



**UNIVERSIDAD DE
SOTAVENTO A.C.**



ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA OPTIMIZAR EL
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA A TRAVÉS DE
LÁMPARAS AHORRADORAS”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:

MARIA EUGENIA DÍAZ MOROSINI

ASESOR DE TESIS:

ING. SUSANA ELVIRA GONZÁLEZ CARRASCO

COATZACOALCOS, VER.

FEBRERO 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por brindarme la oportunidad de estar aquí y compartir con mi familia estos momentos tan hermosos e importantes en mi vida.

A MIS PADRES

Rubén y Beatriz.- Que han sido el pilar principal de mi vida y que han estado siempre conmigo apoyándome firmemente para salir adelante y así lograr cumplir nuestras metas. La cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Y sabiendo que no habrá como agradecer una vida de sacrificio y esfuerzo quiero que sientan que este objetivo logrado también es de ustedes quienes me encausaron en este camino y que la fuerza que me ayudo a terminar fue su apoyo.

A MIS HERMANOS

Marcela y Rubén.- Que me quieren tanto como yo a ellos, que siempre me han brindado su apoyo y cariño y que me han inspirado a seguir adelante, no se imaginan cuanto aprendido de ustedes.

A MI TÍA

Justa.- Que siempre ha estado ahí cuando e necesitado de su buen consejo y de la sinceridad de sus palabras.

A ALGUIEN ESPECIAL

A ti Hernán por estar conmigo y apoyarme de manera incondicional, por inducirme siempre a terminar lo que había empezado y por ser parte fundamental en el término de este proyecto. Te quiero mucho.

A MI ASESOR DE TESIS

El Ing. Aldo Rubén Jiménez Rueda, por su asesoramiento, disposición en aclarar mis dudas, y sus importantes sugerencias durante la redacción de esta tesis, por su estímulo a seguir y por su amistad.

DEDICATORIA

A MIS ABUELOS

CECILIO (+).- Que siempre fue el abuelito comprensivo y cariñoso que estuvo ahí cuando lo necesite y por eso se que donde quiera que este el esta compartiendo este momento como muchos otros conmigo y que esta orgulloso de verme llegar hasta aquí.

AMPARO.- Que sin duda siempre nos ha apoyado a mí y a mis padres y por que es el ejemplo de lucha y valor, de mujer fuerte e incansable que siempre esta para quien necesite de ella.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- La finalidad de este trabajo profesional es dar a conocer la importancia, las ventajas y los beneficios de mantener una iluminación acorde a las normas existentes para talleres, oficinas y almacenes.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Dar a conocer una serie de pasos que permita optimizar la iluminación en talleres, oficinas, almacenes y el uso domestico.
- Incrementar la productividad en los talleres, oficinas y almacenes.
- Ahorrar energía con la ayuda de lámparas ahorradoras.

JUSTIFICACIÓN

Es importante iluminar adecuadamente un área, no solo producir cierta cantidad de luz. Los especialistas en iluminación no consideran únicamente el tamaño del área que se va a iluminar si no también el tipo de actividad que se realizara en el lugar.

Se ha descubierto que la falta de iluminación produce cansancio, menor precisión en la toma de mediciones, con el tiempo los trabajadores tienen un padecimiento comúnmente llamado como vista cansada, y en algunos casos la falta de iluminación produce accidentes.

A su vez el requerir de un ahorro de energía a hecho que se tomen conciencia de la importancia del uso de las lámparas ahorradoras en vez de los tradicionales focos incandescentes esto significa una inversión, pero lo importante son las ventajas económicas que se obtendrán. Optar por este cambio sería el aporte para disminuir el calentamiento global generado por la emisión de gases a la atmósfera, y además contribuiremos a que no se requieran más termoeléctricas que funcionan a base de petróleo y carbón que emanan CO₂ y de núcleo eléctricas. Por lo que es necesario poner énfasis en la necesidad de que la población debe tener una cultura de ahorro de energía. El otro aspecto tiene que ver con la vida útil que tienen estas lámparas: un ahorrador dura 6 mil horas y un foco incandescente normal solo mil. Por eso la importancia de contar con una guía que nos proporcione los procedimientos para obtener una mejor iluminación reduciendo el consumo de energía eléctrica.

INDICE

INTRODUCCION.....	5
-------------------	---

CAPITULO I

DEFINICIONES GENERALES DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO

1.1 DEFINICIONES LUMINOTÉCNICAS.....	7
1.2 EFECTO ESTROBOSCOPICO	10
1.3 VIDA DE LAS LAMPARAS Y MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES	11
1.4 CLASES DE FUENTE DE LUZ	11
1.5 INTERCAMBIABILIDAD DE LAS FUENTES DE LUZ DAI	12
1.5.1 VATIOS DE OPERACIÓN DE LAS LÁMPARAS	12
1.5.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS BALASTRAS	13
1.6 CLASIFICACIONES GENERALES DE LUMINARIAS	14
1.7 LAS PARTES DE UNA LUMINARIA	14
1.7.1 DISEÑO DEL REFLECTOR.....	15
1.7.2 CUBIERTAS DE CRISTAL	16
1.7.3 REFRACTORES	16
1.7.4 DIFUSORES	16
1.7.5 SELLOS Y FILTROS.....	16
1.8 SELECCION DE LAS FUENTES DE LUZ Y LUMINARIAS.....	17
1.9 CURVA DE DISTRIBUCION DE CANDELA	18
1.10 EXPLICACION DEL CRITERIO DE ESPACIAMIENTO	19
1.10.1 PROCEDIMIENTO DEL CRITERIO DE ESPACIAMIENTO.....	20
1.10.2 LIMITACIONES DEL CRITERIO DE ESPACIAMIENTO	21
1.11 DERIVACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION	21
1.11.1 CAVIDAD DEL LOCAL	21

CAPITULO II
INTRODUCCION ALAS NORMAS ESPECIFICAS DE ALUMBRADO Y
PROCEDIMIENTOS DE CALCULO DE ALUMBRADO.

2.1 NORMA OFICIAL MEXICAN CAPITULO IV	23
2.2 NORMA OFICIAL MEXICANA CAPITULO V	33
2.3 PROCEDIMIENTO PARA EL METODO DE CALCULO	48
2.3.1 DESARROLLO BASICO GENERAL	48
2.3.2 METODO DE CAVIDAD ZONAL	49
2.3.3 METODO DE LUMEN	51
2.3.3 METODO PUNTO POR PUNTO	52

CAPITULO III
EL AHORRO DE ENERGIA POR CONTROL DE LUZ.

3.1 AHORRO DE ENERGIA POR CONTROL DE LUZ	55
3.2 CARACTERISTICAS DE LA LAMPARA AHORRADORA	56
3.3 INVERSION CON AHORRO GARANTIZADO	57
3.3.1 TABLA DE COMPARACION DE LA LAMPARA AHORRADORA Y UNA CONVENCIONAL	58
3.4 EJEMPLO ILUSTRATIVO REALIZADO EN LA NAVE DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS.....	59

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INTRODUCCION.

El consumo de energía eléctrica en las ciudades aumenta cada vez más, lo que constituye en un factor bastante preocupante hoy en día, ya que afecta la vida de toda la población. Siguiendo este ritmo de crecimiento en el consumo de energía, en poco tiempo afrontaremos grandes riesgos de racionamiento o aumentos importantes en nuestras cuentas de energía.

Hasta hace algunos años, la mayoría de los diseñadores de sistemas de iluminación recomendaban niveles de luminosidad cada vez más altos. Las fuentes de luz no eran tan eficientes como lo son en la actualidad; por lo mismo, se requerían niveles mayores de iluminación para que se trabajara de la forma más cómoda y eficiente.

Hoy día, en cambio se encuentran disponibles fuentes de luz muy eficientes, además, cada vez es más aceptada la necesidad de ahorrar energía. Mucho antes de que se llegara a los niveles actuales del costo tan elevado de electricidad, los diseñadores de sistemas de iluminación ya habían empezado a preguntar cuánta luz se requería realmente. Desde hace varios años se han dirigido investigaciones tendientes a averiguar cómo ve el ser humano y qué cosas influyen en su capacidad para realizar una tarea determinada, así como otros factores relacionados.

Es importante iluminar adecuadamente un área, no sólo producir cierta cantidad de luz. Los expertos en iluminación no consideran únicamente el tamaño del área que se va a iluminar, sino también el tipo de actividad que se desempeñará allí. Cumpliendo con las normas oficiales de iluminación mexicana y siguiendo los procedimientos de cálculos de alumbrado se puede determinar que iluminación es requerida en cualquier área y cuántas lámparas se deben utilizar para dicha área. Sabemos que las lámparas que normalmente se utilizan en la industria son las lámparas de descarga de alta intensidad (dai) y estas pueden ser las lámparas de mercurio, las de halógeno metálico y las de sodio de alta presión.

Las fuentes de luz de alta intensidad se caracterizan por tener larga vida y alta eficiencia. Pero como la tecnología no se detiene en la actualidad todos los proveedores se están preocupando por el ahorro de energía han desarrollado tecnología de alta eficiencia con menor consumo de potencia y altos flujos luminosos, lo que nos beneficia en el ahorro de energía y por consecuencia lógica nuestra economía.

CAPITULO I
DEFINICIONES GENERALES DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO

1.1 DEFINICIONES LUMINOTÉCNICAS:

Saber más para elegir mejor.

Eficacia. Para emitir una radiación luminosa una fuente tiene que absorber energía, generalmente eléctrica.



Flujo Luminoso. (F o Φ) es la cantidad de luz emitida por una fuente, medida en lúmenes (lm) a la tensión nominal de funcionamiento.

Potencia absorbida. (p) es la energía eléctrica consumida por una fuente medida en watts

Eficacia luminosa. Expresada en lm/W es la relación existente entre el flujo luminoso y la potencia absorbida Así por un watt consumido, una lámpara standard clara produce de 10 a 15 lm , una lámpara fluorescente compacta DULUX ϕ , y una de vapor de sodio a baja presión NA de 100 a 180 lm

Duración de vida. Es la determinada por un criterio convenido. La vida de las lámparas está definida cuando el 50% de ellas funcionan todavía, con el 80% de flujo luminoso

Confort. El flujo luminoso de una fuente es proyectado en todas las direcciones. De esta forma puede ser difuso, reflejado o dirigido en ciertos ángulos.

Angulo de radiación. (α) es el ángulo sólido producido por un reflector con el que dirige la luz.

Intensidad luminosa. (I) expresada en candelas (cd) es la intensidad del flujo proyectado en una dirección determinada.

Iluminancia. (E) dada en luxes, el flujo luminoso que recibe una superficie determinada (f/S) situada a una cierta distancia de la fuente. Se determina por la relación entre la intensidad luminosa y la distancia al cuadrado ($1/d^2$). En la práctica el nivel de iluminancia se mide con la ayuda de un luxómetro. Para obtener un confort visual y dependiendo del trabajo que se realiza son necesarios ciertos niveles mínimos de iluminancia. Por ejemplo, un día soleado de verano nos ofrece 100,000 lux a pleno sol y 10,000 lux a la sombra; 20,000 lux con cielo cubierto y tan solo 0.2 lux en una noche de luna llena.

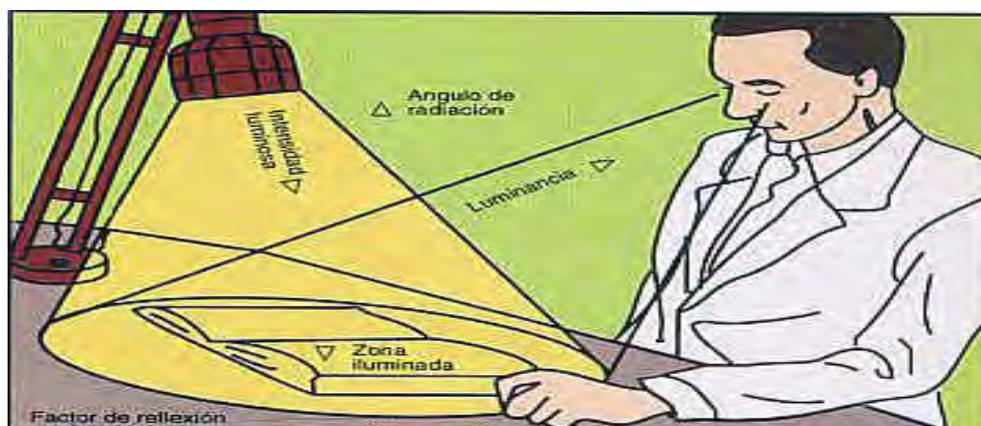
Factor de reflexión. Es la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente.

Luminancia. (L) medida en cd/m^2 o cd/cm^2 es la intensidad luminosa producida o reflejada por una superficie dada. Con ella se puede evaluar el deslumbramiento.

Lumen. Es la unidad del flujo de luz equivale al flujo emitido por un radián sólido de una fuente de luz focal de una candela. Esta es la unidad más utilizada para expresar el flujo de luz proveniente de una fuente luminosa.

Candela. Unidad de intensidad luminosa. Se define como la intensidad luminosa producida por $1 / 600000$ de un metro cuadrado de un cuerpo negro radiante a la temperatura de solidificación del platino.

Lux. Equivale a la intensidad luminosa de un lumen por metro cuadrado. $1 \text{ lux} = 0.0929$ bujías-pie.



Brillantez. El término brillantez puede tener más de un significado, puede referirse a la intensidad luminosa de la luminaria. La brillantez de la zona de destello es proporcional a

la luminosidad de la lámpara y al acabado del reflector. Esta brillantez es difícil de calcular, pero puede ser medida. Siempre es menor que la luminosidad de la lámpara.

Los datos fotométricos generalmente incluyen una tabla que muestra la brillantez promedio en la zona de destello, lo cual se extiende desde la horizontal hasta el ángulo vertical de 65 grados. La brillantez promedio se mide en lamberts-pie, esto es en unidades de luminancia.

La ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IES) especifica varios métodos de prueba fotométricas para las luminarias. Con base a estos métodos los fabricantes realizan pruebas cuyos resultados se publican en la forma de datos fotométricos como los que se muestran a continuación.

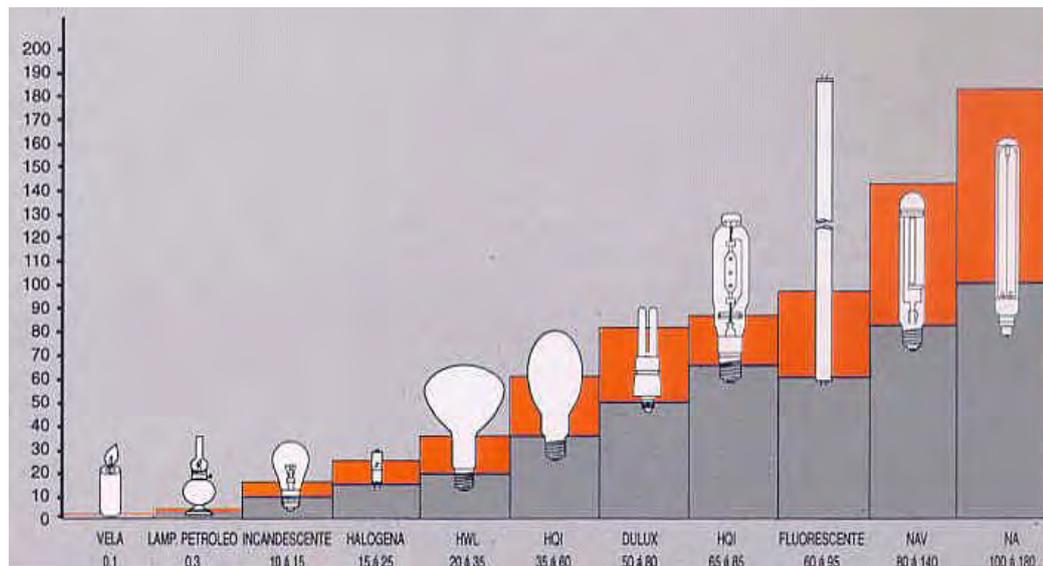
Reflectancias. En el interior de un local, todos los lúmenes emitidos por una luminaria finalmente son absorbidos, ya que el área está cerrada. Sin embargo mientras más luz incidente es reflejada por el techo y las paredes, más energía radiante está cruzando continuamente el lugar. En general, mientras mayor es la reflectancia existente, mayor es la utilización de la luz.

Es necesario determinar la reflectancia de los techos, paredes y pisos. Para esto se deben utilizar los valores constantes esperados si es que se requieren obtener niveles constantes de iluminación. Se pueden utilizar los valores de iluminación inicial, si es que se desea calcular únicamente el nivel de iluminación inicial.

Reflectancias efectivas. Los valores de reflectancia se deben ajustar para calcular las reflectancias efectivas. Los valores para el RCL y para la RCP se utilizan para ajustar la reflectancia del piso y del techo cuando estas cavidades son profundas. La profundidad de la cavidad del techo determina parcialmente la cantidad de luz que se reflejara y regresara al plano de trabajo. Mientras más profunda es una cavidad, menor luz refleja está. Esto tiene el mismo efecto que una disminución en la reflectancia de la superficie del techo. Lo mismo puede aplicarse a la cavidad del piso.

Lambert-pie. Unidad de brillantez fotométrica, equivalente a la luminosidad promedio de cualquier superficie con una difusión perfecta que emita o refleje un lumen por pie cuadrado.

Eficacia luminosa de los diferentes tipos de lámparas (en lm/W).



1.2 EFECTO ESTROBOSCOPICO

Todas las fuentes de luz DAI producen una cantidad variable de luz cuando se conectan a una línea de corriente alterna. A esta variación se le denomina parpadeo. Cuando se utiliza una lámpara parpadeante para iluminar un objeto en movimiento, el objeto aparece parpadeante también. Esto se conoce con el nombre de efecto estroboscópico.

En la industria el efecto estroboscópico es más notorio en las máquinas giratorias u oscilantes. Es casi imposible eliminar este efecto cuando se utilizan fuentes DAI; afortunadamente, esto constituye sólo una molestia menor. Aun cuando se instalen dos lámparas en diferentes fases, una junto a otra, la imagen reflejada por las superficies de metal seguirá siendo de una sola fase, y tal vez parecerá parpadear. Esto ocurre cuando las lámparas se instalan a baja altura.

Las lámparas de mercurio se pueden utilizar en pares y con balastras de histéresis, con lo que se reduce o se elimina cualquier parpadeo perceptible.

Algunas fuentes DAI pueden utilizar corriente continua, por ejemplo en grúas. En estos casos el parpadeo no es importante.

1.3 VIDA DE LAS LAMPARAS Y MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES

Todas las lámparas tienen una vida nominal expresada en horas de servicio y el rendimiento en lúmenes de las lámparas de mercurio, de halógeno metálico y de vapor de sodio de alta presión. Estos valores cambian con frecuencia a medida que se mejoran las lámparas. Las cifras de la vida nominal están basadas en períodos de servicio de 10 horas por arranque. La producción nominal inicial de lúmenes se mide después de que las lámparas han estado encendidas durante 100 horas.

El consumo en vatios del sistema dependerá de la cantidad de luminarias que contengan y del consumo de cada una. Si se opta por un programa de reposiciones espaciadas, inicialmente el sistema consumirá mucha más energía de la que es necesaria. Una mayor conservación o un factor de depreciación menor se logran si se cambian las lámparas antes de su deterioro total. El punto de equilibrio ocurre cuando el ahorro de electricidad y el costo inicial del sistema compensan los costos mayores del programa de reposición de lámparas antes de que estén totalmente agotadas.

1.4 CLASES DE FUENTE DE LUZ

Las clases más comunes de fuentes de luz DAI son las de mercurio, las de halógeno metálico y las de sodio de alta presión. Todas tienen un tubo de arco sellado, el cual es como un relámpago encerrado en una botella, aunque en este caso la radiación es sostenida, no se disipa de inmediato. La electricidad aplicada a los extremos del tubo del arco excita un gas de arranque que a su vez calienta un compuesto metálico hasta ionizarlo convirtiéndolo en la principal fuente de luz.

Cada uno de los tres tipos de fuente contiene un metal o una combinación de metales diferentes dentro del tubo. Estas lámparas tienen un color diferente ya que cada una utiliza una clase de metal diferente para establecer el arco. Esto es por que cada elemento tiene un color espectral diferente.

1.5 INTERCAMBIABILIDAD DE LAS FUENTES DE LUZ DAI

La mayoría de las veces no se puede intercambiar una lámpara DAI por otra de diferente wataje las distintas lámparas DAI tienen diferentes voltajes de arranque y de operación, así como distintos amperajes y frecuencias de trabajo. Si se conecta una lámpara a una

balastro inadecuada, suponiendo que se lograra activar esta funcionaría en condiciones anormales, se acortaría su vida y probablemente dañaría la balastro, además se anularía la garantía otorgada por el fabricante.

Las únicas lámparas que pueden intercambiarse son las que tienen características eléctricas similares y han sido especialmente diseñadas para operar en los sistemas ya existentes.

Las lámparas de intercambiables se utilizan principalmente para remplazos de urgencia. A la larga tienen un rendimiento inferior a la fuente de luz del mismo wataje operadas con balastras diseñadas específicamente para ellas.

Las lámparas de descarga de alta intensidad pueden operarse utilizando balastras de un wataje superior al que les corresponde. Sin embargo, esto abrevia su vida útil, ocasiona poca conservación de los lúmenes.

Si las lámparas se operan con balastras de menor wataje del que les corresponde, estas últimas pueden sobrecalentarse aun cuando sean del tipo correcto. Las balastras están diseñadas para proveer a las lámparas determinada cantidad de corriente.

1.5.1 Vatios de operación de las lámparas. Todas las lámparas tienen asignado un wataje nominal. No obstante, sólo operan al wataje nominal si la línea a la que están conectadas proporciona el voltaje que requieren. Desafortunadamente, no siempre ocurre esto, por lo que el wataje real de la lámpara puede variar hasta en un 10 % más o menos, en relación con el nominal. Pueden ocurrir, incluso, variaciones hasta del 20% más o menos. Lo anterior provoca que los niveles de iluminación reales sean diferentes a los calculados al proyectar la instalación.

1.5.2 Características eléctricas de las balastras. Todas las fuentes DAI deben ser operadas con el auxilio de una balastro por las siguientes razones:

1. para proporcionar la corriente de arranque adecuada
2. para proporcionar el voltaje necesario para activar el arco
3. para proporcionar el voltaje correcto que establezca el arco y opere la lámpara
4. para controlar el flujo de la corriente eléctrica a través de descarga del arco
5. para compensar las características del bajo factor de potencia de la descarga del arco.

CORRIENTE DE ARRANQUE.

La corriente de arranque es la corriente que se aplica a la lámpara durante los primeros 30 seg. Más o menos del ciclo de calentamiento. Esta corriente debe tener las características especificadas por los fabricantes de las lámparas. Si es demasiada alta, la vida de la lámpara se acortará; si es demasiado baja, la lámpara no se calentara hasta su nivel óptimo.

Las lámparas de mercurio requieren de una cantidad de corriente de arranque cuando menos igual a su corriente de operación. La corriente máxima es de aproximadamente el doble. La corriente mínima que requieren las lámparas de halógeno metálico y las de sodio de alta presión también debe ser cuando menos igual a la de operación la cantidad máxima que requieren, sin embargo, es casi 50% mayor.

VOLTAJE DE ARRANQUE.

El voltaje de arranque es el voltaje de circuito abierto proveniente de la balastra, el cual proporciona suficiente ionización en el tubo del arco para establecer un flujo continuo entre los electrodos principales. Esto excita el arco y hace que la lámpara se caliente. Las lámparas de sodio de alta presión no tienen electrodo auxiliar, por ello requieren de un impulso de alto voltaje para arrancar. El impulso de arranque necesario para una lámpara de sodio de alta presión de 400 vatios o menos, es de 2500 voltios; para una lámpara de 1000 vatios se requieren 3000 voltios.

1.6 CLASIFICACIONES GENERALES DE LUMINARIAS

En general, las luminarias se pueden dividir en interiores o exteriores (o para intemperie); ambos tipos se subdividen a su vez en fijas y en ajustables (dirigibles al objetivo). Las luminarias fijas incluyen casi todas las que se utilizan en interiores, así como las de los postes de alumbrado público y las de poste elevado.

Las luminarias para interiores pueden utilizarse en exteriores siempre y cuando sean a prueba de inclemencias del tiempo. Las luminarias para exteriores pueden utilizarse en interiores previa consulta con el fabricante. Cuando se utilizan luminarias para exteriores en interiores, puede ser necesario utilizar una balastra separada para interiores, en vez de balastra integrada debido a que un incremento en la temperatura de operación de las balastras podría abreviar significativamente la vida.

Una sección de los datos fotométricos se refiere a la luminaria y otra a la lámpara, estos datos incluyen la siguiente información: tipo de fuente de luz, número de sus partes, posición de la lámpara, tipo de diseño y acabado del reflector.

En muchas luminarias, la lámpara puede colocarse en varias posiciones. Cada posición diferente de la lámpara cambia la distribución fotométrica de la luminaria, así como el ángulo de pantalla, normalmente, mientras más alta este la lámpara con respecto al reflector, más estrecho es el haz de luz y viceversa.

1.7 LAS PARTES DE UNA LUMINARIA

Las luminarias están diseñadas para controlar la distribución de la luz, por lo anterior, es conveniente conocer los métodos que se utilizan para controlar la luz. Estos métodos están basados en las leyes de la reflexión y la refracción.

Los reflectores son el medio más comúnmente utilizado para controlar la luz, pueden ser abiertos o estar cubiertos con un cristal transparente, un refractor o un difusor, con los cuales se tapa o sella la luminaria. Estos también pueden contener celosías y visores, con los que se controla la luz dispersa.

Otras partes de la luminaria son: el portalámparas, la balastra y la caja de conexiones, en ocasiones también contiene un control fotoeléctrico y algunos aditamentos para empaque y filtro, los cuales varían de acuerdo con el fabricante.

Todas las luminarias tienen dispositivos integrados que permiten montarlas en su orientación normal. Existen numerosos accesorios de montaje que puedan adaptarse a la mayoría de los requerimientos. Las luminarias pueden venir ya alambradas y provistas con un cordón y una clavija, para facilitar su instalación y mantenimiento.

1.7.1 Diseño del reflector. El propósito del reflector es redirigir los rayos de luz que produce una lámpara. La forma en la que distribuye la luz una lámpara desnuda rara vez es la más conveniente, por lo que se requiere de un reflector o de algún otro método de control.

El reflector viene siendo una fuente secundaria de luz. Esto puede verse claramente cuando el

reflector está totalmente pulido y puede reproducir la imagen de la propia lámpara. Los reflectores están diseñados de tal modo que la lámpara pueda colocarse en varias posiciones a fin de producir rayos de luz cuya difusión se pueda variar a voluntad.

Los reflectores pueden tener superficies lisas y muy pulidas, o bien, dichas superficies pueden ser tratadas o tener tal forma que proporcionen una ligera difusión. La luz reflejada

desde una superficie lisa y muy pulida sigue la ley de la reflexión regular. Si se utiliza una fuente de arco claro con un reflector de este tipo, pequeños cambios en la posición de la lámpara pueden producir líneas de sombra en diferentes formas, dando lugar con ello a la formación de anillos u ondas en la superficie iluminada.

UTILIZACION DE REFLECTORES

Como todos sabemos, el uso de reflectores ópticos tiene primordialmente dos objetivos:

Aumentar el nivel de iluminación sin aumentar la carga instalada.

Reducir el número de watts por luminario al 50%. En el caso de luminarios de 2 lámparas, se puede tener 1 instalada y en el caso de 4 lámparas, solo instalar 2.

REFLECTORES CIRCULARES

Los reflectores circulares están diseñados como si su lámpara fuera una fuente de luz focal. La distribución de la luz de todo reflector está determinada por la suma de los reflejos producidos por cada porción de la superficie reflectora.

Las lámparas DAI no son fuentes de luz focal, están constituidas por un tubo largo cuya brillantez varía a lo largo y a lo ancho.

No hay manera de que un reflector concentre la luz de la lámpara en un haz de luz más estrecho que el ángulo producido por los bordes de la fuente de luz.

REFLECTORES TIPO CANAL.

Los reflectores tipo canal se utilizan en donde el largo del arco corre perpendicular al haz luminoso mayor. Estos reflectores tienen, por supuesto, menos control que los circulares, ya que el 25% o más de la luz producida por la lámpara no es reflejada por el reflector. El reflector controla la luz de la lámpara principalmente en una línea perpendicular a lo largo del tubo del arco.

1.7.2 Cubiertas de cristal. Las luminarias pueden estar descubiertas en su parte inferior o protegidas con un cristal plano y transparente, con un difusor o con un refractor. Una cubierta de cristal transparente no proporciona control óptico y solo se utiliza para proteger la lámpara, mantener limpia la luminaria y mejorar su apariencia.

1.7.3 Refractores. El diseño de los refractores está basado en las leyes de la refracción, la luz se puede desviar utilizando lentes o prismas. Con el uso de refractores se puede lograr

un control completo de toda la luz que produce una luminaria. Este procedimiento se utiliza en la mayoría de las luminarias de bajo consumo para áreas abiertas y para caminos.

1.7.4 Difusores. Un difusor es un material translucido que se utiliza para ocultar una lámpara. Los difusores están hechos de cristal, plástico o policarbonato. La adición de pigmentos a un refractor puede incrementar sus cualidades difusoras. También se puede utilizar un difusor debajo de una lámpara, en lugar de un refractor.

DIFUSORES DE PERSIANAS Y VISERAS

Los difusores de persianas y las viseras son barreras físicas para la salida de la luz. Generalmente se pintan de negro para que puedan absorber adecuadamente la luz. Los difusores de persianas y las viseras se utilizan en las luminarias para interiores con el fin de bloquear la luz que podría ser deslumbrante o molesta.

1.7.5 Sellos y Filtros. Las luminarias que se utilizan al exterior o en interiores sucios deben estar selladas para evitar que el polvo y las impurezas se acumulen sobre el reflector. La superficie exterior de la cubierta de vidrio de todas maneras se ensuciará, pero será más fácil de limpiarla que el conjunto óptico completo.

La presión interior de las luminarias aumenta cuando se enciende la lámpara. Para que funcione correctamente una luminaria sellada debe estar provista de empaques y seguros.

1.8 SELECCION DE LAS FUENTES DE LUZ Y LUMINARIAS

Los datos fotométricos pueden ayudar en la selección de las fuentes de luz y luminarias. El diseñador debe hacer una selección tentativa antes de proseguir con los cálculos para el diseño de la iluminación.

La selección de luminarias esta basada en varios factores, entre los que se encuentran: condiciones del medio ambiente, altura de montaje, dispersión del rayo de luz, ángulos de pantalla y la forma del reflector, así como las necesidades de sistemas auxiliares o de urgencia.

MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente en el que se instalaran las luminarias es un factor importante en la selección de estas. Los lugares peligrosos en donde existen vapores potencialmente explosivos o fibras y polvos fácilmente inflamables, requieren equipo especial.

Los lugares húmedos o de atmósfera corrosiva también requieren luminarias especiales.

La temperatura del ambiente también en la elección. Algunas balastras pueden fallar o bien, tiene un rendimiento bajo a temperaturas demasiado altas o demasiado bajas.

ALTURA DE MONTAJE

Algunas luminarias están diseñadas para utilizarse a bajas alturas de montaje, esto es, a menos de 7.6m. otras luminarias están diseñadas para utilizarse a alturas superiores a los 7m. estas pueden instalarse en las áreas muy altas divididas por secciones algunas de las luminarias clasificadas como de elevada altura de montaje se pueden utilizarse a alturas más bajas.

DISPERSION DEL RAYO DE LUZ

El grado de dispersión del haz luminoso varía entre las diferentes luminarias de descarga de alta intensidad (DAI). En la mayoría de los casos, cualquier luminaria de una familia tiene las mismas características generales que las demás.

Las variaciones de dispersión del haz luminoso dentro de una misma familia de luminarias pueden lograrse mediante cambios en la posición de la lámpara dentro del reflector.

DISPERSION DEL HAZ LUMINOSO Y CRITERIO DE ESPACIAMIENTO

Si el haz luminoso es ancho, las luminarias se pueden instalar con un espaciamiento mayor entre ellas.

Cuando la dispersión del haz luminoso se amplía, como lo indica un mayor de CE la potencia luminosa en el nadir se reduce; esto es el número de candelas que la luminaria dirige a cero grados es menor.

Grafica de la iluminación relativa de una familia de luminarias SAI. Se pueden obtener mejores resultados con un reducción del nivel de luminosidad directamente debajo de las luminarias, que incrementando el nivel de iluminación de las áreas situadas entre ellas.

DISPERSION DEL HAZ LUMINOSO Y COEFICIENTE DE UTILIZACION

La elección de luminarias con un criterio de espaciamiento elevado y haz luminoso ancho debe compararse con el coeficiente de utilización (cu). A medida que RCL aumenta, las luminarias de haz ancho pierden utilización mas rápido que las luminarias que tienen un haz estrecho.

AMPLITUD DEL HAZ LUMINOSO Y NIVELES DE ILUMINACION

Cada luminaria produce un patrón diferente de iluminación el plano de trabajo.

ANGULO DE PANTALLA Y FORMA DEL REFLECTOR

Las lámparas deben llevar pantalla, de tal modo que no sean visibles desde los ángulos normales de visión, en particular a bajas alturas de montaje. Esto generalmente requiere un ángulo de pantalla de cuando menos 35°.

1.9 CURVA DE DISTRIBUCION DE CANDELA.

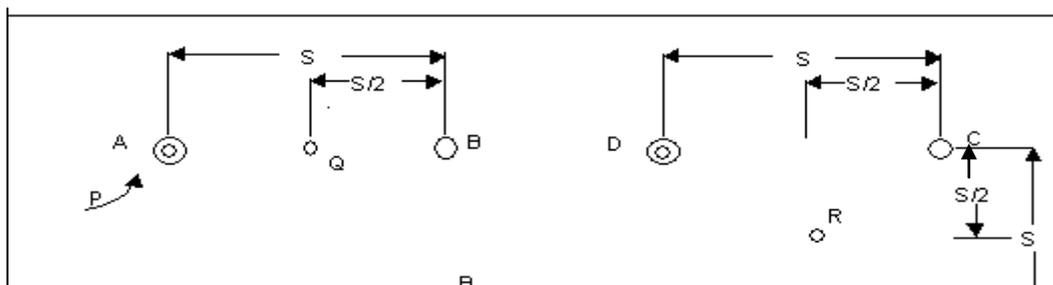
Cuando se prueba una luminaria, esta se coloca en el centro de una esfera imaginaria que tiene un radio igual a la distancia de prueba. La distancia de prueba debe ser de 5 a 10 veces el diámetro máximo de la luminaria, para que esta parezca una fuente de luz focal. Las mediciones de la intensidad de la luz en candelas se hace en todas direcciones.

Cuando la distribución de candela es asimétrica, se pueden trazar curvas para dos o más planos verticales. Si la distribución es elíptica, las curvas tienen una separación de 90°.

1.10 EXPLICACION DEL CRITERIO DE ESPACIAMIENTO.

La razón de espaciamiento a altura de montaje a menudo utiliza para especificar el patrón del haz luminoso de la luminaria. Estas razones se utilizan bajo el supuesto de que la calidad del sistema de iluminación no se vera afectado por el espaciamiento de las luminarias, siempre y cuando no se excedan las razones E/AM. Sin embargo esto no siempre ocurre así especialmente si el objeto sobre el que trabaja es especular, como suele ocurrir en la industria metalúrgica y de maquinado. El criterio de espaciamiento de la luminarias es una técnica de clasificación para las luminarias de interiores y está relacionado con la distribución fotométrica que proporciona el componente directo de las luminarias de (0 a 90 grados). En este análisis, la altura de montaje se mide desde el plano de trabajo.

Formulación: El criterio de espaciamiento de las luminarias se basa en el supuesto de que toda la iluminación principal horizontal sobre el plano de trabajo, directamente bajo la luminaria específica, es provista por esta luminaria. Se espera que cada luminaria la suficiente luz, de tal modo que el punto Q intermedio entre las luminarias, reciba tanta iluminación como el punto P, directamente abajo de una de las tantas luminarias. Esto implica que cada luminaria contribuirá con la mitad de la iluminación que contribuye el punto P.



El punto Q o punto medio entre dos luminarias, el punto R o punto medio entre cuatro luminarias, pueden ser puntos de baja iluminación. En cambio si se siguen las recomendaciones del CE, los puntos Q R y P tendrán igual iluminación.

1.10.1 PROCEDIMIENTO DEL CRITERIO DE ESPACIAMIENTO

El siguiente procedimiento fue producido textualmente con autorización del manual de procedimientos de IES, denominado: classification of interior luminaries by distribution: luminaire spacing criterion, LM-35.

- A. Para luminarias cuya distribución de la intensidad luminosa es nominalmente simétrica alrededor del nadir:
 1. Trazar la intensidad relativa de la luminaria sobre una gráfica.
 2. Localizar el punto de un medio de intensidad a cero grados sobre la ordenada y trazar una línea a través de ese punto, paralela a las líneas. Si la intensidad sobre el ángulo polar de los cero a los 5°
 3. Leer la escala A sobre la intersección de esta línea con la curva de intensidad.
 4. Repetir el paso 2, utilizando el punto de un cuarto de la intensidad a cero grados.
 5. Leer la escala B sobre la intersección de esta línea con la curva de intensidad
 6. El valor mas bajo obtenido en los pasos 3 y 5 tomará como el criterio de espaciamiento de las luminarias. Redondear el valor a la décima de una unidad más cercana.
- B. Para luminarias con una distribución de la intensidad luminosa sobre el nadir significativamente asimétrica:

1.10.2 LIMITACIONES DEL CRITERIO DE ESPACIAMIENTO

Dado que el haz luminoso de las luminarias puede tener muchas formas, y considerando las variadas condiciones que pueden encontrarse en las instalaciones, un criterio de espaciamiento de un solo numero puede no proporcionar una buena indicación del rendimiento de las luminarias.

1.11 DERIVACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION

METODO DE CAVIDAD ZONAL

El CU es un factor muy importante en los cálculos de iluminación, por lo que la comprensión de las tablas de CU es de mucha utilidad. El método de cavidad zonal para la determinación del CU está basado en el concepto de que el área que va ser iluminada está formada por varios espacios cúbicos o cavidades cuya reflectancia afectara la cantidad total de luz que incidirá sobre el plano de trabajo. La contribución directa de la luminaria se combina con la luz reflejada de las paredes, el piso y el techo, a fin de determinar la iluminación sobre el plano de trabajo con la producción de lúmenes iniciales de la lámpara, esto quiere decir:

El coeficiente de utilización es la razón de los lúmenes que inciden sobre la superficie de trabajo (generalmente un plano de 0.9 metros o 3 pies del suelo) y los lúmenes generados por las lámparas.

1.11.1 CAVIDAD DEL LOCAL

Para determinar el CU, el diseñador divide el espacio que va ser iluminado en tres cavidades. La cavidad del techo es el espacio cúbico entre el techo y el plano de las luminarias. La cavidad del local es el espacio entre el plano de luminarias y el plano de trabajo. La cavidad del piso es el espacio entre el plano de trabajo y el piso.

Si en la cavidad del techo, del piso o del local existen vigas, ductos, maquinaria u otras obstrucciones, entonces el área que va ser iluminada se debe dividir en secciones más pequeñas para los propósitos de diseño.

CAPITULO II
INTRODUCCION A LAS NORMAS DE ALUMBRADO Y PROCEDIMIENTOS DE
CÁLCULO DE ALUMBRADO.

2.1 NORMA OFICIAL MEXICANA CAPITULO IV

NOM-001-SEIE-1999

Instalaciones eléctricas

Martes 20 de abril de 1999

ARTÍCULO 410 - LUMINARIAS, PORTALÁMPARAS, LÁMPARAS Y RECEPTÁCULOS

A. Disposiciones generales

410-1. Alcance. Este Artículo trata de las luminarias, portalámparas, colgantes, receptáculos, lámparas incandescentes, lámparas de arco, lámparas de descarga y de los cableados y equipo que forme parte de las lámparas, luminarias e instalaciones de alumbrado.

NOTA: El término internacional de un aparato de alumbrado es "luminaire"(latín: luminaria), que se define como una unidad completa de alumbrado consistente en una o varias lámparas junto con las piezas diseñadas para distribuir la luz, para colocar y proteger las lámparas y para conectarlas a la corriente eléctrica.

410-2. Aplicación de otros Artículos. Las luminarias que se utilicen en lugares peligrosos (clasificados) deben cumplir lo establecido en los Artículos 500 a 517. Las instalaciones de alumbrado que funcionen a 30 V o menos deben cumplir lo establecido en el Artículo 411. Las lámparas de arco utilizadas en los teatros deben cumplir con lo establecido en 520-61 y las utilizadas en equipo de proyección deben cumplir con 540-20. Las lámparas de arco utilizadas en sistemas de c. c. deben cumplir los requisitos generales del Artículo 710.

410-3. Partes vivas. Las luminarias, portalámparas, lámparas y receptáculos no deben tener partes vivas expuestas normalmente al contacto. Las terminales expuestas accesibles de los portalámparas, receptáculos y desconectores, no se deben instalar en toldos con cubierta metálica ni en las bases abiertas de lámparas portátiles de mesa o de piso.

Excepción: Se permite que los portalámparas y receptáculos de tipo abrazaderas situados como mínimo a 2,44 m sobre el piso, tengan sus terminales expuestas.

B. Localización del equipo

410-4. Luminarias en lugares específicos

a) En lugares húmedos y mojados. La instalación de luminarias en lugares húmedos o mojados debe hacerse de modo que no entre ni se acumule el agua en tubo (*conduit*) de los cables, portalámparas u otras partes eléctricas. Todas las luminarias instaladas en lugares mojados deben llevar la inscripción “Adecuada para lugares mojados”. Todas las luminarias instaladas en lugares húmedos deben llevar la inscripción “Adecuada para lugares mojados” o “Adecuada para lugares húmedos”.

Respecto al requisito anterior, se consideran lugares mojados las instalaciones subterráneas en registros o trincheras de concreto o de mampostería en contacto directo con la tierra y los locales sujetos a saturación de agua u otros líquidos, como los expuestos a la intemperie y las zonas de lavado de vehículos sin proteger y otros similares.

Respecto del requisito anterior, se consideran lugares húmedos los locales protegidos de la intemperie pero expuestos a un grado moderado de humedad, como algunos sótanos, almacenes, almacenes frigoríficos y similares, las partes parcialmente protegidas bajo marquesinas, porches techados sin cubrir y similares.

NOTA: Respecto de las instalaciones de alumbrado en piscinas, fuentes e instalaciones similares, véase el Artículo 680.

b) Lugares corrosivos. Las luminarias instaladas en lugares corrosivos deben ser de un tipo adecuado para dichos lugares.

c) Campanas o ductos de extracción de humos. Se permite instalar luminarias en campanas de cocinas de locales no-residenciales siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- 1) La luminaria debe estar aprobada e identificada para usarla dentro de campanas de cocinas comerciales e instalada de modo que no se superen los límites de temperatura de los materiales utilizados.
- 2) La luminaria debe estar construida de modo que los vapores de los combustibles, grasa, aceite y vapores de cocina no afecten a la lámpara ni a los cables. Los difusores deben ser resistentes al choque térmico.
- 3) Las partes de la luminaria expuestas dentro de la campana deben ser resistentes a la corrosión o estar protegidas contra la corrosión y su superficie debe ser lisa de modo que no acumule depósitos y facilite la limpieza.
- 4) Los cables y otros accesorios que suministren corriente eléctrica a la luminaria o a equipo, no deben quedar expuestos dentro de la campana.

NOTA: Para conductores y luminarias expuestos a agentes deteriorantes, véase 110-11.

d) Encima de las bañeras. No se deben instalar en una zona de 914 mm horizontalmente y de 244 mm verticalmente, medidas desde la parte superior del borde de las bañeras,

ninguna parte de las luminarias conectadas con cordón, luminarias colgantes, rieles de alumbrado, colgantes o ventiladores de techo. Esta zona incluye todo el espacio situado directamente sobre la bañera.

410-5. Luminarias cerca de materiales combustibles. Las luminarias deben estar construidas, instaladas o equipadas con deflectores o protectores de modo que los materiales combustibles no se vean expuestos a temperaturas superiores a 90 °C.

410-6. Luminarias encima de materiales combustibles. Los portalámparas instalados encima de materiales altamente combustibles no deben tener desconectador integral. Si no existe un interruptor individual para cada aparato, los portalámparas deben estar situados como mínimo a 2,44 m sobre el piso o situados y protegidos de modo que las lámparas no se puedan quitar o estropear fácilmente.

410-7. Luminarias en los escaparates. En los escaparates no se deben emplear luminarias con cableado externo.

Excepción: Se permite el cableado externo de las luminarias soportadas de una cadena.

410-10. Espacio para los conductores. En conjunto, las cubiertas ornamentales de luminarias y cajas de salida, deben dejar un espacio adecuado para instalar adecuadamente los conductores de las luminarias y sus dispositivos de conexión.

410-11. Límites de temperatura de los conductores en las cajas de salida. Las luminarias deben estar construidas e instaladas de manera que los conductores en las cajas de salida no estén expuestos a temperaturas superiores a su temperatura nominal.

Los cables de un circuito derivado no deben pasar a través de una caja de salida que forme parte integrante de una luminaria incandescente, excepto si la luminaria está aprobada e identificada para que pasen cables a través del mismo.

410-12. Tapas de las cajas registro de salida. En una instalación terminada, todas las cajas de registro deben tener tapa, excepto si están cubiertas por una tapa ornamental, portalámparas, receptáculo o dispositivo similar.

Excepción: Lo que se establece en 410-14(b).

410-13. Protección de los materiales combustibles en las cajas de salida. Se debe proteger con material no-combustible cualquier pared o techo acabados con material combustible expuesto, que se halle entre el borde de una tapa ornamental para luminarias y la caja registro de salida.

410-14. Conexión de las luminarias de descarga

a) Independientemente de las cajas de salida. Cuando las luminarias de descarga estén soportadas independientemente de la caja registro de salida, se deben conectar a través

de canalizaciones metálicas, canalizaciones no metálicas, cables de tipo MC, AC o MI o cables con recubrimiento no metálico.

Excepción: Se permite luminarias conectadas con cordón, como se establece en 410-30(b) y (c).

b) Acceso a las cajas. Las luminarias de descarga montadas en superficies ocultas sobre cajas registro, para tirado, salida, o empalme, se deben instalar con aberturas adecuadas en la parte posterior del equipo de alumbrado que permita el acceso a las cajas.

D. Soportes de luminarias

410-15. Soportes

a) Requisitos generales. Las luminarias, portalámparas y receptáculos deben estar firmemente sujetos. Un equipo de alumbrado que pese más de 2,72 kg o exceda de 40 cm. en cualquiera de sus dimensiones, no se debe soportar solo por el casquillo roscado de un equipo de alumbrado.

b) Postes metálicos como soporte de luminarias. Se permite utilizar postes metálicos para soportar luminarias y llevar por dentro los cables de suministro, siempre que cumplan las siguientes condiciones:

1) Un registro de mano accesible no-menor a 50 mm por 102 mm, que tenga una cubierta hermética a la lluvia, proporcionará acceso a la canalización o a las terminales del cable dentro del poste o dentro de la base del poste. En donde la canalización o el cable no estén instalados dentro del poste, se debe soldar un accesorio roscado o un niple al lado contrario del registro para su conexión. Se permite que los postes se suelden en campo o se encinten. Estos postes deben estar tapados o cubiertos.

Excepción: Se permite prescindir del registro exigido en el anterior inciso (b)(1) en postes metálicos de 6 m de altura o menos sobre el nivel del suelo, si el poste lleva una base removible. La terminal de puesta de tierra debe ser accesible y estar dentro de la base. Las dos partes de la columna con bisagra se deben puentear.

2) Debe existir una terminal para poner a tierra el poste, que sea accesible desde el registro de inspección.

Excepción: Se permite prescindir del registro de inspección y de la terminal de tierra requerida en (b)(1) y (b)(2) anteriores donde los cables de suministro estén instalados continuos sin empalmes ni conexiones hasta una luminaria montada en un poste metálico de 2,44 m de altura o menos sobre el suelo y cuando el interior del poste y los puntos en que pueda haber empalmes estén accesibles cuando se remueva el equipo de alumbrado.

3) Las canalizaciones metálicas o los conductores de tierra del equipo se deben puentear al poste mediante un conductor de puesta a tierra, como se establece en 250-91(b) y en 250-95.

4) Los conductores instalados en postes metálicos verticales, utilizados como canalizaciones, deben estar sujetos conforme a lo establecido en 300-19.

410-16. Medios de soporte

a) Cajas registro de salida. Cuando la caja registro de salida o un herraje ofrezca un medio de sujeción adecuado, se puede soportar de ellos la luminaria o apoyarla según como se requiere en 370-23 para las cajas de registro. Una luminaria que pese más de 22,7 kg se debe sujetar independientemente de la caja registro de salida.

b) Inspección. Las luminarias se deben instalar de manera que las conexiones entre los conductores del equipo y los del circuito se puedan inspeccionar sin tener que desconectar ninguna parte de la instalación.

Excepción: Las luminarias conectadas por clavija y receptáculo.

c) Falso plafón. Se permiten utilizar los miembros del armazón de los techos suspendidos como apoyo, si estos están adecuadamente soportados y firmemente sujetos entre sí y a la estructura del edificio, para soportar luminarias. Las luminarias así apoyadas se deben sujetar al armazón por medios mecánicos como pernos, tornillos o remaches. También se permite usar clips aprobados e identificados para su uso con ese tipo de armazón de techo y envolvente.

d) Pernos de sujeción de las luminarias. Los pernos de sujeción de las luminarias que no formen parte de las cajas registro de salida, tirantes, trípodes y patas de gallo, deben ser de acero, hierro maleable u otro material adecuado para esa aplicación.

e) Juntas aislantes. Las juntas aislantes que no estén diseñadas para montarlas con tornillos o pernos, deben llevar una cubierta exterior metálica aislada de las dos conexiones roscadas.

f) Herrajes de las canalizaciones. Los herrajes de las canalizaciones que se utilicen como soporte de luminarias, deben ser capaces de soportar el peso de todo el equipo con sus lámparas.

g) Electroductos. Se permite conectar las luminarias a electroductos, como se establece en 364-12.

h) Árboles. Se permite que las luminarias de exteriores y sus accesorios estén sujetas en los árboles.

NOTA 1: Respecto de las limitaciones para apoyar conductores aéreos, véase 225-26.

NOTA 2: Respecto de la protección de los conductores, véase 300-5(d).

E. Puesta a tierra

410-17. Condiciones generales. Las luminarias y equipo de iluminación se deben poner a tierra de acuerdo con lo que establece la parte E de este Artículo.

410-18. Partes expuestas de luminarias

a) Con partes expuestas vivas. Se deben poner a tierra las partes expuestas de las luminarias y equipo directamente conectados o cableados a cajas de registro con puesta a tierra.

b) Hechos de material aislante. Las partes expuestas de las luminarias, directamente conectadas o cableadas a cajas de registro sin medios para puesta a tierra, deben estar hechas de material aislante y no presentar partes conductoras expuestas.

410-19. Equipos de más de 150 V a tierra

a) Luminarias metálicas, transformadores y envolventes de transformadores. Se deben poner a tierra las luminarias metálicas, transformadores y envolventes de transformadores, en circuitos que funcionen a más de 150 V a tierra.

b) Otras partes metálicas expuestas. Otras partes metálicas expuestas se deben poner a tierra o aislar de tierra y de otras superficies conductoras y ponerlas fuera del alcance de personas no-calificadas.

Excepción: No se requiere poner a tierra los cables de sujeción de las lámparas, los tornillos de montaje, clips y bandas decorativas de las lámparas de cristal que estén separadas por lo menos a 4 cm de las terminales de las lámparas.

410-20. Conexión del conductor de puesta a tierra del equipo. Las luminarias con partes metálicas expuestas deben estar dotadas de un medio para conectar un conductor de puesta a tierra.

410-21. Métodos de puesta a tierra. Se considerará que las luminarias están puestas a tierra cuando estén mecánicamente conectadas a un conductor de puesta a tierra de equipo, tal como se especifica en 250-91(b), de tamaño adecuado a lo establecido en 250-95.

F. Alambrado de las luminarias

410-22. Requisitos generales. El cableado en o dentro de las luminarias debe estar acomodado ordenadamente y no estar expuesto a daño físico. Se debe evitar el exceso de

cables. Los conductores deben estar colocados de manera que no estén sujetos a temperaturas superiores a su temperatura nominal de operación.

410-23. Polaridad de las luminarias. Las luminarias deben estar instaladas de manera que los casquillos roscados de las lámparas estén conectados al mismo conductor o terminal del equipo o circuito. El conductor puesto a tierra, cuando esté conectado al portalámparas se debe conectar a la parte roscada del casquillo.

410-24. Conductores

a) Aislamiento. Las luminarias deben cablearse con conductores que tengan un aislamiento adecuado para la intensidad de corriente y tensión eléctrica, temperatura y otras condiciones ambientales a las que vayan a estar expuestos.

b) Tamaño nominal de los conductores. Los conductores de luminarias no deben tener un tamaño nominal inferior a $0,823 \text{ mm}^2$ (18 AWG).

NOTA 1: Para la capacidad de conducción de corriente admisible en los cables de equipo, véase 402-5.

NOTA 2: Para los límites de tensión eléctrica y de temperatura de funcionamiento de cables de equipo, véase 402-3.

410-25. Conductores para determinadas condiciones

a) Portalámparas con casquillo tipo mogul. Las luminarias dotadas con portalámparas de casquillo roscado de tipo mogul y cuya tensión eléctrica no supere 300 V entre conductores, deben instalarse con cables de luminarias de tipos AF, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, PF, PGF, PFF, PGFF, PTF, PTFF, PAF, PAFF, XF, XFF, ZF o ZFF.

b) Portalámparas con casquillo roscado de otro tipo. Las luminarias provistas con portalámparas con casquillo roscado de otro tipo distinto al de base mogul y cuya tensión eléctrica no exceda 300 V entre conductores, deben instalarse con cables de luminarias de tipos AF, SF-1, SF-2, PF, PGF, PFF, PGFF, PTF, PTFF, PAF, PAFF, XF, XFF, ZF o ZFF, o con cordones flexibles de tipo AFC o AFD.

Excepción 1: Se permite utilizar cables de luminarias de tipos TFN y TFFN cuando la temperatura no supere $90 \text{ }^\circ\text{C}$.

Excepción 2: Se permite utilizar cables recubiertos de hule de tipo RH y RHW y cables de luminarias de tipos RFH-1, RFH-2, y FFH-2, cuando la temperatura supere $60 \text{ }^\circ\text{C}$ pero no $75 \text{ }^\circ\text{C}$.

Excepción 3: Cuando la temperatura no supere $60 \text{ }^\circ\text{C}$, se permite utilizar cables con recubrimiento termoplástico de tipo TW y cables de luminarias de tipos TF y TFF, incluidas las luminarias de tipo decorativo en los que se utilicen lámparas de no-más de 60 W tipo vela.

NOTA: Para los cables y conductores de equipo, véase 402-3 y la Tabla 402-3. Para los cables flexibles, véase la Tabla 400-5(a).

410-27. Conductores colgantes para lámparas incandescentes

a) Soportes. Los portalámparas colgantes con cables conectados permanentemente, cuando se utilicen para aplicaciones distintas de las guirnaldas, deben ir colgados de conductores independientes trenzados, recubiertos de hule, que vayan soldados directamente a los conductores del circuito, pero soportados en forma independiente de los mismos.

b) Tamaño nominal. Dichos conductores colgantes no deben ser de tamaño nominal inferior a 2,082 mm² (14 AWG) cuando vayan conectados a portalámparas con casquillo roscado tipo normal o de tipo mogul, ni menores a 0,823 mm² (18 AWG) para portalámparas de tipo medio o candelabro.

Excepción: Se permite que los conductores para árboles de Navidad y luminarias para decoración aprobada y listada, sean menores a 0,823 mm² (18 AWG).

c) Cableados o torcidos. Los conductores colgantes de más de 914 mm de largo, deben trenzarse juntos, donde no exista un cable soporte

410-28. Protección de los conductores y su aislamiento

a) Sujetos adecuadamente. Los conductores deben estar sujetos de modo que no se rompa ni se roce el aislamiento.

b) Protección a través de metales. Cuando los conductores pasen a través de metales, su aislamiento debe protegerse de la abrasión.

c) Brazos de las luminarias. En los brazos o mangos de las luminarias no debe haber empalmes o conexiones.

d) Empalmes y conexiones. Dentro de una luminaria no se debe hacer empalmes o conexiones innecesarias.

NOTA: Véase 110-14 para los métodos aprobados de hacer conexiones.

e) Cableado. Se deben utilizar conductores cableados para la instalación del alambrado en cadenas de luminarias y en otras partes móviles o flexibles.

f) Tensión mecánica. Los conductores se deben instalar de modo que el peso del aparato de alumbrado o sus partes móviles no los someta a tensión mecánica.

410-29. Vitrinas conectadas mediante cordón. Se permite conectar las vitrinas individuales que no sean fijas, mediante un cordón flexible a un receptáculo fijo, y se permite conectar grupos de no-más de seis vitrinas juntas mediante cordón flexible y

clavijas de seguridad, estando una del grupo conectada mediante cordón flexible a un receptáculo fijo.

Esta instalación debe cumplir con las siguientes condiciones:

a) Requisitos de los cordones. Los cordones flexibles deben ser de tipo "uso rudo", con conductores de tamaño nominal no-menor al de los conductores del circuito derivado y una capacidad de conducción de corriente al menos igual a la del dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado y con conductor de puesta a tierra del equipo.

NOTA: Para tamaño nominal del conductor de tierra del equipo, véase la Tabla 250-95.

b) Receptáculos, cordones y clavijas de conexión. Los receptáculos, cordones y clavijas de conexión deben ser de tipo con terminal de puesta de tierra aprobados y listados, de 15 o 20 A.

c) Sujeción. Los cordones flexibles se deben sujetar por debajo de las vitrinas, de modo que: (1) los cables no estén expuestos a daño físico; (2) la separación no exceda de 50 mm entre vitrinas; la separación entre la primer vitrina y el receptáculo fijo no sea mayor de 300 mm, y (3) el cable que quede al final del grupo de vitrinas lleve un conector hembra que no sobresalga de la vitrina.

d) Otros equipos. A las vitrinas no se debe conectar eléctricamente equipos distintos a las mismas.

e) Circuito o circuitos secundarios. Cuando las vitrinas se conecten con cordón, los circuitos secundarios de cada balastro de las lámparas de descarga deben ser solo para una vitrina.

410-30. Portalámparas y luminarias conectadas con cordón

a) Portalámparas. Cuando se conecte un portalámparas metálico con un cordón flexible, la entrada debe estar equipada con una boquilla aislante, si es roscada, no debe ser menor que el de tubería de tamaño nominal 10 mm. El orificio para el cordón debe ser de tamaño adecuado y se deben eliminar todas las rebabas y partes cortantes que pudiera tener con la finalidad de que la superficie por la que pase el cable quede lisa.

b) Luminarias ajustables. Las luminarias que requieran ajuste o que deban moverse para dirigirlas después de su instalación, no es necesario que vayan equipadas con un cordón con clavija siempre que el cable que quede expuesto sea de uso rudo o uso extra rudo y no-más largo de lo necesario para hacer el ajuste. El cable no debe estar expuesto a esfuerzos o a daño físico.

c) Luminarias eléctricas de descarga

1) Una luminaria o conjunto de luminarias aprobadas para este uso, se permite que estén conectadas por un cordón, si están situadas directamente bajo la caja registro de salida electroducto y el cordón es visible de modo continuo en toda su longitud fuera de la luminaria y no está expuesto a esfuerzos ni a daño físico. Dichas luminarias deben terminar en el otro extremo del cordón con una clavija con terminal de puesta de tierra o mediante conector para electroducto.

Excepción: No es necesario que una luminaria o conjunto de luminarias aprobadas que lleven un cordón y una tapa ornamental, termine en el extremo del cable con una clavija o conector para electroducto.

2) Se permite conectar luminarias de descarga dotadas de portalámparas roscadas de tipo mogul, a circuitos derivados de 50 A o menos, mediante cordones que cumplan lo establecido en 240-4. Se permite que los receptáculos y los cordones de conexión sean de una capacidad de conducción de corriente menor que la del circuito derivado, pero no menor a 125% de la capacidad nominal de la luminaria.

3) Se permite que las luminarias de descarga equipadas con un receptáculo sujeto a la luminaria, que no sobresalga de su superficie, se alimenten mediante cordones colgantes terminados con conectores. Se permite que los receptáculos y los cordones de conexión sean de menor capacidad de conducción de corriente que la del circuito derivado, pero no menor a 125% de la capacidad nominal de la luminaria.

2.2 NORMA OFICIAL MEXICANA CAPITULO V

CAPÍTULO 5 (4.5) AMBIENTES ESPECIALES

ARTÍCULO 500 - ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS)

500-1. Alcance. Artículos 500 a 505. Los Artículos 500 a 505 cubren los requisitos para equipo eléctrico, electrónico y alambrado, para todas las tensiones eléctricas, en áreas donde pueda existir peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras inflamables dispersas en el aire.

500-2. Ubicación y requisitos generales. Los ambientes se clasifican dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables, o de polvos o fibras combustibles que puedan estar presentes, así como la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones inflamables o combustibles. Cuando los materiales pirofóricos son los únicos usados o manipulados, estas áreas no deben ser clasificadas.

Cada cuarto, sección o área debe ser considerada individualmente al determinar su clasificación.

NOTA 1: Los materiales pirofóricos son aquellos que se inflaman espontáneamente en el aire.

NOTA 2: Ejerciendo un juicio apropiado durante el diseño de las instalaciones eléctricas para áreas peligrosas (clasificadas), frecuentemente es posible situar la mayoría del equipo en áreas menos peligrosas y, por tanto, reducir la cantidad de equipo especial requerido.

Para recordar el significado que se da en estos Artículos a las definiciones "Aprobado" y "Aparato a prueba de explosión", véase el Artículo 100; en la Sección 502-1 se define "A prueba de ignición de polvo".

Cualquier otro requerimiento contenido en esta NOM debe aplicarse a equipo eléctrico y alambrado, instalado en áreas clasificadas como peligrosas.

Excepción: Como se modifique en los Artículos 500 a 505.

Todo tubo (conduit) roscado a que se hace referencia, debe ser roscado con una tarraja de corte normalizado con un dado que proporcione una rosca con una conicidad de 19 mm por cada 305 mm de cuerda. El tubo (*conduit*) debe ser apretado con llaves para (1) minimizar la producción de chispas en caso de que una corriente eléctrica de falla fluya por el sistema de canalización, y (2) asegurar la integridad del sistema de canalización a prueba de explosión, o a prueba de ignición de polvo donde aplique. Cuando no sea posible hacer la unión roscada apretada, debe utilizarse un puente de unión.

NOTA: Cierta equipo proporcionado con cuerdas métricas necesita adaptadores compatibles para permitir la conexión con tubo (conduit) de cuerdas NPT.

Los cables de fibra óptica y dispositivos para fibra óptica aprobados como un sistema intrínsecamente seguro diseñado para áreas clasificadas como peligrosas involucradas, deben instalarse de acuerdo con los requerimientos indicados en 504-20 y 770-52.

Excepción: Cables de fibra óptica o dispositivos para fibra óptica que son conductivos, deben ser instalados de acuerdo con lo indicado en los Artículos 500 a 503.

a) Técnicas de protección. Los siguientes incisos deben considerarse técnicas de protección aceptables para equipo eléctrico y electrónico en áreas clasificadas como peligrosas.

1) Aparatos a prueba de explosión. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase I, División 1 y 2 para las cuales estos aparatos estén aprobados.

NOTA: Los equipos a prueba de explosión se definen en el Artículo 100.

2) Equipo a prueba de ignición de polvo. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase II, División 1 y 2 para las cuales estos aparatos estén aprobados.

NOTA: Los aparatos a prueba de ignición de polvo se definen en el Artículo 502-1.

3) Purgado y presurizado. Esta técnica de protección se permite para equipo en cualquier área peligrosa (clasificada) para la cual el mismo esté aprobado.

NOTA: En algunos casos pueden reducirse los peligros o limitar las áreas clasificadas peligrosas, o eliminarlas, por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva con tomas de aire desde una fuente de aire limpio, conjuntamente con un dispositivo eficiente para evitar fallas en la ventilación.

4) Sistemas intrínsecamente seguros. El equipo y alambrados intrínsecamente seguros se permiten en cualquier área clasificada como peligrosa para la cual han sido aprobados. No deben ser considerados aplicables para tales instalaciones, los Artículos 501 al 503, 505 y del 510 al 516. Para la instalación de equipo y alambrados intrínsecamente seguros deben cumplir los requerimientos del Artículo 504. El alambrado y los circuitos intrínsecamente seguros deben estar separados físicamente del alambrado de otros circuitos que no sean intrínsecamente seguros. Se deben tomar las medidas necesarias para prevenir y minimizar el paso de gases y vapores.

5) Circuitos no-inflamables. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2 y Clase III para las cuales el equipo esté aprobado.

NOTA: Los circuitos no-inflamables definen en el Artículo 100.

6) Componentes no-inflamables. Es un componente que tiene contactos para cerrar o abrir un circuito inflamable y el mecanismo de contacto es construido de tal manera que el componente es incapaz de incendiar la mezcla gas-aire o vapor-aire inflamable. La envolvente de un componente no-inflamable no está diseñada para (1) excluir la atmósfera inflamable o (2) contener una explosión.

Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en aquellas áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2 y Clase III para las cuales el equipo esté aprobado.

7) Inmersión en aceite. Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I, División 2 como se describe en 501-6(b)(1)(2).

8) Herméticamente sellado. Un dispositivo herméticamente sellado debe sellarse para evitar la penetración de atmósferas externas y el sello debe ser por fusión, es decir, por

soldadura de latón, cobre, hierro o cualquier otro material o método, o por la fusión del vidrio al metal.

Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I, División 2.

NOTA: Véase 501-3(b)(1) Excepción b; 501-5(a)(1) Excepción a; 501-6(b)(1); y 501-14(b)(1) Excepción b.

b) Referencias. Para la clasificación de áreas peligrosas deberá realizarse un análisis de cada local, área o sección individualmente, atendiendo a la concentración de los gases, vapores y polvos y a sus características de explosividad. Existen estudios de referencia por diversas asociaciones de protección contra incendios, las cuales podrán tomarse como referencia. Este análisis deberá realizarse bajo supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados. Es responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones que la clasificación de las áreas sea realizada con la mayor precisión.

500-3. Precauciones especiales. Los Artículos 500 al 504 requieren que la construcción del equipo y de la instalación garantice un funcionamiento seguro bajo condiciones de uso y mantenimiento adecuados.

Cuando se aplique el Artículo 505, la clasificación de áreas, alambrado y selección de equipo debe ser realizada bajo la supervisión de Ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados.

NOTA 1: Es importante que los usuarios ejerzan un cuidado mayor que el ordinario con respecto a este tipo de instalaciones y su mantenimiento.

NOTA 2: Las condiciones de bajas temperaturas ambientales requieren una consideración especial. El equipo a prueba de explosión o a prueba de ignición de polvo puede no ser apropiado para usarse en temperaturas menores de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, a menos que esté aprobado para servicio en bajas temperaturas. Sin embargo, a bajas temperaturas ambientales, pueden no existir concentraciones inflamables de vapores en áreas clasificadas Clase I, División 1, a temperatura ambiente normal.

Con el propósito de prueba, aprobación y clasificación de un área, se han clasificado mezclas con aire (no enriquecidas con oxígeno) las cuales deberán ser agrupadas de acuerdo con lo indicado en 500-3 (a) y 500-3 (b).

Excepción 1: Equipo aprobado para un gas, vapor o polvo específico.

Excepción 2: Equipo destinado a usarse específicamente para áreas Clase I, Zona 0, Zona 1 o Zona 2 deben ser agrupados de acuerdo con lo indicado en 505-5.

NOTA 3: Esta agrupación está basada en las características de los materiales. El equipo que ha sido aprobado, está disponible para usarse en los diversos grupos de atmósfera.

a) Clasificación por grupos Clase I. Los grupos Clase I deben ser los siguientes:

1) Grupo A: Atmósferas que contengan acetileno.

2) Grupo B: Atmósferas que contengan hidrógeno, combustibles y procesos de gases combustibles que contengan más de 30% de hidrógeno en volumen, o gases o vapores de peligrosidad equivalente, tales como butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína.

Excepción 1: El equipo para grupo D puede ser usado en atmósferas que contengan butadieno, si tal equipo está aislado de acuerdo con lo indicado en 501-5 (a), sellando todo tubo (conduit) de 13 mm de tamaño nominal o mayor.

Excepción 2: El equipo para grupo C puede ser usado en atmósferas que contengan óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína, si el equipo está aislado de acuerdo con lo indicado en 501-5 (a) sellando todo tubo (conduit) de 13 mm de tamaño nominal o mayor.

3) Grupo C: Atmósferas tales como éter etílico, etileno, o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

4) Grupo D: Atmósferas tales como acetona, amoníaco, benceno, butano, ciclopropano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano, o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Excepción: Para atmósferas que contengan amoníaco, se permite reclasificar el área a una menos peligrosa o a una no-peligrosa.

NOTA 1: Las características de explosión de la mezcla de aire con gases o vapores, varían de acuerdo con el tipo de material involucrado. Para áreas Clase I, Grupos A, B, C y D, la clasificación involucra determinar la máxima presión de explosión y la máxima distancia de seguridad entre las juntas de unión de la envolvente. Entonces, es necesario que el equipo esté aprobado no solo para esta clase, sino también para un grupo específico de gas o vapor que pueda estar presente.

NOTA 2: Algunas atmósferas químicas pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, que aquéllas requeridas por cualquiera de los grupos antes mencionados. El bisulfuro de carbono es uno de estos productos químicos, debido a su baja temperatura de

ignición (100 °C) y al pequeño claro de junta permitido para detener su flama.

b) Clasificación por grupos Clase II. Los grupos Clase II deben ser los siguientes.

1) Grupo E: Atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos combustibles, donde el número de partículas, de abrasivos y conductividad, presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico.

NOTA: Ciertos polvos metálicos pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, a aquellas para atmósferas que contienen polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales. Por ejemplo, los polvos de circonio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición extremadamente bajas (tan bajas como 20 °C) y las energías mínimas de ignición menores que cualquier otro material clasificado en cualquiera de los grupos de Clase I o de Clase II.

2) Grupo F: Atmósferas que contengan polvos de carbones combustibles, incluyendo carbón negro, carbón mineral, carbón vegetal, o polvos sensibilizados por otros materiales, de forma que aquellos presenten un peligro de explosión.

3) Grupo G: Atmósferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los grupos E o F, incluyendo flúor, granos, madera, plástico y químicos.

NOTA 1: Las características de explosión de las mezclas de aire con polvo, varían de acuerdo con los materiales involucrados. Para áreas Clase II, grupos E, F y G, la clasificación involucra ajuste, apriete o estrechez de las uniones o juntas de ensamble y las aberturas entre la flecha y buje para prevenir la entrada de polvos en envoltentes a prueba de ignición de polvo, el efecto de acumulación de las capas de polvo sobre el equipo, que puede causar sobrecalentamiento y la temperatura de ignición del polvo. Entonces, es necesario que el equipo sea aprobado no solo para esta clase, sino también para el grupo específico del polvo que está presente.

NOTA 2: Ciertos polvos pueden requerir precauciones adicionales debido a fenómenos químicos que pueden resultar en la generación de gases inflamables.

c) Aprobación para clases y propiedades. El equipo a pesar de la clasificación del área en que se instale, que depende de un simple sello de compresión, diafragma, o tubería para prevenir la entrada de fluidos combustibles o inflamables al equipo, debe estar aprobado para áreas Clase I, División 2.

Excepción: El equipo instalado en áreas Clase I, División 1 debe estar aprobado para áreas División 1.

NOTA: Para requerimientos adicionales véase 501-5(f)(3).

El equipo debe estar aprobado no solo para la clase del área, sino también para las propiedades explosivas, combustibles o inflamables específicamente del gas, vapor, polvo, fibra o partículas volátiles que estén presentes. Además, el equipo Clase I no debe tener ninguna superficie expuesta que opere a una temperatura que exceda de la temperatura de ignición del gas o vapor específico.

NOTA: Fibras y partículas volátiles, significa que: Los materiales normalmente no se encuentran suspendidos en el aire; tales materiales son partículas de tamaño mayor que los polvos. Fibras y partículas volátiles incluyen materiales tales como fibras de residuo de algodón desmontado, aserrín, fibras textiles y otras partículas mayores que usualmente son de mayor peligro de fuego que un peligro de explosión.

El equipo Clase II no debe tener una temperatura externa más alta que la especificada en 500-3(f).

El equipo Clase III no debe exceder las temperaturas máximas superficiales especificadas en 503-1.

El equipo aprobado para un área clasificada como División 1 puede ser instalado en un área clasificada como División 2 de la misma clase y grupo.

El equipo de uso general, o equipo en envoltorios de uso general permitidos en los Artículos 501 al 503, se puede instalar en áreas División 2, si el equipo, bajo condiciones normales de operación, no constituye una fuente de ignición.

A menos que se especifique otra cosa, se debe asumir que las condiciones normales de operación para motores se valoran como condiciones constantes a plena carga.

Cuando gases inflamables o polvos combustibles estén o puedan estar al mismo tiempo, la presencia simultánea de ambos debe considerarse en el momento de determinar la temperatura segura de funcionamiento del equipo eléctrico.

NOTA: Las características de las distintas mezclas atmosféricas de gases, vapores y polvos dependen del material específico involucrado.

Los cables de fibra óptica o los dispositivos para fibra óptica aprobados para áreas clasificadas como peligrosas deben ser instalados de acuerdo con lo indicado en 504-20 y 770-52.

Excepción: Cables de fibra óptica o sus dispositivos que sean conductivos también deben ser instalados de acuerdo con lo indicado en los Artículos 500 a 503.

d) Marcado. El equipo aprobado se debe marcar para indicar la clase, el grupo y la temperatura de operación o rango de temperatura con referencia a una temperatura ambiente de 40 °C.

NOTA: El equipo que no esté marcado para indicar una división específica, o marcado “División 1” o “Div. 1”, se considera adecuado para áreas División 1 y 2. El equipo marcado “División 2” o “Div. 2” se considera adecuado únicamente para áreas División 2.

En caso de que se proporcione la capacidad de temperatura de operación del equipo, ésta debe ser indicada por medio de los números de identificación, como se muestra en la Tabla 500-3 (d).

Excepción: Como se requiere en 505-10(b).

Los números de identificación marcados sobre las placas de datos de equipo, deben estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 500-3 (d).

Excepción: Como se requiere en 505-10(b).

El equipo aprobado para Clase I y Clase II debe estar marcado con la temperatura máxima segura de operación, que se determina por medio de la exposición simultánea a las combinaciones de las condiciones Clase I y Clase II.

Excepción 1: Equipo de tipo no productor de calor, tal como cajas de conexiones, tubo (conduit) y sus accesorios, y equipo productor de calor cuya máxima temperatura no exceda de 100 °C, no es necesario que se les marque la temperatura de operación o la capacidad de temperatura.

Excepción 2: Los aparatos de alumbrado marcados para usarse solo en áreas Clase I, División 2, o Clase II, División 2, no requieren marcarse para indicar su grupo.

Excepción 3: El equipo de tipo fijo para uso general en áreas Clase I, diferente a los aparatos de alumbrado fijos que se aceptan para uso en áreas Clase I, División 2, no requiere marcarse con Clase, Grupo, División o temperatura de operación.

Excepción 4: El equipo de tipo fijo hermético al polvo, diferente a las luminarias fijas, aceptado para usarse en áreas Clase II, División 2 y Clase III, no requiere marcarse con la Clase, Grupo, División o temperatura de operación.

Excepción 5: El equipo eléctrico adecuado para temperaturas ambiente que excedan de 40 °C, debe marcarse tanto con la máxima temperatura ambiente de operación, como con la temperatura de operación o capacidad de temperatura para aquella temperatura ambiente.

Tabla 500 – 3(d). Números de identificación

Temperatura máxima °C	Número de identificación
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D
200	T3
180	T3A
165	T3B
160	T3C
135	T4
120	T4A
100	T5
85	T6

Nota: Debido a que no existe una relación consistente entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición, ambas propiedades son requisitos independientes.

e) Temperatura Clase I: Las temperaturas marcadas, especificadas en (d) anterior, no deben exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se vaya a encontrar en el área.

Excepción: Donde la clasificación del área esté de acuerdo con lo indicado en el Artículo 505, la temperatura marcada en la Sección 505-10(b), no debe exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico involucrado.

f) Temperatura Clase II. La temperatura indicada en (d) anteriormente, debe ser menor que la temperatura de ignición del polvo específico que se vaya a encontrar. Para los polvos orgánicos que se deshidraten o carbonicen, la temperatura de marcado no debe exceder de la temperatura de ignición o 165 °C.

La temperatura de ignición para la cual estaban anteriormente aprobados los equipos para este requisito, debe suponerse que es como se indica en la Tabla 500-3(f).

Tabla 500 – 3(f). Temperatura de ignición

Equipo que no está sujeto a sobrecarga	Equipo que puede sobrecargarse, tal como motores o transformadores
--	--

Clase II Grupo	°C	Operación normal °C	Operación anormal °C
E	200	200	200
F	200	150	200
G	165	120	165

500-4. Locales específicos. Los Artículos 510 al 517 cubren requisitos para los siguientes locales: Talleres de servicio automotriz, hangares de aviación, surtidores (dispensarios) y estaciones de servicio y autoconsumo, plantas de almacenamiento, plantas de procesos de acabado e instalaciones para el cuidado y asistencia de la salud.

500-5. Áreas Clase I. Las áreas Clase I son aquellas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables. Las áreas Clase I, deben incluir aquellas especificadas en los incisos (a) y (b) descritos a continuación.

a) Clase I, División 1. Un área Clase I División 1 es aquella (1) en donde, bajo condiciones normales de operación, existen concentraciones de gases o vapores inflamables, (2) en donde frecuentemente, debido a labores de reparación, mantenimiento o fugas, existen concentraciones en cantidades peligrosas de gases o vapores, (3) en donde debido a roturas o mal funcionamiento de equipos o procesos, pueden liberarse concentraciones inflamables de gases o vapores, y pueden también causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico.

NOTA 1: Esta clasificación generalmente incluye las áreas donde se transfieren, de un recipiente a otros líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables; los interiores de las cabinas pulverizadoras de pintura, donde se usan solventes volátiles inflamables; las áreas que contienen tanques abiertos o tanques de líquidos volátiles inflamables; los locales para el secado o los compartimentos para la evaporación de solventes inflamables; los locales que contienen equipo para la extracción de grasas y aceites que usan solventes volátiles inflamables; las secciones de las plantas de limpieza y teñido donde se utilizan líquidos inflamables; los cuartos de los generadores a gas y otras secciones de las plantas manufactureras de gas donde puede haber escape de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables inadecuadamente ventilados; los ventiladores de refrigeradores y

congeladores que almacenen materiales volátiles inflamables al descubierto, o en recipientes ligeramente cubiertos o de fácil ruptura; y todas las demás áreas donde puedan ocurrir durante el transcurso de una operación normal concentraciones de vapores o de gases inflamables.

NOTA 2: En algunas áreas Clase I se pueden presentar concentraciones incendiables de gases inflamables o vapores, continuamente o por largos periodos de tiempo. Algunos ejemplos incluyen el interior de envoltorios con respiraderos inadecuados que contienen instrumentos, normalmente respirando gases inflamables o vapores al interior del envoltorio; el interior de tanques con respiraderos (venteos) que contengan líquidos inflamables volátiles, el área entre el interior y el exterior de secciones del techo de un tanque de techo flotante que contenga fluidos inflamables volátiles, áreas inadecuadamente ventiladas dentro de procesos de acabado y que usan fluidos inflamables volátiles, e interiores de ductos de extracción usados para ventilar concentraciones incendiables de gases o vapores. La experiencia ha demostrado tener especial cuidado de (a) evitar la instalación de instrumentos u otro equipo eléctrico en su totalidad en estas áreas particulares o, (b) donde esto no pueda evitarse debido a que es esencial para el proceso y otras áreas donde no sea factible (véase 500-2 NOTA), usar equipo eléctrico o instrumentación aprobados para la aplicación específica o consistente de sistemas intrínsecamente seguros como se describe en el Artículo 504.

b) Clase I, División 2. Un área Clase I, División 2, es aquella: (1) en donde se manejan, procesan o se usan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, pero en donde normalmente los líquidos, vapores, o gases, están confinados dentro de recipientes cerrados o sistemas cerrados de donde ellos pueden escapar solo en el caso de una ruptura accidental o avería de los recipientes o sistemas, o en el caso de una operación anormal del equipo; (2) en áreas en donde concentraciones inflamables de gases o vapores son normalmente prevenidas por medio de una ventilación mecánica positiva, y la cual puede convertirse en peligrosa por la falla o por la operación anormal del equipo de ventilación; o (3) que el área se encuentra adyacente a un área Clase I División 1, hacia donde pueden llegar ocasionalmente concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que la vía de comunicación se evite por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio y se disponga de dispositivos adecuados para evitar las fallas del sistema de ventilación.

NOTA 1: Esta clasificación generalmente incluye áreas donde se usen líquidos volátiles inflamables o gases o vapores inflamables, pero que pueden volverse peligrosos, solamente en caso de accidente o de alguna condición de operación inadecuada. La cantidad de material inflamable que puede escaparse con fuerza, en caso de accidente, la suficiencia del equipo de ventilación, el área total involucrada y el historial de la industria o empresa con respecto a explosiones o incendios, son los factores que merecen consideración al determinar la clasificación y la extensión de cada área.

NOTA 2: No se considera que la tubería sin válvulas, los puntos de inspección, los medidores, los dispositivos similares, pueden generalmente causar condiciones de peligro, aun al usarse líquidos o gases inflamables. Las áreas usadas para el almacenamiento de líquidos inflamables o gases licuados o comprimidos dentro de recipientes sellados, no se consideran normalmente peligrosas, a menos que estén sujetas también a otras condiciones peligrosas.

500-6. Áreas Clase II. Las áreas Clase II, son aquellas peligrosas debido a la presencia de polvo combustible. Las áreas Clase II deberán incluir aquéllas especificadas en (a) y (b) que se enuncian a continuación:

a) Clase II, División 1. Un área Clase II, División I es un lugar:

- 1) En el cual bajo condiciones normales de operación hay polvo combustible en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o incendiables.
- 2) En el cual una falla mecánica o un funcionamiento anormal de una maquinaria o equipo puede causar explosión o producir mezclas explosivas, y puede también proporcionar la fuente de ignición por medio de una falla simultánea del equipo eléctrico, la operación de equipo de protección, o de otras causas.
- 3) En donde polvos combustibles que por naturaleza son eléctricamente conductivos, pueden estar presentes en cantidades peligrosas.

NOTA: Los polvos combustibles que son eléctricamente no-conductivos incluyen los polvos producidos en el manejo de granos y productos de los granos, azúcar pulverizada y cacao, huevo seco y leche en polvo, pastas, especias pulverizadas, almidón, papas y harinas, harinas producidas de frijoles y semillas, heno seco u otros materiales orgánicos que pueden producir polvos combustibles durante su procesamiento o manejo. Solamente los polvos del grupo E son considerados

eléctricamente conductivos para el propósito de la clasificación. Los polvos que contienen magnesio o aluminio son particularmente peligrosos, y su uso debe ser con extrema precaución para evitar ignición y explosión.

b) Clase II, División 2. Un área Clase II, División 2, es aquella donde el polvo combustible no está generalmente en el aire, en suficiente cantidad para producir mezclas explosivas o inflamables y las acumulaciones de polvo son generalmente insuficientes para interferir con la operación normal de equipo eléctrico o de otros aparatos, pero el polvo combustible puede estar en suspensión en el aire como resultado de un ocasional mal funcionamiento del equipo de manejo o procesos y las acumulaciones de polvo combustible sobre, dentro o en la proximidad del equipo eléctrico, pueden ser suficientes para interferir con la disipación segura de calor del equipo eléctrico, o pueden incendiarse por medio de operaciones anormales o falla del equipo eléctrico.

NOTA 1: La cantidad de polvo combustible que puede estar presente y los sistemas adecuados para remover el polvo, son factores que requieren su consideración para determinar la clasificación y puede resultar en un área no clasificada.

NOTA 2: Cuando productos tales como semillas son manejadas de un modo que produzca bajas cantidades de polvo, la cantidad depositada de éste, puede no requerir su clasificación.

500-7. Áreas Clase III . Las áreas Clase III son aquellas peligrosas debido a la presencia de fibras o partículas volátiles de fácil ignición, pero en las cuales es poco probable que dichas partículas permanezcan en suspensión en suficientes cantidades para producir mezclas inflamables. Las áreas Clase III deben incluir aquellas especificadas en (a) y (b) descritas a continuación.

a) Clase III, División 1. Un área Clase III División I es aquella donde se manejan, manufacturan o usan fibras inflamables que producen partículas volátiles inflamables.

NOTA 1: Estas áreas generalmente incluyen algunos sitios que utilizan rayón, algodón y otros textiles; en las plantas manufactureras y procesadoras de fibras que son combustibles; desmontadoras de algodón y plantas trituradoras de semillas de algodón, plantas procesadoras de lino; plantas manufactureras de ropa, plantas de madera y establecimientos e industrias involucradas en procesos o condiciones de peligros similares.

NOTA 2: Entre las fibras y partículas volátiles se encuentran las de rayón, algodón (incluyendo las fibras de residuo de algodón

desmontado y desperdicios de algodón), henequén, ixtle, yute, cáñamo, fibra de cocoa, estopa, desperdicio de lana, de ceiba, musgo español, virutas de maderas y otros materiales de similar naturaleza.

b) Clase III, División 2. Un área Clase III, División 2, es aquella donde se almacenan o manejan fibras fácilmente inflamables.

Excepción: En el proceso de manufactura.

501-9. Luminarias. Las luminarias deben cumplir con (a) o (b) siguientes:

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, las luminarias deben cumplir con lo siguiente:

1) Luminarias aprobadas. Cada luminaria debe estar aprobada como un ensamble completo para áreas Clase I, División 1, y tener claramente marcada la potencia máxima de las lámparas para las cuales está aprobada. Las luminarias portátiles deben aprobarse específicamente como un ensamble completo para este uso.

2) Daño físico. Cada luminaria debe protegerse contra daño físico por medio de una guarda adecuada o por su propia ubicación.

3) Luminarias colgantes. Las luminarias colgantes deben suspenderse y alimentarse por medio de tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado y las uniones roscadas deben llevar tornillos de fijación (prisioneros) u otros medios efectivos para impedir que se aflojen. Los tubos de longitud mayor de 30 cm se deben fijar de manera efectiva y permanente para impedir desplazamientos laterales con medios efectivos a no-más de 30 cm por arriba del extremo inferior del tubo, o bien se les debe dar la flexibilidad necesaria por medio de un accesorio o conector flexible aprobado para áreas Clase I, División 1, colocado a no-más de 30 cm del punto de sujeción a la caja o al accesorio de soporte.

4) Soportes. Las cajas, ensambles de cajas o accesorios utilizados para el soporte de luminarias deben estar aprobados para áreas Clase I.

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, las luminarias deben cumplir con lo siguiente:

1) Equipo portátil de iluminación. Los equipos portátiles de iluminación deben cumplir con lo previsto en el inciso anterior (a) (1).

Excepción: Se permite un equipo de iluminación portátil montado sobre soportes móviles y conectado por medio de cordones flexibles como se especifica en 501-11, cuando montado en cualquier posición, cumple con 501-9(b)(2) siguiente.

2) Luminarias fijas. Las luminarias para alumbrado fijo deben protegerse contra daño físico por medio de guardas apropiadas o por su propia ubicación. Donde haya peligro de chispas o de metal caliente provenientes de las lámparas o luminarias que puedan

provocar la ignición de concentraciones localizadas de gases o vapores inflamables, es preciso proveer envolventes adecuadas u otros medios efectivos de protección. Cuando las lámparas son del tipo o tamaño que puedan en condiciones normales de operación, alcanzar temperaturas superficiales que excedan 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor involucrado (°C), las luminarias deben cumplir con (a)(1) anterior, o ser de un tipo que haya sido probado para determinar la capacidad de temperatura o el marcado de la temperatura de operación.

3) Luminarias colgantes. Las luminarias deben suspenderse por medio de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o por otros dispositivos aprobados. Los tubos de longitud mayor a 30 cm se deben fijar de manera efectiva y permanente para impedir desplazamientos laterales, con medios adecuados a no-más de 30 cm de altura sobre el extremo inferior del tubo, o bien se les debe dar la flexibilidad necesaria por medio de un accesorio o conector flexible aprobado para este propósito y colocado a no-más de 30 cm del punto de sujeción a la caja o al accesorio de soporte.

4) Desconectores. Los desconectores que formen parte de una luminaria ensamblada o de un portalámparas individual deben cumplir con lo indicado en 501-6 (b)(1).

5) Equipo de arranque. El equipo de arranque y control de las lámparas de descarga debe cumplir con lo indicado en 501-7(b).

Excepción: Los protectores térmicos incorporados en los balastos para lámparas fluorescentes protegidos térmicamente si la luminaria está aprobada para áreas de esta Clase y División.

2.3. PROCEDIMIENTOS PARA CÁLCULO DE ALUMBRADO

ALUMBRADO INTERIOR

2.3.1. DESARROLLO BASICO GENERAL

1. Determinar el nivel luminoso recomendado de acuerdo al trabajo específico a desarrollar, empleando columna S.M.I.I. (sociedad mexicana de ingenieros en iluminación). Ver anexos.
 2. Para actividades propias de la industria petrolera utilizar el nivel luminoso indicado en la norma. Alumbrado para instalaciones industriales.
 3. Determinar características físicas del local esto incluye.
Dimensiones del local (largo, ancho, y alturas).
Valores de reflectancia (pared, techo y piso), localización del plano de trabajo
utilizar tabla siguiente
 4. seleccionar luminario considerando factores siguientes:
tipo de lámpara
lúmenes por luminario
potencia de la lámpara
número de lámparas por luminario.
Restricciones físicas de montaje (colgante, empotrado, etc.)
Características de depreciación del luminario
Mantenimiento requerido (limpieza del reflector y remplazo de lámparas)
Costo, tamaño y peso
Aspecto estético
Separación entre luminarios
 5. Determinar factor de mantenimiento (fm) considerar factores siguientes:
condiciones ambientales
depreciación lumínica de la lámpara
aplicar tabla I III412
 $FM = D \times d$
- Donde:
- D = depreciación lúmenes lámpara
 - d = depreciación del luminario debido al polvo

Para encontrar el valor de D referirse a tabla III44 y para d referirse a tabla No III44 y páginas 120 a 127 del manual de alumbrado westinghouse

2.3.2. METODO DE CAVIDAD ZONAL

1. realizar los pasos (1 a 5) del procedimiento anterior, desarrollo básico general.

2. Calcular relaciones de cavidad (rc)

Cavidad del local (rcl)

Cavidad de techo (rct)

Cavidad del piso (rcp)

Fórmula:

$$Rc = \frac{5 \times \text{ALTURA} \times (\text{LARGO} + \text{ANCHO})}{\text{LARGO} \times \text{ANCHO}}$$

DONDE:

Altura = altura de cavidad de local, techo o piso

3. **Determinar reflectancia efectiva de cavidad de techo. Aplique tabla de los anexos**

Considere factores siguientes.

Si todas las superficies son altamente reflectivas, o si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo, emplear los valores de reflectancias seleccionados en el paso (1) para determinar el coeficiente de utilización. Para efectos de cálculo en este procedimiento se considera un valor del 20 % para reflectancia efectiva de piso.

4. determinar el coeficiente de utilización (c.u.) con los valores de reflectancia efectiva de

techo y piso, y reflectancia de pared, seleccionar el coeficiente de utilización de los datos fotométricos del luminario.

En caso de no contarse con datos fotométricos del luminario utilizar pag. 120 y 127 del manual de alumbrado westinghouse.

5. calcular el número de luminarios requeridos. Aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{N}^{\circ} \text{ DE LUMINARIAS} = \frac{\text{AREA} \times \text{NIVEL LUMINOSO}}{\text{LUMEN INICIAL DEL LUMINARIO} \times \text{CU} \times \text{FM}}$$

6. calcular el espaciamiento promedio entre luminarios (Es)
aplicar fórmula:

$$ES = \sqrt{\frac{AREA}{No \text{ DE LUMINARIOS}}}$$

7. calcular disposición lumiaros. Aplicar fórmulas:
A lo largo = largo / espaciamiento
A lo ancho = ancho / espaciamiento
8. verificar que la relación de espaciamiento a altura de montaje no exceda lo especificado por el fabricante del luminario seleccionado para garantizar un nivel de iluminación uniforme.
9. Para simplificar cálculos de este método emplear hoja de resumen de cálculo de alumbrado por método de cavidad zonal

2.3.3. METODO DEL LUMEN

1. Realizar pasos (1) y (5) del procedimiento de alumbrado interior
2. Calcular relación de local (RL) aplicando la fórmula:

$$RL = \frac{3 \times ANCHO \times LARGO}{2 \times ALTURA \times (ANCHO + LARGO)}$$

DONDE:

Altura = altura sobre el plano de trabajo

3. seleccionar el índice de local (il) aplique tabla y el valor de relación del local para determinarlo

4. Determine el coeficiente de utilización (cu). Con los valores de reflectancia de pared, techo y piso, e índice de local seleccionar el coeficiente de utilización de los datos fotométricos de luminario. En caso de no contarse con datos fotométricos del luminario emplear páginas 120 y 127 del manual de alumbrado de westinghouse.
5. Determinar la máxima relación de espaciamiento a altura de montaje. Obtenga esta relación de datos fotométricos del luminario o consulte las páginas 120 y 127 del manual de alumbrado de westinghouse
6. Calcular el número de luminarios requeridos, aplicando la fórmula

$$\text{N}^{\circ} \text{ DE LUMINARIAS} = \frac{\text{AREA} \times \text{NIVEL LUMINOSO}}{\text{LUMEN INICIAL DEL LUMINARIO} \times \text{CU} \times \text{FM}}$$

7. Calcular el máximo espaciamiento entre luminarios. No exceda el máximo espaciamiento para garantizar un nivel de iluminación uniforme. Multiplique el valor del paso (5) por la altura de montaje para determinarlo
8. Para simplificar cálculos de este método, emplear hoja de resumen de cálculo de alumbrado por método de lumen.

2.3.4. METODO DE PUNTO POR PUNTO

1. Realizar pasos (1) a (5) del desarrollo básico general
2. Determinar el número de luminarios requeridos para obtener una iluminación uniforme
Aplique procedimiento método de lumen o método de cavidad zonal.
3. distribuya el número de luminarios calculados en paso (2) sobre el local a iluminar.
4. Elegir puntos críticos de iluminación del local
5. Determinar la contribución (luxes) que proporciona cada luminario sobre el punto crítico de iluminación.

Calcule en ángulo de incidencia (θ) del haz luminoso de cada luminario sobre el punto

crítico de iluminación y con los datos fotométricos seleccionar el valor de intensidad

luminosa.

Aplicar fórmulas:

Para plano horizontal

para plano vertical

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

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

Donde:

E = NIVEL LUMINOSO EN LUXES

I = INTENSIDAD LUMINOSA EN CELDAS

D = DISTANCIA DEL LUMINARIO AL PUNTO CRITICO EN METROS

La intensidad luminosa se obtiene solamente de las curvas de distribución fotométrica del luminario seleccionado.

Considerar todos los luminarios que iluminan el punto crítico.

Corregir el valor I si la altura es diferente a la indicada en los datos fotométricos del luminario; aplique el siguiente factor de corrección.

Factor de corrección por altura (FCA)

$$FCA = \frac{(\text{ALTURA INDICADA EN CURVA})^2}{(\text{ALTURA DE MONTAJE REAL})^2}$$

Calcule la intensidad luminosa corregida (IC)

aplicar fórmula.

$$IC = I / FCA$$

6. determinar el nivel de iluminación en luxes en el punto crítico de iluminación.
Sume las contribuciones que proporcionan todos los luminarios en ese punto.

7. si el nivel de iluminación obtenido en paso (6) difiere considerablemente del nivel luminoso requerido, modifique la altura de montaje, la potencia del luminario o la distribución de luminarios y repita el procedimiento desde el paso (2).

CAPITULO III

EL AHORRO DE ENERGIA EN ALUMBRADO POR CONTROL DE LUZ.

3.1. AHORRO DE ENERGIA POR CONTROL DE LUZ

Existen varias posibilidades de ahorrar energía mediante el control de iluminación.

Control luminoso (fotoceldas)

Mediante el uso de fotoceldas, se ha podido ahorrar energía, en oficinas que colindan con ventanas. Por otro lado se puede utilizar solo un porcentaje de la iluminación artificial aprovechando más la luz natural.

Es importante considerar factores como el uso de cortinas o persianas, ya que si la oficina que tiene fotocelda instalada tiene cerradas sus cortinas, el nivel de iluminación artificial del resto de las oficinas conectadas a la fotocelda, se elevara aun cuando la iluminación natural sea suficiente. La ubicación de las fotoceldas es un factor importante ya que es necesario evitar sombras ocasionadas por arbustos u otros objetos.

También el uso de fotoceldas para alumbrado fluorescente a implicado utilizar balastos electrónicos. Si es el caso que se desee regular la cantidad de luz por lo tanto las inversiones necesarias son mayores, lo mismo con los ahorros.

Las fuentes de luz de sodio de alta presión (sap) son las de mayor eficiencia de entre todas las lámparas DAI, esto es, proporcionan más lúmenes por vatio consumido. Puesto que las tarifas por concepto de electricidad se han elevado, también se ha incrementado el uso de esta clase de lámparas. Las lámparas de sodio de alta presión son 50 por ciento más eficaces que las de halógeno metálico y que las fluorescentes también son dos veces más eficaces que las de mercurio y seis veces más eficaces que las de filamento incandescente.

Las lámparas de sodio de alta presión son diferentes de las demás fuentes DAI. En vez de un electrodo de arranque, la balastra utiliza un circuito especial para encender la lámpara. El tubo del arco está hecho de alúmina y utiliza xenón como gas de arranque así como una amalgama de mercurio con sodio, para el arco principal.

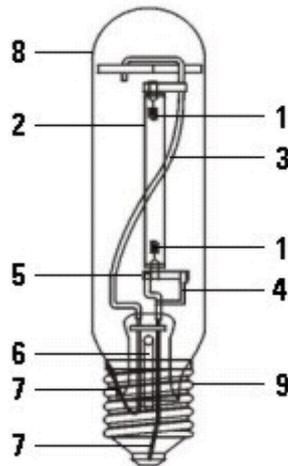
La balastra contiene un circuito especial de arranque que ioniza al xenón por medio de impulsos de escasa energía y alto voltaje (aproximadamente de 2500 a 3000 voltios). Estos impulsos se sobreponen al voltaje de 60 ciclos de la línea hasta que se establezca el voltaje de circuito abierto (VCA) de la balastra y se mantenga el arco xenón.

3.2 CARACTERISTICAS DE LA LAMPARA AHORRADORA

Todas las lámparas de sodio de alta presión de philips tienen una mayor cantidad de sodio en el tubo de descarga, lo que le da al vapor condiciones de saturación durante el funcionamiento de la lámpara, y permite que ocurra la absorción interna de la superficie. También hay una cantidad mayor de mercurio, que actúa como un gas de protección. El xenón que se adiciona a baja presión, facilita la ignición y limita la conducción del calor del arco de descarga hacia la pared del bulbo. El tubo de descarga, colocado dentro de una envoltura de vidrio duro, al vacío, se hace de óxido de aluminio sinterizado y resiste la intensa actividad química del vapor de sodio a la temperatura de operación de 700 °c.

Las lámparas de sodio de alta presión irradian energía en gran parte del espectro visible. Estas lámparas proporcionan una reproducción de color razonable (su índice de reproducción de colores (irc) es de 23): estas lámparas alcanzan una eficiencia lumínica de hasta 130 lm/w y poseen una temperatura de color aproximadamente 2100 k.

Partes principales de la lámpara de sodio:



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

3.3 INVERSION CON RETORNO GARANTIZADO.

Al utilizar las lámparas ahorradoras en sus instalaciones (oficinas, fábricas, depósitos, almacenes y estacionamientos), el consumo de energía es menor y se incrementa los niveles de seguridad y productividad. Hay diversas razones para ello:

- La inversión que se realiza en el momento del cambio o instalación de la lámpara se amortiza en poco tiempo por la economía de energía.
- Se reduce el consumo de energía eléctrica.
- Hay un aumento en el flujo luminoso;
- La iluminación adecuada genera menos fatiga y un consecuente aumento en la productividad;

- Disminuyen los accidentes
- Surge la posibilidad de ampliar la potencia instalada con nuevos equipamientos sin aumento del consumo energético.

Para ello se muestra como ejemplo una tabla de comparación de una lámpara ahorradora y una convencional tomada de un historial.

3.3.1 TABLA DE COMPARACION DE LA LAMPARA AHORRADORA Y UNA CONVENCIONAL.

SON-H: Renovación HPL.

Las lámparas SON-H fueron específicamente creadas para permitir intercambiabilidad con las lámparas de vapor de mercurio, sin necesidad de cambiar el balastro.

Las lámparas SON-H ofrecen una inmediata mejoría, utilizando menos energía y produciendo más luz.

COMPARATIVO ECONOMICO		
HPL-N 400W X SON – H 350W		
Area industrial:		
Tiempo de utilización; 18 hrs/día 24 días/mes período: 50.000 hs vida: HPL- N 400W = 12.000 hrs SON – H 350W = 12.000 hrs	Precio (us \$) HPL-N 400W = 18.00 SON – H 350W = 25.00 ENERGIA (\$ / KWH) = 0.07	
	HPL-N 400W	SON-H 350W
Flujo luminoso (lm)	22000	34000
Potencia del sistema (w)	426	380
Costo inicial (us \$)	18.00	25.00

5. Calcular relaciones de cavidad

$$R_c = \frac{5 \times \text{ALTURA} \times (\text{LARGO} + \text{ANCHO})}{\text{LARGO} \times \text{ANCHO}}$$

$$R_{cl} = \frac{5 \times 8.79 \times (46 + 11)}{46 \times 11} = 4.95 \cong 5$$

$$R_{ct} = \frac{5 \times 0.50 \times (46 + 11)}{46 \times 11} = 0.281$$

6. Calcular el número de luminarios

$$\text{N}^\circ \text{ DE LUMINARIAS} = \frac{506 \times 100}{22000 \times 0.553 \times 0.65} = 6.40 \approx 7$$

7. Calcular el espaciamiento entre luminaria

$$ES = \sqrt{\frac{506}{7}} = 8.5 \quad \text{Largo} = \left(\frac{46}{8.5} \right) = 5.4\text{m} \quad \text{Ancho} = \left(\frac{11}{8.5} \right) = 1.29\text{m}$$

PROYECTO: TRABAJO PARA OBTENER EL TITULO	FECHA:
AREA: TALLER DE MAQUINAS HERRAMIENTAS	

DATOS GENERALES

DATOS DE LUMINARIA

DIMENSIONES DEL LOCAL	(7) LARGO: 46M	TIPO:
	(8) ANCHO: 11M	MARCA Y CATALOGO: PHILIPS SON STANDARD / PLUS
	(5) AREA: 506 m²	POTENCIA: 250 W
(2) NIVEL DE ILUMINACION:	100 LUX	(1) LUMENES POR LUMINARIA: 22000
REFLECTANCIA	TECHO: 30 %	HCT: 0.50M
	PISO: 20 %	HCC: 8.75 M

$$R_c = \frac{5 \times \text{ALTURA} \times (\text{LARGO} + \text{ANCHO})}{\text{LARGO} \times \text{ANCHO}}$$

HCP:
0 M

DATOS DE CALCULO	
RELACION DE CAVIDAD DEL LOCAL: 4.95	(3) FACTOR DE MANTENIMIENTO: 0.65
RELACION DE CAVIDAD DEL TECHO: 0.2816	(4) COEFICIENTE DE UTILIZACION: 0.553
RELACION DE CAVIDAD DEL PISO: 0	

(9) ESPACIAMIENTO = $\sqrt{\frac{5}{6}}$ = 8.5 M	LARGO: 7 / 9 = 5.4 M	ANCHO: 8 / 9 = 1.3 M
(6) NUMERO DE LUMINARIAS = $\frac{2 \times 5}{1 \times 3 \times 4 \times 0.9}$ = 6.4 = 7 LUMINARIOS		
FACTOR DE BALASTRO 0.9		

Con los cálculos anteriores se puede ver que se obtuvieron buenos resultados, ya que se necesitaran 7 luminarias con una potencia menor a la instalada, esto quiere decir que iluminaremos la nave del taller de maquinas y herramientas con 3 lámparas menos y con una potencia total de 1750 watts, lo cual nos indica que estamos ahorrando 2250 watts, en porcentaje representa 56.25%.

Si se hacen las modificaciones en el taller de maquinas y herramientas, solo se modificará el número de luminarias y con esto el espaciamiento entre ellas. Por que se podría recuperar el material ya instalado (tuberías, cables, condulets etc.), como la lámpara de vapor de mercurio es intercambiable con la lámpara son philips no modificaríamos el portalámpara ni el tipo de balastro. También se obtiene un eficiente flujo luminoso que sería del 1.047, ya que la lámpara de vapor de mercurio tiene un flujo luminoso de 21000 y la lámpara ahorradora de 22000, o sea 1000 lm más que la convencional, que en porcentaje es de un 9.52 % más de luminosidad.

CONCLUSIONES.

Las ciudades crecen con el tiempo y demanda mayor comfort en los servicios de energía, por lo que en la energía eléctrica se ve reflejado, por eso debemos concientizarnos acerca de la utilización de productos de bajo consumo de energía, la población los comerciantes y las industrias, así estaríamos consumiendo menos, por lo que resultaría en un equilibrio entre la oferta y la demanda de energía y un consecuente ahorro. También tendríamos como resultado de la conservación de energía la preservación del medio ambiente, pues tendríamos menos hidroeléctricas que implican menos deforestación, tendríamos la menor generación de energía nuclear y así menos radiación y menores riesgos, menos termoeléctricas y menos contaminación, además con ese ahorro podríamos electrificar más comunidades rurales, colonias etc.

Por eso este trabajo se basa en dar a conocer la importancia de utilizar lámparas ahorradoras así como las normas y el procedimiento de calculo para los alumbrados, tanto en interiores como en exteriores, por eso los proveedores como lo son Philips y Osram se están preocupando por desarrollar nueva tecnología de bajo consumo de energía, como lámparas, balastros, controles eléctricos y sistemas de iluminación que ahorren energía teniendo una mayor duración de vida.

BIBLIOGRAFIA

REVISTA INFORMATIVA DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA (FIDE) N° 9

REVISTA INFORMATIVA DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA (FIDE) N° 10

REVISTA INFORMATIVA DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA (FIDE) N° 13

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE DISEÑO PEMEX

INSTALACIONES ELECTRICAS

AUTOR E. CAMPERO

2° EDICION

EDITORIAL ALFA OMEGA

SISTEMAS DE ILUMINACION INDUSTRIALES

AUTOR: JOHN P. FRIER Y MARY E. GAZLEY FRIER

1ERA. EDICION

EDITORIAL: LIMUSA

MORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-001-SEIE-1999

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

CAPITULO 4 Y 5

CATALAGOS PHILIPS

CATALAGOS OSRAM

CATALAGOS LUMISISTEMAS

ANEXOS

ANEXO I

**NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS
(continuación)**

CONCEPTO	LUXES	
	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
TALLERES MECANICOS		
Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano	1 000	600
Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	6 000a	3 000a
Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado fino	10 000a	6 000a
TALLERES TEXTILES, ALGODON		
Abridores, mezcladoras, batientes	300	200
Cerdas y estiradoras	500	300
Pabiladoras, veloces, trociles y cañoneros	500	300
Enrolladores y engomadores:		
Telas crudas	500	300
Mezclillas	1 500	900
Inspección:		
Telas crudas (volteadas a mano)	1 000	600
Atado automático	1 500a	900a
Telares	1 000	600
Repaso y atado a mano	2 000a	1 100a
TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		
Abridoras, mezcladoras y batientes	300	200
Clasificación	1 000a	600a
Cardado, peinado y repeinado	500	300
Estirado:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1 000	600
Trociles:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1 000	600
Torzales	500	300
Devanado:		
Hilo blanco	300	200
Hilo de color	500	300
Urdidores:		
Hilo blanco	500	300
Hilo blanco (en el peine)	1 000	600
Hilo de color	1 000	600
Hilo de color (en el peine)	3 000a	1 700a

ANEXO II

NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS (continuación)

CONCEPTO	LUXES	
	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
PASILLOS Y CORREDORES	200	100
BAÑOS Y TOCADORES	200	100
Iluminación general	100	60
Espejo	300g	200g
<p>Dado que en el curso de 10 años los niveles de iluminación recomendados por el I.E.S. para Alumbrado Exterior, Areas Deportivas y Transportes, prácticamente no han variado y habiendo mostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C., Illuminating Engineering Society Mexico Chapter, aprobó recomendar los mismos niveles de iluminación, teniéndose presente que estos lugares en que se aplican son servicios públicos y en el de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.</p>		
LUXES		
I.E.S. S.M.I.I.		
<p>6. ALUMBRADO EXTERIOR</p> <p>ALUMBRADO DE PROTECCION</p> <p>Alrededores de áreas activas de embarque</p>		
	50	
Alrededores de edificios	10	
Areas de almacenamiento activas	200	
Areas de almacenamiento inactivas	10	
Entradas:		
Activas (peatones y/o transportes)	50	
Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)	10	
Límite de propiedad:		
Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (reflectores de dentro hacia fuera)	1.5	
Técnica de iluminación general	2	
Iluminación general áreas inactivas	2	
Plataformas de carga y descarga	200	
Ubicaciones y estructuras de importancia	50	

ANEXO III

**NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS
(continuación)**

CONCEPTO	LUXES	
	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Inspección de colores	2 000a	1 100a
Linotipos y cajistas	1 000	600
Prensas	700	400
Mesa de formación	1 500	900
Corrección de pruebas	1 500	900
Electrotipia:		
Moldeado, rauteado, acabado, nivelado, moldes y recortado	1 000	600
Galvanoplastia	500	300
Fotograbado:		
Grabado al ácido y montado	500	300
Rauteado, acabado, pruebas, entintado	1 000	600
VIDRIO, FABRICAS DE		
Cuarto de hornos y mezcladoras, prensado, máquinas sopladoras y templado	300	200
Esmerilado, cortado, plateado	500	300
Esmerilado fino, biselado, pulido	1 000	600
Inspección, grabado y decoración	2 000a	1 100a
ZAPATOS DE HULE, MANUFACTURA DE		
Lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200
Barnizado, vulcanizado calandras, cortado parte superior y suelas	500	300
Rodillos de suelas, procesos de hechura y acabado	1 000	600
ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE		
Cortado y costura:		
Tablas de cortado	3 000a	1 700a
Marcado, ojalado, adelgazado, selección, remendado y contadores	3 000a	1 700a
Cosido:		
Materiales claros	500	300
Materiales oscuros	3 000a	2 000a
Hechura y acabado	2 000	1 100
2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS		
AUDITORIOS		
Para exhibiciones	300	200
Para asambleas	150	100
Para actividades sociales	50	50

ANEXO IV

NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS (continuación)

CONCEPTO	LUXES	
	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Cuarto de quebradoras primaria, quebradoras auxiliares debajo de los depósitos	100	60
Cernidores	200	100
PINTURAS, MANUFACTURA DE		
Iluminación general	300	200
Comparación de las mezclas con las muestras o patrones	2 000j	1 100
PINTURAS, TALLERES DE		
Pintura por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte a fuego	500	600
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, rociado especial y con plantilla	500	300
Acabado de pintura a mano:		
Trabajo fino	1 000	600
Trabajo extra-fino (carrocerías, planos)	3 000a	1 700a
PLANTAS GENERADORAS		
Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, exclusaje de cenizas	100	60
Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y área de manómetros	200	100
Plataformas calderas	100	60
Plataformas quemador	200	100
Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo	100	60
Condensadores, piso de areadores, piso evaporador y piso calentadores	100	60
Cuartos de control:		
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Dúplex" viendo hacia el operador:		
Tipo A.— Cuarto de control largo, 170 cm sobre el piso	500	300
Tipo B.— Control de cuarto ordinario, 170 cm sobre el piso	300	200
Sección de "Dúplex" viéndose desde cualquier ángulo	300	200
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	500	300
Áreas dentro de los tableros (duplex)	100	60
Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60
Alumbrado de emergencia en cualquier área	30	20
Tableros despachadores:		
Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300

ANEXO V
NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS
(continuación)

CONCEPTO	LUXES	
	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Superficie vertical del tablero (1.25 m sobre el piso viendo hacia el operador):		
Cuarto despachador sistema de carga	500	300
Cuarto despachador secundario	300	200
Area para tanques de hidrógeno y bióxido de carbono	200	100
Laboratorio químico	500	300
Precipitadores	100	60
Casa de rejillas	200	100
Plataforma, sopladores de hollín o escoria	100	60
Cabezales para vapor y válvulas	100	60
Cuarto de interruptores de potencia	200	100
Cuarto para equipo telefónico	200	100
Túneles o galerías para tubería	100	60
Subsótano (parte inferior turbina)	200	100
Cuarto de turbinas	300	200
Area para tratamiento de agua	200	100
Plataforma para visitantes	200	100
PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA		
Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios	300	200
Hornos mecánicos, generadores, destiladores, secadores mecánicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decolorado	300	200
Tanques para cocción, extractores, coladores, nitradoras, celdas electrolíticas	300	200
SOMBREROS, MANUFACTURA DE		
Teñido, tensado, galoneado, limpiado y refinado	1000	600
Formado, calibrado, realizado, terminado y planchado	2 000a	1 100a
Cosido	5 000a	3 000a
SOLDADURA		
Iluminación general	500	300
Soldadura manual de precisión con arco	10 000a	6 000a
TABACO, PRODUCTOS DE		
Secado, desmondamiento (iluminación general)	300	200
Clasificación y selección	2 000a	1 100a

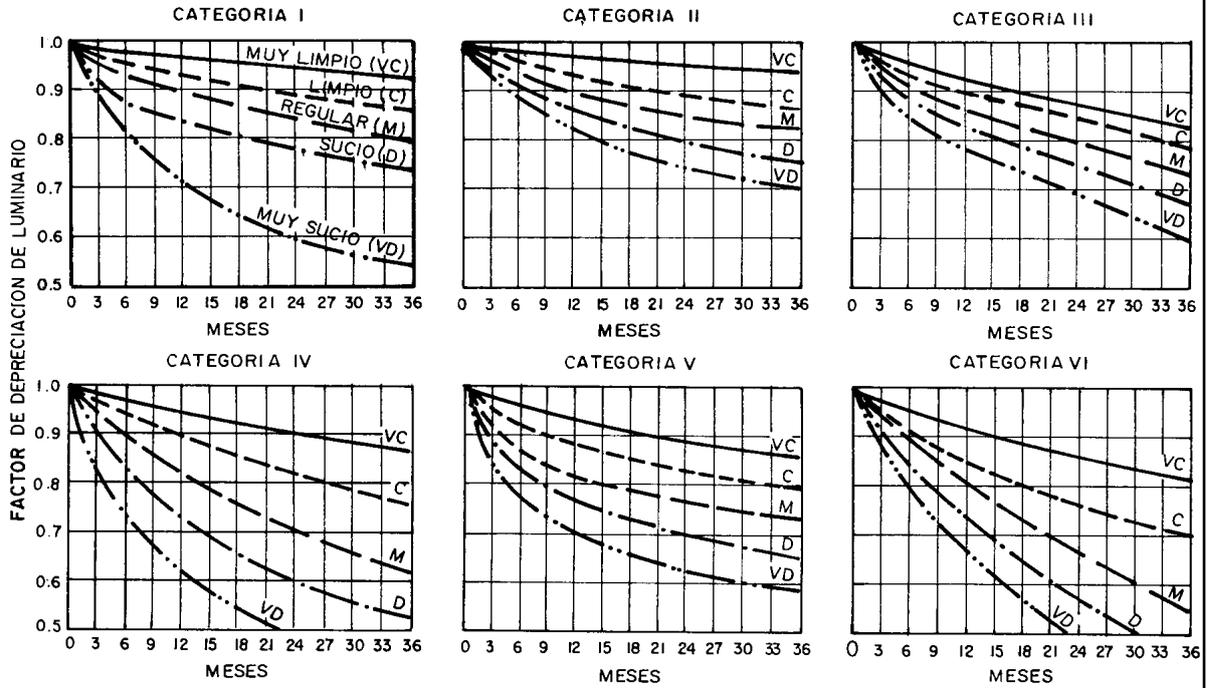
ANEXO VI

TABLA DE REFLECTANCIAS (Continuación)

REFLECTANCIAS EN VIDRIO	
COLOR	REFLECTANCIAS
Vidrio claro	10%
Vidrio opaco	15-30%
Con acabado mármol (claro)	20-40%
REFLECTANCIAS EN PLASTICO	
COLOR	REFLECTANCIAS
Claro	5-10%
Obscuro	15-30%

ANEXO VII

CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO



CATEGORIA DE MANTENIMIENTO	PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR
I	1. NADA	1. NADA
II	1. NADA 2. TRANSPARENTE CON 15% O MAS DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE LAS ABERTURAS 3. TRANSLUCIDA CON 15% O MAS DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE LAS ABERTURAS 4. OPACA CON 15% O MAS DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE LAS ABERTURAS.	1. NADA 2. REJILLAS O REFLECT.
III	1. TRANSPARENTE CON MENOS DEL 15% DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE LAS ABERTURAS 2. TRANSLUCIDA CON MENOS DEL 15% DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE LAS ABERTURAS 3. OPACA CON MENOS DEL 15% DE LUZ A TRAVES DE LAS ABERTURAS	1. NADA 2. REJILLAS O REFLECT.
IV	1. TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2. TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3. OPACO SIN ABERTURAS	1. NADA 2. REJILLAS
V	1. TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2. TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3. OPACO SIN ABERTURAS	1. TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2. TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS
VI	1. NADA 2. TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 3. TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 4. OPACO SIN ABERTURAS	1. TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2. TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3. OPACO SIN ABERTURAS

ANEXO VIII

PORCENTAJES DE REFLECTANCIAS EFECTIVAS TECHO O PISO PARA VARIAS COMB.																									
% DE REFLECTANCIA BASE*	90					80					70					60					50				
	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50
RELACION DE CAVIDAD	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50
0.2	89	88	87	86	85	84	84	82	79	78	78	77	77	76	75	74	72	70	69	68	67	66	65	64	63
0.4	88	87	86	85	84	83	81	80	79	76	79	77	76	75	74	73	72	71	70	68	69	68	67	66	65
0.6	87	86	84	82	80	79	77	76	74	73	78	76	75	73	71	70	69	66	65	63	69	67	65	64	63
0.8	87	85	82	80	77	75	73	71	69	67	78	75	73	71	69	67	65	63	61	57	68	66	64	62	60
1.0	86	83	80	77	75	72	69	66	64	62	77	74	72	69	67	65	62	60	57	55	68	65	62	60	58
1.2	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	76	73	70	67	64	61	58	55	53	51	67	64	61	59	57
1.4	85	80	77	73	69	65	62	59	57	52	76	72	68	65	62	59	55	53	50	48	67	63	60	58	55
1.6	84	79	75	71	67	63	59	56	53	50	75	71	67	63	60	57	53	50	47	44	67	62	59	56	53
1.8	83	78	73	69	64	60	56	53	50	48	75	70	66	60	58	54	50	47	44	41	66	61	58	54	51
2.0	83	77	72	67	62	56	53	50	47	43	74	69	64	60	56	52	48	45	41	38	66	60	56	52	49
2.2	82	76	70	65	59	54	50	47	44	40	74	68	63	58	54	49	45	42	38	35	66	60	55	51	48
2.4	82	75	69	64	58	53	48	45	41	37	73	67	61	56	52	47	43	40	36	33	65	60	54	50	46
2.6	81	74	67	62	56	51	46	42	38	35	73	66	60	55	50	45	41	38	34	31	65	59	54	49	45
2.8	81	73	66	60	54	49	44	40	36	34	73	65	59	53	48	43	39	36	32	29	65	59	53	48	43
3.0	80	72	64	58	52	47	42	38	34	30	72	65	58	52	47	42	37	34	30	27	64	58	52	47	42
3.2	79	71	63	56	50	45	40	36	32	28	72	65	57	51	45	40	35	33	28	25	64	58	51	46	40
3.4	79	70	62	54	48	43	38	34	30	27	71	64	56	49	44	39	34	32	27	24	64	57	50	45	39
3.6	78	69	61	53	47	42	36	32	28	25	71	63	54	48	43	38	32	30	25	23	63	56	49	44	38
3.8	78	69	60	51	45	40	35	31	27	23	70	62	53	47	41	36	31	28	24	22	63	56	49	43	37
4.0	77	69	58	51	44	39	33	29	25	22	70	61	53	46	40	35	30	26	22	20	63	55	48	42	36
4.2	77	62	57	50	43	37	32	28	24	21	69	60	52	45	39	34	29	25	21	18	62	55	47	41	35
4.4	76	61	56	49	42	36	31	27	23	20	69	60	51	44	38	33	28	24	20	17	62	54	46	40	34
4.6	76	60	55	47	40	35	30	26	22	19	69	59	50	43	37	32	27	23	19	15	62	53	45	39	33
4.8	75	59	54	46	39	34	28	25	21	18	68	58	48	42	36	31	26	22	18	14	62	53	45	39	33
5.0	75	59	53	45	38	33	28	24	20	16	68	58	48	41	35	30	25	21	18	14	61	52	44	36	31
6.0	73	61	49	41	34	29	24	20	16	11	66	55	44	38	31	27	22	19	15	10	60	51	41	35	28
7.0	70	58	45	38	30	27	21	18	14	08	64	53	41	35	28	24	19	16	12	07	58	48	38	32	26
8.0	68	56	42	35	27	23	18	15	12	06	62	50	38	32	25	21	17	14	11	05	57	46	35	29	23
9.0	66	52	38	31	25	21	16	14	11	05	61	49	36	30	23	19	15	13	10	04	56	45	33	27	21
10.0	65	51	36	29	22	19	15	11	09	04	59	46	33	27	21	18	14	11	08	03	55	43	31	25	19

* Techo, piso o piso de la cavidad.