayoría de los casos, los desvanecimientos son resultado de la oxidación química de tintes y pigmentos; la luz actúa como un catalizador que acelera la reacción. (Una excepción importante es la decoloración de las carnes frescas en mostradores de autoservicio. El espacio no permite aquí, una discusión detallada, pero la investigación ha demostrado que la luz no tiene, o tiene poco efecto en proporción del descoloramiento de la carne fresca, pero esa decoloración es resultado del crecimiento de bacterias superficiales).

El número de factores que se involucran en cada situación de desvanecimiento es tan amplio que ninguna generalización acerca de proporciones en desvanecimiento parecen justificarse. El gran número de fábricas y sus tintes, tanto como las condiciones en el proceso de teñido hacen que la predicción del desvanecimiento en solo los textiles, casi imposible. Algunos artículos son notablemente luz-firme; otros tienen colores relativamente "fugitivos" que pueden cambiar fácilmente.

La investigación recientemente conducida en Nela Park indica claramente que allí ha habido adelantos considerables en la firmeza de la luz de las fábricas comerciales, en los años recientes como resultado del aprovechamiento de fibras y tintes mejorados.

El método general de evaluación de las condiciones bajo las cuales el desvanecimiento toma lugar, es computar la "exposición" a la luz. La exposición es el producto combinado de la iluminación sobre el producto y el tiempo en que el producto es iluminado. Así que, un producto de aparador bajo 100 pies-candela por 300 horas, ha tenido una exposición de 30,000 horas-pie-candela (fc-hr); similarmente, un período de 30 horas bajo 1,000 pies-candela, también representa 30 mil horas-pie-candela de exposición.

La investigación reciente ha indicado que exposiciones iguales pueden no tener el mismo efecto de desvanecimiento, si toman lugar en diferentes niveles de iluminación. Eso es, 5 veces más iluminación, probablemente no producirá el mismo grado de desvanecimiento en un quinto del tiempo, si bien es casi cierto que acelera el

desvanecimiento en algún grado. Sin embargo, no ha habido suficiente investigación en suficientes y diferentes materiales para clarificar la relación iluminación versus tiempo, más completamente de lo que se ha expuesto aquí.

En pruebas de más de 100 muestras comerciales de fábrica, bajo 8 condiciones diferentes de iluminación, muchas de ellas resistieron más de 1,000.000 fc-hrs. Sin desvanecimiento detectable, mientras algunas de ellas disminuyeron notablemente con 50,000 fc-hrs.

Una de las principales causas de desvanecimiento es la disposición de exhibidores y su iluminación en tal forma que se exagera la exposición en parte del artículo. Por ejemplo, muchos exhibidores de ropa iluminados con línea colgante están diseñados de tal manera que la lámpara fluorescente se encuentra a sólo unas cuantas pulgadas directamente arriba de los hombros del exhibidor (perchero). A esta distancia, la iluminación debe tener varios cientos de pies-candela sobre los hombros y de algunos artículos con colores fugitivos, puede esperarse que disminuyan con menos de 200 horas de exposición.

La prevención de esta situación es, grandemente, un asunto de buen diseño de iluminación. Para iluminar efectivamente las superficies verticales de las prendas, la lámpara debería estar cuando menos a 9 pulgadas fuera de la superficie vertical; esta relocalización reduce naturalmente la alta iluminación sobre el hombro, por tanto disminuye la probabilidad de desvanecimiento, mientras que al mismo tiempo se mejora la efectividad de exhibición. Ejemplos similares de diseños pobres se encuentran en muchas instalaciones de reflectores y estantes iluminados.

Los recursos eléctricos de iluminación difieren en distribuciones espectrales y en sus efectos sobre la apariencia de colores, pero las pruebas han demostrado que no existe diferencia significativa entre recursos razonablemente blancos en sus efectos en desvanecimiento.

Eso es, para la misma iluminación, el desvanecimiento es probable que ocurra en el mismo tiempo (o igualmente que no ocurra) bajo iluminación incandescente o fluorescente. La radiación ultravioleta de las lámparas fluorescentes es casi la misma en cantidad, que la de incandescentes. Las pruebas muestran que filtrando el ultravioleta de los modernos colores blancos fluorescentes, no tiene efecto medible en las tasas de desvanecimiento.

Cuando existe una proporción substancialmente mayor de onda ultravioleta larga o media que ocurre con incandescentes o fluorescentes por ejemplo bajo luz natural el desvanecimiento de color ocurrirá más rápido con muchos géneros (textiles). La ilusión popular de que las lámparas fluorescentes son en particular causas severas de

desvanecimiento de color, es a menudo originado por las experiencias con recursos de baja rendición de color. Los colores *Deluxe* alivian frecuentemente estos problemas. En otras situaciones, la deficiente iluminación de exhibidor arriba descrita es la causa; las fluorescentes son más señaladas, simplemente porque son aplicadas erróneamente más a menudo.

El manejo de artículos con colores transitorios, es un asunto de interés. Reducir la iluminación – no operando la iluminación de la vitrina, por ejemplo puede ser una solución parcial.

Otro artificio efectivo es exhibir el producto, así el desvanecimiento que afecta, tomará lugar uniformemente sobre la superficie, en lugar de concentrarse en una pequeña área; esta es una de las ventajas secundarias que ha resultado con el cambio de las corbatas de caballeros de las vitrinas con sólo los dobleces expuestos a los mostradores superiores donde toda la corbata es iluminada uniformemente en algunos casos, su caja o envoltura puede proteger de la luz, a casi todo el corbatín. en cualquier circunstancia, debe recordarse, que cualquier artículo que se decolora durante el período de cambios en la tienda, es casi seguro que decolore si se expone mucho a la luz del día, o al exterior o cerca de una ventana; así, este puede ser un recurso posterior de queja por el cliente aún si no se ha decolorado en la exhibición.

En algunos casos, los requisitos de exhibición correcta, especialmente en escaparates, automáticamente resulta en exposición a la luz del día y a la luz eléctrica que causa pérdida de color inevitable. En estos casos lo que puede ocurrir, se descuentan normalmente como parte de gastos de exhibición o publicidad.

ECONOMÍA DE ILUMINACIÓN EN TIENDAS.

Cuesta más iluminar una tienda con un sistema de iluminación general, iluminación de exhibidor e iluminación perimetral que reúne el conjunto de objetivos expuestos en este proyecto, que aplicar un simple modelo de equipo de iluminación general de tubo desnudo, con un mínimo de iluminación perimetral y de exhibición. Una razón de la existencia de muchas instalaciones mediocres de iluminación es que el alto costo de mejores iluminaciones parece prohibitivo.

La perspectiva ganada por un análisis de costos de iluminación en relación con las ventas a menudo justifica la buena iluminación al proyecto planeado. Es posible estimar exactamente los costos de dos sistemas de iluminación, y compararlos en términos de las ganancias de la tienda.

El incremento en el costo de mejor iluminación tendría que ser visualizado por el incremento del beneficio bruto. Este costo aumentado representa sólo una pequeña fracción del beneficio bruto. Por tanto, un incremento en las ventas, y el consecuente beneficio bruto, es suficiente para pagar el costo de una mejor iluminación. Un incremento del 10% en ventas rinde una utilidad del 100% sobre la inversión añadida en iluminación.

Para obtener el incremento de ventas que pagará por su costo aumentado, la iluminación moderna en tiendas ofrece las siguientes ventajas:

1. Mejor iluminación hace posible decisiones de compra más rápidas y certeras sobre de todos los artículos de la tienda, a través del incremento de visibilidad de detalles.
2. La iluminación encubierta reduce la molesta brillantez directa de las luces superiores y mantiene la atención del comprador sobre la mercancía. También, crea un aspecto más terminado a la tienda.
3. En exhibidor, la iluminación de reflector y la de localización posterior llama la atención hacia los artículos principales acentuando su forma y textura que añade una chispa a la atmósfera de la tienda.
4. La iluminación perimetral hace que la tienda parezca más espaciosa y realiza la decoración de la misma.

Muchos comerciantes han atribuido significativamente las mejores ganancias en ventas a la mejora en la iluminación (que se requiere para pagar por tales mejoras). Mientras que las estadísticas no pueden predecir exactamente los resultados para una tienda específica, las utilidades demostrables de la mejor iluminación y las módicas ventas requeridas para pagar por ella, argumentan fuertemente la cuidadosa consideración de la iluminación en el proyecto para nuevas tiendas o para su remodelación.

Datos cuidadosamente reunidos de muchas tiendas muestran que la buena iluminación de exhibidor desemboca en un aumento de ventas que oscila del 10 al 20%.



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMA:

“LUZ DE DÍA”

**ARQ. PEDRO GARZA
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**


LUZ DE DIA.

CURSO:ILUMINACION EFICIENTE DE AREAS Y CENTROS COMERCIALES

ARQ. PEDRO GARZA DE YTA

Daylighting Performance
and Design

Gregg D. Ander, AIA


VAN NOSTRAND REINHOLD
A Division of John Wiley & Sons, Inc.

ESTA SECCION DEL CURSO SERA TOMADA DE EL LIBRO DE GREGG ANDER TITULADO: DISEÑO Y COMPORTAMIENTO DE LA ILUMINACION DE DIA; QUE AQUÍ APARECE: MISMO QUE SE VUELVE UNA COMPILACION MUY INTERESANTE DE CASOS, EN LOS QUE SE EFICIENTA DE MANERA MUY IMPORTANTE EL AHORRO DE ENERGIA CON EL USO DE LA LUZ DE DIA GENERANDO AHORROS TANTO EN CONSUMO ENERGETICO, COMO EN LOS CONTAMINANTES QUE SE PRODUCEN DURANTE LA GENERACION DE ENERGIA Y SON ARROJADOS A LA ATMOSFERA.

LUZ DE DIA.

CASOS DE ESTUDIO

La eficiencia con la que se le permite a la luz de dia entrar en un espacio; representa un aspecto que es controlado por el proyectista. Los metodos de control de la luz que entra en el edificio asi como el impacto en superficies son consecuencia directa de cómo el diseñador entiende el manejo de la luz y lo plasma en su creacion.

Los casos de estudio seleccionados suman una variedad de estrategias de iluminacion de dia utilizadas en diferentes construcciones. El desarrollo de especificaciones estan incluidas para ayudarte a evaluar los proyectos de esta eficiente energia. Estos ejemplos incluyen una corta descripcion escrita, fotografias, graficas, un resumen de el desarrollo de la energia y un resumen de la contaminacion emitida que ahorramos al disminuir la cantidad de corriente consumida.

LUZ DE DIA

CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.

Tipo de construcción:

Area de ventas.

Localización:

Montebello, California.

Area Construida:

950,000ft² (120, 000ft² circulation/atrium)

Estrategias de Iluminación:

Caballote de vigas/ tragaluces en forma de arco con paneles difusores y lucernarios.

Lighting Power Density:

1.0watts/ft².

Control de iluminación eléctrica: Encendido/apagado

Arquitectos:

Gruen Asociados, Robert Lesmett (socio), Greg Moe (proyecto arquitectónico).

Ingenieros:

Store Matakovich and Wolfbert, Tom Davis (director de proyecto), Bob Kuisel (ingenierías).

Resumen:

El centro comercial de Montebello en Montebello, California, es un centro comercial diseñado por Gruen Asociados con 950,000 pies². El centro comercial incluye 165 tiendas especializadas, 3 tiendas departamentales y una sala de comida con 17 restaurantes.

Las áreas de venta están organizadas alrededor de una planta lineal, que utiliza tres bandas ancha a ambos lados del centro y una opuesta al acceso. Una cúpula con domo de acrílico y paneles difusores que son usados para permitir que penetre la luz de día a la circulación central. La luz de día no solo ilumina la circulación sino también provee suficiente luz para que puedan vivir en este lugar árboles y plantas. La cúpula con domo de acrílico permite reflejar la luz de día a los espacios de venta abiertos, donde los paneles de difusión controlan la dirección de los rayos que penetran. Durante ciertas temporadas, una delgada línea de rayo de luz entra a la construcción y pega en el piso, lo cual ayuda a dirigir a los compradores a lo largo de la circulación proporcionando contraste e interés.

La combinación de reflectores, difusores, y luz directa incrementa la calidad visual del ambiente interior y además, reduce la iluminación eléctrica, aire acondicionado, y el pico de la demanda instalada. En Centro comercial de Montebello fue posible reducir este nivel máximo de la demanda de un típico 503 kW (sin luz de día) a 264 kW mientras que se mejora el ambiente de venta.

LUZ DE DIA

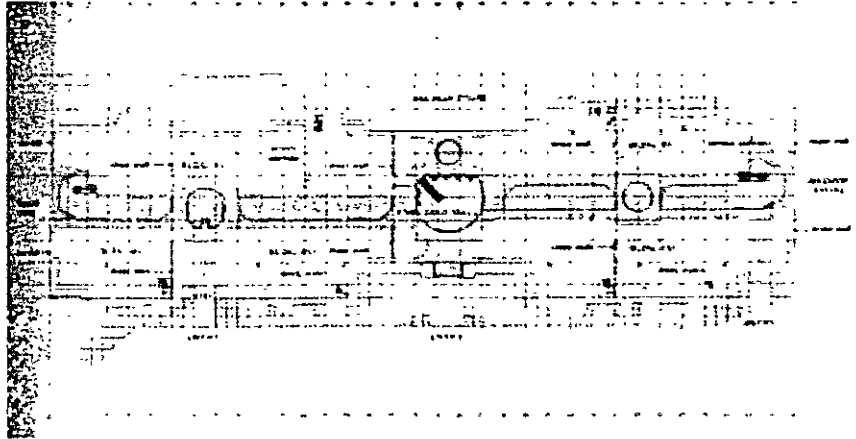
CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



Planta del lugar.

LUZ DE DIA

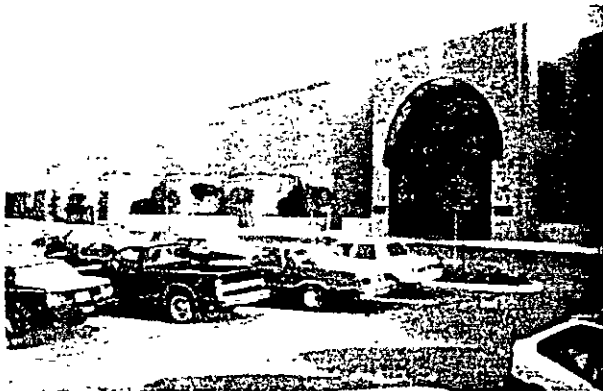
CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



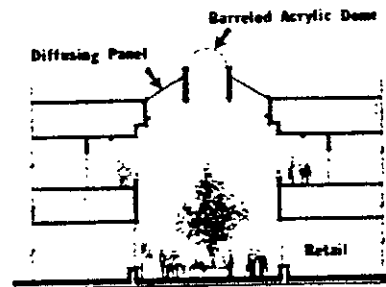
Planta del nivel superior.

LUZ DE DIA

CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



Fachada mostrando el acceso.



SECTION

Seccion del area de circulacion.

LUZ DE DIA

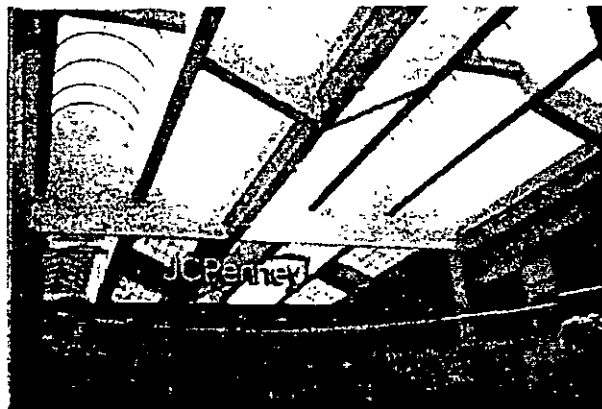
CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



Estrategia de iluminacion superior en area de comida.

LUZ DE DIA

CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



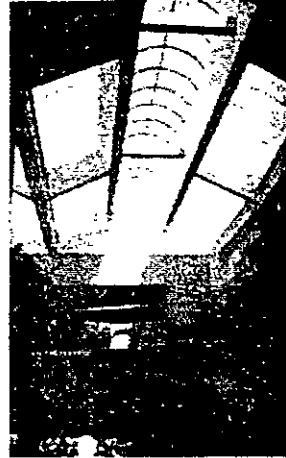
Vista interior que muestra difusores y aperturas transparentes.

LUZ DE DIA

CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



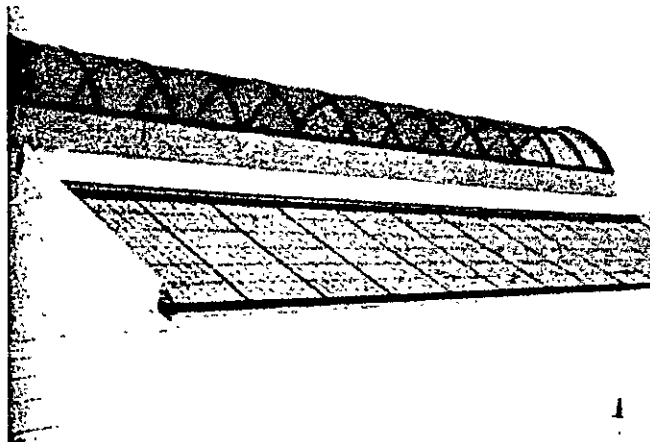
Cupula de difucion.



Interior mostrando rayo de luz.

LUZ DE DIA

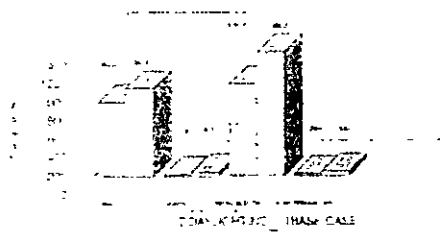
CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



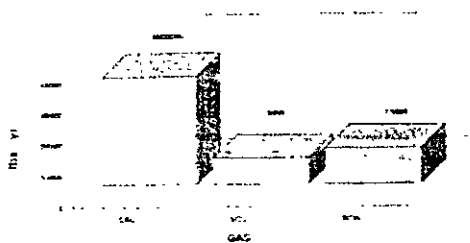
Detalle exterior de cubierta.

LUZ DE DIA

CENTROS COMERCIALES Montebello Town Center.



Resumen de gasto de energia
En el edificio.



Evaluacion de la contaminacion
Permitida.

LUZ DE DIA

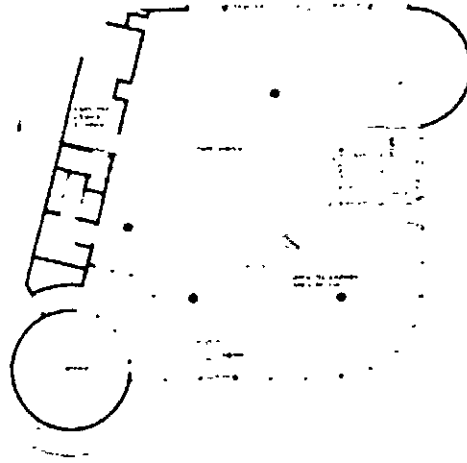
EDIFICIOS PARA VENTA Salzer's Video



Tipo de construcción: Area de ventas de video cassettes y juegos electronicos.
Localización: Ventura, California.
Area Construida: 8,000ft².
Estrategias de Iluminación: Luz cenital, iluminación lateral, ventanas con averturas, y lucernarios.
Diseño de niveles de iluminación: 50 footcandles.
Lighting Power Density: 1.5watts/ft².
Control de iluminación eléctrica: On/off.
Sistemas mecánicos: Roof-mounted heat pumps.
Arquitectos: Scott Ellinwood y asociados, Scott Ellinwood, FAIA
William Morgan.
Diseñador de interiores: Malcolm Lewis y asociados (mecánica y eléctrica), John Oeltman Ingenieros (estructural)
Ingenieros: La tienda Salzer's Video en Ventura, California incorpora gran variedad de elementos para iluminar que influyen en el diseño de ventas. El arquitecto considero un sistema de ventanas de luz de día, luz eléctrica y un sistema mecánico. Para verificar la solución de ahorro de energía, usan extensamente el DOE que es una herramienta de análisis por computadora. El ventanaje fue incorporado a manera que cumpliera con los fundamentos de la luz de día y el funcionamiento del área de ventas diseñado. Las elevaciones sur y este están formadas de cristal desde el suelo hasta 16ft y sobresale 8ft. Las salientes proveen de luz directa durante las mañanas y de sombra el resto del día. La elevación oeste está diseñada sin ventanas tomando en consideración el brillo y el calor también. La fachada norte tiene ventanas superiores formada por los desniveles interiores. Los tragaluces están incorporados para proveer de más luz de día a los espacios interiores más profundos. Prácticamente las soluciones de luz de día fueron incorporadas dentro a el espacio de ventas para poder ahorrar energía, mejorar la exposición de productos y crear un placentero espacio de ventas.

LUZ DE DIA

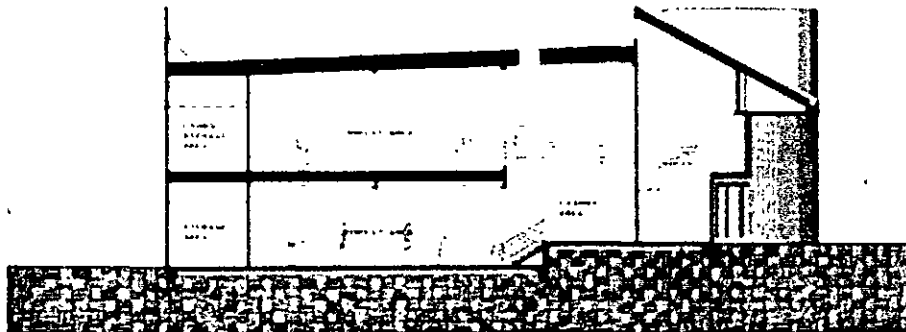
EDIFICIOS PARA VENTA **Salzer's Video**



Plano del segundo piso.

LUZ DE DIA

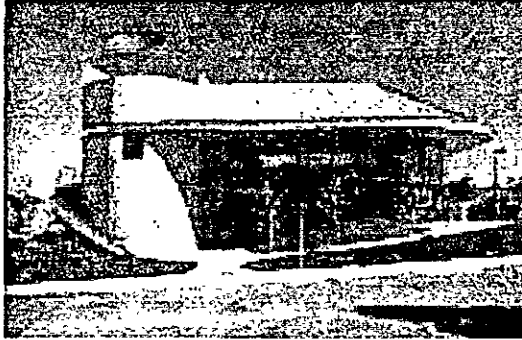
EDIFICIOS PARA VENTA **Salzer's Video**



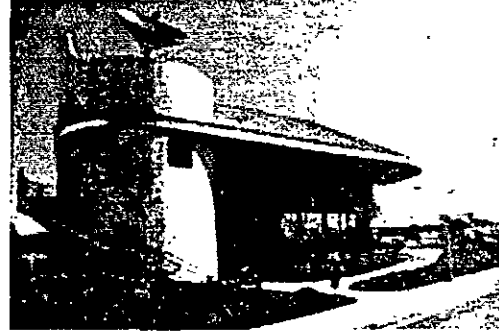
Corte del edificio.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA **Salzer's Video**



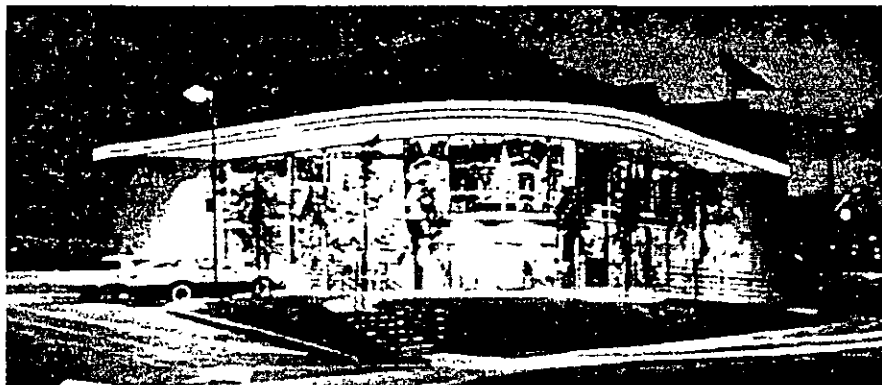
Elevación.



Elevación.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA **Salzer's Video**



Acceso.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA

Salzer's Video



Vista interior que muestra los tragaluces y las vrentanas superiores.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA

Salzer's Video

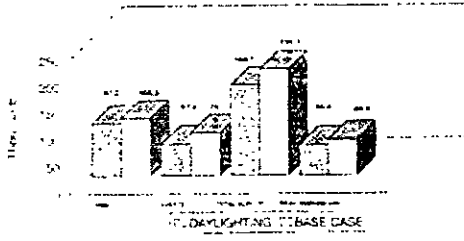


Interior.

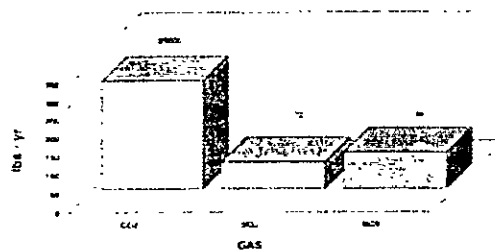
LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA

Salzer's Video



Resumen de gasto de energia
En el edificio.



Evaluacion de la contaminacion
Permitida.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA

Wal-Mart.



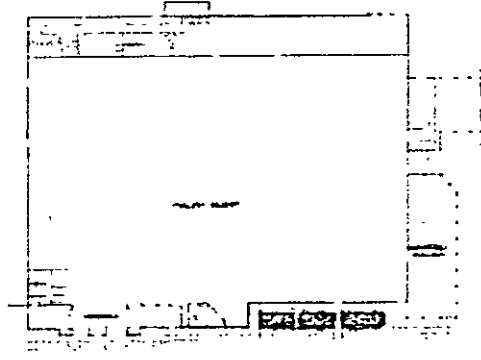
| | |
|--|---|
| <i>Tipo de construccion.:</i> | Autoservicio. |
| <i>Localizacion:</i> | Lawrence, Kansas. |
| <i>Area Construida:</i> | 120,000m ² . |
| <i>Estrategias de Iluminacion:</i> | domos tragaluces y control lumínico. |
| <i>Lighting Power Density:</i> | 1.4watts/ft ² . |
| <i>Control de iluminacion electrica:</i> | Dimeo |
| <i>Arquitectos:</i> | BSW Internacional |
| <i>Ingenieros:</i> | CEI consultores incorporados (mecanico y electrico) |
| <i>Consultores:</i> | Rocky Mountain institute, William Mc Donough Architects |
| <i>Resumen:</i> | |

La tienda Wal-Mart en Lawrence Kansas. Fue diseñada para acometer muchos conceptos para crear una sociedad sostenible. El sistema de luz de día incluye unas unidades prototipo diseñadas por andersen windows. El sistema incorpora controlentes, lo que permite una distribución mas uniforme de la luz en el interior semejando a la optica de una lampara. En concordancia con el fabricante el numero de tragaluces se reduce con respecto a tragaluces sin este concepto y el volumen de ventas se aumenta en los espacios que estan directamente bajo estos tragaluces.

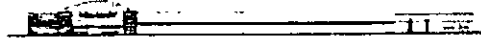
En adición a este sistema de iluminación de día, el edificio incorpora un sistema de vigas de madera, un sistema de refrigeración que no daña la capa de ozono, reciclamiento de aguas grises y de lluvia y un area de recopilación para envases reciclables. En fin muchas estrategias ecologicas fueron incluidas en el diseño de esta tienda.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA Wal-Mart.



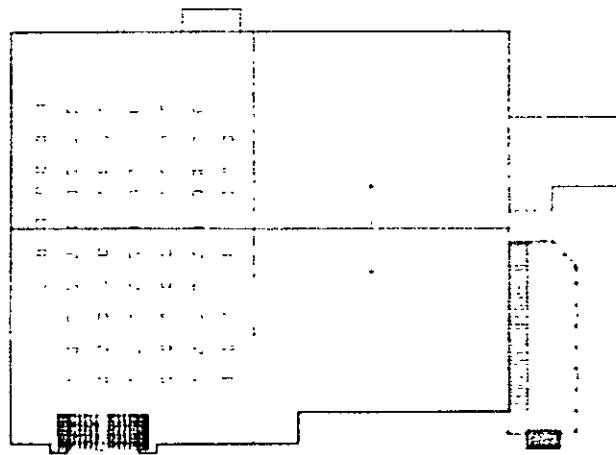
Planta.



Elevacion.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA Wal-Mart.

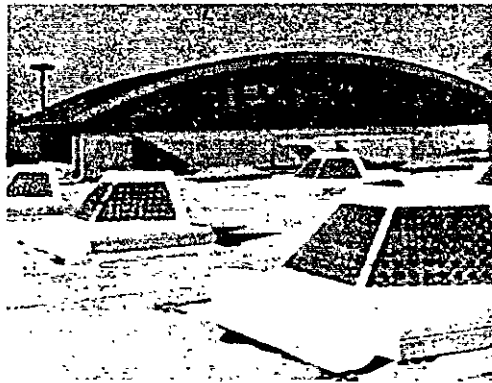
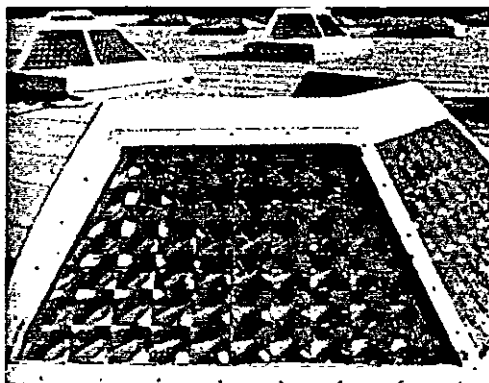


Planta de azotea.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS PARA VENTA

Wal-Mart.



Aperturas en la cubierta.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS

Southcoast Air Quality Management District.

Tipo de construcción:

Oficinas de regulación, Laboratorios, y Centro de Conferencias

Localización:

Diamond bar, California.

Area Construida:

370,000ft².

Estrategias de Iluminación:

Iluminación lateral con aparatos para sombrear horizontales, y clerestories.

Arquitectos:

Meyer y Allen asociados.

Ingenieros:

Hayakowa Ingenieros (mecanico/electrico), Fluor Daniel (director de construcción).

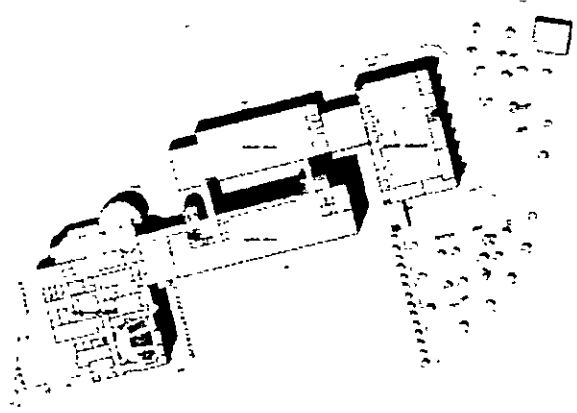
Resumen:

El south Coast Air Quality Management District Headquarters en Diamond Bar, California, diseñado por los arquitectos Meyer & Allen asociados incluye un centro de conferencias con 60,000ft², dos laboratorios con 60,000ft² y cinco edificios de oficinas con 250,000ft². En este nuevo centro de dirección se acomodaron todo el personal que se encontraba en varios locales.

Un modelo de pruebas detallado fue desarrollado para optimizar la penetración por las ventanas. En la elevación sur fue implementado un sistema de sombra para reducir el brillo en el espacio de oficinas diseño de ventanas de alto desempeño fue especificado. El laboratorio integro lucernarios hacia la fachada norte que dio como resultado una distribución uniforme dentro del espacio.

LUZ DE DIA

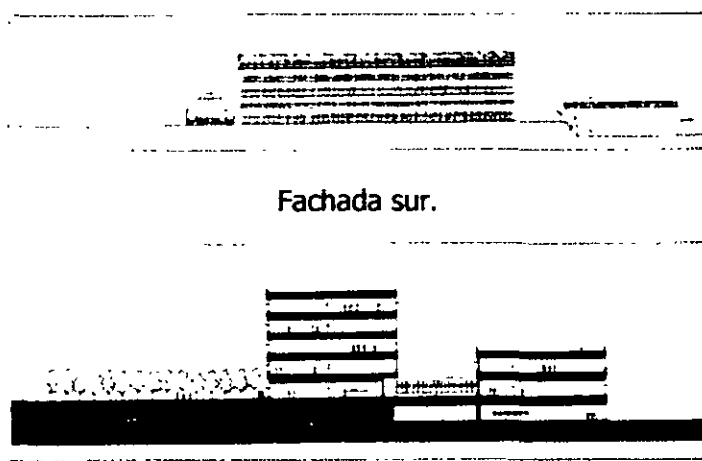
EDIFICIOS DE OFICINAS Southcoast Air Quality Management District.



Planta parcial del primer nivel.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS Southcoast Air Quality Management District.

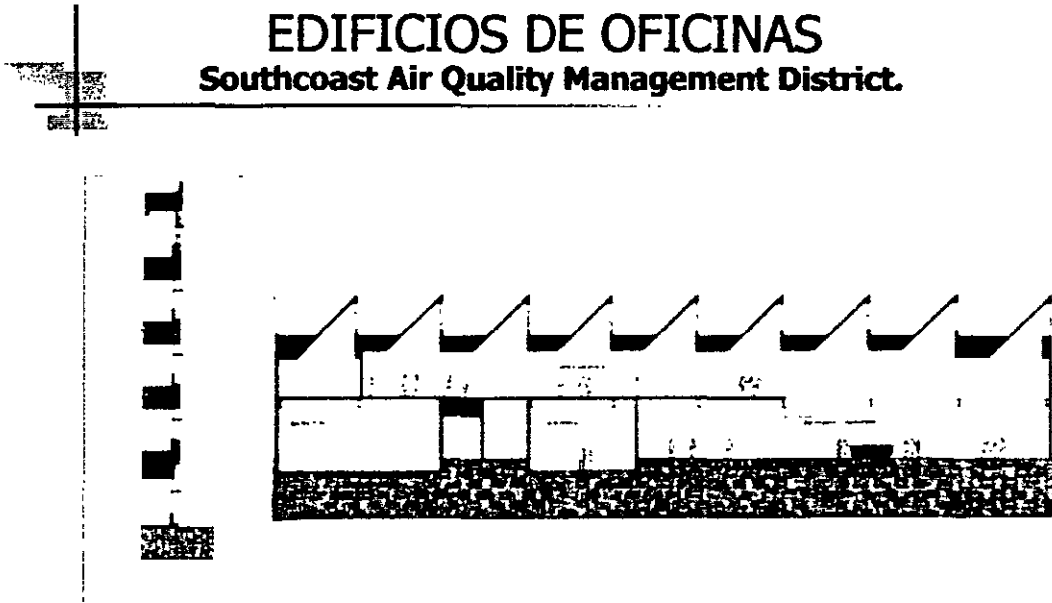


Fachada sur.

Corte de la torre de oficinas.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS Southcoast Air Quality Management District.

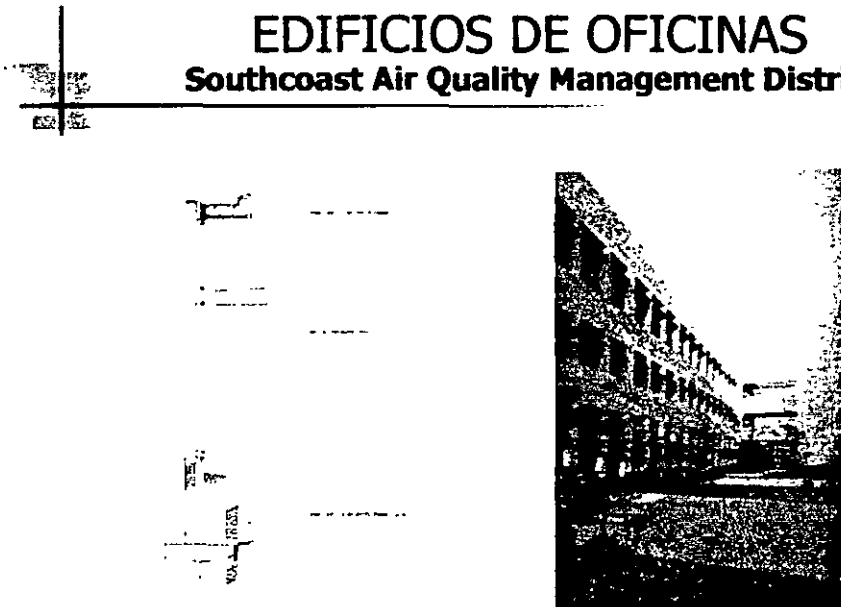


Corte por fachada.

Corte en area de laboratorios.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS Southcoast Air Quality Management District.

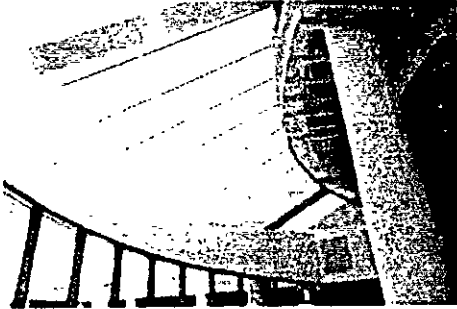


Detalle ventana.

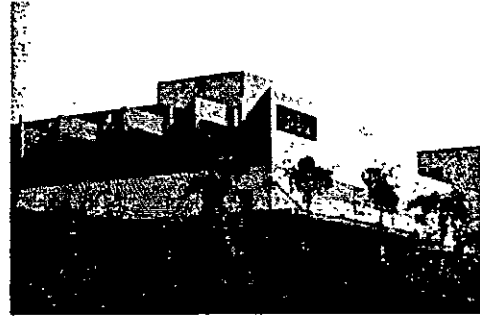
Vista del patio.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS Southcoast Air Quality Management District.



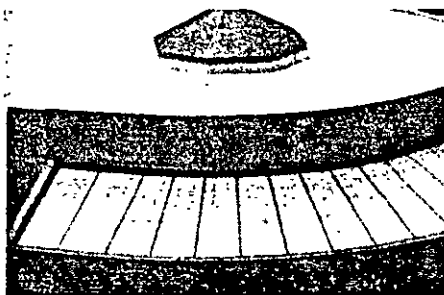
Iluminacion superior y lateral.



Clerestories sobre laboratorios.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS Southcoast Air Quality Management District.



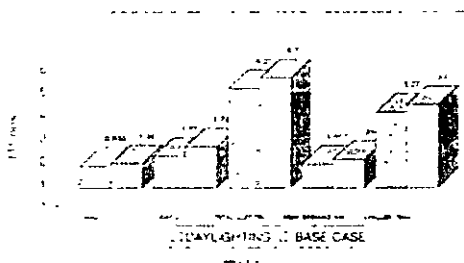
Aperturas en cubiertas.



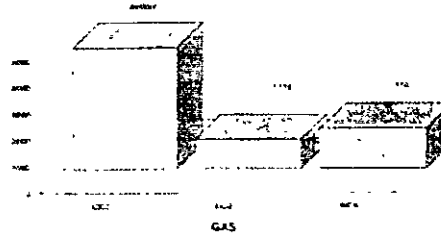
Detalle de ventanas.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS Southcoast Air Quality Management District.



Resumen de gasto de energia
En el edificio.



Evaluacion de la contaminacion
Permitida.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS Emerald People's Utility District Headquarters Building.

Tipo de construccion:

Oficinas.

Localizacion:

Eugene, Oregon.

Area Construida:

24,000ft².

Estrategias de Iluminacion:

Lucernarios, entrepaños de iluminacion, control de sombras.

Arquitectos:

Equinox Diseños incorporados, John S. Reynolds, AIA, W. E. Grupos arquitectos y planeadores, Dick Williams, AIA.

Ingenieros:

Warner Ingenieros (electronica), Rogers y asociados (mecanica).

Consultores:

Virginia Cartwright (luz de dia).

Diseñador de interiores:

McCarter, Boczkaj.

Diseñador de vistas:

Lloyd Bond y asociados.

Resumen:

El Emerald People's utility District Headquarters en Eugene, Oregon, es una compañía publica que la conservacion y la conservacion de las fuentes de energia renovable. De acuerdo con la filosofia de el EPUD's su edificio principal de direccion con 24,000ft² fue diseñado con los mismos principios.

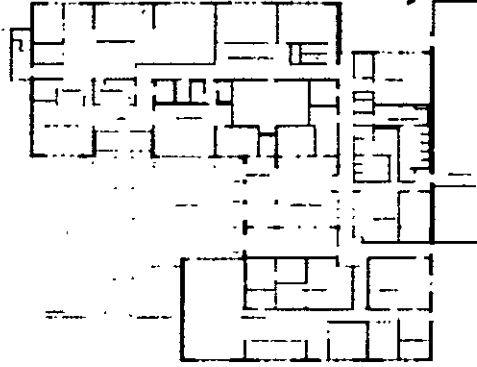
En plan el edificio es sombreado atenuando las fachadas este y oeste. Sobre el lado de la cubierta inclinada los lucernarios al sur permiten a la luz de dia penetrar hasta lo mas profundo de los espacios interiores. Las ventanas son sombreadas por vegetacion durante los meses de primavera. Las repisas de iluminacion divide la parte superior de la inferior con la sombra de las ventanas de la fachada sur. Tambien repisas de iluminacion con persianas horizontales son usadas para obtener sombra adicional. La fachada norte no utiliza control de las sombras de las ventanas pero incorpora incorpora las repisas de iluminacion para reflejar luz de dia hacia el interior de los espacios. para reducir el calor del sol la inclinacion en las fachada este y oeste se redujo al minimo.

El control del ventanaje, luz de dia y otros sistemas de ahorro de energia permite que las construccion del EPUD gaste menos energia que la usada por construcciones normales del mismo tamaño.

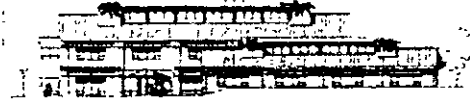
LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS

Emerald People's Utility District Headquarters Building.



Planta primer piso.

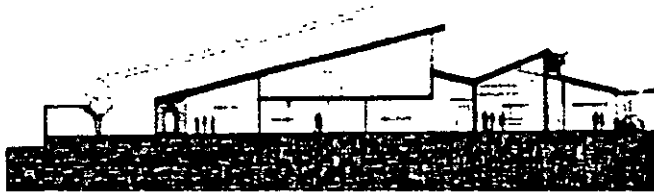


Fachada sur.

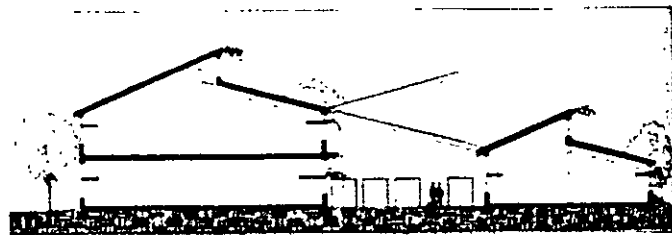
LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS

Emerald People's Utility District Headquarters Building.



corte.



corte.

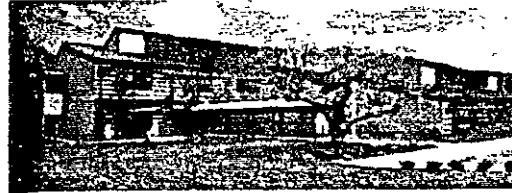
LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS

Emerald People's Utility District Headquarters Building.



Vista interior de oficinas.



Vista exterior.

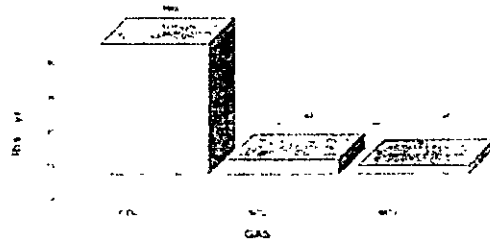
LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE OFICINAS

Emerald People's Utility District Headquarters Building.



Resumen de gasto de energia
En el edificio.



Evaluacion de la contaminacion
Permitida.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE SALUD

Torre de consultorios MIG.

Tipo de construcción:

Consultorios.

Localización:

Lindavista D.F. México

Area Construida:

600m².

Estrategias de Iluminación:

Cubo de iluminación, iluminación lateral y control de sombras.

Arquitectos:

Coordinación Integral de Obras, Carlos H. Garza Becerra, Pedro A. Garza de Yta.

Ingenieros:

Eduardo Islas (clima) Luis A. Escobar, Miguel Vasquez. (Electrico)

Diseñador de Iluminación:

Pedro Alejandro Garza de Yta. (luz de día).

Resumen:

Este edificio cuenta con 4 niveles los que se agrupan 8 consultorios por nivel, la planta baja en la que se alojan 4 consultorios, la cafetería y la farmacia, así como un sotano en el que se encuentran el cuarto de maquinas y la bodega de la farmacia.

El edificio cuenta con un cubo de luz de día que permite iluminar las salas de espera y los vestíbulos durante el 70% del servicio de la torre, así como de un sistema de ventanas tipo que proporcionan una adecuada iluminación a los consultorios durante el 50% del tiempo de uso, lo que permite mantener apagada la luz eléctrica la mayor parte del día.

La capacidad instalada de consumo de energía es de 44 kW para servicios de 2 elevadores(5400 W), el equipo hidromeumático(1844 W), iluminación de vestíbulos, fachada, baños, escaleras y jardineras(36756 W). El consumo de energía al utilizar la luz de día para iluminar las salas de espera y los vestíbulos es de (14702 W). Que representa solo el 40% de la capacidad instalada para esta función.

En el caso de los consultorios la capacidad instalada es de alrededor de 2200W sin sistemas de aire y de 4750W con sistema de aire. Por la penetración de la luz de día el gasto se reduce en un 35% y debido al remetimiento que presentan las ventanas solo se permite la penetración de luz y no el incremento de temperatura.

LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE SALUD

Torre de consultorios MIG.

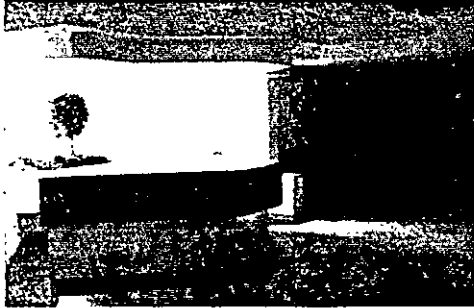


Vista exterior.

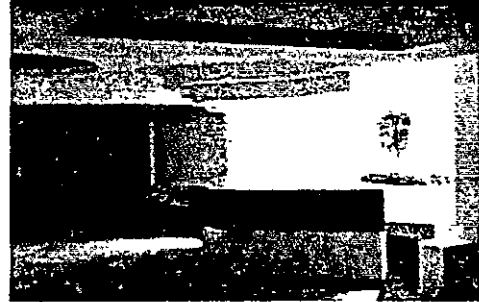


Cubo de luz de día.

LUZ DE DIA
EDIFICIOS DE SALUD
Torre de consultorios MIG.



Vista interior recepción.



Vista interior sala de espera.

LUZ DE DIA
EDIFICIOS DE SALUD
Torre de consultorios MIG.



Detalle de ventanas tipo..

LUZ DE DIA
EDIFICIOS DE SALUD
Torre de consultorios MIG.



Vista exterior.

LUZ DE DIA
EDIFICIOS DE SALUD
Torre de consultorios MIG.

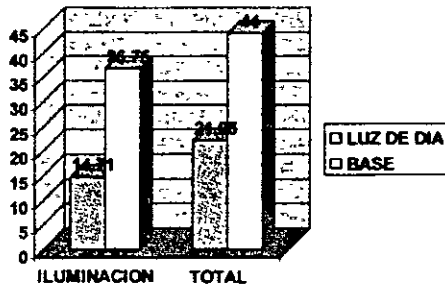


Vista interior penetración solar.

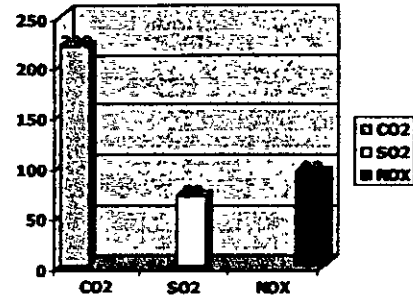
LUZ DE DIA

EDIFICIOS DE SALUD

Torre de consultorios MIG.



Resumen de gasto de energia
En areas de servicios.



Evaluacion de la contaminacion
Permitida.



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS
COMERCIALES**

TEMA:

“METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO”

**ING. ALEX RAMÍREZ RIVERO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

METODOLOGIA DE DIAGNOSTICO

1.- ADMINISTRACION DE LA ENERGIA EN ILUMINACION INTERIOR.

Una administración adecuada de la energía eléctrica para la iluminación de áreas interiores comprende 5 puntos principales:

- 1.-Realización de la auditoría al sistema de iluminación
- 2.-Identificación de las opciones para un uso óptimo de la iluminación
- 3.-Realización de un programa para el uso óptimo de la iluminación
- 4.-Implementación del plan de acción
- 5.-Monitoreo de los resultados obtenidos y actualización permanente de datos

1.1.- AUDITORIA AL SISTEMA DE ILUMINACION.

Con la auditoría se conoce el estado real de la instalación, requiriéndose el siguiente equipo:

- Luxómetro
- Multímetro
- Cámara fotográfica (preferentemente de revelado instantáneo)
- Grabadora de cinta
- Escalera de mano
- Tabla para notas (con papel milimétrico)
- Cinta métrica
- Formatos para el levantamiento
- Analizador y registrador de redes
- Laptop

1.2.- IDENTIFICACION DE OPCIONES PARA UN USO OPTIMO DE LA ILUMINACION.

Dentro de las diversas opciones tenemos las siguientes:

- Nuevos tipos de lámparas
- Balastos electromagnéticos de alta eficiencia y balastos electrónicos
- Reflectores especulares

- Reemplazo de luminarios
- Empleo de controles (manuales o automáticos)
- Mejor aprovechamiento de la luz natural
- Mayor mantenimiento

Es necesario establecer todas las opciones posibles para identificar a través de un análisis aquellas que proporcionen el mayor ahorro de energía sin disminución de la calidad de vida de las actividades. En algunos casos se deben realizar pruebas eléctricas y fotométricas en campo y en laboratorio para garantizar los resultados.

1.3.- REALIZACION DE UN PROGRAMA PARA EL USO OPTIMO DE LA ILUMINACION.

Un plan bien desarrollado identifica las opciones que pueden ser implementadas, considerando en cada una de las recomendaciones la identificación y cuantificación de los siguientes parámetros:

- Area afectada
- Naturaleza del sistema de iluminación a instalar
- Cantidad y calidad de la iluminación propuesta
- Consumo de energía actual, proyectado y ahorros estimados
- Costos de la energía y mantenimiento actuales, así como ahorros proyectados
- Naturaleza de las modificaciones propuestas
- Beneficios generales al implementar modificaciones (seguridad, mayor precisión en las tareas, confort, productividad, etc.).
- Costo de la implementación
- Valor estimado de los beneficios generales derivados
- Densidad de carga actual y la proyectada
- Inversión requerida e índices financieros correspondientes

Es importante considerar la interacción que tiene el sistema de iluminación con el aire acondicionado, la decoración y el mobiliario del edificio.

1.4.-IMPLEMENTACION DEL PLAN DE ACCION

Los planes para la administración eficiente de la energía eléctrica se diseñan generalmente para aplicarse en etapas. De las opciones para iniciar la

implementación de las acciones, generalmente se seleccionan primero las de mayor relación beneficio-costo (generalmente las de inversión nula o muy baja); en segundo término se seleccionan aquellas que tengan la mayor tasa de retorno del capital sobre la inversión y en tercer lugar las que requieran de una fuerte inversión inicial.

Es conveniente informar a todos los empleados acerca de los cambios realizados en la iluminación, ya que así aceptarán con gusto las modificaciones al tener una mejoría en su medio ambiente, lo cual impacta positivamente en su trabajo.

Al terminar la implementación de cada etapa es necesario efectuar mediciones, con el fin de verificar que se obtienen los resultados proyectados y los ahorros esperados.

1.5.-MONITOREO DE LOS RESULTADOS Y ACTUALIZACION DE DATOS .

Para el monitoreo del consumo de energía es necesario hacer mediciones y cálculos periódicamente.

La calidad puede determinarse por observación y evaluación de los comentarios de aquellos que trabajan en el área estudiada. Los cambios en la productividad, el margen de error y otros factores pueden indicar los efectos causados por la implementación de las medidas. El programa para la administración eficiente de la iluminación deberá estar al día y revisarse cada 6 meses como mínimo, haciendo los cambios o ajustes requeridos.

La industria de la iluminación realiza progresos muy rápidamente. Por esta razón, las personas a cargo del programa deberán hacer un esfuerzo para mantenerse actualizados en los últimos adelantos en la tecnología de iluminación.

2.- USO DE FORMATOS EN LAS AUDITORIAS ENERGETICAS A SISTEMAS DE ILUMINACION.

La iluminación consume el 30% del gran total de energía eléctrica generada en nuestro país. De acuerdo con las metas propuestas en el Programa Nacional de Ahorro de Energía, en iluminación es posible alcanzar una disminución de 12.8 TWH anuales al mejorar en un 45% la eficiencia de los equipos instalados. Una vez tomadas las medidas de ahorro en motores y equipos misceláneos la iluminación

representaría sólo el 21% del total nacional, debido a que el potencial de ahorro es mayor que en cualquier otro uso final.

Sin embargo debido a lo anterior, en México muy a menudo se ha caído en abusos al tratar de alcanzar los máximos ahorros de energía sin considerar los efectos negativos en la calidad de las actividades de los usuarios.

Son cinco los parámetros a considerar cuando se garantiza la calidad de los proyectos y las medidas de ahorro: el Índice de Rendimiento de Color (CRI), el Nivel de Iluminancia, la Relación de Uniformidad, la Probabilidad de Confort Visual (PCV) y la Temperatura de Color Correlacionada (TCC).

El primero nos indica con un valor entre 0 y 100 la capacidad de una fuente luminosa para reproducir fielmente los colores, el segundo se refiere al nivel de iluminancia dado en luxes ó footcandles en el plano de trabajo, el tercero nos indica adimensionalmente la relación entre zonas de una misma área que presentan diferente iluminancia, mientras que el cuarto también nos indica con un valor entre 0 y 100 el grado de confort visual proporcionado con cada sistema; el quinto se da en Kelvin e indica la apariencia ó el aspecto (cálido, neutral ó frío) de una fuente luminosa.

Estos 5 parámetros de calidad están íntimamente ligados entre sí y sólo el cumplimiento de todos ellos en paralelo junto con los parámetros energéticos como energía, demanda, factor de potencia, densidad de carga, etc. y las variables económicas y de mercado como precio y disponibilidad entre otras cumplen con la filosofía de ahorro de energía de los países avanzados. Desde este moderno punto de vista, sólo se considera ahorro de energía aquella reducción en el consumo de energía que no sacrifique la calidad de vida del usuario.

Es tan importante la consideración de estos parámetros que especialistas en EE.UU. están proponiendo nuevos métodos para evaluar económicamente no sólo los costos, sino el resto de los beneficios al realizar un buen retrofit o un nuevo proyecto con criterios avanzados. La base de estos métodos es calcular un valor agregado (económico) a los beneficios por la calidad de la iluminación como CRI, PCV, etc., comparándolos con los que se obtendrían en un proyecto convencional.

El uso de formatos adecuados es muy útil en todos los estudios de ahorro de energía en iluminación para hacer los cálculos económicos y energéticos, pero lo es más todavía cuando se pretende considerar los parámetros de calidad.

2.1.- METODOLOGIA DE DIAGNOSTICO.

La metodología seguida en un estudio de ahorro de energía aplicado a un sistema de iluminación depende, entre otras cosas, del alcance previsto y de la experiencia de los especialistas responsables.

No existe por lo tanto una metodología obligatoria. Como referencia, se listan las actividades principales:

- * Recopilación de Antecedentes
- * Análisis de Información y Cronograma de Actividades
- * Levantamiento y Mediciones en Campo
- * Procesamiento y Análisis de la Información
- * Determinación de la Situación Existente
- * Establecimiento de Alternativas
- * Análisis Técnico-Económico de Alternativas
- * Pruebas Eléctricas y Fotométricas
- * Determinación de la Mejor Opción
- * Elaboración de Especificaciones y Volumen de Obra
- * Ruta Crítica
- * Conclusiones y Recomendaciones

2.2.- INFORMACION CONTENIDA EN LOS FORMATOS.

INFORMACION PRELIMINAR.

Información General.- Se concentra información de tipo general sobre el usuario (dirección, nombre y puestos del coordinador y sus subalternos, teléfonos y horarios), la descripción general del estudio (características del caso base, fecha de inicio y término esperado), así como datos de los auditores responsables, su personal operativo y su equipo de trabajo, etc.

Información Complementaria.- Ubicación geográfica (fecha de inicio de verano e invierno), giro ó actividad principal, fecha original de construcción, área total, fecha de ejecución y descripción de trabajos por ampliaciones, planos arquitectónicos, diagramas unifilares y rangos de temperaturas exteriores por estación; información energética histórica desde la compañía suministradora de energía eléctrica, hasta el recibo ó la factura eléctrica (región, tarifa, demanda contratada, factor de carga,

cargos por energía, demanda, factor de potencia, cargos por alumbrado público, mantenimiento y ajuste por combustibles, etc.).

2.3.- DETERMINACION DE LA SITUACION ACTUAL.

Clasificación por Area Tipo.- Se analiza la información recabada en campo con objeto de establecer las características de cada área y hacer la clasificación correspondiente, incluyendo la geometría (rectangular, elíptica, circular, irregular, etc.). Los criterios de iluminación y por lo tanto de energía son particulares para cada área tipo, ya que generalmente varía la actividad desarrollada, la suciedad y/o peligrosidad del ambiente, etc.. También debe considerarse la velocidad, exactitud e importancia de la tarea, además de la edad de los usuarios. Al hacer la medición de iluminancia debe seguirse al pie de la letra la metodología recomendada por IESNA y medir en plano horizontal y vertical con objeto de comprobar que se cumple con la relación recomendada de iluminancias.

Localización de Areas. Localización exacta dentro de la instalación, registrando la temperatura ambiente, la humedad relativa y el centro de carga correspondiente. Permite predecir la aportación de luz natural en cada estación, el intercambio de aportaciones entre diferentes áreas, el sistema de tierras, la tensión nominal y la regulación, el equipo eléctrico misceláneo, etc.

Dimensiones. Se registra el ancho, largo y alto del área más las cavidades y reflectancias. Se consideran también las particiones, cantidad y lay out de estaciones de trabajo, mobiliario y luminarios así como el tamaño y ubicación de las ventanas. Esta información se usa posteriormente para el cálculo de iluminancia con luz tanto natural como artificial.

Hábitos de Consumo y Equipo Misceláneo. Se consignan todos los equipos varios por usuario y las costumbres de uso tomando el tiempo y los ciclos de encendido-apagado, así como su opinión sobre la iluminación y sus propuestas para ahorrar. A través de los hábitos y horarios se calcula el factor de ocupación y el factor de utilización de luz artificial. Con la información anterior y las mediciones en la subestación y los tableros seleccionados se caracterizan todos los días de la semana para extrapolar posteriormente a base año.

Equipo de Iluminación Instalado. Se obtiene a partir del levantamiento en campo y de la información de los fabricantes, complementándose con los cálculos necesarios en gabinete. Como complemento debe investigarse si el mantenimiento es grupal ó individual y los periodos de limpieza. Los principales datos son los siguientes:

- **Lámpara.-** Se registra la marca y la designación, tipo de encendido, dimensiones, potencia, color, CRI, mantenimiento de lúmenes, precio en el mercado, número de lámparas por luminario, temperatura en el bulbo, número y ubicación de lámparas falladas, etc.
- **Balastro.-** Se obtiene y/ó calcula la marca, catálogo y número de balastos por luminario, circuito, clasificación por sonido, factor de potencia, protección térmica, temperatura de operación, factor de balastro, BEF, potencia de línea, condiciones de instalación, equipos desconectados, quemados u ociosos, compatibilidad con las lámparas, etc.
- **Luminario.-** Se considera la marca y número de catálogo ó bien el tipo de luminario (empotrado, sobrepuesto, suspendido ó en riel, abierto ó cerrado, con difusor ó louver, con reflector pintado ó especular, etc.), su instalación, estado físico, número de unidades instaladas, watts reales por luminario, FEF, carga total por área tipo y densidad de carga resultante. También se debe registrar el número de unidades fuera de servicio.
- **Control.** Se registra marca y número, si es automático ó manual, de potencia plena ó controlada, ubicación, número de luminarios controlados y carga por control, horas de uso y ciclos de encendido apagado, área involucrada, etc..

Interacción con Equipo Adicional. Para hacer el cálculo de los ahorros reales deben considerarse los beneficios adicionales que se obtienen al realizar un estudio de ahorro de energía. Calcular el beneficio económico por cada uno es una cuestión compleja pero factible. Por ejemplo, si se trata de un estudio integral, se conocen los datos del equipo de aire acondicionado, como consumo de energía, horas de operación y COP. Reducir el consumo por concepto de iluminación beneficia a los equipos de aire acondicionado, porque libera parte de la carga térmica y por lo tanto el consumo de energía. A través del COP se puede calcular directamente la reducción en demanda.

En la subestación los transformadores bajarán su carga lo que reducirá sus pérdidas por efecto Joule, reduciendo la necesidad de mantenimiento al trabajar más frío lo que además incrementa su vida útil. Por lo anterior se requiere recopilar toda la información necesaria sobre la instalación eléctrica y los equipos instalados para hacer los cálculos de ahorro por los beneficios adicionales.

Evaluación Económica. Se determina la fuente ó tipo de financiamiento, inflación anual, aumento probable en costos de energía, costo actual de operación y

mantenimiento e incremento anual esperado (mano de obra, material y energía), valor comercial del equipo instalado y su posible valor de rescate ó bien el costo de su disposición final, costo de equipo propuesto y de retrofit completo más el diagnóstico e implementación de medidas (suministro de equipo, supervisión, instalación y monitoreo). Con los ahorros en la facturación y los beneficios adicionales se calculan el Tiempo Simple de Recuperación, Payback, Tasa Interna de Retorno, Inversión Equivalente en Payback, Relación Beneficio-Costo, y con toda la información se cierra el cuadro-resumen final.

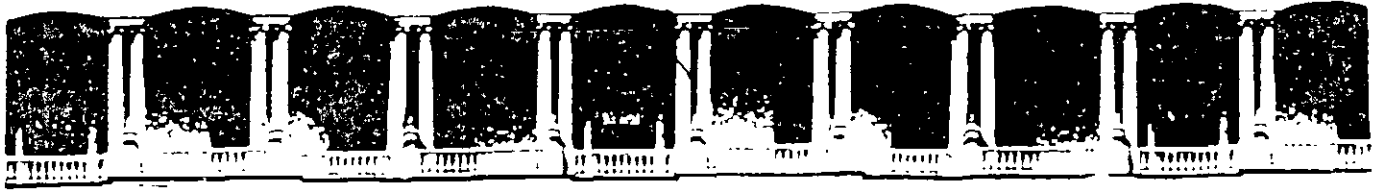
2.4.- FORMATO BASICO PARA ILUMINACION.

A continuación se muestra un formato que maneja 16 conceptos básicos. Aunque es simple, cabe hacer notar que no sólo involucra conceptos energéticos y económicos, sino algunos de los parámetros de calidad mencionados.

CONCLUSIONES.

La información resumida en este trabajo más la requerida de acuerdo con las necesidades particulares de cada estudio debe ser ordenada y consignada en formatos adecuados. Es recomendable que cada especialista ó empresa consultora desarrolle los suyos, ya que el orden y la cantidad de datos obtenidos durante la captura depende en gran medida de la metodología seguida y del alcance prefijado para cada estudio. Un estudio de alto nivel puede requerir muchas semanas de trabajo en campo y gabinete y el uso de formatos hasta con 150 parámetros. El manejo de formatos bien elaborados permite evitar la recolección de información excesiva, que cueste tiempo y dinero a cambio de un beneficio mínimo o incluso nulo.

Por supuesto, el uso de software, desde las hojas electrónicas hasta los más especializados facilita el trabajo. En todos los casos se concluye que el primer requisito para realizar estudios formales de ahorro de energía a sistemas de iluminación es contar con buenos fundamentos sobre la teoría y práctica en luminotecnía, además de un amplio conocimiento del mercado, principalmente el nacional.



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

CURSOS ABIERTOS

ILUMINACIÓN EFICIENTE DE ÁREAS Y CENTROS COMERCIALES

TEMA:

CONCEPTOS GENERALES DE CONTROL

**ING. JORGE ZINCER
ING. MARCO GÓNGORA
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

ILUMINACIÓN EFICIENTE DE AREAS Y CENTROS COMERCIALES

CONCEPTOS GENERALES DE CONTROL

En los edificios inteligentes se controla básicamente lo siguiente:

- Control de incendios

Todo lo que se refiere al control d sistema de bombeo de emergencia , ubicación de las áreas en caso de siniestro, activación y reporte del sistema de hidrante, rociadores y sensores de humo

- Control de Accesos
- Control de Aire acondicionado
- Control de Iluminación

Para el tema que nos compete nos enfocaremos principalmente los dos últimos puntos que están además directamente relacionados con el ahorro de Energía eléctrica y sobre los que se puede desarrollar y detallas aun más.

Conceptos Generales de Control

CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO

Niveles de temperatura en un área, control de los arranque de los Fan And Coils, de los compresores y de los ventiladores, esto nos permite tener diferentes niveles de temperatura en cada área y ahorros en los casos en que no haya presencia ,pues los fan & coils no están funcionando amenos de que estos lo requieran, mantiene la temperatura adecuada, siempre a un mimo nivel o entre un mismo rango, depende que e le indique.

CONTROL DE ILUMINACION

Sensores de Presencia

Los sensores de presencia se caracterizan básicamente por dos tecnologías, Rayos Infrarojos Pasivos (PIR), Ultrasónica y la conocida como DT o Tecnologi Dual que opera las dos tecnologías al mismo tiempo.

Información sobre la tecnología infrarroja pasiva

Los sistemas detección PIR son pasivos y sólo reaccionan frente a fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Perciben la ocupación mediante la detección de la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio circundante.

Los sensores PIR utilizan los excepcionales lentes de patente fresnel que dividen la cobertura en zonas . La ocupación es detectada cuando se capta un cambio en la

Conceptos Generales de Control

energía infrarroja en una de las zonas . La detección efectiva de ocupación se activa por medio de un dispositivo sensor piroeléctrico de multielemento

Cuando se llega a ocupar un área, uno de los elementos detecta energía infrarroja antes que el otro y genera un impulso eléctrico positivo.

Seguidamente, cuando la imagen en movimiento es captada por el otro elemento , éste produce un impulso negativo que crea un estado de "activado " dentro del sensor.

El detector multielemento hace que los sensores PIR sean menos sensibles a las Fluctuaciones térmicas por cuanto una imagen infrarroja captada por ambos elementos al mismo tiempo cancelará el producto del detector por cuanto no se detecta ninguna ocupación . los sensores PIR incorporan un sistema avanzado de filtro de luz del día para eliminar potenciales problemas por faltas alarmas causadas por luz visible .

Además, los sensores utilizan un circuito a medida ASIC que provee alta inmunidad contra RFI y EMI y mayor confiabilidad.

Los sensores PIR deben poder ver el área de cobertura a efectos de detectar ocupación . Una de las ventajas de tener una clara línea visual es la facultad de proveer un 100% de capacidad de corte a los efectos de definir con precisión la cobertura. Las particiones y los estantes de libros impiden la detección en un área bloqueada.

Información sobre la tecnología ultrassónica

Los sensores ultrasónicos son detectores de movimiento volumétrico que usan el principio Doppler para registrar movimiento. Los sensores hacen rebotar ondas ultrasónicas de sonido sobre objetos localizados en un área vigilada y luego miden la cantidad de tiempo que les tomó para regresar al sensor. El movimiento de una persona en el área provoca que las ondas de sonido regresen a frecuencias más altas o bajas, lo cual resulta en un desplazamiento doppler y la detección de ocupación.

Los sensores ultrasónicos contienen un transmisor y uno o varios receptores. Éstos transmiten ondas de sonido de alta frecuencia generadas por un oscilador de cristal de cuarzo. Las ondas de sonido escapan al alcance de registro del oído humano y no causan daño a los humanos.

Una característica única de los sensores ultrasónicos Watt Stopper es el Sistema de Circuitos Avanzados de Procesamiento de Señal. Esta característica sirve para eliminar el ruido causado por el movimiento del aire mediante la localización de los pequeños cíclicos direccionales que se encuentran normalmente en la turbulencia del aire.

Conceptos Generales de Control

Debido a que los sensores ultrasónicos transmiten en tres dimensiones, el ultrasonido al salir del sensor y rebotar en las paredes, el piso, y el techo, les da a los sensores la capacidad de detectar pequeñas cantidades de movimiento.

Las áreas con alfombrado muy espeso o con particiones y paneles anti-acústicos en el techo absorberán el sonido ultrasónico y pueden reducir la cobertura.

Resulta esencial una localización apropiada para los sensores ultrasónicos. El exceso de flujo de aire proveniente de ductos de una unidad de aire acondicionado de alto voltaje (en inglés, HVAC) puede afectar el rendimiento. Una localización inapropiada también puede hacer que los sensores ultrasónicos puedan ver por detrás de las puertas o alrededor de algunas particiones donde la detección de ocupación puede no ser deseada.

Información de tecnología dual

La tecnología dual patentada The Watt Stopper combina tecnologías PIR y ultrasónicas para suministrar control de alumbrado en áreas que son difíciles para tecnologías simples. La combinación de PIR y ultrasonido le permite al sensor sacar ventaja de las mejores características de ambas tecnologías y eliminar puntos débiles. El resultado es un sensor con mayor sensibilidad y cobertura.

Los sensores de tecnología dual actúan prendiendo las luces cuando tanto PIR como las tecnologías ultrasónicas detectan ocupación. Una vez las luces están prendidas, solo se necesita la detección de una sola tecnología para mantenerlas prendidas.

Conceptos Generales de Control

Resultan posibles otras configuraciones que necesitan una sola tecnología para prender o ambas tecnologías para mantener las luces prendidas.

La combinación de tecnologías también aumenta las posibilidades de cobertura y hace posible un corte de cobertura del 100%. Con esta opción, usted puede especificar la cobertura de una porción de un área abierta de oficinas sin cubrir los corredores adyacentes; de esta manera, solo los trabajadores dentro del área harán que las luces se prendan y no los que solo pasan por ella.

Con la tecnología dual, se eliminan los encendidos y apagados falsos. Por ejemplo, el flujo de aire excesivo presente en una sala de computadoras puede causar problemas de encendidos falsos en un sensor ultrasónico, mientras que la falta de actividad puede causar apagados falsos con un PIR. Estos problemas son poco probables con la tecnología dual.

Las mejores y peores aplicaciones de la tecnología

Las mejores aplicaciones PIR

- Oficinas con cerramientos
- Depósitos
- Corredores, pasillos
- Áreas con gran circulación de aire
- Áreas que requieren un corte de 100% de cobertura
- Reemplazo de interruptores de pared

Conceptos Generales de Control

- Terminales de trabajo
- Montaje en techos altos
- Corredores de estantería de libros de bibliotecas

Las mejores aplicaciones Ultrasonicas

- Espacios abiertos de oficinas
- Salones de conferencias
- Baños
- Pasillos cerrados
- Grandes áreas de hasta 186 metros cuadrados

Las mejores Aplicaciones de tecnología dual

- Aulas
- Salas de computadoras
- Grandes salas de conferencias
- Espacios abiertos de oficinas con pasillos definidos
- Comedores
- Áreas de techos altos
- Áreas que necesitan un corte de 100% para registrar
- movimientos pequeños

Las peores aplicaciones de PIR

Conceptos Generales de Control

- Baños
- Áreas donde solo existe un movimiento muy pequeño

Las peores aplicaciones ultrasónicas

- Espacios con mucha circulación de aire o mucha
- vibración
- Montajes en techos más altos que 4.26 a 4.88 metros
- Pequeñas áreas no cerradas
- Pequeñas áreas de detección no deseada

Las peores aplicaciones de tecnología dual

- Ninguna
- La tecnología dual Funcionará en casi todas las aplicaciones . Sin embargo , La utilización de sensores de tecnología simple cuando sea posible puede ser más eficaz en términos de costos.

Conceptos Generales de Control

Beneficios de los controles sobre la base de sensores de ocupación

El alumbrado consume aproximadamente un 40% de la electricidad en un edificio comercial típico.

Una reducción de este consumo tendrá un impacto en los costos de operación del edificio y en el medio ambiente.

El método de control de alumbrado que se ha comprobado provee mayores ahorros en energía, flexibilidad y conveniencia es el de sensores de ocupación

Los ahorros de energía con sensores de ocupación son mayores que otros controles de alumbrado por cuanto la luz durante horas de trabajo solo estará encendida cuando un área de trabajo esté ocupada. La luz en dicho espacio se apagará cuando la gente se vaya a reuniones o al almorzar.

Hoy en día los sensores de ocupación están siendo utilizados para controlar alumbrado, sistemas de unidades de aire acondicionado y calefacción (HVAC) y equipo eléctrico de oficina en todo tipo de aplicaciones en edificios que van desde oficinas básicas hasta cuartos de computadoras y áreas de almacenamiento al frío.

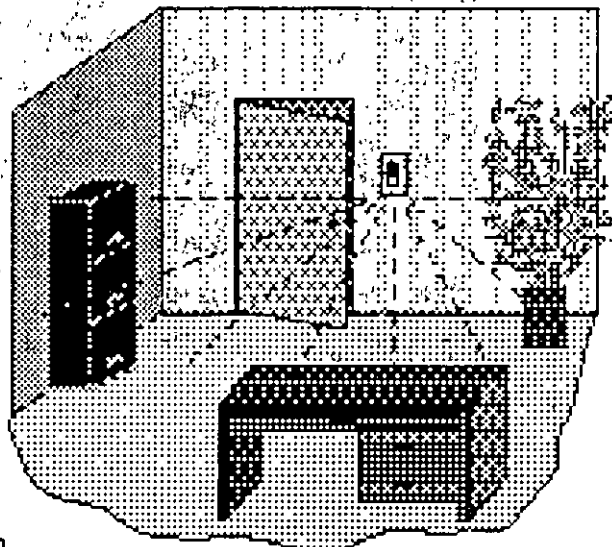
The Watt Stopper fabrica la línea más completa de productos de sensores de ocupación con tecnología infrarroja pasiva, Ultrasónica y nuestra propia patentada dual. Además, nuestros sensores están disponibles con características técnicas y opciones que aumentan el ahorro energético y la conveniencia del usuario. Nosotros

también fabricamos una creciente línea de sensores de nivel de luz y nuestra innovativa línea I-sole de controles de alimentación para oficina personal.

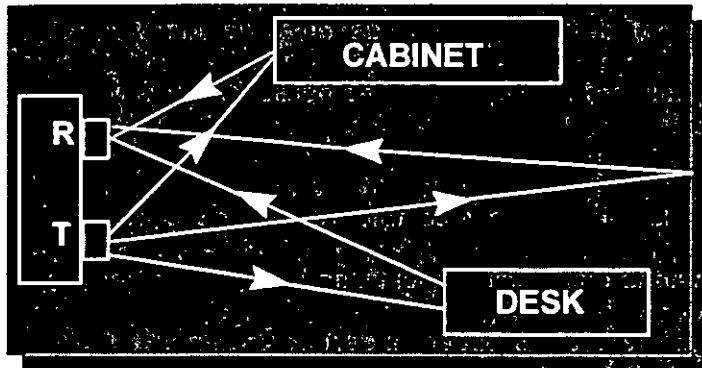
Prestamos además especial atención a las necesidades cambiantes del mercado a los comentarios y a las sugerencias, por ende empleamos innumerables horas en realizar mejoras y creando nuevos productos. The Watt stopper se esfuerza en perfeccionar el control de alumbrado y energía controles que sean confiables y convenientes y los más sencillos de instalar, ajustar y mantener. Tableros de control programados con horarios y control de dimeo automático

Control de Demanda

- El interruptor de pared tiene una vista clara enfrente de los ocupantes en el escritorio.
- No existen obstáculos frente a la vista del sensor al área de cobertura
- El sensor puede bloquearse en alguna parte para prevenir



cobertura del área deseada



- Detección de movimiento volumétrico
- Principio Doppler
- Cicuitería Avanzada de Procesamiento de Señal (ASIC)
- Mide la cantidad de tiempo que le toma a la onda de sonido en regresar al sensor
- El moviento de una persona causan un cambio en la frecuencia en la onda de sonido

Ubicación recomendada para sensores ultrasonicos.

