

Alumbrado Exterior y de Vialidades

| Fecha | Horario | Tema | Expositor |
|----------------------|---------------|--|---------------------------|
| Generalidades | | | |
| Junio 30 | 17:00 a 17:30 | Apertura | Ing. Carlos García Romero |
| lunes | 17:30 a 18:30 | Terminología | Ing. Carlos García Romero |
| | 18:30 a 19:30 | Normas y recomendaciones | Ing. Carlos García Romero |
| | 19:30 a 21:00 | Fuentes luminosas | Ing. Daniel García |
| Julio 1 martes | 17:00 a 18:30 | Balastros para lámparas de descarga en alta intensidad | Ing. Alfredo Badillo |

Alumbrado Público

| | | | |
|----------------------|---------------|--|---------------------------|
| | 18:30 a 20:00 | Fotometría | Ing. José Luis Bonilla |
| | 20:00 a 21:00 | Presentación de los datos fotométricos | Ing. José Luis Bonilla |
| Julio 2 miércoles | 17:00 a 18:30 | Ejercicio sobre selección de curvas fotométricas | Ing. Carlos García Romero |
| | 18:30 a 21:00 | Diseño y cálculo | Ing. Carlos García Romero |
| Julio 3 jueves | 17:00 a 18:30 | Diseño y cálculo | Ing. Carlos García Romero |
| | 18:30 a 21:00 | Iluminación con superpostes y pasos a desnivel | Arq. José Amor |

Alumbrado General de Área

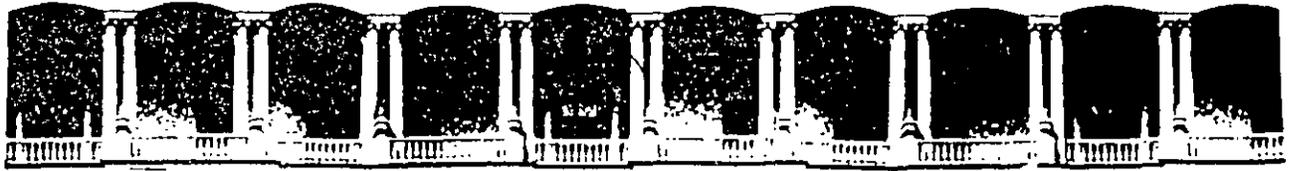
| | | | |
|--------------------|---------------|--|-----------------------|
| Julio 4 viernes | 17:00 a 19:00 | Consideraciones, clasificación de los proyectores y su fotometría | Arq. José Amor |
| | 19:00 a 21:00 | Cálculo de iluminación de áreas exteriores | Arq. José Amor |
| Julio 7 lunes | 17:00 a 21:00 | Iluminación Arquitectónica de exteriores, consideraciones: plazas, jardines, fachadas y monumentos | Arq. Enrique Quintero |

Alumbrado Exterior y de Vialidades

| Fecha | Horario | Tema | Expositor |
|-------|---------|------|-----------|
|-------|---------|------|-----------|

Alumbrado General de Áreas

| | | | |
|----------------------|---------------|---|---------------------------|
| Julio 8 martes | 17:00 a 21:00 | Instalaciones de alumbrado público: <i>postes, brazos y anclas, transformadores, conductores, equipo de control</i> | Ing. Emilio Carranza |
| Julio 9 miércoles | 17:00 a 19:00 | Procedimiento para mediciones en campo | Ing. Carlos García Romero |
| | 19:00 a 21:00 | Identificación de fallas en campo: <i>detección de fallas en lámparas, detección de fallas en balastos</i> | Ing. Carlos García Romero |
| Julio 10 jueves | 17:00 a 19:00 | Dispositivos para ahorro de energía | Ing. Alex Ramírez |
| | 19:00 a 21:00 | Análisis técnico económico | Ing. Alex Ramírez |
| Julio 11 viernes | 17:00 a 20:00 | Metodología de diagnóstico para una instalación | Ing. Carlos García Romero |
| | 20:00 a 21:00 | Mesa redonda y clausura | Ing. Carlos García Romero |



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACION EFICIENTE DE VIALIDADES Y AREAS
EXTERIORES**

GENERALIDADES

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCIA ROMERO
1997**

BIBLIOGRAFÍA

- **SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INDUSTRIALES**
John P. Frier y Mary E. Gazley Frier
Editorial Limusa
- **ALUMBRADO URBANO**
Emilio Carranza Castellanos
Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A.C.
- **ROADWAY LIGHTING**
RP-8
Illuminating Engineering Society of North America
- **LIGHTING MANUAL**
Philips Lighting



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

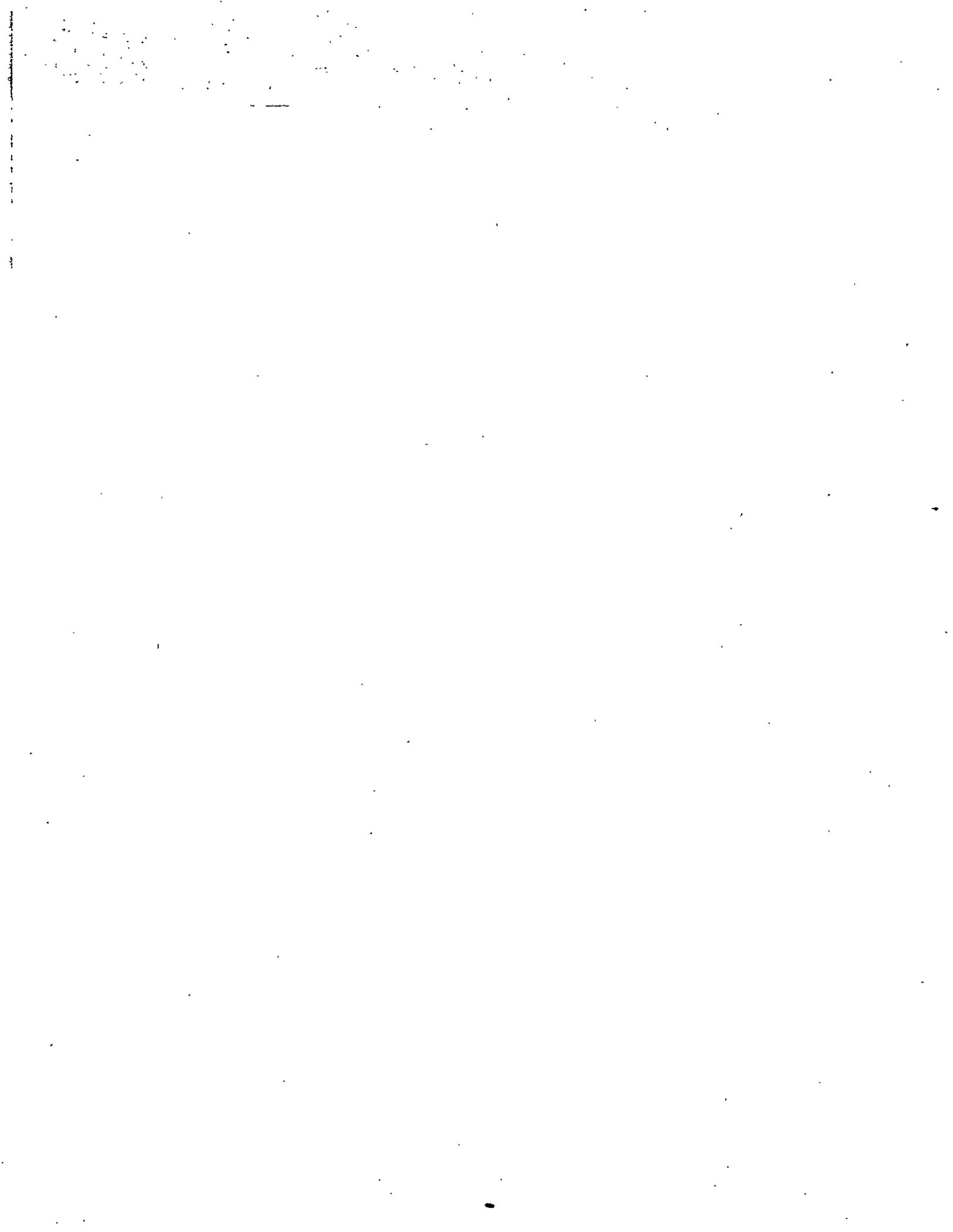
CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

TERMINOLOGÍA

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**



TERMINOLOGIA

- **Acera**

Aquella parte de la vía reservada exclusivamente para peatones.

- **Acomodación**

Proceso por el cual el ojo humano modifica espontáneamente la distancia focal para asegurar una clara imagen de los objetos a diferentes distancias.

- **Adaptación**

Proceso por el cual el ojo humano es capaz de procesar información dentro de un amplio rango de niveles de luminancia.

- **Arroyo**

Parte de la calle destinada al tránsito rodado.

- **Balastro**

Es un dispositivo auxiliar para las lámparas de descarga que proporciona las condiciones apropiadas para su correcto arranque y operación.

- **Brazo**

Es una mensural unida al poste que sostiene al luminario (en ocasiones se fija en forma independiente).

- **Circuito**

Conjunto de lámparas con sus correspondientes postes, luminarios y demás accesorios, que está alimentado por una sola conexión a las líneas de distribución de la compañía suministradora.

- **Coefficiente de luminancia (q)**

Es la relación entre la luminancia en el punto determinado y la iluminancia horizontal en el mismo punto.

$$q = \frac{L}{E}$$

- **Coefficiente de utilización**

La relación entre el flujo que llega a un plano dado y el emitido por las lámparas.

- **Confort visual**

Se refiere al grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.

- **Curva de distribución de intensidad (denominada comúnmente *isocandela*)**

Curva fotométrica, generalmente en coordenadas polares, que presenta la intensidad luminosa, en el plano que pasa por el eje de la fuente, en función del ángulo formado por el vector de la intensidad con una dirección dada.

Esta curva está formada por las extremidades de todos radios vectores dibujados desde un origen común y cuyas longitudes son proporcionales a la intensidad de la fuente en la dirección correspondiente.

1.- Cuando la fuente tiene un eje de simetría el plano es generalmente un plano meridiano.

2.- El polo de la curva polar está en un punto que representa la posición de la fuente de luz.

3.- Cuando la dirección de referencia es vertical, los ángulos son medidos desde abajo de la vertical.

- **Curva isolux (curva *iso-iluminación*)**

Lugar geométrico de los puntos de una superficie que tiene igual luminancia.

- **Deslumbramiento**

Es la condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalamiento de luminancia o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

- **Deslumbramiento cegador**

Deslumbramiento tan intenso que no puede verse ningún objeto durante un tiempo apreciable.

- **Deslumbramiento directo**

Deslumbramiento debido a un objeto luminoso situado en la misma o casi en la misma dirección que el objeto a percibir.

- **Deslumbramiento incómodo**

Deslumbramiento que produce una sensación desagradable sin empeorar la visión de los objetos.

- **Deslumbramiento perturbador**

Deslumbramiento que empeora la visión sin causar necesariamente una sensación desagradable.

- **Deslumbramiento por reflexión**

Deslumbramiento producido por la reflexión especular de la luz de una fuente, particularmente cuando la superficie donde se refleja es aquella que se observa, o esta situada en sus inmediaciones.

- **Difusor**

Dispositivo que sirve para modificar el reparto espacial del flujo luminoso de una fuente utilizando esencialmente el fenómeno de difusión.

- **Eficiencia de un luminario**

Es la relación del flujo emitido por el luminario y el emitido por la lampara.

- **Espaciamiento**

Distancia entre dos unidades luminosas inmediatas y medida en el eje longitudinal de la calle.

- **Factor de absorción**

La razón entre el flujo luminoso absorbido por el cuerpo y el flujo que recibe.

- **Factor de balastro**

Es la razón de watts de lampara medidos sobre watts de lampara - luminario.

- **Factor de depreciación**

La relación de iluminación que proporciona una instalación después de un periodo de uso y aquella que proporciona la instalación nueva.

- **Factor de uniformidad global de luminancia (U_o)**

El factor de uniformidad global de luminancia es igual al cociente de la luminancia mínima de un determinado tramo de la vialidad a la luminancia media de la misma.

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{med}}$$

- **Factor de uniformidad longitudinal (U_i)**

El factor de uniformidad longitudinal es igual al cociente de la luminancia mínima a la máxima a lo largo de una línea paralela al eje de la vialidad pasando por la posición del observador.

$$U_i = \frac{L_{min}}{L_{max}}$$

- **Factor de utilización (para una superficie dada)**

Es la relación entre el flujo luminoso que llega a la su lamparas.

- **Flujo luminoso (ϕ)**

Es la cantidad de flujo de energía luminosa por unidad de tiempo, expresada en lúmenes (lm).

- **Flujo luminoso inicial de una lampara**

Es el flujo luminoso que emite una lampara después de transcurridas las horas de envejecimiento especificadas según el tipo. Se expresa en lúmenes (lm)

- **Iluminancia o iluminación (E)**

Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de áreas de la misma, expresada en lux (lumen/metro cuadrado).

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

- **Indice de rendimiento de color**

Es la medición del grado del cambio de color de los objetos cuando son iluminados por una fuente luminosa respecto al color de aquellos mismos objetos cuando son iluminados por una fuente de referencia de temperatura de color comparable.

- **Intensidad luminosa en un punto de una superficie y en una dirección (I)**

Es la densidad del flujo luminoso en una dirección. Indica la habilidad de una fuente de luz para producir iluminación en una dirección, expresada en candelas (cd).

- **Lampara**

Fuente luminosa artificial construida con objeto de producir luz.

- **Lumen (lm)**

El flujo luminoso emitido dentro de la unidad de ángulo sólido (un estereorradian) por una fuente puntual uniforme de una intensidad de una candela (cd).

- **Luminancia en un punto de una superficie y en una dirección (L)**

Es la relación de la intensidad luminosa en la dirección dada, de un elemento infinitesimal de superficie que contiene al punto considerada, expresada en candelas por metro sobre el plano perpendicular a la dirección considerada cuadrado.

$$L = \frac{I}{s \cos a}$$

La unidad de luminancia recomendada por la C.I.E. es la candela por metro cuadrado (cd/m²). También se puede expresar en lamberts y footlamberts.

- **Luminario**

Dispositivo que distribuye, filtra o controla la radiación luminosa emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijar, sostener y proteger las mismas y conectarlas al circuito de alimentación.

- **Lux (lx)**

Es la unidad de intensidad de iluminación y corresponde a un flujo de 1 lumen que incide sobre una superficie de 1 metro cuadrado.

- **Luz**

Cuando es emitida por el sol es una forma de energía radiante. Es el atributo de todas las percepciones o sensaciones que pertenecen al órgano de la visión y las cuales son producidas a través de la acción de ese órgano. Es la energía radiante que es capaz de excitar la retina y producir una sensación visual. La porción visible del espectro electromagnético está comprendido entre 380 y 770 nm.

- **Poste**

Es un soporte generalmente empleado para sostener al luminario y facilitar la alimentación eléctrica a la misma.

- **Potencia de un ensamble (lámpara y accesorios)**

Es la potencia total en relación a la tensión nominal, que consumen la lámpara y sus accesorios en funcionamiento normal. (Deben de considerarse las pérdidas propias de los balastos), expresada en watts (w).

- **Potencia de una lámpara**

Es la potencia que consume la lámpara a la tensión nominal especificada por el fabricante, expresada en watts (w).

- **Proyector**

Luminario que concentra la luz en un ángulo sólido determinado, por medio de un sistema óptico (espejos o lentes) para conseguir una intensidad luminosa elevada.

- **Punto de alimentación**

Es el lugar en donde el circuito de alumbrado recibe la energía eléctrica de la empresa suministradora.

- **Radiación**

Es la emisión o transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas.

- **Reflector**

Dispositivo que sirve para modificar el reparto espacial del flujo luminoso de una fuente utilizando esencialmente el fenómeno de reflexión.

- **Refractor**

Dispositivo en el cual el fenómeno de la refracción se usa para alterar la distribución espacial del flujo luminoso de una fuente.

- **Rendimiento normalizado de un luminario**

Llamado también factor de eficiencia o rendimiento óptico de un luminario. Es la relación entre el flujo emitido por un luminario, medido bajo condiciones específicas y la suma de los flujos individuales de las lámparas colocadas en el mismo.

- **Temperatura de color**

Es el término que se utiliza para describir el color aparente de una fuente luminosa, y se expresa en grados kelvin (K).

- **Tensión nominal de una lámpara**

Es la tensión que debe aplicarse a la lámpara para que sus características de funcionamiento sean las que especifica el fabricante, se expresa en voltios (V).

- **Uniformidad de iluminancia**

Es la razón entre el valor del nivel de iluminancia promedio y el nivel mínimo de iluminancia en un tramo de vialidad.

$$E_o = \frac{E_{pro}}{E_{min}}$$

- **Vida nominal promedio de una lámpara**

Es el número de horas transcurridas de un número determinado de lámparas en condiciones de laboratorio, desde su instalación hasta que el 50% de las mismas quedan fuera de operación. Las lámparas que muestren una marcada reducción en la producción luminosa, pueden considerarse como lámparas falladas.

- **Vida útil de una lampara**

Es el numero de horas durante las cuales las lamparas funcionando a su tensión nominal, conservan por termino medio, un flujo luminoso igual o superior a un porcentaje determinado del flujo luminoso inicial.

.....



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

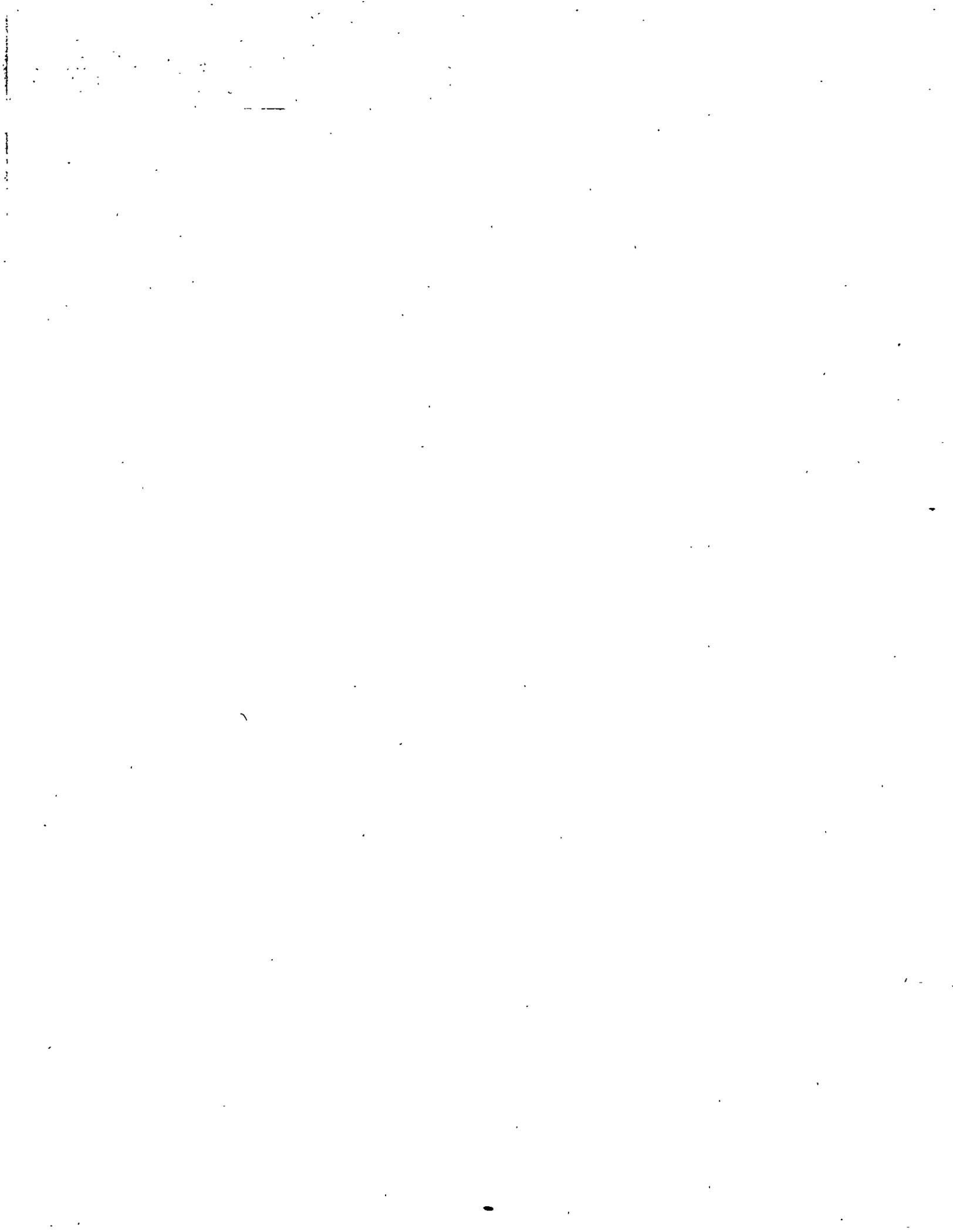
CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID)

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**



LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID).

Las lámparas de vapor de aditivos metálicos (VAM) y las de vapor de sodio en alta presión (VSAP) son las más populares dentro de la familia de lámparas conocidas como de alta intensidad de descarga (HID por sus siglas en inglés). Aunque existen otros tipos de lámparas como la popular de vapor de mercurio en alta presión (VMAP) debido a su baja eficacia y bajo rendimiento de color no la analizaremos en este ocasión.

Al igual que las fluorescentes, las lámparas de HID requieren de un balastro que les suministre los voltajes y corrientes de arranque y operación requeridos para su correcto funcionamiento. Todas las lámparas de HID constan de un "tubo de arco" en el cual se efectúa la descarga eléctrica a muy alta temperatura y presión. Este tubo de arco es relativamente pequeño permitiendo que la lámpara pueda ser considerada como puntual con lo que adicionalmente los luminarios pueden ser compactos y eficientes.

1.- Lámparas de aditivos metálicos (VAM).

Las lámparas de VAM se desarrollaron en 1965 para iluminación industrial y exterior. En sus casi 30 años de existencia la tecnología ha avanzado a tal grado que actualmente existe un modelo para casi todas las aplicaciones. Las potencias van desde 32 hasta 1,500 watts con diversas formas de bulbos y bases. El circuito eléctrico y las partes principales se pueden apreciar en las figuras de las páginas siguientes.

La mayor parte de las lámparas de VAM requieren de luminarios cerrados para proteger al usuario de una posible ruptura del bulbo, porque aunque no es frecuente, se han tenido casos en que lámparas de VAM han estallado. En su mayoría, este problema se ha presentado con lámparas viejas que han operado ininterrumpidamente durante mucho tiempo, afectando principalmente el desempeño térmico del luminario. Existen sin embargo algunos tipos de lámparas que pueden usarse en luminarios abiertos, empleando gases que funcionan como un aislamiento entre los gases normales en el tubo de descarga y el interior del bulbo. Este tipo de lámpara es especialmente útil para lámparas en posición vertical, porque muchos luminarios empotrados en instalaciones de bahía alta se les da mantenimiento usando pértigas; las lámparas normales de VAM no permiten este tipo de mantenimiento.

La mayor parte de los luminarios abiertos para lámparas de VAM están diseñados para operar las lámparas en posición universal ó vertical, aunque se reduce la producción de lúmenes si se compara con la lámpara estándar equivalente.

Entre los inconvenientes de las lámparas de VAM se encuentran el largo tiempo de estabilización y el mayor tiempo de reencendido. Aún una interrupción momentánea de energía eléctrica puede producir de 10 a 15 minutos de interrupción en el sistema de iluminación, lo cual puede resultar de alto riesgo. Por tal razón, actualmente se encuentran disponibles lámparas de VAM de reencendido inmediato. Debido al manejo de tensiones de hasta 30,000 volts necesarias para reencender la lámpara calientes, el balastro, el socket y todo el conjunto deben tener un diseño y manejo especial. Estas lámparas se fabrican actualmente en potencias grandes, desde 175 hasta 1,650 watts.

Una aplicación relativamente reciente y muy interesante se puede lograr con las lámparas reflectoras tipo R y PAR, que aprovechan las ventajas de las lámparas de VAM al mismo tiempo que se tiene un buen control de la luz. Estas lámparas incluyen su propio reflector y se fabrican actualmente en potencias reducidas. Actualmente las lámparas R y PAR de VAM están reemplazando en muchas aplicaciones a las tradicionales e ineficientes incandescentes. La PAR38 es una lámpara especialmente importante porque puede usarse sin la necesidad de un cristal protector. Gracias a esta característica es posible especificarla para rieles, aparadores y aplicaciones comerciales de diverso tipo. El hecho de no requerir la cubierta de cristal facilita también el mantenimiento.

Las lámparas del tipo R sí requieren de cristal protector, pero representan de cualquier forma una alternativa económica para aparadores, principalmente. Las de mayores potencias como la PAR56 y la PAR64 sí requieren luminarios cerrados, pero por su forma, tamaño compacto, alta producción de lúmenes y alta eficacia son una excelente alternativa, sobre todo en luminarios empotrados, en rieles y en muchos casos de alturas de montaje grandes. Hay que mencionar que la mayor parte de las lámparas de VAM reflectoras viven menos que las lámparas estándar de potencia equivalente.

2.- Lámparas de vapor de sodio alta en alta presión.

Las lámparas de vapor de sodio en alta presión (VSAP) se introdujeron en el mercado en 1968 para aplicaciones industriales, exteriores y de seguridad, con una gran eficacia. Muy poco tiempo después empezaron a usarse para alumbrado público y hoy en día es la lámpara que domina ampliamente el mercado mundial en esta aplicación. Es actualmente la lámpara de luz policromática más eficaz con un CRI bajo,

por lo que sus aplicaciones están en aquellas que no requieran de una alta discriminación de color. El circuito eléctrico y sus componentes principales se muestran en las páginas siguientes.

A diferencia de las lámparas de aditivos metálicos, las de VSAP no tienen electrodos de arranque. Gracias a los circuitos de arranque electrónicos del balastro, los períodos de calentamiento y reencendido son mucho más cortos que en las lámparas de aditivos metálicos. A diferencia de las de VAM, no necesitan de luminarios cerrados, excepto para prevenir que se acumule la humedad en ellas. Esto las hace especialmente fáciles de usar en diferentes tipos de luminarios. Además, la virtual insensibilidad de las lámparas de VSAP a la posición de operación se traduce en un menor número de tipos de lámpara, comparado con el de aditivos metálicos.

La temperatura de color correlacionada (TCC) de las lámparas de VSAP es muy estable. A pesar de que las lámparas de lujo tienen un CRI relativamente alto para la tecnología del sodio (65), su temperatura de color de 2,100-2,200 K no es muy diferente a la de las lámparas normales (1,900-2,100 K). Todas las lámparas de sodio (excepto las de sodio blanco) tienen un color rosa-dorado.

Este tipo de lámparas se fabrican en diferentes potencias. Sus eficacias (70 a 120 lm/W, incluyendo balastro) aumentan conforme crece su potencia. Se espera que pronto se disponga comercialmente de balastros electrónicos para este tipo de lámparas, con lo que se aumentaría aún más la eficacia del sistema.

Algunas lámparas de VSAP se fabrican con dos tubos de descarga, siendo una alternativa razonable para las necesidades de reencendido instantáneo y una larga vida nominal de la lámpara. Debe notarse que el período de calentamiento de la lámpara permanecerá en el momento de la interrupción de energía eléctrica, sin embargo, la lámpara no tendrá que enfriarse para que el segundo arco entre en operación.

Este tipo de lámparas son especialmente aplicables para alumbrado público y estacionamientos. En condiciones normales de operación, alternan el uso de los dos tubos de descarga. Esto puede duplicar la vida de la lámpara, aunque la vida no ha sido comprobada aún y el valor publicado por los fabricantes no refleja este aumento.

Las lámparas de VSAP se fabrican también en los tipos PAR y R siendo muy útiles para luminarios de uso exterior. Sin embargo, el pobre CRI de estas lámparas limita su uso a iluminación industrial, de seguridad y de iluminación general.

Al igual que las lámparas de VAM, se fabrican lámparas de VSAP de doble contacto. Este tipo de lámparas fue diseñado para aprovechar los luminarios para



aditivos metálicos. La lámpara de doble contacto ofrece una producción luminosa comparable a las normales, una vida mayor y un mantenimiento de lúmenes de mejores características, aunque actualmente todavía no es muy común su uso.

Dentro de la familia de lámparas de VSAP se encuentra el sodio blanco. Estas lámparas tienen una vida nominal y mantenimiento de lúmenes similares a las convencionales de VSAP, pero gracias a la operación con balastos electrónicos especiales ofrecen TCC y CRI que las hacen adecuadas para múltiples aplicaciones en interiores. El rango de TCC es de 2,600-2,800 K, similar al de una incandescente. Presentan una gran estabilidad en el color a lo largo de su vida, superior al de las lámparas de VAM de TCC similar. Aunque la eficacia es relativamente baja (35-45 lm/w), para muchas aplicaciones es el mejor sustituto de las incandescentes. Hay que señalar que la lámpara de sodio blanco es incompatible de fabricante a fabricante, por lo que es recomendable seguir siempre las instrucciones específicas de cada uno en cuanto a instalación, balastro, luminario y control.

3.- Principales características de las lámparas de HID.

3.1- Encendido y estabilización.

No es posible encender una lámpara de HID fría y producir al instante los lúmenes nominales. Todas las lámparas de HID emplean una mezcla de gases y metales en el tubo de arco. Cuando la lámpara se energiza, la temperatura y la presión se incrementan gradualmente produciendo un vapor metálico a través del cual se establece la descarga eléctrica. El encendido dura unos cuantos segundos pero el período de calentamiento hasta la estabilización puede durar de 2 a 10 minutos dependiendo del tipo de lámpara, tiempo durante el cual se presentan normalmente diferentes temperaturas de color.

3.2.- Reencendido.

Como se comentó antes, si la energía se interrumpe aunque sea brevemente las lámparas de HID se extinguen y no reencenderán hasta que se enfríen, pudiendo tardar entre 1 y 15 minutos. El tiempo de reencendido es un parámetro fundamental sobre todo en aplicaciones donde una interrupción del sistema de iluminación cause situaciones de peligro como en el caso de estadios o fábricas.

Actualmente existen lámparas de VAM de reencendido instantáneo que requieren dispositivos electrónicos productores de voltajes extremadamente altos capaces de vencer la alta impedancia del tubo de arco que se presenta con la alta temperatura y presión. También existen lámparas de VSAP que reencienden inmediatamente produciendo aproximadamente 10% de su flujo nominal. Estas lámparas tienen dos tubos de arco y alcanzan su flujo nominal en unos 90 segundos. En los casos en que las interrupciones de energía no sean frecuentes, no se justifica el uso de lámparas de reencendido instantáneo, resultando una opción confiable y más barata el uso de luminarios de HID que incluyan una lámpara de tungsteno-halógeno como respaldo.

3.3.- Control de la potencia de la lámpara (dimmeo).

Algunos tipos de lámparas de HID pueden ser dimmeadas por medio de balastos especiales y dimmers electrónicos, aunque generalmente se registra una disminución en la eficacia y un corrimiento en la TCC. Por ejemplo, una lámpara de VAM puede ser dimmeada al 40% de su potencia nominal, pero en estas condiciones de operación producirá sólo el 25% de sus lúmenes nominales y exhibirá un color con un corrimiento muy marcado. En México se encuentran disponibles algunos tipos de balastos de muy buena calidad que pueden dimmear sistemas de HID.

3.4.- Eficacia.

Las lámparas de HID son después de la lámpara de vapor de sodio en baja presión (VSBP) las más eficientes del mercado. La lámpara de sodio blanco (VSBAP) es la de eficacia más baja, produciendo entre 40 y 50 lúmenes por watt (lm/w). Las lámparas de VAM van desde 55 lm/w para el caso de 70 watts en luminario abierto, hasta 110 lm/w que se dan en la lámpara de 1,000 watts de alta emisión en posición horizontal. La familia de más alta eficacia es la de las lámparas de VSAP que van desde 65 lm/w en la lámpara de 70 watts hasta 125 lm/w con la lámpara estándar de 1,000 watts. Los valores mencionados están dados sobre la base de lámparas preenvejecidas a 100 horas e incluyen las pérdidas del balastro.

3.5.- Vida.

La vida de las lámparas de HID depende del tipo de lámpara, de su potencia, de la posición de operación, de los períodos de encendido-apagado y de la calidad del suministro eléctrico y tipo de balastro. Para aplicaciones similares las lámparas de HID

tienen una vida equivalente a la de las fluorescentes y muchas veces mayor a la de las incandescentes. Varían dentro de un rango muy amplio, desde 3,000 horas en la lámparas de VAM de 1,500 watts usada en instalaciones deportivas hasta 24,000 horas o más en las lámparas normales de VSAP. Cuando se acercan al final de su vida muchas lámparas de HID presentan un corrimiento notable en el color, que puede ser indeseable en algunas aplicaciones. La vida nominal de las lámparas puede encontrarse en los catálogos de los fabricantes, pero debe tomarse en cuenta que el número de horas publicado está dado considerando 10 horas de operación por encendido. Períodos menores pueden disminuir notablemente la vida real.

3.6.- Color.

En los últimos años los fabricantes de lámparas de HID han logrado perfeccionar su tecnología en diversos aspectos, principalmente en lo que a color se refiere. Los nuevos desarrollos han permitido a los diseñadores y especialistas usar lámparas de HID en un campo de aplicación cada vez más amplio.

En términos de TCC y CRI se puede resumir lo siguiente:

3.6.a.- Lámparas de Aditivos Metálicos.- La mayor parte de las lámparas de VAM tienen una TCC intermedia ó neutral, con un rango entre 3,500-4,300 K, aunque se tienen recientes desarrollos con apariencia más cálida que operan entre 2,700-3,200K. El CRI fluctúa generalmente entre 65 y 70, pero existen algunos desarrollos muy recientes que alcanzan valores entre 93 y 96.

3.6.b.- Lámparas de Vapor de Sodio en Alta Presión.- Las lámparas de VSAP presentan típicamente un color rosa-dorado ó champagne con TCC de 1,900-2,100 K con un CRI relativamente pobre de 25, pero cuando el bulbo es fosforado el CRI puede aumentar hasta 65. Para el caso de sodio blanco la TCC es de 2,500-2,800 K con CRI superior a 75. Tanto en el caso de bulbo fosforado como en el de sodio blanco la eficacia es menor que en la lámpara estándar de bulbo claro.

3.7.- Sensibilidad a la temperatura.

Las lámparas de VAM presentan generalmente dificultades en el arranque a temperaturas muy bajas, reduciéndose además su vida cuando se tienen arranques frecuentes a temperatura ambiente inferior a 12°C bajo cero. El sistema con VSAP es menos sensible a las bajas temperaturas y puede arrancar con temperaturas de hasta 30°C bajo cero.

3.8.- Posición de operación.

Muchas de las lámparas de HID están diseñadas para operar en una posición específica, como puede ser horizontal (H), vertical base arriba (BU), vertical base abajo (BD) y vertical base arriba/base abajo (BU/BD). Si las lámparas se operan en posición inadecuada, la vida y los lúmenes se reducen notablemente, por lo que los fabricantes generalmente incluyen en sus catálogos la posición de operación correcta. Las lámparas de VSAP son casi siempre de posición universal (U), y aunque son pocos los diseños de VAM de posición universal, su aplicación es muy amplia.

3.8.a.- POSICIÓN UNIVERSAL.- Aunque las lámparas de VAM de posición universal pueden trabajar en cualquier posición, generalmente en posición vertical presentan mayor vida y lúmenes que cuando su tubo de arco sobrepasa los 15° con respecto a la vertical. En este tipo de lámparas la TCC es de 4,000-4,500 K y CRI de 65 en bulbo claro ó 3,700-4,000 K y CRI de 70 en bulbo fosforado. Las versiones recientes se presentan con más diversidad de potencias y con base media en las compactas. Las eficacias típicas fluctúan entre 65 y 100 lm/w.

3.8.b.- POSICIÓN VERTICAL.- Las lámparas para posición vertical pueden ser del tipo BU, BD ó BU/BD. Además de la lámpara estándar bulbo claro (4,000-4,500 K) y de la de bulbo fosforado (3,700-4,000 K), se dispone de lámparas de varias potencias con temperatura cálida (2,700-3,200K) en bulbos claros y fosforados. La tendencia actual del mercado es hacia el uso de potencias menores con base media y tamaño compacto. La más pequeña es la de 32 watts y está diseñada específicamente para operar con balastro electrónico. Una ventaja importante de operar en posición vertical es la eficacia. Estas lámparas producen entre 70-100 lm/w, o sea 10% más que las lámparas en posición universal. Tienen el inconveniente de reducir su vida y eficacia drásticamente si la posición se modifica.

3.8.c.- POSICIÓN HORIZONTAL.- Al igual que en el caso de las lámparas en posición vertical, las de posición horizontal tienen un excelente desempeño cuando trabajan en la posición correcta. Las lámparas de alta emisión tienen un tubo arqueado y un alfiler en la base tipo mogul para asegurar la posición correcta. Como su aplicación es principalmente en exteriores la más pequeña disponible es de 175 watts, aunque hay versiones especiales para iluminación deportiva. Se tienen disponibles en los colores más populares (3,200K y 3,700K en bulbo fosforado y 4,100K en bulbo claro). Su eficacia es similar a las de posición vertical (70-110 lm/w).

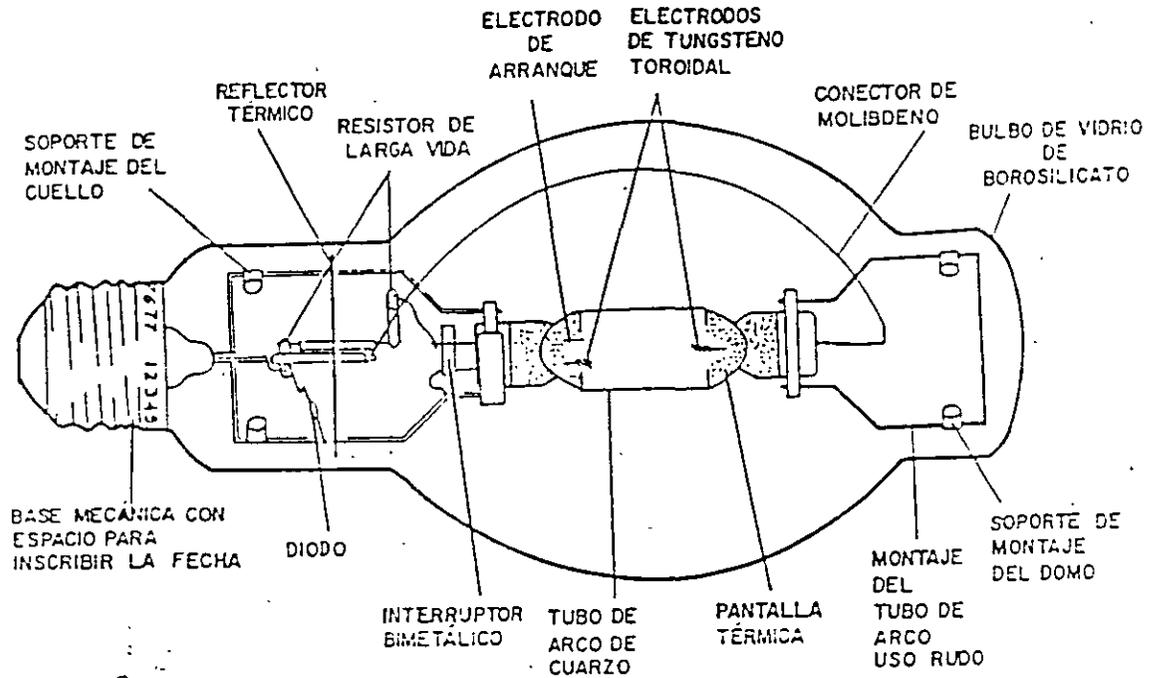
3.8.d.- POSICIÓN HORIZONTAL DE DOBLE CONTACTO.- Las lámparas de VAM de doble contacto fueron introducidas originalmente con gran éxito en el mercado europeo. Algunos fabricantes utilizan metales de tierras raras, alcanzando CRI de 80 o más, en

contraste con el CRI de 65-70 típico. Las de menor CRI son menos susceptibles a las variaciones de tensión que las de CRI alto, operando con una eficacia entre 65-90 lm/w. Las versiones con balastro electrónico de 70 watts producen un color más estable, tienen mayor vida y 75 lm/w, o sea 10% más que con balastro electromagnético. Una ventaja adicional es que el tamaño más compacto del conjunto permite hacer luminarios más versátiles y eficientes, pudiéndose instalar inclusive en rieles. Al instalar estas lámparas se debe tener cuidado para que el tubo de arco quede siempre dentro de 45° con respecto a la horizontal.

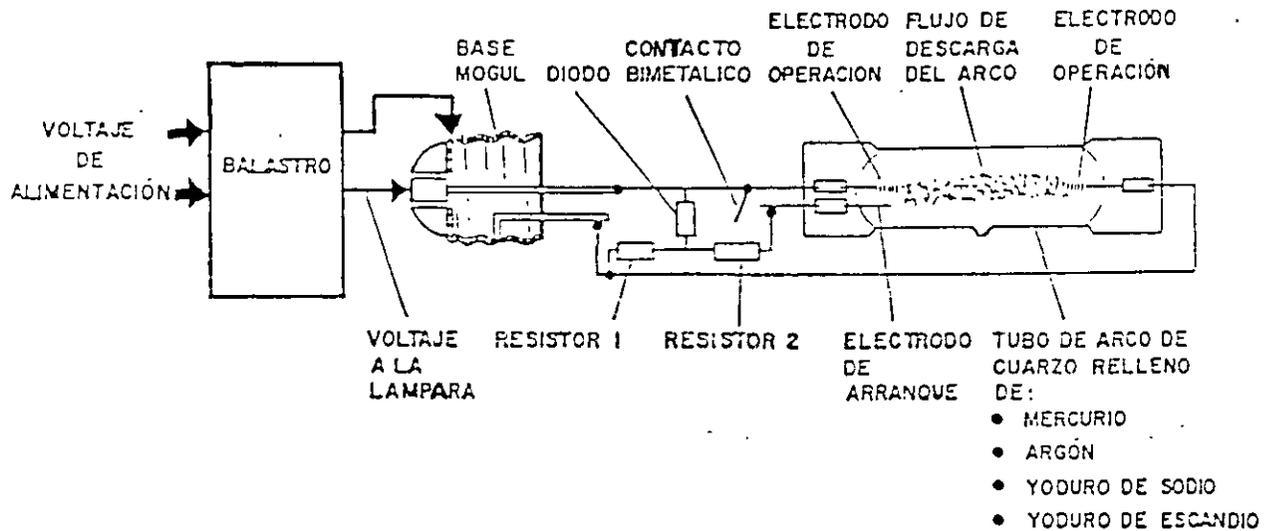
3.9.- Características físicas de las lámparas de HID.

Las lámparas de HID se encuentran disponibles en una amplia variedad de tamaños, formas y bases. La tecnología moderna vive un proceso de gran dinamismo dado que los fabricantes lanzan constantemente productos con nuevas y mejores características que amplían cada día el campo de aplicación. En las figuras siguientes se aprecian las bases y los bulbos más comunes para cada sistema.

Lámpara de Aditivos Metálicos



Circuito Eléctrico de una Lámpara de Aditivos Metálicos

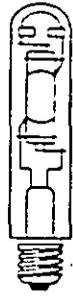




T-9.5



G-12



T-14 1/2



ED-17



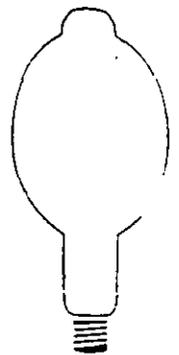
E-28



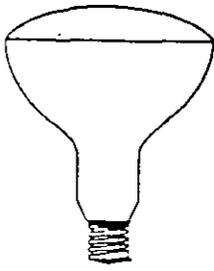
ED-37



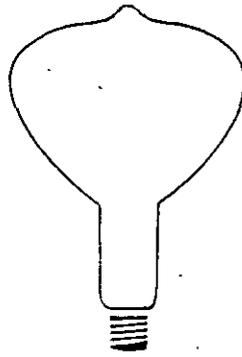
BT-37



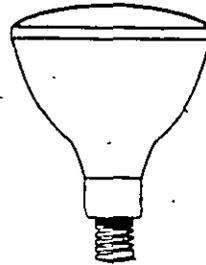
BT-56



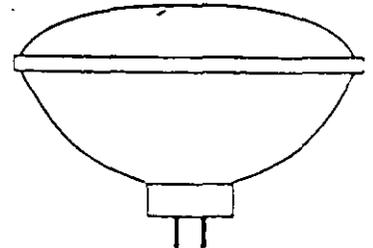
R-38



R-60

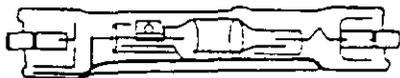
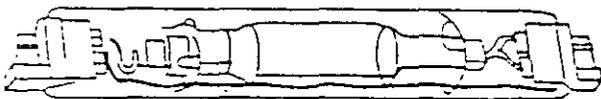


PAR-38

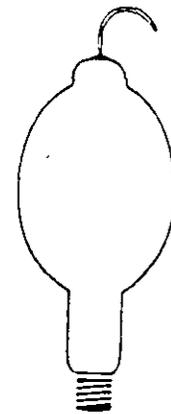


PAR-56

CONFIGURACIONES PARA LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS



DE DOBLE CONTACTO



DE REENCENDIDO INSTANTANEO

//

OPERACION LIBRE DE ARCO

TUBO DE ARCO HORIZONTAL

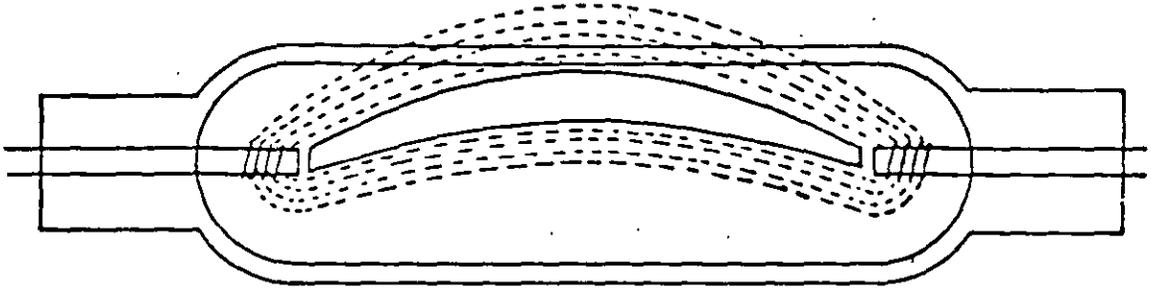
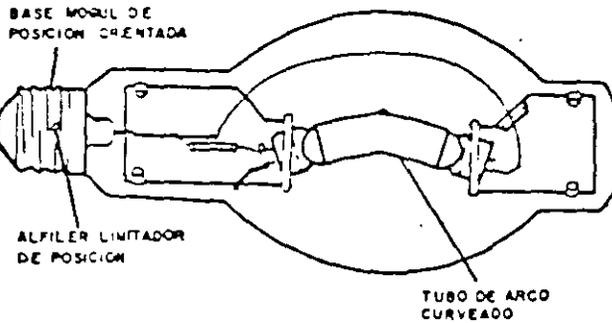
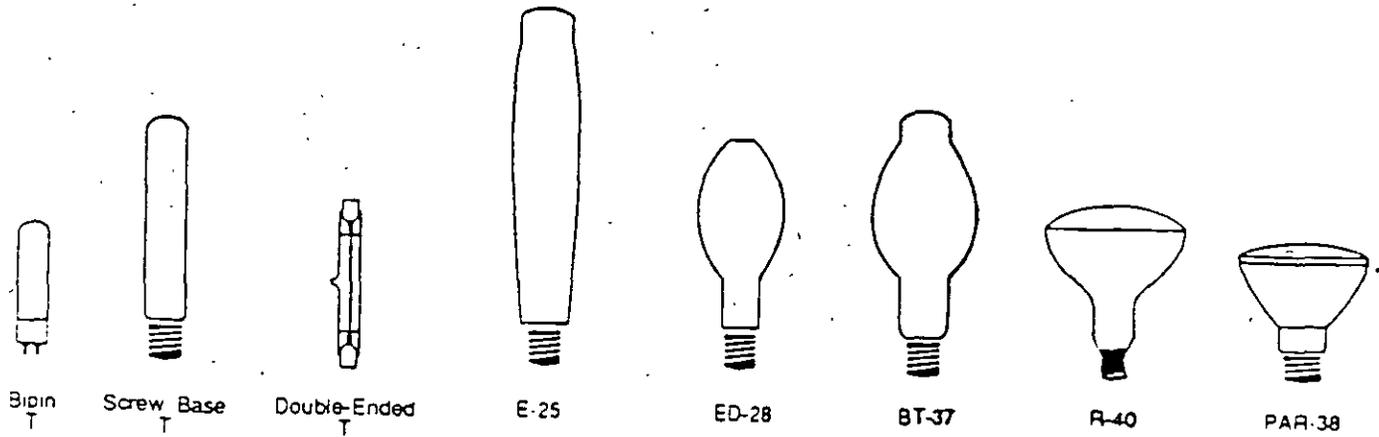
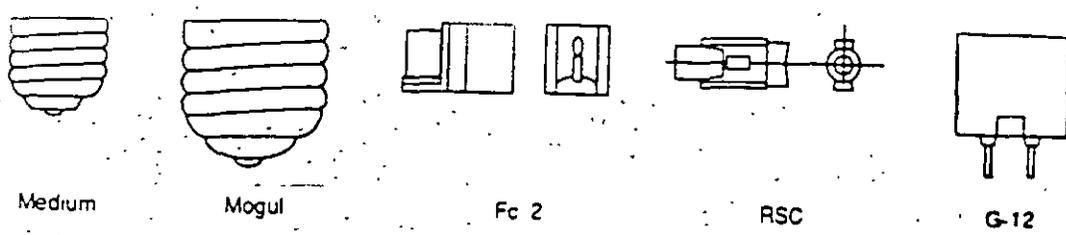


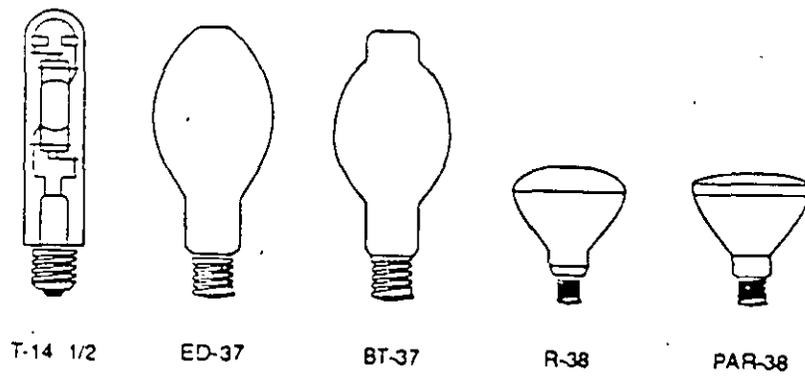
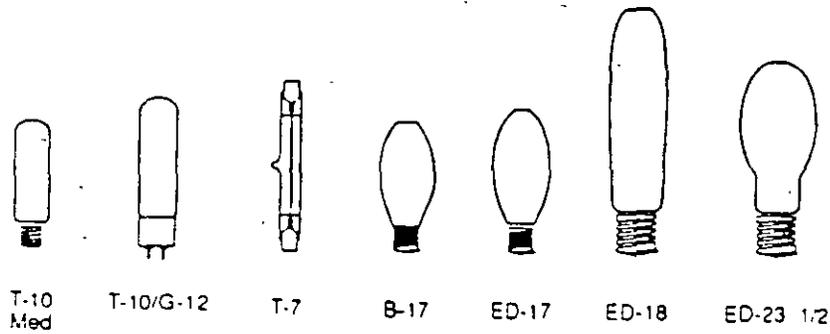
DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL TUBO DE ARCO DE
UNA LAMPARA CONVENCIONAL,
OPERADO EN POSICION HORIZONTAL



CONSTRUCCION DE LA LAMPARA
PARA POSICION HORIZONTAL

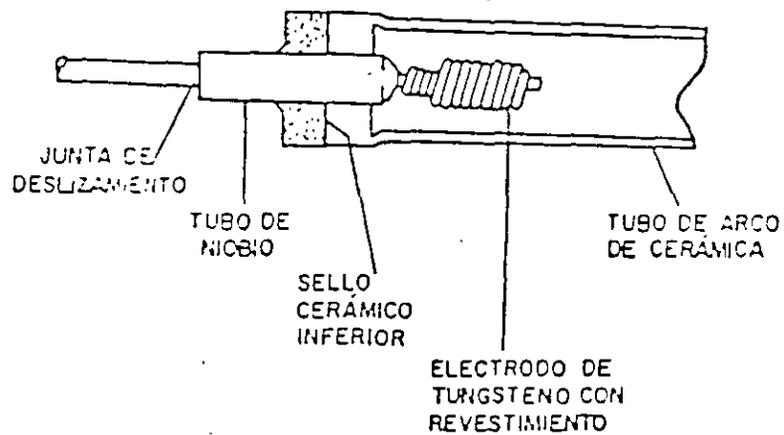
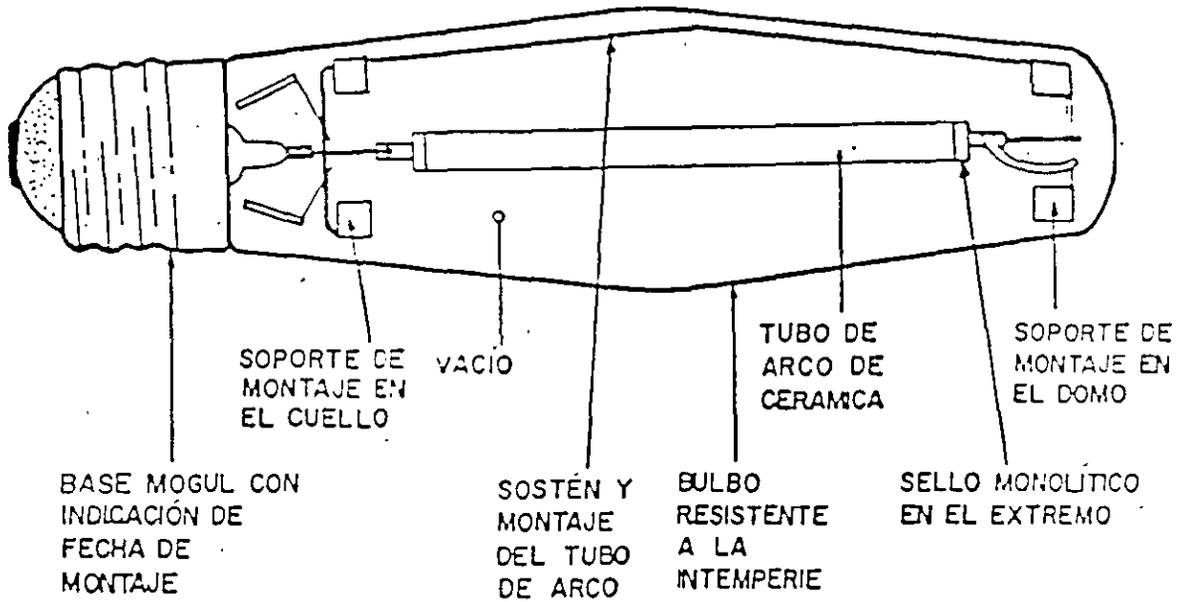


BASES Y BULBOS T ÍPICOS PARA LÁMPARAS DE HID.

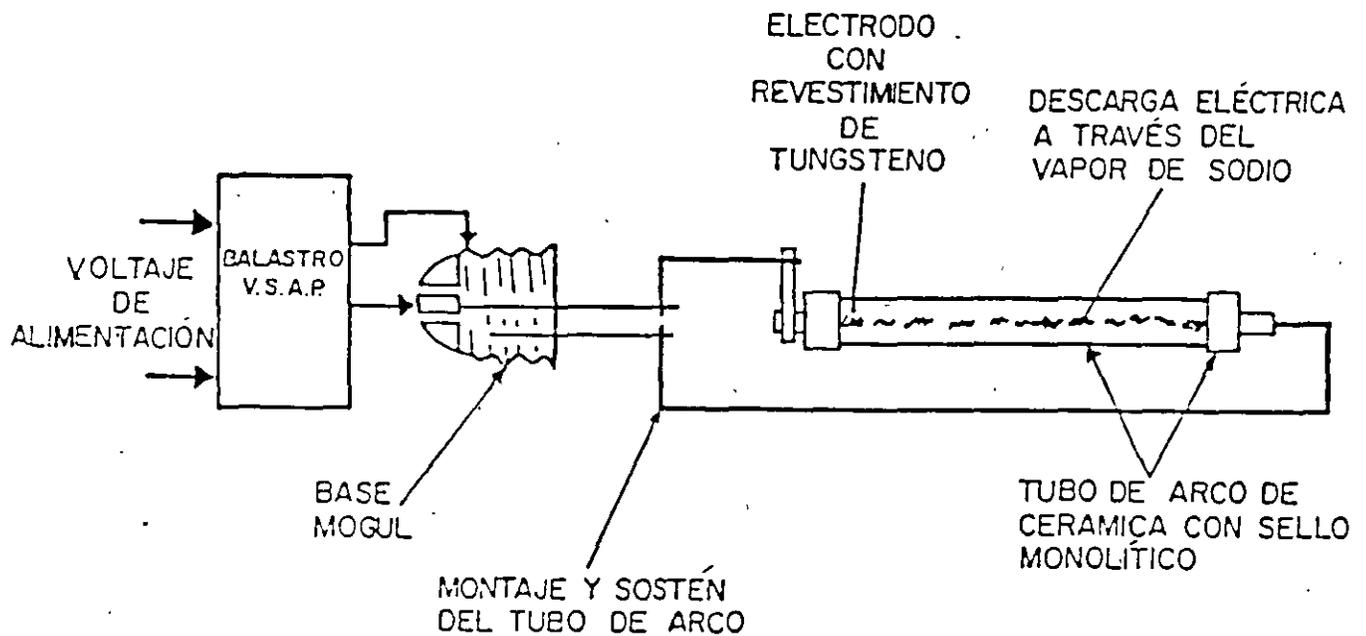


CONFIGURACIONES PARA LÁMPARAS DE VSAP

PARTES BÁSICAS DE LA LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO



Circuito Eléctrico de una Lámpara de Vapor de Sodio





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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

BALASTROS

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**

BALASTROS

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

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

Los balastos se pueden clasificar de la siguiente manera:

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

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

El balastro en general tiene como funciones:

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

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

2.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE HID.

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

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

Se encuentran generalmente en tres presentaciones: desnudo, en caja y en bote. Los primeros se montan directamente dentro de la carcasa de un luminario usando los orificios que se encuentran en las laminaciones del núcleo ó por medio de los herrajes soldados al propio balastro.

Los de tipo caja (similar a los fluorescentes) operan en interiores y están contenidos en un material asfáltico para favorecer la transmisión del calor y para reducir el ruido. Dentro de la caja se aloja el conjunto núcleo-bobinas, el capacitor y en su caso el ignitor. Pueden tener también termoprotector integrado. Los de tipo bote se usan para montaje exterior remoto. Pueden instalarse en la punta o sobre las caras de los postes ó también en la base. Las distancias a las cuales se pueden instalar estos balastros depende del tipo y potencia de la lámpara y del calibre del conductor.

Como las lámparas de VSAP requieren de un ignitor que genera un pulso de voltaje alto pero con poca energía, las distancias son menores que para otros balastros, pero pueden llegar hasta 15 metros. Los fabricantes proporcionan información sobre los calibres y las distancias recomendadas para cada tipo de lámpara de modo que se garantice que la tensión de lámpara no caiga más de 1%.

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

Los circuitos más comunes son:

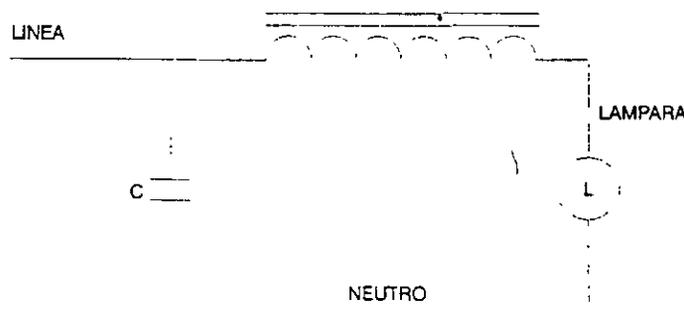
- a) Reactor Serie
- b) Autotransformador Alta Reactancia
- c) Autotransformador Autorregulado
- d) Potencia Constante

2.a.- REACTOR SERIE (R).

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

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

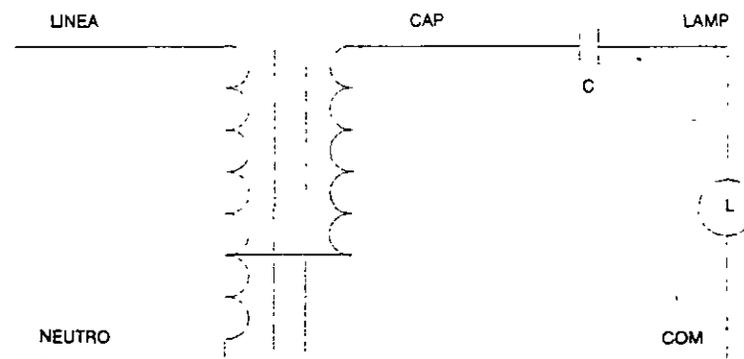
El factor de cresta en la corriente de la lámpara es generalmente bajo (1.45 a 1.55), pero tiene el inconveniente de que la corriente de arranque es mayor que la corriente nominal, lo que debe tomarse en cuenta para el cálculo de las protecciones. El voltaje de extinción, que es la tensión con la que la lámpara se apaga es muy alto (75% del nominal), lo cual es otra deficiencia que debe considerarse.



El contar con una capacitancia en combinación con una inductancia provee al circuito de mejor control sobre la operación de la lámpara. En este circuito, que siempre es de alto factor de potencia, las características en general son mejores que en los circuitos atrasados. Con $\pm 10\%$ de variación en la tensión de línea se obtiene $\pm 5\%$ en la potencia de lámpara.

La corriente de encendido es menor que la corriente nominal y el voltaje de extinción es más bajo que en los circuitos atrasados (60% a 70% del nominal) mientras que las pérdidas son de valor medio si se les compara con otros tipos de circuitos a tensión nominal.

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



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

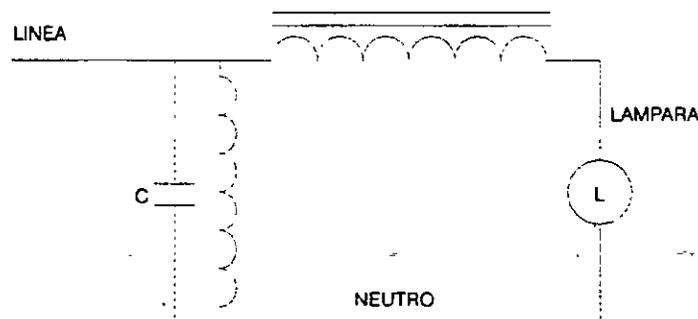
Tiene el mismo circuito eléctrico que un transformador común, con una bobina primaria y otra secundaria aisladas eléctricamente entre sí y con respecto al núcleo, lo que se deriva en una condición de seguridad para el usuario. La diferencia con un transformador reside en el núcleo, el cual contiene un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

En circuito abierto, el conjunto se comporta en forma similar a un transformador, con la diferencia de que el voltaje inducido en el secundario es menor que el correspondiente a la relación de vueltas de las bobinas, debido al campo magnético derivado por los puentes magnéticos.

2.b.- AUTOTRANSFORMADOR ALTA REACTANCIA (HX).

Cuando el voltaje de línea es menor que el voltaje de lámpara se utiliza un autotransformador para elevar la tensión de entrada. El autotransformador de alta reactancia consiste de un autotransformador más un reactor serie combinados en una sola estructura (Figura 9). Aunque el devanado primario y el secundario comparten un cierto número de vueltas,

estrictamente se tienen dos bobinas. Las características de operación son similares a las del balastro serie, pudiéndose también corregir el factor de potencia por medio de un capacitor (50% más caro que el reactor serie bajo factor). Tiene además la desventaja de ser más grande y más caro (20% a 30% más que el reactor equivalente) y con mayores pérdidas.



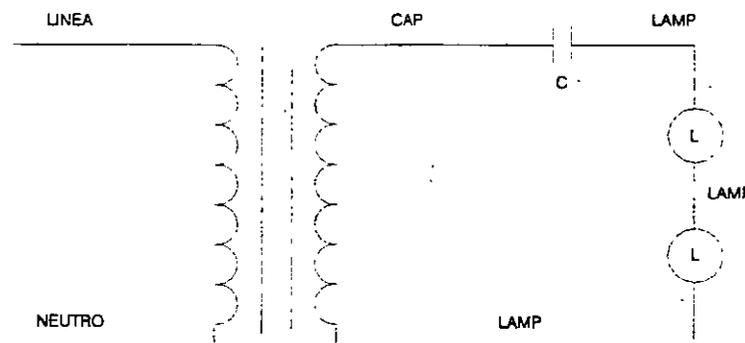
2.c.- AUTRANSFORMADOR AUTORREGULADO (CWA).

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

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

En operación la bobina secundaria trabaja en una condición cercana a la de resonancia y en un punto próximo al nivel de saturación magnética del núcleo (1.7 - 1.85 Teslas). Debido a esto el secundario se convierte en una fuente regulada de amperaje, prácticamente insensible a los cambios de voltaje de la línea de alimentación en un amplio rango: $\pm 13\%$ en la tensión de línea repercute en $\pm 3\%$ de la potencia de lámpara, lo que lo hace idóneo para usarse en redes con regulación pobre.

Por otro lado, la corriente de línea durante el encendido es mucho menor que la nominal, y su voltaje de extinción es tan bajo (50% del nominal) que prácticamente elimina el problema de lámparas apagadas por variaciones severas en la tensión de línea. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 con pérdidas mayores que en los demás circuitos a tensión nominal, con un costo de unas 3 veces más que el reactor serie de bajo factor.



2.d.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

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

2.e.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.

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

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

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

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

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

2.f.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION.

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

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

2.g.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESION.

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

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

Al igual que en el caso de los balastros fluorescentes, existen balastros de HID de bajas pérdidas. Por ejemplo, un balastro normal para una lámpara de 150 W de VSAP tiene 35 watts de pérdidas. Un balastro ahorrador de la misma potencia consume sólo 22 watts, es decir 38% menos. Tienen además las siguientes ventajas:

- 1) Operan a una temperatura considerablemente menor que los normales
- 2) Mantienen la potencia de lámpara en sus rangos nominales.

.....



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

REPORTES FOTOMETRICOS

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**

*

REPORTES FOTOMETRICOS

*

REPORTES FOTOMETRICOS

MEDICIONES DE ILUMINACION

TEMAS:

- I INTRODUCCION
- II BASES DE LA FOTOMETRIA
- III INSTRUMENTOS DE MEDICION
- IV MEDICIONES DE LABORATORIO
- V FOTOMETRIA DE LUMINARIOS (TIPO INTERIOR)
- VI MEDICIONES DE CAMPO (TIPO INTERIOR)

I INTRODUCCION

A partir del descubrimiento del fuego, el hombre ha ido desarrollando continuamente mejores fuentes luminosas, así como métodos para controlar la luz en su medio ambiente.

Primero aparecieron las fogatas para iluminar sus cavernas, pero como la civilización progresó y su extensión fue cada vez mayor. La fogata cambió a cirio, después una lámpara de aceite, después una lámpara de gas y finalmente, la ciencia de la iluminación como la conocemos hoy en día se inició con el invento de la lámpara eléctrica de Edison. La iluminación avanzó rápidamente, desarrollando lámparas de filamento más eficientes y nuevas fuentes de luz como. Lámparas de vapor de mercurio, aditivos metálicos, vapor de sodio y lámparas fluorescentes. Sin embargo estas mejoras en la energía luminosa carecían de sentido, a menos que ellas pudieran ser medibles y controlables, así como la ciencia creció, un número de términos fueron apareciendo para describir ciertas cantidades y condiciones que fueran características para la iluminación.

La Fotometría es una rama de la Ingeniería de Iluminación que se dedica a las mediciones de Luz y emplea como instrumento básico al fotómetro. Los primeros fotómetros dependen de una apreciación o estimación visual como medio de medición. Estos han sido sustituidos por fotómetros físicos, los cuales dan mayor precisión en sus lecturas, además de un fácil manejo.

Los fotómetros físicos difieren en su funcionamiento al del ojo humano, porque ellos responden a la iluminación o concentración de energía radiante. Energía radiante incidente sobre receptores físicos producen un cambio en cantidades eléctricas las cuales pueden ser medidas.

En la Ingeniería de Iluminación, la luz es parte del espectro de energía radiante, el cual puede ser visto por el ojo humano. El espectro electromagnético incluye energía radiante de muchas longitudes de onda, pero solamente una banda angosta alrededor de los 400 a 700 milimicrones es visible. Cuando estas ondas de energía llegan al ojo humano, la visión toma lugar.

CURVA DE EFICIENCIA LUMINOSA ESPECTRAL

En general, las mediciones de luz como instrumentos físicos son útiles solamente si ellos indican realmente como reaccionaría el ojo humano a ciertos estímulos. En otras palabras tales instrumentos deberán ser sensibles al espectro de energía radiante en la banda de los 400 – 700 milimicrones.

Debido a diferencias substanciales entre pares de ojos, la CIE ha establecido una curva de respuesta patrón o curva de sensibilidad del ojo.

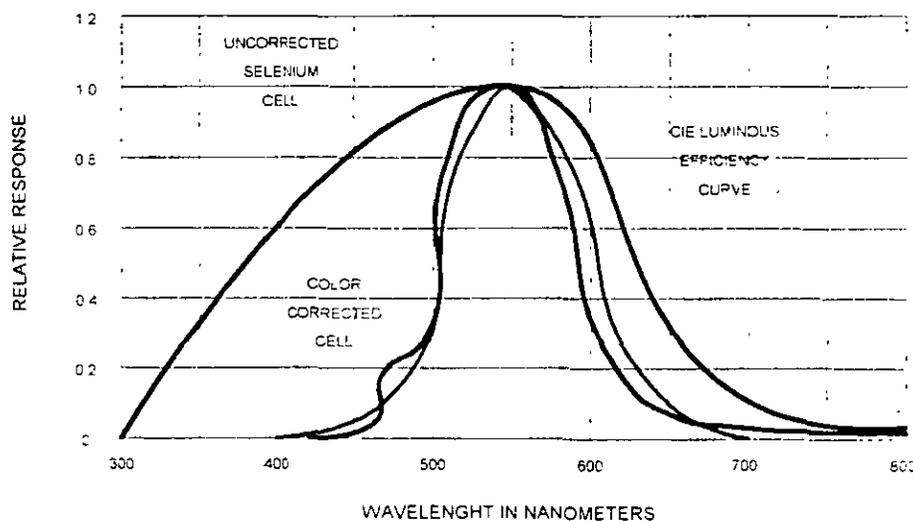


Fig. 4-4- Average spectral sensitivity characteristics of selenium photovoltaic cells, compared with CIE spectral luminous efficiency curve

Por lo tanto, las características sensitivas de un receptor físico, deberán ser equivalentes a este observador patrón.

II BASES DE LA FOTOMETRIA

II.1.- Leyes Fundamentales de la Iluminación.

II 1.A.- Ley de Kepler o Ley del Cuadrado Inverso.

La cual expresada en forma matemática es la relación que existe entre la Intensidad Luminosa y la Iluminación.

Establece que la iluminación (E) en un punto sobre una superficie es directamente proporcional a la Intensidad Luminosa (cd) de la luz incidente en ese punto e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (d^2) del punto de la fuente. Cuando el punto esta sobre una superficie normal a la luz incidente, se aplica la siguiente fórmula:

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

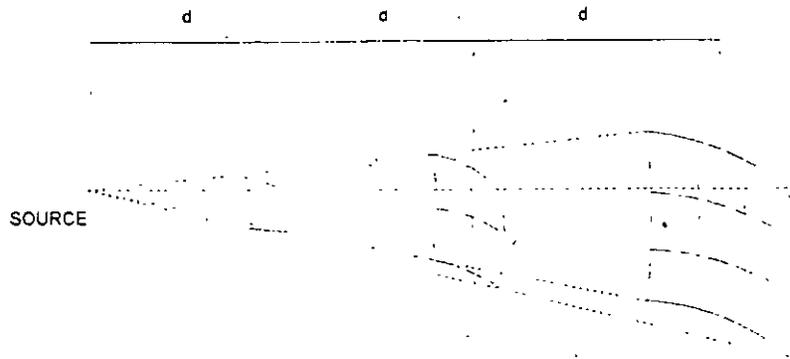
Dónde:

- E = Iluminación (bujías/pie o luxes).
- cd = Candelas dirigidas hacia el punto de interés.
- d = Distancia desde la fuente luminosa al punto de interés.

Esta ley se basa en el concepto de una fuente puntual, cuya radiación es igual en todas direcciones, bajo esta condición el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido unitario se espaciaría sobre un área grande conforme la distancia hacia la fuente aumente.

Por lo tanto, la densidad de flujo, o lumen por metro cuadrado decrece inversamente, según el cuadrado de la distancia, es decir a un metro de distancia de una fuente de una candela, la iluminación es de un lux.

Conforme la distancia se duplica desde la fuente de luz, el área cubierta por el ángulo sólido se cuadruplica. Por lo tanto la iluminación disminuye a la cuarta parte.



II.1.B.- Ley de Lambert o Ley del Coseno.

Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie inclinada a cierto ángulo, éste cubre un área mayor comparativamente a dicha superficie si es perpendicular a dicho rayo.

Como consecuencia, la densidad de flujo (luz) o lúmenes por metro cuadrado sobre una superficie inclinada es menor. El área interceptada por el rayo de luz puede calcularse debido a que es proporcional al coseno del ángulo que el plano inclinado forma con el plano normal.

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

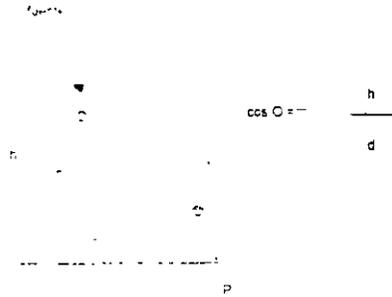
Combinando la Ley del Cuadrado Inverso de la distancia y la Ley del Coseno queda:

$$E = \frac{cd}{d^2} \cos \theta \quad (2)$$

Una derivación de la ecuación 2 es: El coseno cúbico

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta \quad (3)$$

$$E = \frac{h}{\lambda} \cos \theta$$



III INSTRUMENTOS DE MEDICION

III.1.- Patrones.

Los patrones de candelas, flujo luminoso y color son establecidos por los "National Physical Laboratories".

Diferentes tipos de patrones pueden ser usados en los Laboratorios Fotométricos.

III.1.A.- Patrón Primario.

Establecido como Patrón Primario y del cual se derivan los valores de otros patrones.

III.1.B.- Patrón Secundario.

Usualmente derivados de los primarios y son generalmente utilizados en los Laboratorios Fotométricos de la industria.

III 2.- Fotómetros.

Un fotómetro es un dispositivo para hacer mediciones de energía radiante dentro del espectro visible. En general, los fotómetros pueden ser clasificados en dos:

III 2 A.- Fotómetros de Laboratorio

Son en general instrumentos físicos que consisten de un elemento sensitivo a estas radiaciones dentro del espectro visible además de ser de alta precisión y exactitud.

Fotómetros Fotoeléctricos Portátiles

- a) Medidor de Iluminancia con color y coseno corregido de bolsillo
- b) Medidor pequeño de Luminancia/Iluminancia.
- c) Medidor de Iluminancia/Radiación.
- d) Medidor de Luminancia tipo gota.
- e) Fotómetro de Luminancia Pritchard.
- f) Fotómetro para Iluminancia, Luminancia y Radiación.

III.2.B.- Fotómetros Portátiles.

Son utilizados para mediciones de campo y de menor exactitud. Estos son agrupados según su función, de ellos los principales son para medición de. Intensidad Luminosa, Iluminancia, Luminancia y Flujo Luminoso.

III.2.C.- Fotómetros de Distribución.

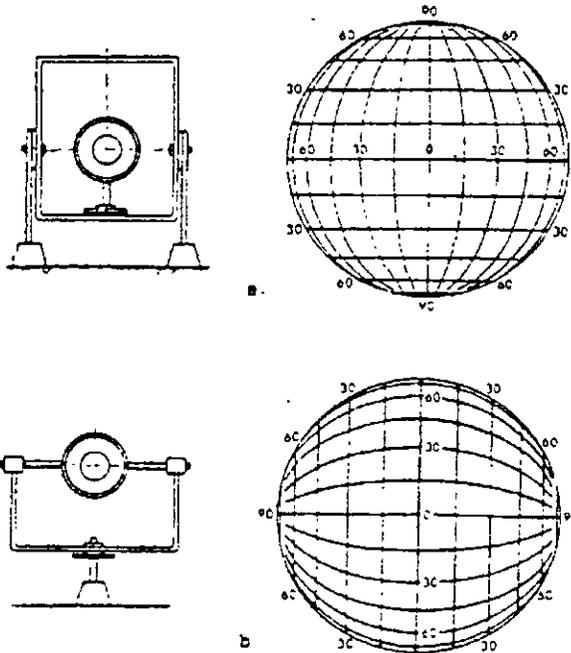
Son utilizados para realizar mediciones de intensidad luminosa (candelas) y hay 5 tipos diferentes.

III.2.C.1.- Goniómetro y Celda Fija.

La fuente luminosa es montada en un goniómetro, el cual permite que la fuente sea rotada alrededor de ambos ejes, vertical y horizontal. Las candelas son medidas

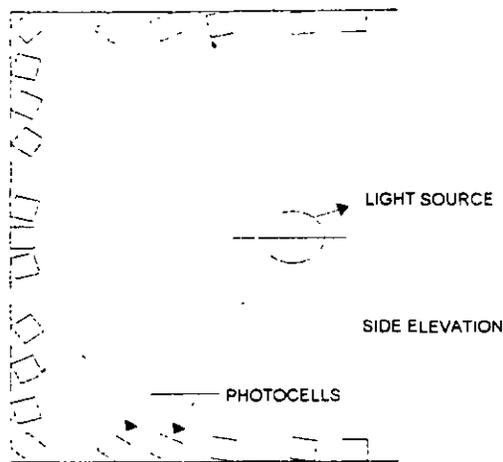
por una celda fija. Existen diferentes versiones de goniómetros, cada uno relacionado al tipo de luminario que va a ser fotometreado.

Con el uso de las computadoras, el sistema de coordenadas de un goniómetro puede ser fácilmente combinado a otro sistema, los dos tipos de sistemas de goniómetros son conocidos como tipo A y tipo B.



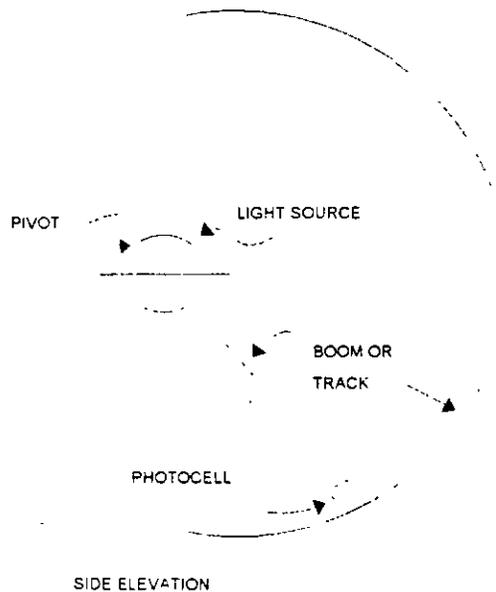
III.2.C.2.- Fotómetro de Celda Múltiple Fija.

Numerosas fotoceldas individuales son colocadas a diferentes ángulos alrededor de la fuente luminosa bajo prueba. Las lecturas son tomadas en cada fotocelda para determinar la distribución de candelas.



III.2.C.3.- Fotómetro de Celda Móvil.

Este dispositivo consiste en una fotocelda la cual se monta sobre un eje giratorio donde la fuente luminosa es encontrada en el arco trazado por la celda. Las lecturas son tomadas con la celda colocada en la posiciones angulares deseadas.



III 2.C.4.- Fotómetro de Espejo Móvil.

En este tipo, el espejo gira alrededor de la fuente luminosa, reflejando las candelas hacia una celda. Las lecturas son tomadas en los ángulos deseados de acuerdo al movimiento del espejo.

III 2.C.5.- Fotómetro de Esfera Integradora.

El flujo luminoso total de una fuente (lámpara o luminario), es medido por algún integrador, el más común es el de la esfera de Ulbricht.

III.3.- Reflectómetros.

Son fotómetros usados para medir reflectancia de materiales o superficies en formas especiales. Miden reflectancias difusas, especulares y/o totales.

III.4.- Radiómetros.

Son usados para medir energía radiante en un amplio rango de longitudes de onda, incluyendo las regiones ultravioleta, visible e infrarroja del espectro.

III.5.- Espectómetros.

Fotometría son las mediciones de energía dentro del espectro visible, valorado de acuerdo a la curva de respuesta del ojo; sin embargo, cuando la energía es pedida como una función de la longitud de onda, la medición es referida como espectometría. En la Ingeniería de Iluminación, la espectrofotometría es importante en la determinación de la transmitancia y reflectancia espectral.

IV MEDICIONES DE LABORATORIO

Los luminarios deben ser aprobados en un local con medio ambiente controlado; el Laboratorio Fotométrico deberá permanecer libre de corrientes de aire, la temperatura del cuarto de prueba deberá mantenerse constante a $25^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$. La fuente de alimentación deberá ser regulada y libre de distorsiones para minimizar

cualquier efecto por variaciones de tensión. El cuarto de prueba deberá pintarse de negro y contar con suficientes pantallas acústicas para eliminar fenómenos extraños y reflexión de luces extrañas durante la prueba

Los luminarios son montados en goniómetros que permiten tal colocación que definen ángulos alrededor de ambos ejes, vertical y horizontal. Existen diferentes versiones de goniómetros, cada uno de ellos relacionado al tipo de luminario bajo prueba. Es conveniente usar un goniómetro que mantenga al luminario en su posición de operación normal durante la prueba.

Para mediciones precisas, la distancia entre el luminario y el dispositivo sensor de luz, deberá ser lo suficientemente grande para que se aplique la ley del cuadrado inverso. La distancia de prueba mínima es gobernada por las dimensiones del luminario, esta distancia no deberá ser menor de 3 metros y al menos 5 veces la dimensión máxima del luminario. Para mayor precisión de la distancia de prueba, esta deberá medirse desde el centro fotométrico del luminario a la superficie de la fotocelda.

IV.1.- Condiciones Generales de Prueba, Recomendaciones IES para interiores.

IV.1.A.- Lámparas de Prueba.

Deberán preenvejecerse y cumplir con las características de lámparas patrón (parámetros eléctricos nominales) antes de ser utilizadas en las pruebas fotométricas, debido a que durante las pruebas deben permanecer estables.

IV.1.B.- Estabilización.

Deberá dejar que la emisión luminosa alcance su punto de estabilización antes de correr la prueba.

IV.1.C.- Fotómetro.

El equipo fotométrico deberá estar calibrado en todas sus escalas. Las lecturas deberán tomarse con una tolerancia de $\pm 2\%$. Las posiciones angulares con una tolerancia de $\pm 25\%$.

IV.1.D.- Mediciones.

Se recomienda el método relativo para la distribución de candelas. Un factor de calibración debe obtenerse a partir de la salida luminosa de la lámpara y los lúmenes asignados.

En el caso de luminarios con lámparas de descarga en gas, las mediciones de potencia, tensión y corriente deberán efectuarse con instrumentos calibrados y dentro de la precisión especificada.

V FOTOMETRIA DE LUMINARIOS

Los propósitos de la fotometría o de las mediciones de distribución luminosa en luminarios son para determinar con precisión las características de los luminarios, así como la de describir adecuadamente su funcionamiento.

Características como: Distribución de candelas, lúmenes de zona, eficiencia, luminancia, etc., son necesarias en el diseño, especificaciones y selección de luminarios.

Las mediciones fotométricas en general hacen uso de las leyes básicas y se conocen 3 tipos de fotometría.

- a) Fotometría Directa: Consiste en la comparación simultánea de una lámpara patrón y una fuente de luz desconocida.
- b) Fotometría por Sustitución: Consiste en la evaluación secuencial de las características fotométricas deseadas de una lámpara patrón y una fuente de luz desconocida en términos de una referencia arbitraria.
- c) Fotometría Relativa: Para evitar el uso de lámparas patrón, el método relativo es ampliamente aplicado. Consiste en la evaluación de las características fotométricas deseadas basadas en los lúmenes dados de la lámpara de prueba. Existen diferentes procedimientos de prueba para cada tipo específico de luminario, es decir, para alumbrado interior, alumbrado público, alumbrado con proyectores, etc. Sin embargo hay varios requerimientos generales que deberán cumplirse en todas las pruebas, por ejemplo:

- Luminarios típicos de la producción del fabricante.
- Luminarios limpios y libres de defectos.
- Luminarios con lámparas de uso comercial y en su posición de servicio.

V 1 - Mediciones Fotométricas Básicas

Son 4 las cantidades fotométricas fundamentales:

Intensidad Luminosa (candelas)
Luminancia (candela/m²)
Flujo Luminoso (lumenes)
Iluminancia (lux)

Intensidad Luminosa.

La medición básica hecha en una prueba fotométrica de un luminario es la Intensidad Luminosa en planos y ángulos específicos. El resultado de la distribución de candelas es usado para determinar los lumenes de zona, eficiencia, y luminancias promedio. Es por lo tanto necesario que se tomen los datos suficientes para describir adecuadamente la distribución de candelas y la salida luminosa total de los luminarios.

Los datos de distribución de candelas son presentados en formas tabulares en las hojas de reporte de datos de prueba. Estas curvas de distribución son usualmente presentadas en gráficas polares.

Luminancia.

Mientras las lámparas son instaladas y estabilizadas durante las pruebas fotométricas, la luminancia máxima de los luminarios deberá ser medida en ángulos específicos por el método asignado. Las mediciones pueden ser en candelas por m², candelas por in² o footlamberts. Las lecturas deberán ser tomadas tanto en el sentido transversal como en el longitudinal, en el caso de luminarios tipo fluorescente o luminarios con una distribución asimétrica. Deberá tenerse en cuenta que las mediciones de luminancia están relacionadas a los lumenes de las lámparas y por lo tanto los instrumentos de medición deberán calibrarse contra lámparas de prueba.

Si se desean valores de luminancia promedio, estos pueden ser calculados viendo mediciones de prueba de candelas obtenidas a partir de los datos de prueba, por definición, luminancia es la Intensidad Luminosa (candelas) de cualquier superficie en

$$\% \text{Eficiencia} = \frac{R3(R5)}{R1(R4)} (100)$$

Donde:

- R1 = Lectura de lámpara (s) dentro de la esfera.
- R2 = Lectura de la lámpara auxiliar.
- R3 = Lectura del luminario.
- R4 = Lectura de la lámpara auxiliar con el luminario dentro de la esfera.

Se debe entender que mientras se están tomando las lecturas a una lámpara, la otra deberá permanecer apagada. El método de la esfera no es tan preciso como el método de distribución de candelas que se describe a continuación:

Los datos de distribución de candelas son usados para el cálculo del flujo luminoso en cualquier zona angular desde nadir (0°) hasta el zenit (180°). El producto de las candelas en cada centro de zona y las constantes de zona dan los lúmenes de zona. El total de los lúmenes de zona multiplicados por 100 y divididos entre los lúmenes de lámpara nominales dan el porcentaje de eficiencia.

Las constantes utilizadas en el cálculo del flujo luminoso a partir de los datos de candelas.

Iluminancia.

El Ingeniero en Iluminación está más frecuentemente familiarizado con las mediciones de iluminación que con cualquiera de las otras cantidades fotométricas. La unidad de iluminación que es más frecuentemente usada es el "footcandle", el cual es equivalente a decir un lumen por pie cuadrado. Una iluminación de un lumen por metro cuadrado es llamado "lux" y un lumen por centímetro cuadrado ha sido llamado "phot".

V 2 - Información Fotométrica para Iluminación de Interiores.

V 2 A.- Datos de Curva Fotométrica

La información fotométrica típica de un luminario para interiores se muestra en la Figura 1.

Este contiene toda la información necesaria para determinar la operación de luminario, así como la utilización de los datos contenidos en esta figura de información fotométrica.

V.2.B.- Distribución de Candelas.

El flujo luminoso es medido con un fotómetro que mide candelas desde 0° hasta 180° a una distancia de 10 metros.

El luminario es rotado sobre sus ejes para obtener lecturas promedio de candelas en todos los planos del luminario.

Los valores en candelas del luminario son trazados sobre una gráfica polar, referidas al nadir. A partir de esta información se calcula el flujo luminoso del luminario, así como el coeficiente de utilización, el criterio de espaciamiento y el promedio de brillantez del luminario

V.2.C.- Información de Distribución.

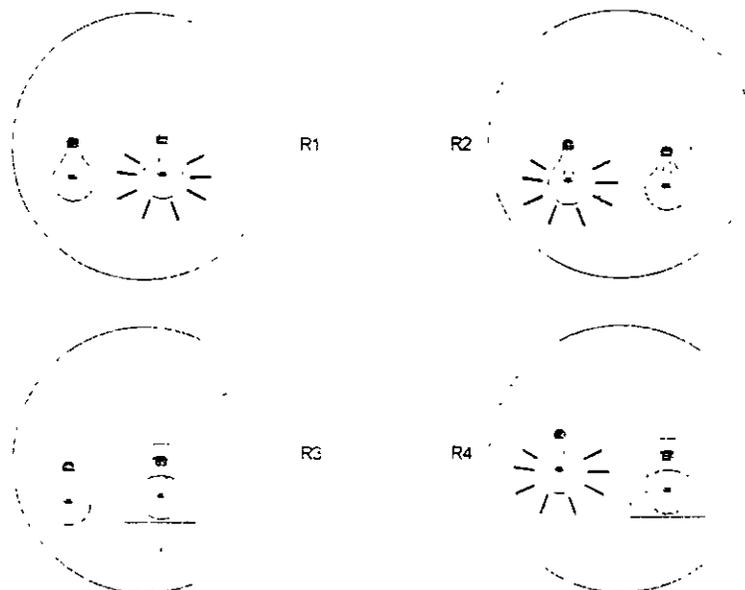
La información de distribución es también convenientemente tabulada en la hoja de información fotométrica. La información de distribución de candelas promedio permite el cálculo del flujo luminoso a cualquier ángulo desde el nadir (0°) hasta (180°). Son satisfactorios en general zonas de 10° , aunque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

una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie vista desde esa dirección.

Flujo Luminoso.

El flujo total del luminario, necesario para establecer su eficiencia en términos de flujo luminoso o lúmenes de salida de las lámparas, puede ser determinado en un fotómetro de esfera integradora o por cálculos a partir de los datos de distribución de candelas.

Si un flujo luminoso es medido en una esfera, la eficiencia puede ser determinada por el método relativo.



Primero se instalan las lámparas en el centro de la esfera y se toman sus lecturas. Una lectura es después tomada en una lámpara instalada en algún otro punto dentro de la esfera. El luminario es entonces instalado en el centro de la esfera y se toma su lectura. Después es tomada otra lectura en la otra lámpara instalada dentro de la esfera, la eficiencia es por tanto calculada de la siguiente manera:

V.2 D.- Eficiencia del Luminario.

La eficiencia del luminario mostrado en la figura 1 es 76%. Esto significa que el total de lúmenes de lámpara (1000 en este caso) es 76% o 763 lúmenes emitidos por el luminario. Es interesante hacer notar, sin embargo, que el coeficiente de utilización puede exceder la eficiencia del luminario en algunos locales. Esto se debe a la interreflexión de la iluminación.

V.2.E.- Brillantez del Luminario.

La brillantez del luminario (footlamberts) es importante solamente en la zona de deslumbramiento (de la horizontal 35° abajo). En un luminario, el promedio de brillantez se calcula:

$$\text{Brillantez (fl)} = 45^2 \frac{\text{cd}}{\text{área aparente en pulg.}^2}$$

El área que represente la porción de brillantez de los luminarios se calcula en ángulos específicos dentro de la zona de deslumbramiento.

V.2.F.- Coeficiente de Utilización.

Es la relación de la iluminación que incide en el plano de trabajo (generalmente 1 metro sobre el nivel del piso) a la iluminación generada por la lámpara (lúmenes de lámpara). La iluminación de lámpara en el plano de trabajo se obtiene de dos formas:

- 1.- Directamente del luminario.
- 2.- Reflejada por las superficies y objetos del local.

El coeficiente de utilización en función de:

- 1.- La eficiencia y la distancia del luminario.
- 2.- El porcentaje total de lúmenes de salida del luminario que inciden en el plano de trabajo directamente y la iluminación que es reflejada por las superficies del local.
- 3.- La reflectancia de las superficies del local, techo, paredes y piso.
- 4.- Las relaciones de cavidad del local, techo y piso.

V.2.G.- Clasificación de Luminarios para Interiores según IES.

Los luminarios para interiores están clasificados de acuerdo a la relación entre el máximo espaciamiento del luminario (s) y su altura de montaje (sobre el plano de trabajo) para obtener una iluminación de uniformidad adecuada, la clasificación es definida como sigue:

Clasificación IES y Relación S/HM máxima para luminarios tipo interior.

| Clasificación del luminario | Relación de Espaciamiento, Altura de montaje (sobre el plano de trabajo) |
|-----------------------------|--|
| Altamente concentrado | 0 – 0.5 |
| Concentrado | 0.51 – 0.7 |
| Medio extensivo | 0.71 – 1.0 |
| Extensivo | 1.01 – 1.5 |
| Ampliamento Extensivo | arriba de 1.5 |

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

FIG 2 UNIFORMIDAD POBRE

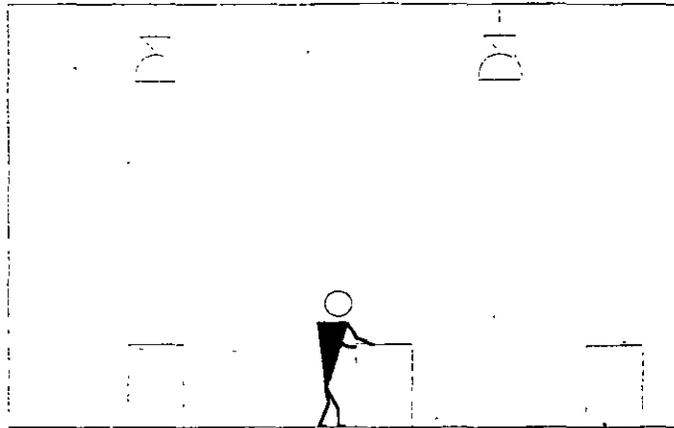
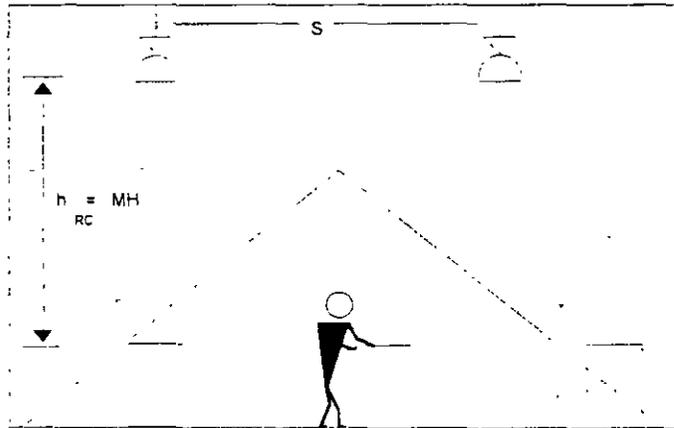


FIG 3 UNIFORMIDAD BUENA



El valor SC proporciona el máximo espaciamiento para un luminario específico

PRESENTACION DE LOS DATOS FOTOMETRICOS

Los datos fotométricos para las luminarias para caminos, áreas abiertas y poste elevado se presentan de la misma manera. Todos los datos se presentan como si el área a iluminarse para diseñar un sistema efectivo de iluminación para cualquier clase de área exterior.

Cuando se escribía este libro, los datos fotométricos para este tipo de luminarias todavía se presentaban en bujías - pie y pies. En algunos casos, los autores presentan estos en lux y candelas, pero no siempre es práctico.

En el diagrama, el punto cero grados laterales está directamente enfrente de la luminaria, mientras que el punto cero grados verticales (el nadir) se encuentra directamente abajo de ella. Se dice que la luz de la región 90-0-270 grados laterales ilumina el lado de la calle, ya que normalmente esta 180-270, se dice que está dirigida hacia el lado de las casas o de el lado de la acera, ya que casi siempre esta parte se encuentra detrás de la luminaria, en dirección hacia las casas. Si la luminaria sobresale sobre la calle, entonces parte de la luz del lado de las casas o de la acera estará dirigida hacia la calle.

La luz que la luminaria dirige hacia arriba es la que proviene de la región por encima de los 90 grados verticales. La luz que proyecta hacia abajo es la que proviene de la región por debajo de los 90 grados verticales

Clasificación de las luminarias

En el American National Standar Practice For Roadway Lighting, patrocinado por la luminating Engineering Society of North America (IES), se definen los criterios que se utilizan para la clasificación de las luminarias para caminos, áreas abiertas y de poste elevado. Las clasificaciones utilizadas en la mayoría de las gráficas de datos fotométricos son:

- 1.- Distribución de la luz vertical
- 2.- Disminución de la luz lateral
- 3.- Control de la distribución de la luz sobre la potencia luminosa máxima.

Todas las clasificaciones que se utiliza en las gráficas de datos fotométricos se basan en la iluminación de una franja que corre perpendicularmente a la cruceta de la luminaria, como ocurriría con un camino

Los datos fotométricos se aplican a una sección horizontal continua con dos límites, denominados: línea próxima de la acera y línea alejada de la acera.

Las áreas o líneas transversales son las que corren perpendicularmente a la acera del camino; las franjas o líneas longitudinales corren paralelas a la acera.

DISTRIBUCION DE LA LUZ VERTICAL

Las luminarias se clasifican como de distribución vertical corta, mediana o larga, dependiendo su potencia luminosa máxima cae a corta, mediana o a gran distancia de ellas. En el diagrama se muestran las distancias marcadas por las líneas transversales del camino (LTC) y las líneas longitudinales del camino (LLC) como múltiplos de la altura de montaje de la luminaria (AM).

Las líneas transversales dividen el camino en zonas que se extienden hasta el otro lado de éste. La primera zona está limitada por las líneas transversales trazadas a distancia de 1 y 2.25 AM de la luminaria. Esta es la zona C. Si la potencia luminosa máxima de la luminaria incide en esta zona, su distribución se clasifica como corta.

La siguiente zona está limitada por las líneas que marcan las distancias de 2.25 y 3.75 AM. La distribución de una luminaria se clasifica como mediana si su potencia luminosa máxima cae dentro de esta segunda zona, denominada zona M.

La última zona es la zona L, la cual se extiende 3.75 AM hasta 6.0 AM. Si la potencia luminosa máxima de una luminaria cae dentro de esta zona, su distribución se clasifica como larga.

Estas clasificaciones están determinadas por el ángulo vertical de potencia luminosa máxima de la luminaria. Las luminarias para caminos y las de poste elevado están dirigidas directamente hacia abajo, pero están diseñadas para emitir su potencia luminosa máxima a ángulos de hasta 80 grados. Las clasificaciones de distribución de la luz vertical de estas luminarias se

proporcionan a continuación, junto con el ángulo de potencia luminosa máxima que cada clasificación representa.

- 1.- Distribución corta: De una LLC de 1 AM a una LLC de 2.5 AM. Esto equivale a la distancia que hay entre los ángulos 45 a 66 grados verticales.
- 2.- Distribución mediana: De una LLC de 2.25 AM a una LLC de 3.75 AM. Esto equivale a la potencia que hay entre los ángulos 66 a 75 grados verticales.
- 3.- Distribución larga: De una LLC de 3.75 a una LLC de 6.0 AM. Esto equivale a la distancia que hay entre los ángulos 75 a 80 grados verticales.

DISTRIBUCION DE LA LUZ LATERAL

La distribución lateral de la luz, está indicada en las tablas de datos fotométricos que proporcionan las fabricantes, en la clasificación de las luminarias como tipo I, II, III, IV y V. Esta clasificación señalada de manera aproximada la anchura del haz de la luminaria, e indica hasta qué parte del camino o área será emitida la luz.

Este tipo de clasificación nunca debe utilizarse como el único criterio para determinar qué luminaria se va a utilizar, no obstante, la anchura del haz que se seleccione debe adaptarse hasta donde sea posible a la anchura del área que se va a iluminar.

Se pueden lograr cambios de haz desde Y hasta IV cambiando la lámpara dentro del reflector, el reflector o ambos. El método que se elija para estos cambios debe ser el que recomienda el fabricante.

El tipo de la luminaria lo determina la posición de los trazos de isocandela que conectan todos los puntos de área iluminada los cuales recibirán el equivalente a la mitad de la potencia luminosa máxima de la luminaria. La relación de los trazos de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima con las líneas longitudinales del camino, determina el tipo de luminaria, excepto cuando se trata de luminarias tipo V, las cuales tienen una distribución circular.

En el diagrama hay una línea de referencia trazada directamente desde la posición de montaje de la luminaria. Las distancias desde esta línea aparecen como múltiplos de la altura de montaje.

A continuación se detalla los tipos de clasificación para la distribución lateral de la luz:

Tipo I: La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima entre al área por ambos lados de la línea de referencia y la permanece dentro del área limitada por la LLC de 1.0 AM, tanto en el lado de la casa como en el de la calle, dentro de la zona C, M o L, donde cae la potencia luminosa máxima. Las luminarias con una clasificación I, generalmente se montan en o cerca del centro del camino o área que se va a iluminar. Las luminarias tipo II, II, y IV, por lo común se instalan a una lado del camino o área que se va a iluminar.

Tipo II: La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima no cruza la LLC de 1.75 AM en el lado de la calle, en la zona donde cae la potencia luminosa máxima. La línea puede o no cruzar la línea de referencia, pero permanece cerca de ella.

Tipo III: La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima cruza la LLC de 1.75 AM, pero no cruza la LLC de 2.75 AM sobre el lado de la calle en la zona donde cae la potencia luminosa máxima. La línea puede o no cruzar la línea de referencia.

Tipo IV: La traza de isocandela de un medio de la potencia luminosa máxima cruza la LLC de 2.75 AM en la zona donde cae la potencia luminosa máxima. La línea puede o no cruzar la línea de referencia.

tipo V: Las candelas de distribuyen simétricamente en todos los ángulos laterales alrededor de la luminaria.

CONTROL DE LA DISTRIBUCION DE LA LUZ SOBRE LA POTENCIA LUMINOSA MAXIMA

En las tablas de datos fotométricos del fabricante también se proporcionan clasificaciones concernientes al control de la distribución de la luz por encima de la potencia luminosa máxima. Las clasificaciones indican las candelas emitidas

desde la luminaria a ángulos elevados. Las clasificaciones de la IES son como sigue:

Bloqueada: No más de 25 candelas por 1,000 lúmenes de lámpara por encima de un ángulo de 90 grados sobre el nadir, y no más de 100 candelas por 1,000 lúmenes por encima de los 80 grados sobre el nadir. Estos criterios se aplican a cualquier ángulo lateral alrededor de la luminaria, y ambos deben satisfacerse para que una luminaria pueda clasificarse como bloqueada.

Semibloqueada: No más de 50 candelas por 1,000 lúmenes de lámpara por encima de un ángulo de 90 grados, y no más de 200 candelas por 1,000 lúmenes de lámpara sobre los 80 grados, en cualquier ángulo lateral.

No bloqueada: Sin limitaciones de candela.

Estas clasificaciones son importantes, ya que mientras más candelas son emitidas a ángulos elevados, más brillante parecerá la luminaria. En algunos casos, es conveniente que toda la luz sea bloqueada a los 90 grados, a fin de que la luminaria tenga una brillantez cercana a cero más allá de 10 AM. A veces esto se logra utilizando lentes planos, en vez de los lentes reflectores convexos.

Datos de utilización

En el caso de las luminarias para caminos y áreas abiertas, los datos de utilización indica qué porción de la luz es dirigida hacia el frente de la luminaria (esto es, sobre el lado de la calle) y qué proporción incide atrás (esto es, sobre el lado de la acera). Los datos se presentan en forma de una gráfica que muestra el porcentaje de los lúmenes de lámpara que llegan a la superficie del camino a varias razones de distancia transversal a altura de montaje. Los datos se aplican a calles de cualquier anchura, siempre que esta se dé como una función de la altura de montaje.

Se incluye además, la gráfica denominada " curva de utilización ". La línea punteada indica los lúmenes utilizados o el coeficiente de utilización (CU), para el lado de calle; la línea continua, indica el CU para el lado de la acera, entonces sólo se aplica la utilización del lado de la calle. Si la luminaria se monta de manera que sobresalga hacia la calle, entonces algunos de los lúmenes del lado de la acera caerán sobre la calle.

Para una luminaria tipo V, las curvas de utilización para el lado de la acera y para el lado de la calle son iguales, ya que la luz se distribuye en un patrón circular. Todos los demás tipos de luminarias tienen haces asimétricos.

RENDIMIENTO FOTOMETRICO DE LAS LUMINARIAS

Valores de flujo de luz

| | Lúmenes | Porcentaje de la lámpara |
|------------------------------------|---------|--------------------------|
| Hacia abajo, del lado de la calle | 600 | 60 |
| Hacia arriba, del lado de la calle | 10 | 1 |
| Hacia abajo, del lado de la acera | 150 | 15 |
| Hacia arriba, del lado de la acera | 10 | 1 |
| Total | 770 | 77 |

Información general:
Número de prueba: 74-0525

Distancia de prueba, en metros: 7
Lúmenes de prueba: 1,000

Si la lámpara que se va a utilizar tiene una potencia luminosa mayor o menor que la de prueba (1,000 lúmenes), multiplicar todos los valores de lumen, candela (si se proporcionan) y bujías - pie por esta razón:

$$\text{Razón} = \frac{\text{Lúmenes reales de lámpara}}{\text{Lúmenes de prueba}}$$

Potencia luminosa máxima = 750
Cono máximo = 70°
Plano vertical máximo = 72.5°/287.5°

Potencia luminosa máxima a 80° = 174
Bujías - pie de nadir = .113
Potencia luminosa de nadir = 102

Potencia luminosa máxima a 90° = 22

Prueba fotométrica de acuerdo con lo establecido por la IES.

CODO DE LA CURVA

Una curva de utilización casi recta indica una distribución uniforme de los lúmenes sobre el camino. No obstante, la mayoría de las curvas se suavizan en ciertas líneas transversales y esto indica que el nivel de la luz está cayendo. -La sección de la curva donde la línea se aplana, en ocasiones se denomina *codo de la curva*.

El codo de la curva puede ayudar al diseñador a determinar la anchura aproximada del área frente a la luminaria que se puede iluminar eficazmente; sin embargo, no ayuda a determinar el espaciamiento horizontal o la uniformidad.

ALTURA DE MONTAJE

Los datos de utilización pueden ayudar al diseñador a seleccionar la altura de montaje más conveniente para una situación dada. Si el codo de la curva para la luminaria que se va a utilizar ocurre a 1 ó 2 AM, por ejemplo, la altura del poste podría ser de aproximadamente la mitad de la anchura de la calle o área que se va a iluminar. Si la calle tiene 20 metros de ancho, probablemente se puede utilizar un poste de 10 metros de alto, ya que la luminaria puede proyectar luz eficientemente desde una distancia equivalente a 2 AM.

A veces se requieren mayores alturas de montaje para proyectar la luz más lejos y asimismo; espaciar más los postes. Esto se aplica particularmente a la calles o áreas estrechas. El diseñador también puede encontrar necesario incrementar la altura de montaje para satisfacer los requerimientos de uniformidad.

CORRELACION DE LAS CURVAS DE UTILIZACION Y CLASIFICACION POR TIPO

Existe cierta correlación entre las curvas de utilización y las clasificaciones por tipo. Para una luminaria tipo I, generalmente las curvas de utilización del lado de la acera y del lado de la calle se aproximan mucho, y se van apartando más y más, a medida que el número de tipo aumenta. Por esta razón, el diseñador debe montar una luminaria tipo I, no una tipo IV. Las luminarias tipo II, III, y IV, por lo regular se montan cerca o sobre el borde del camino. Las luminarias tipo I y V, por el contrario, se montan cerca del centro del área que se quiere iluminar.

Antes de elegir el tipo de luminaria que se utilizará, el diseñador debe estudiar la familia de curvas de utilización en una escala completa de distribuciones de luz, para así poder seleccionar la luminaria con la mejor combinación de utilización y uniformidad.

Datos de iluminación

La tabla denominada " datos de iluminación " se incluye en los datos fotométricos para cualquier luminaria. Los números de la tabla indican bujías - pie, y pueden convertirse a lux multiplicándolos por 10.76.

Estos datos se presentan como si el área que se va a iluminar fuera una calle, pero se aplican a cualquier área exterior. La luminaria está montada en el punto marcado " posición de la luminaria ". Los datos se proporcionan sólo para un solo lado del haz de la luminaria, debido a que los valores son casi iguales de izquierda a derecha, y están promediados para obtener la iluminación producida por un lado.

Las coordenadas están basadas en razones de distancia a altura de montaje. En este caso los datos se aplican a una altura de montaje de 9.1 metros (30 pies), pero pueden aplicarse a otras alturas de montaje si se utiliza la tabla incluida en la gráfica.

Los números de la tabla son niveles de iluminación por 1,000 lúmenes de lámparas en varios puntos del área iluminada. Las líneas de isoiluminación conectan los puntos de igual iluminación. En este caso los niveles se proporcionan primero en lux y después en bujías - pie. Los datos pueden

aplicarse directamente al área que se va a iluminar, ya que las luminarias para caminos, áreas abiertas y de poste elevado tienen un apuntamiento fijo.

Las dimensiones del área que se va a iluminar pueden tratarse directamente sobre los datos de iluminación para determinar los niveles de iluminación en varios puntos. Estos valores pueden entonces ajustarse para alturas de montaje mayores o menores que 9.1 metros, y para lux o bujías - pie, utilizando los factores de corrección incluidos con los datos. Los valores están expresados por 1.000 lúmenes que produce la lámpara que se utilizará.

En algunos casos, es conveniente aplicar los datos de iluminación a la misma escala que el plano del lugar que se va a iluminar. Al superponer este diagrama sobre el plano, el diseñador puede estudiar la distribución de la luz. Se pueden poner dos o más diagramas sobre el plano, como se la iluminación proviniera de dos o más luminarias y éstas se probaran a distas distancias. Esto también puede servir para determinar la separación más conveniente. Donde se cruzan líneas de isoiluminación, los valores de las líneas individuales se suman para producir los niveles reales de iluminación. Esto proporciona una buena indicación de cuán uniformemente estará iluminado el lugar, y ayudará al diseñador a determinar el espaciamiento definitivo.



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

LUMINARIOS

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**

GENERTEK, S.A. de C.V.

*

LUMINARIOS

*

LUMINARIOS

PROYECTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO

1.5.2.-Luminarias.

Una luminaria para alumbrado público es el aparato que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una o varias lámparas, y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estas lámparas, y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica (Ref 7).

1.5.2.1.- Una luminaria debe tener las siguientes propiedades:

- a) Distribuir el flujo luminoso emitido por la lámpara, a fin de obtener los resultados requeridos.
- b) Controlar el flujo luminoso a fin de evitar cualquier molestia visual a los usuarios.
- c) Tener las cualidades eléctricas y mecánicas que la hagan adecuada al uso para el cual se ha diseñado y que sea capaz de hacer el mejor uso del flujo emitido por las lámparas.
- d) Proteger las lámparas y los sistemas ópticos y eléctricos contra la acción de las inclemencias del tiempo o agentes contaminantes en la atmósfera que puedan afectar su eficiencia.

Una luminaria debe constituir una unidad homogénea con la lámpara o lámparas, integradas para cumplir sus funciones. Sólo se deberán usar las lámparas de tipo y características que indique el fabricante de la luminaria.

Las figuras III-49 y III-50 muestran los componentes básicos de luminarias cerradas y abiertas, que se mencionan en los siguientes párrafos.

1.5.2.2.- Características.

Las luminarias para alumbrado exterior deberán construirse de acuerdo con las normas NOM-J-324-1977 y sus anexos (Ref /), las cuales describen sus características mecánicas y eléctricas, los elementos que las constituyen, las circunstancias bajo las cuales deben ser usadas, así como las diferentes pruebas a las que deben ser sujetas antes de aceptarse para su uso. Las cualidades lumínicas deberán especificarse de acuerdo con los criterios de selección presentados en la sección III-1.3.5 de este manual.

1.5.2.3.- Componentes.

Lámpara.

Una luminaria está equipada con una o varias lámparas de características específicas, compatibles con ella. Si se usa una luminaria equipada con varias lámparas, el sistema óptico deberá estar diseñado en forma tal que asegure que la distribución de la luz es aceptable, independientemente del número de lámparas que estén trabajando.

Si en forma excepcional, las lámparas usadas son de tipos diferentes (por ejemplo: mercurio y sodio), la mezcla del flujo luminoso deberá ser homogéneo, a fin de evitar diferencias de color en la superficie a iluminar.

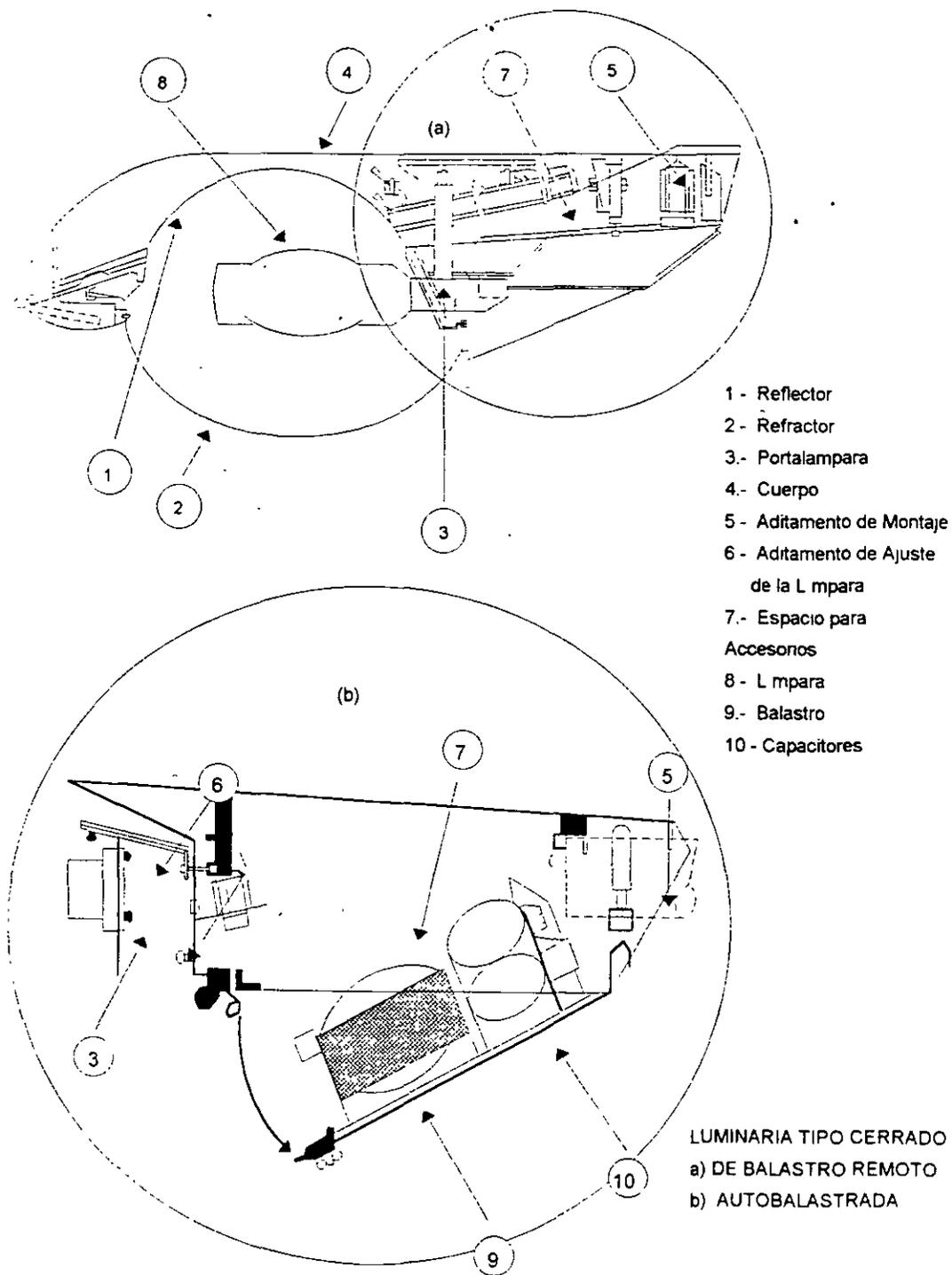
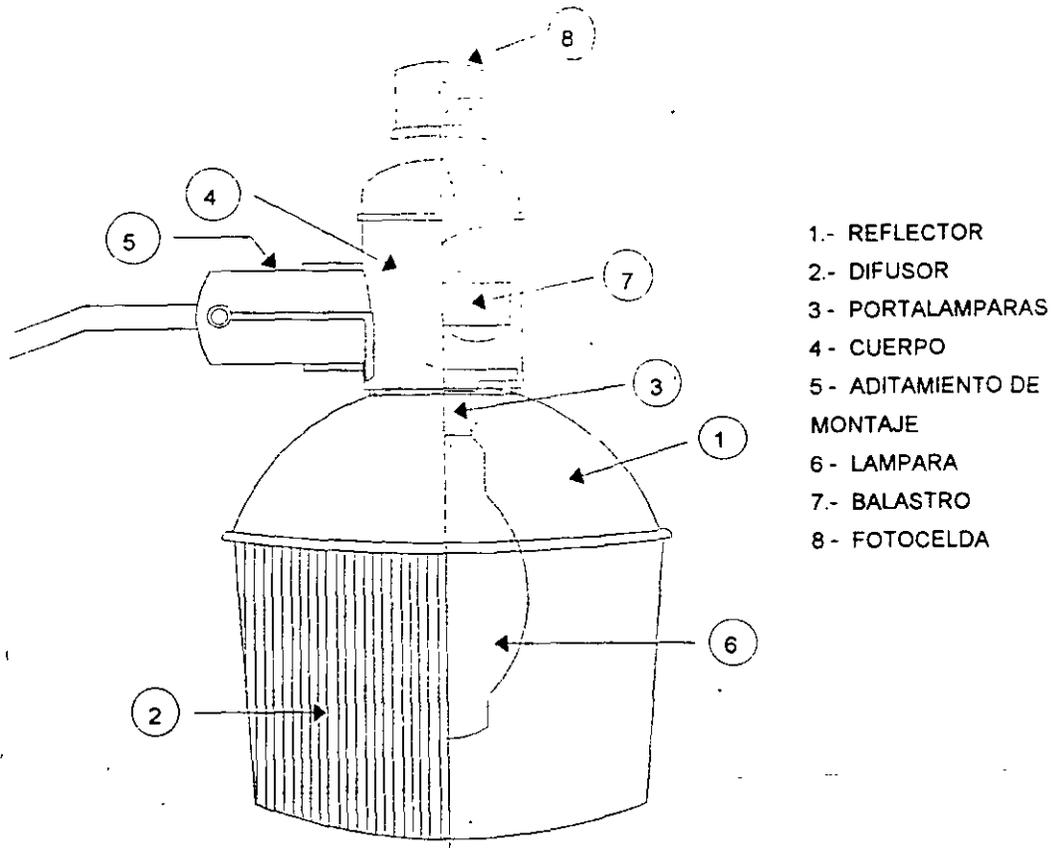


Figura III-49



LUMINARIO TIPO ABIERTO

Figura III-50

Sistema Optico.

El sistema óptico tiene como fin el modificar la distribución del flujo luminoso emitido por la lámpara. Esta distribución puede ser obtenida por uno o varios elementos.

Reflectores.

Estos componentes usan el fenómeno de la reflexión especular, la reflexión difusa o la reflexión total. Estos, hechos generalmente de vidrio, el cual ha sido pulido o preparado para actuar como superficie reflejante, o bien de aluminio tratado especialmente.

El vidrio reflector se obtiene por plateado, metalización al vacío, por rociado en forma de prismas con cualidades de reflexión total.

El aluminio se usa como reflector, generalmente en forma de láminas troqueladas y formadas.

Independientemente de que se hagan de vidrio, aluminio o cualquier otro material, sus tratamientos y su protección contra la corrosión deben ser de la mayor calidad a fin de asegurar que la potencia reflectora se mantenga inalterable con el tiempo.

Refractores.

Estos componentes aplican las leyes de la refracción de cuerpos transparentes y están realizados en vidrio o plástico. Estos materiales deberán ser suficientemente resistentes a los choques mecánicos y térmicos, y sus cualidades no deben disminuir notablemente con el tiempo.

Difusores.

Estos accesorios se usan generalmente para mejorar el confort visual al reducir la luminancia de las lámparas. Se usan para formar volúmenes luminosos cuando es especialmente importante la estética. Generalmente están combinados con algunos de los componentes anteriormente mencionados.

Nota: El sistema óptico para las luminarias que utilizan lámparas de sodio de alta presión deberán ser diseñadas en forma tal que eviten la reflexión de algunos de los rayos luminosos del sistema óptico a través del tubo de descarga, ya que esto incrementa la temperatura y modifica las características eléctricas luminales de las lámparas.

Portalámparas.

Los portalámparas deberán asegurar permanentemente que la lámpara se encuentre en la posición correcta y que el contacto eléctrico sea eficiente bajo todas las circunstancias y, especialmente, cuando los accesorios están sujetos a vibraciones. Dieléctricamente debe ser capaz de soportar la tensión de arranque.

En algunos casos, el portalámparas no es suficiente para soportar la lámpara en posición y requiere el uso de soportes adicionales.

Cuerpo o Armadura.

El cuerpo o envoltente exterior puede ser una pieza o una composición de varios elementos que pueden ser desensamblados y puede constituir parcial o totalmente el conjunto óptico.

Su forma, dimensión, la naturaleza de sus componentes y su construcción, deberán corresponder al tipo y potencia de la lámpara a usar, a las especificaciones estéticas y deberá ser capaz de cumplir satisfactoriamente la función requerida.

En particular, estos elementos deberán:

- Permitir el reemplazo y el ajuste de las lámparas en forma sencilla y efectiva.
- Asegurar la protección de la lámpara y de las partes eléctricas.
- Tener una excelente resistencia a la corrosión.

El cuerpo deberá tener una buena resistencia a los impactos mecánicos, una alta rigidez y no deberá ser deformado por elementos extraños o por vibraciones.

Aditamento de Montaje.

Una luminaria generalmente incluye aditamentos de ajuste, los cuales deberán ser capaces de:

- Ubicar las lámparas de determinadas potencias en la posición correcta.
- Adaptar la distribución luminosa de los equipos a la superficie a iluminar.

- Desplazando la lámpara en relación con los elementos ópticos.
- Desplazando los elementos ópticos en relación a la lámpara.
- Concentrando parte del flujo.

En todos los casos, las maniobras deberán ser sencillas, rápidas y seguras, y los aditamentos de ajuste deberán incluir un medio de indicación de la posición de cada tipo de lámpara que puede ser usada.

Una vez que el ajuste ha sido revisado, éste deberá mantenerse rígidamente.

Espacios para Equipos de Control y Balastro.

Si el equipo de control y/o balastro se alojan dentro de una luminaria, los aumentos de temperatura, no deberán afectar su eficiencia.

Aditamentos para Cerrar o Sellar Luminarias.

Se justifica el uso de un aditamento de este tipo, ya sea por razones estéticas o por razones técnicas, tales como: Proteger el equipo óptico de las lámparas, construir una parte o todo el sistema óptica, o bien el asegura que la lámpara funcione correctamente, manteniendo las temperaturas internas compatibles con la eficiencia correcta de la misma.

Las cubiertas en vidrio o en plástico, que constituyen el aditamento de cierre, deben ser removibles, a fin de permitir el reemplazo de la lámpara y su mantenimiento.

Deben ser fácilmente removibles y cuando la luminaria se encuentre en la posición de abierta, la parte móvil deberá permancer sujeto a la parte fija del cuerpo de la luminaria.

1.5.2.4.- Cualidades de Luminarias Abiertas y Cerradas.

Las luminarias tipo abierto son muy fáciles de usar y de mantener debido a que se tiene un acceso directo a las lámparas y a los elementos principales de la unidad. En este tipo de luminarias se debe evitar la absorción parcial del flujo luminoso por la cubierta. Sin embargo, bajo ciertas condiciones atmosféricas, el sistema óptico y la lámpara, rápidamente decrecen en su eficiencia.

Las luminarias de tipo cerrado protegen a los componentes, de acuerdo a la calidad de sello que tengan las luminarias. Si la hermeticidad es defectuosa, el polvo que se acumula en las cubiertas aumenta la cantidad de flujo luminoso absorbido.

Algunas luminarias están equipadas con un filtro que evita el paso de polvos e insectos, al mismo tiempo que mantiene una presión interna igual a la externa.

La hermeticidad se mantendrá únicamente cuando se usen adecuadamente los aditamentos de cierre y tomándose ciertas precauciones cuando la unidad se encuentre en operación y, en particular, cuando el aditamento de cierre sea operado para mantenimiento, reemplazo de lámparas, etc

1.5.2.5.- Características Mecánicas de Luminarias.

Una luminaria debe constituir una unidad indeformable, que resista la acción de fuerzas extrañas o fuerzas internas, que se puedan encontrar en las condiciones usuales de trabajo, la Norma NOM-J-324.1977 (Ref 7), especifica las pruebas a que deben someterse las luminarias para comprobar sus características mecánicas.

1.5.2.6.- Características Eléctricas.

Las normas aplicables indican claramente el tipo de protección contra contactos indirectos. Las conexiones terminales deberán ser de tipos normalizados, la sección de los conductores deberá ser suficiente para asegurar una resistencia mecánica adecuada, así como mantener el efecto YUL a un nivel despreciable. Los aislantes y las características eléctricas deberán ser compatibles con las indicadas, de acuerdo a la clase especificada. Los accesorios tales como portalámparas y terminales, deberán ser de un tipo normalizado e intercambiable.

1.5.2.7.- Características Térmicas.

Las diferentes partes de las unidades de alumbrado deberán resistir las temperaturas correspondientes al uso normal. El calor producido por la lámpara y por el balastro en el caso de ser autocontenido, no deberá de alcanzar niveles peligrosos, especialmente para el alumbrado interior y los aislamientos, y no deberá sobrecalentar excesivamente las partes metálicas de la unidad. Los contactos y otras partes conductoras deberán ser diseñadas para asegurar que el paso de la corriente no produzca un aumento de temperatura notable.

Los elementos que determinan la selección de una luminaria son numerosos y dependen de factores diferentes. Es importante examinar cuidadosamente todos estos factores y darles un orden de importancia, de acuerdo a la condiciones locales.

A nivel técnico:

- Necesidad o no de usar una luminaria cerrada.

Desde el punto de vista óptico:

- Tipo y potencia de la lámpara.
- Distribución del flujo luminoso para el mejor uso.

Factor de utilización:

- Tipo y dimensiones del sistema óptico.
- Conservación de las características ópticas.

Desde el punto de vista eléctrico y térmico:

- Calidad y seguridad en los contactos.
- Protección contra sobrecalentamiento.
- Calidad de los materiales aislantes y de los aditamentos eléctricos.

Desde el punto de vista mecánico:

- Dimensiones de la luminaria.
- Calidad y tipo de los materiales usados.
- Robustez de la unidad con el tiempo.
- Método de montaje.
- Simplicidad y seguridad de ajuste en los aditamentos de montaje.
- Resistencia a la corrosión y vibraciones, especialmente los tornillos.

A nivel estético:

- Armonía con el ambiente.
- Balance y simplicidad.

A nivel económico:

Las unidades de iluminación generalmente se fabrican para una temperatura ambiente de 25° C.

Todos los materiales empleados no deberán ser sometidos a temperaturas mayores que las indicadas como aceptables en las pruebas realizadas sobre los mismo.

1.5.2.8.- Características Estéticas.

A fin de hacer una selección adecuada de las luminarias, no se debe de olvidar la selección desde el punto de vista estético.

El aspecto diurno de las instalaciones de alumbrado público debe ser examinado con un especial cuidado; las unidades se deben escoger para armonizar con las características arquitectónicas del lugar a iluminar. En la mayoría de los casos, las luminarias existentes en el mercado permiten satisfacer esta condición.

En algunos casos particulares, tales como sitios de interés histórico, se necesitan soluciones especiales, las cuales generalmente son más costosas.

En todos los casos, se debe enfatizar la necesidad de una colaboración muy estrecha entre los arquitectos y los ingenieros de iluminación, desde el principio de la concepción de la instalación. Esta cooperación permitirá un mejor uso de las técnicas y de los materiales de iluminación, así como de la realización de unas instalaciones más estéticas, más adecuadas, que puedan en el largo plazo de ser menos costosas que aquellas soluciones tomadas considerando exclusivamente las características.

Cuando el proyecto requiera de un tipo especial de luminaria, éste, al diseñarse y construirse, deberá ser capaz de contener los sistemas ópticos que permitan una distribución correcta y económica del flujo luminoso. Esta consideración puede no ser importante, si excepcionalmente el aspecto decorativo de la unidad es el preponderante.

1.5.2.9.- Elementos que Determinan la Selección de una Luminaria.

- Costo de capital:
 - Costo de las luminarias.
 - Costo de su instalación.
- Costos de operación y mantenimiento.
- Fácil reemplazo de lámparas y, si es necesario, de su balastro.
- Facilidad de limpieza.

Es de hacer notar que setos gastos dependen de las combinaciones hechas para asegurar el servicio y éstas variarán en forma importante de instalación a instalación.

1.5.2.10.- Selección de Luminarias.

A fin de facilitar la selección de luminarias, se presentan tabuladas aquéllas que ofrecen los fabricantes nacionales, indicando las características publicadas en folletos descriptivos o entregadas a los autores del Manual al 15 de mayo de 1980. Es importante destacar que existe una gran variedad de luminarias en el mercado, que no aparecen en la tabla III-10, debido a que la información técnica publicada es incompleta o no existe.

1.5.4.-Postes.

Las luminarias para alumbrado público se montan generalmente en postes, ya sean propios o de la red eléctrica. Cualquiera de estos soportes deberán cumplir con las siguientes funciones:

- Resistir los impactos del viento.
- Resistir los agentes corrosivos de la atmósfera.
- Ser lo suficientemente ligeros para su manejo.
- Proveer espacio suficiente para los accesorios que deban alojarse en ellos, tales como: conductores, balastos o equipos de control.
- Requerir el mínimo de mantenimiento.

En la figura III-63 se muestran las principales características geométricas de la unidad poste-luminaria, que son definidas por el poste mismo.

1.5.4.1.- Componentes.

Los postes son en sí columnas verticales instaladas con el fin de soportar una o varias luminarias y constan de varias partes:

Poste o columna vertical alcanzar la altura de montaje requerida, en combinación con el brazo, si se requiere.

Brazo o columna horizontal que permite ubicar la luminaria en el punto deseado, en el plano transversal de la calle a iluminar.

Punta o pieza de montaje, colocada en el extremo superior del poste o del brazo, según sea el caso y que permite el montaje de la(s) luminaria(s). Puede ser lisa o roscada.

Placa base sólidamente fija a la base del poste para recibir las anclas de fijación al cimiento.

Registro puesto cerca de la base del poste para permitir el alcance de los accesorios dentro del poste.

Pedestal pieza que tiene el doble propósito de servir para el alcance del poste y alojar el balastro.

Anclaje pernos metálicos empotrados en la cimentación de concreto para sujetar la base (placa o pedestal) al cimiento.

En las figuras III-64 a III-66 se muestran los componentes anteriormente descritos, en diferentes modalidades de montaje.

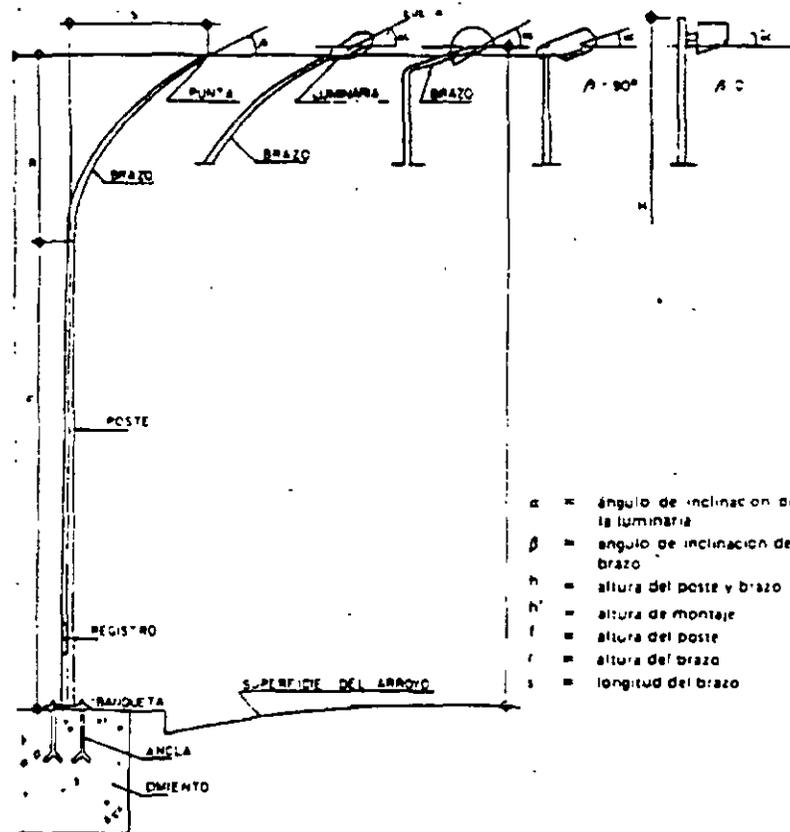


Figura 11.63

1.5.4.2.- Construcción.

Los postes se fabrican con lámina de fierro rolado, en sus presentaciones más comunes y, se pueden encontrar también fabricados de concreto, madera o aluminio.

Uso.

Por su uso, se clasifican como "punta de poste" cuando la luminaria va montada directamente al extremo superior del poste o "con brazo", estando en este caso preparados para soportar diferentes tipos de brazo. En ambos casos, pueden soportar una o más luminarias.

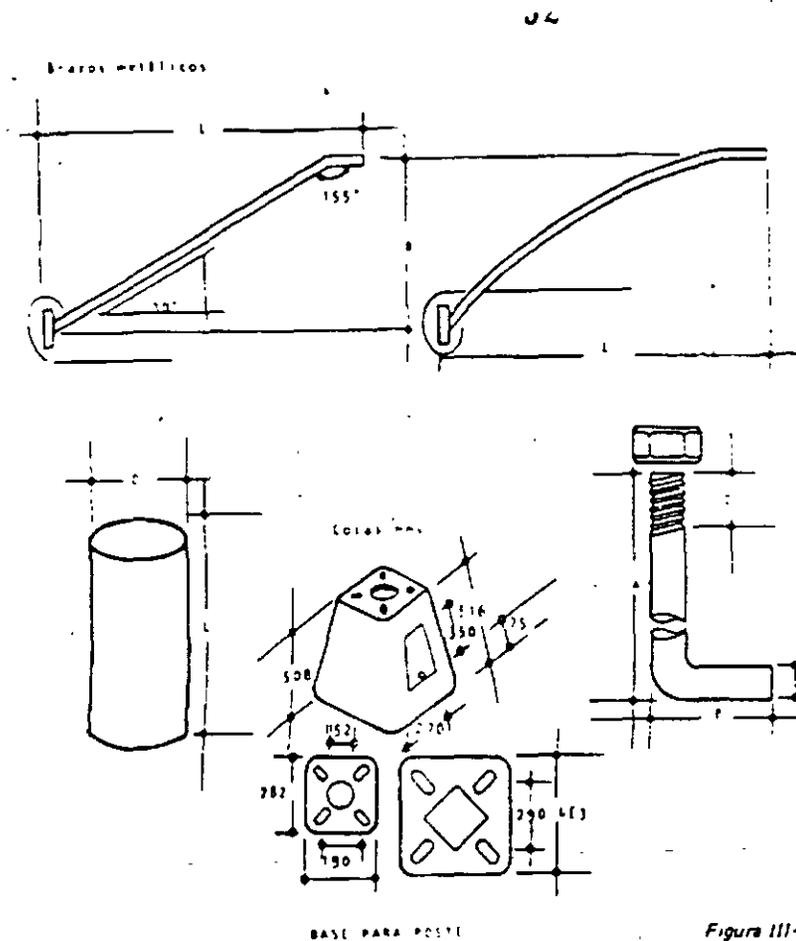


Figura III-5i.

Longitud.

Varía de los 3 a los 30 metros; es necesario hacer que la longitud del poste no necesariamente corresponde a la altura de montaje, ya que se debe combinar con el brazo y en algunos casos con la longitud de poste que se empotra en el terreno para su montaje. Los fabricantes los ofrecen rectos o curvados (látigo).

Sección Transversal.

Es costumbre definirla por la forma, el material y el espesor del mismo, pero es recomendable especificarla por los esfuerzos a que estará sometido el poste, tales como: empuje del viento, impactos, flexión, peso originado por la luminaria y el brazo,

etc. Las formas más comunes en el mercado son: circular, cuadrada, hexagonal y octagonal.

Características Estéticas.

En el párrafo III.1.5.2.8, se menciona la necesidad de adecuar la luminaria al paisaje urbano, tanto diurno como nocturno. El poste deberá ser seleccionado en forma tal que armonice con dicho paisaje urbano.

En la tabla III-13 se resumen los tipos de poste (con sus nombres comerciales) ofrecidos por los fabricantes y que pueden servir como una guía inicial para su selección.

1.5.4.3.- Postes de la Red Eléctrica.

Tanto desde el punto de vista económico como estético, es conveniente usar los postes de la red eléctrica para soportar luminarias para alumbrado público.

Desde el punto de vista estético, al disminuir el número de postes se reducen los obstáculos al paisaje urbano.

Desde el punto de vista económico, la inversión inicial disminuye por:

- 1) No se requiere de postes ni de su utilización.
- 2) No se requiere la red subterránea ni la obra civil (excavaciones, ductos, registros, bases, etc.).
- 3) En caso de instalarse una red aérea de alimentación exclusiva para el servicio de alumbrado público, el costo de los conductores se reduce al usarse desnudos y de longitud menor.

Por otra parte, la inversión aumenta por:

- 1) La posibilidad de instalar controles de encendido y apagado para cada lámpara.

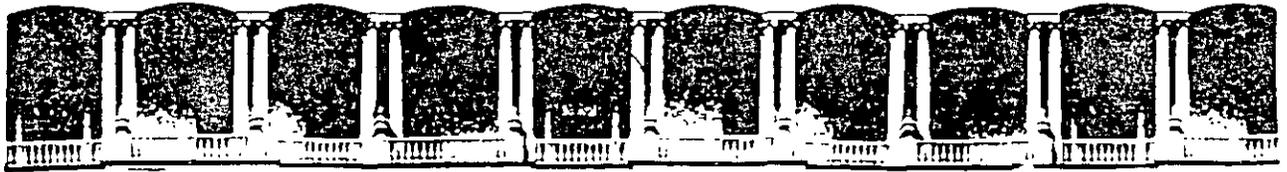
2) La posibilidad de requerir que algunas operaciones de montaje y/o mantenimiento tengan que ser realizadas por la empresa suministradora.

Obviamente, esta solución sólo se puede considerar en aquellos casos en que la red eléctrica sea del tipo aéreo.

Deberá consultarse la oficina más próxima de la CFE, a fin de elaborar el proyecto en forma conjunta, ya que las alturas de montaje permitidas en este caso, así como la distancia interpostal, están definidas por la geometría de la red eléctrica.

La figura III-67 muestra una instalación típica en poste de la red eléctrica.

.....



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

**ALUMBRADO PÚBLICO
DISEÑO Y CÁLCULO**

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**

ALUMBRADO PUBLICO DISENO Y CALCULO

OBJETIVO:

EL OBJETIVO DEL ALUMBRADO PUBLICO ES EL DE PROPORCIONAR LA ILUMINACION ADECUADA EN CANTIDAD Y CALIDAD, PARA UNA VISION CONFORTABLE A LOS CONDUCTORES DE VEHICULOS Y PEATONES QUE LES PROPORCIONE SEGURIDAD Y PROTECCION, ADEMAS DE AYUDAR A EVITAR ACCIDENTES, REDUCIR EL VANDALISMO Y ESTIMULAR EL COMERCIO

METODO DE CALCULO

EL METODO ES APLICABLE PARA CALCULOS DE ILUMINANCIA EN CARRETERAS, CALLES, AVENIDAS, ANDADORES Y CICLOPISTAS.

LA ILUMINACION POR MEDIO DE POSTES ALTOS SE TRATA FUERA DE ESTE CAPITULO.

ES ESENCIAL EL DISPONER DE UN DIBUJO A ESCALA QUE MUESTRE TODOS LOS DATOS PERTINENTES, ADEMAS DE DEFINIR SU LOCALIZACION DE LA VIALIDAD, DENSIDAD DE TRAFICO, JURISDICCION, LOCAL, ESTATAL, NACIONAL Y CUALQUIER OTRO FACTOR UTIL.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

El procedimiento principal es para determinar por medio de cálculos y datos fotométricos, que combinación de lámpara-luminario se requiere para proveer una iluminación dada a una vialidad de dimensiones específicas y comprende dos partes principales:

A) OBJETIVOS Y ESPECIFICACIONES

B) FACTOR TOTAL DE PERDIDAS DE LUZ

..) OBJETIVOS Y ESPECIFICACIONES

- 1) UN COMPLETO CONOCIMIENTO Y ENTENDIMIENTO DE LA LOCALIZACION Y TIPO DE VIALIDAD PARA DEFINIR SU CLASIFICACION
- 2) CALIDAD DE ILUMINACION.
CRITERIOS DE BRILLANTEZ Y DESLUMBRAMIENTO.
- 3) CANTIDAD DE ILUMINACION REQUERIDA
RECOMENDACIONES DE LA I.E.S. C.I.E.
- 4) ATMOSFERA DEL AREA.
ANALISIS DEL MEDIO AMBIENTE EN DONDE VA A OPERAR EL SISTEMA DE ILUMINACION
POLVO EN LA ATMOSFERA PARA DEFINIR QUE GRUPO TIPICO DE AREA ATMOSFERICA.
- 5) DESCRIPCION DEL AREA.
SE REQUIERE UNA COMPLETA DESCRIPCION DEL AREA A ILUMINAR QUE

DEBERA INCLUIR LAS CARACTERISTICAS FISICAS DIMENSIONALES, COMO ANCHO DEL ARROYO, BANQUETA, CURVATURA, OBSTRUCCIONES (ARBOLES, POSTES DE OTROS SERVICIOS, CANALIZACIONES, ETC.), AREAS ADYACENTES.

6) SELECCION DEL LUMINARIO

LA SELECCION DEL LUMINARIO ESPECIFICO REQUIERE CONSIDERAR SIMULTANEAMENTE VARIOS FACTORES ENTRE ELLOS:

DIMENSIONES Y TIPO DE VIALIDAD

LOCALIZACION EN QUE TIPO DE ZONA

CONDICIONES ATMOSFERICAS

ALTURA DE MONTAJE

DEPRECIACION POR POLVO

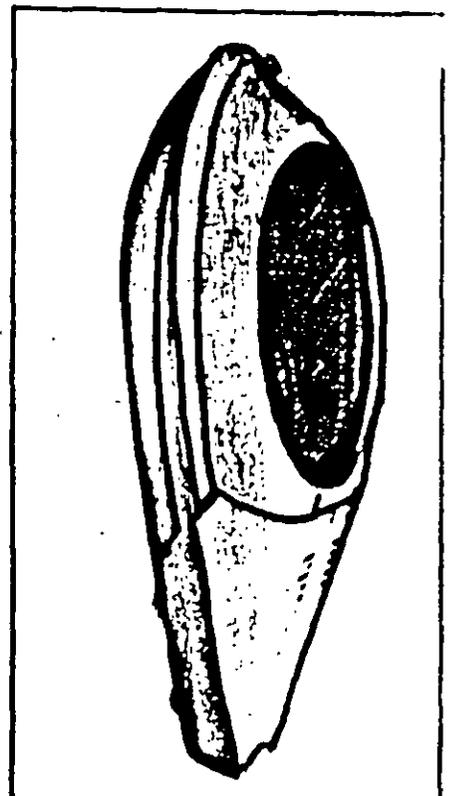
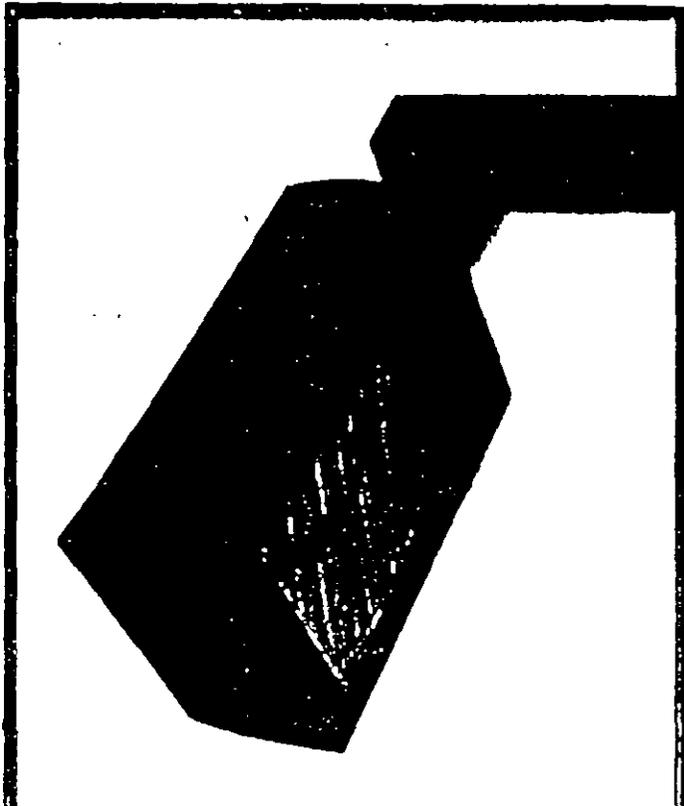
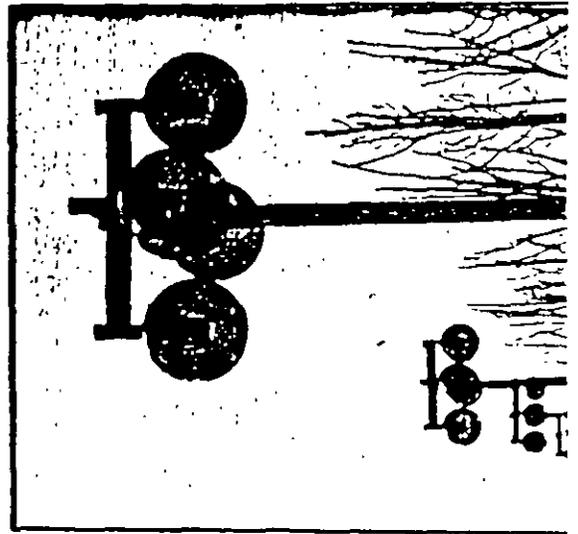
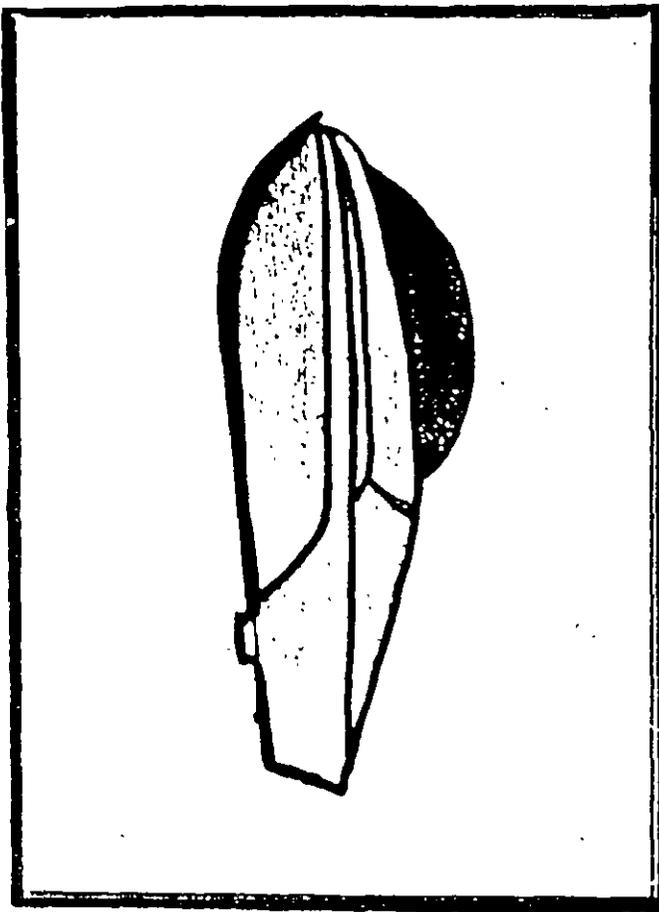
FUENTE LUMINOSA

CONSIDERACIONES DE MANTENIMIENTO

APARIENCIA

FACILIDAD DE MONTAJE

VANDALISMO



B) FACTOR TOTAL DE PERDIDA DE LUZ

-NO RECUPERABLES

1) TEMPERATURA AMBIENTAL

2) VOLTAJE DE LINEA

ES DIFICIL PREDECIR EL VOLTAJE DE LA LINEA EN SERVICIO, PERO ALTOS O BAJOS VOLTAJES AFECTARAN LA EFECIENCIA LUMINICA DE LA MAYOR PARTE DE LOS LUMINARIOS.

3) FACTOR DE BALASTRO

SI EL BALASTRO USADO EN EL LUMINARIO NO PROVEE EL WATTAJE REQUERIDO POR LA LAMPARA LA SALIDA DE LUZ SE AFECTARA PROPORCIONALMENTE Y UN FACTOR DE BALASTRO DEBERA CONSIDERARSE

4) DEPRECIACION DE LOS COMPONENTES.

LA DEPRECIACION DE LA SALIDA DE LUZ DE UN LUMINARIO ES DEBIDO AL RESULTADO DEL DETERIORO DEL METAL, VIDRIO, PLASTICO, PINTURA Y ACABADOS DEL REFLECTOR, QUE CAUSARAN UNA DISMINUCION DE LA SALIDA DE LUZ NO EXISTE FACTOR FIJO PARA ESTE PUNTO

D

5) CAMBIOS FISICOS EN LOS ALREDEDORES.
EL DISENADOR DEBERA ENTERARSE DE QUE CAMBIOS SE PLANEAN, QUE PUEDAN AFECTAR LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA, TALES COMO AUMENTAR EL ANCHO DE LA VIALIDAD, MODIFICACION DE ACERAS, CAMBIO DE PAVIMENTOS, PLANTAR ARBOLES, CONSTRUCCION O DEMOLICION DE EDIFICIOS O CUALQUIER COSA QUE CAMBIE

6) MORTANDAD DE LAS LAMPARAS.

EL NO REEMPLAZAR LAS LAMPARAS FUERA DE OPERACION AFECTAN LA CALIDAD DEL SISTEMA DE ILUMINACION.

ECUPERABLES

1) DEPRECIACION LUMINICA DE LA LAMPARA

2) DEPRECIACION POR POLVO EN EL LUMINARIO

LA ACUMULACION POR POLVO EN LA SUPERFICIE DEL LUMINARIO CAUSA UNA PERDIDA EN LA EFICIENCIA LUMINICA Y EN CONSECUENCIA MENOS LUZ SOBRE EL PAVIMENTO.

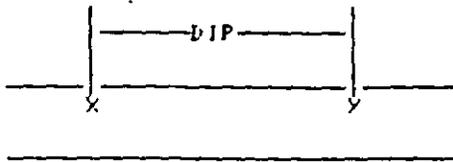
EL TOTAL DE LOS FACTORES DE PERDIDAS DE LUZ (FPTL) ES SIMPLEMENTE EL PRODUCTO DE MULTIPLICAR LOS FACTORES DESCRITOS

$$FPTL = F.B \times DSR \times FD \times FM \times CS$$

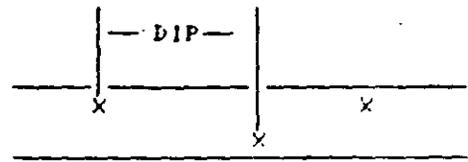
CUANDO LOS FACTORES NO SON CONOCIDOS O APLICABLES SE PUEDEN OMITIR LOS NO IMPORTANTES.

- F.B - FACTOR DE BALASTRO - BF
- DSR - DEPRECIACION DE LA SUPERFICIE
DEL REFLECTOR - RD
- FD - DEPRECIACION DE LUMENES DE LA
LAMPARA - LLD
- FM - FACTOR DE MORTANDAD- BCF
- CS - DEPRECIACION POR POLVO EN EL
LUMINARIO - LDD

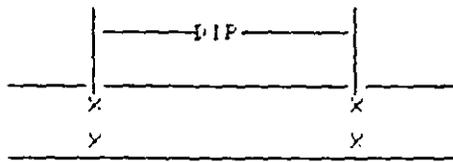
TIPO DE DISPOSICION



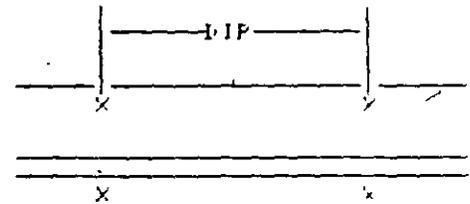
UNILATERAL



TRES BOLILLO



OPUESTO

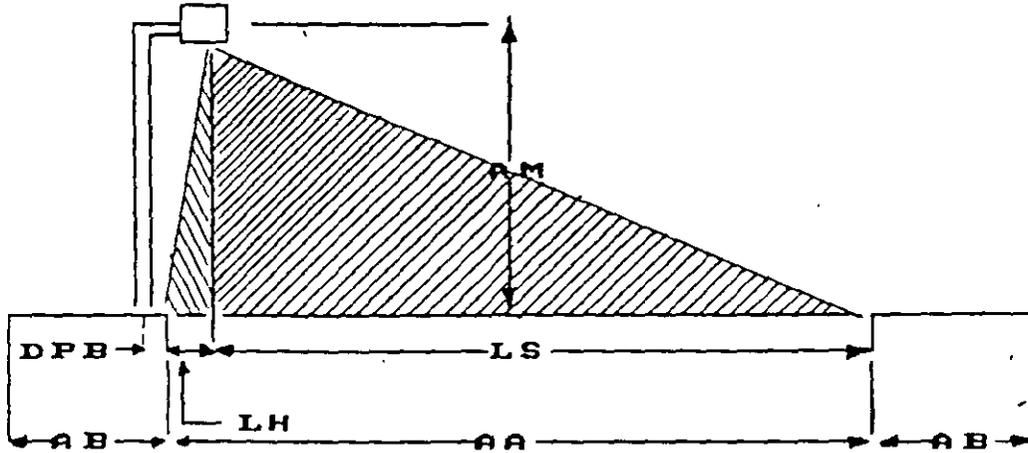


AL CENTRO

FORMULAS PARA EL CALCULO

$$E_{O} = \frac{\text{LUMENES DE LAMP} \times CU \times FTPL}{A \text{ ANCHO CALLE} \times \text{DIST. INTER POSTAL}}$$

$$DIP = \frac{\text{LUMENES DE LAMP} \times CU \times FTPL}{\text{ANCHO CALLE} \times \text{NIVEL DE ILUMINACION}}$$



AA: ANCHO DE ARROYO

AB: ANCHO DE BANQUETAS

DIP: DISTANCIA INTERPOSTAL

AM: ALTURA DE MONTAJE

LH: LADO CASA

LS: LADO CALLE

DPB: DISTANCIA CENTRO POSTE FIN BANQUETA

NI: NIVEL DE ILUMINANCIA MANTENIDO

CU: COEFICIENTE DE UTILIZACION

RECOMENDACIONES GENERALES

LONGITUD DEL BRAZO NO MAYOR 2.5 % DE LA ALTURA DE MONTAJE.

CUANDO EL RESULTADO DEL CALCULO NO CUMPLA CON LA RELACION DE UNIFORMIDAD ES POSIBLE QUE:

- 1.-ALTURA DE MONTAJE BAJA
- 2.-CURVA DE DISTRIBUCION INADECUADA
- 3.-MODIFICAR LONGITUD LADO CASA
- 4.-ESPACIAMIENTO EXCESIVO
- 5.-EXCESIVA POTENCIA LUMINICA

T-1 SELECCION DE TIPO DE DISPOSICION

| TIPO DE DISPOSICION | RELACION $\frac{\text{ALTURA MONTAJE}}{\text{ANCHO CALLE}}$ | |
|---------------------|---|--------------------|
| | VALOR MINIMO | VALOR RECOMENDABLE |
| UNILATERAL | 0.85 | 1 |
| TREBOLILLO | 0.50 | 0.6 |
| OPUESTAS | 0.33 | 0.5 |

ALTURAS RECOMENDADAS EN FUNCION DE LA POTENCIA LUMINOSA INSTALADA

| POTENCIA LUMINOSA INSTALADA (LM) | ALTURA DE MONTAJE (M) |
|----------------------------------|-----------------------|
| 3000 A 9000 | 6.5 A 7.5 |
| 9000 A 19000 | 7.5 A 9.00 |
| > 19000 | >= 9 |

EJEMPLOS DE CALCULOS PARA CALLES

DATOS:

ANCHO DE CALLE _____ 10.5 m

ANCHO DE BANQUETA _____ 3.0 m

DISTANCIA DEL POSTE AL
BORDE DE LA BANQUETA _____ 0.6 m

CALLE PRINCIPAL EN ZONA
COMERCIAL (NIZA)

1.- DATOS

1.1 LOCALIZACION.

Calle _____
Entre _____
Colonia _____
Delegación _____

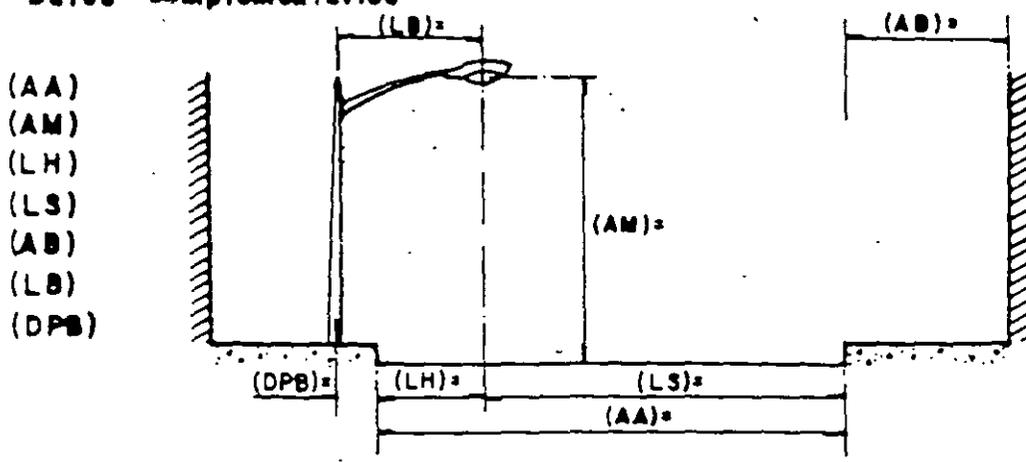
1.2 DATOS FISICOS.

Ancho de la calle _____
(AA) Ancho del arroyo _____
(AB) Ancho banquetas _____
(DIP) Distancia interpostal _____
(AM) Altura de montaje _____
(TA) Tipo de ambiente (Muy limpio, limpio, moderado, sucio, -
muy sucio) _____
(TL) Tiempo de limpieza _____
(NI) Nivel de iluminación _____

1.3 DATOS DE LA LUMINARIA.

Marca _____
Tipo de luminaria y/ó gráfica _____
Gráfica fotométrica número _____
Tipo de reflector _____
Características de luminaria _____
Lámpara (tipo y potencia) _____
(LI) Lúmenes iniciales de la lámpara _____
Vida de la lámpara (horas) _____

1.4 Datos Complementarios

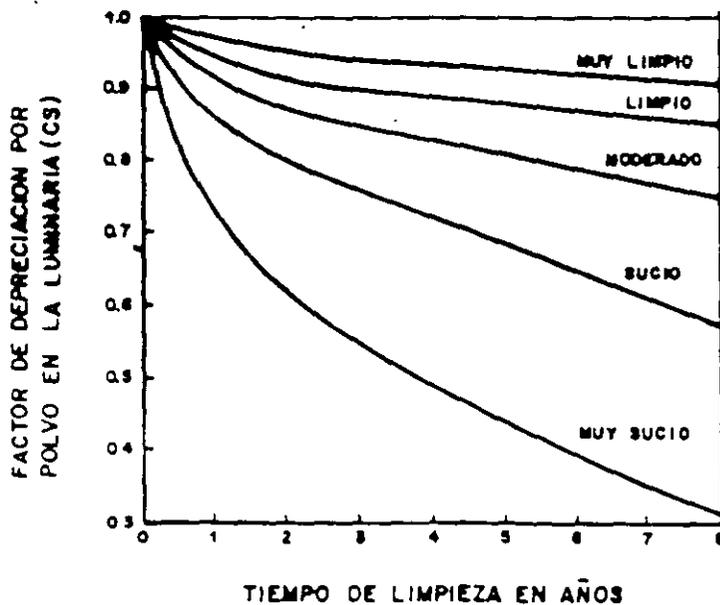


2.- CALCULO DEL NIVEL PROMEDIO.

(Método de lumen)

2.1 Cálculo del factor de pérdidas totales de luz.
(FPTL)

- (FD) Depreciación lumínica de la lámpara al 50% de su vida
(ver curvas del fabricante de lámparas) _____
- (FM) Mantendad de lámparas al 50% de su vida (ver curvas del
fabricante de lámparas) _____
- (CS) Coeficiente de depreciación (se necesitan los datos de
tipo de ambiente (TA) y tiempo de limpieza (TL) para
entrar a la curva. ver inciso 1.2) _____



(FNR) FACTORES NO RECUPERABLES DE PERDIDAS DE LUZ. _____

- a) Temperatura ambiente de luminaria. _____
- b) Voltaje de línea. _____
- c) Factor de balastro. _____
- d) Depreciación de la superficie del reflector. _____

(FPTL) FACTOR DE PERDIDAS TOTALES DE LUZ.

$$(FB) (FM) (CS) (FNR) = \underline{\hspace{2cm}}$$

2.2 CALCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION.

(Se calcula con la relación de la distancia del eje — de la luminaria a las banquetas y la altura de montaje (AM), y las curvas de coeficiente de utilización de la luminaria).

(AM) Altura de montaje de la luminaria.

RAS = Relación de la distancia del eje de la luminaria a la banqueta opuesta / altura de montaje.

$$= \frac{(LS)}{(AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

RAH = Relación de la distancia del eje de la luminaria a la banqueta adyacente / altura de montaje.

$$= \frac{(LH)}{(AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

RBS = Relación de la distancia del eje de la luminaria al fin de la banqueta opuesta / altura de montaje.

$$= \frac{(LS) + (AB)}{(AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

RBH = Relación de la distancia del eje de la luminaria al fin de la banqueta adyacente / altura de montaje.

$$= \frac{(LH) + (AB)}{(AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Para obtener el coeficiente de utilización se entra en la curva respectiva con el valor de las relaciones anteriores.

R A S \longrightarrow Curva (C U S) = _____
 R A H \longrightarrow Curva (C U H) = _____
 R B S \longrightarrow Curva (C U B S) = _____
 R B H \longrightarrow Curva (C U B H) = _____

2.2.1 Coeficiente de utilización del arroyo.

$$(C U A) = (C U S) + (C U H) =$$

2.2.2 Coeficiente de utilización de banquetas

$$(C U B) = (C U B S) - (C U S) + (C U B H) - (C U H) =$$

2.3 Nivel de Iluminación

2.3.1 Nivel de Iluminación del arroyo

$$(N I A) = \frac{(L I) \times (F P T L) \times (C U A)}{(A A) \times (D I P)} =$$

2.3.2 Nivel de Iluminación de banquetas

$$(N I B) = \frac{(L I) \times (F P T L) \times (C U B)}{(A B) \times (D I P)} =$$

2.3.3 Nivel de Iluminación promedio

$$(N I P) = \frac{(N I A) + (N I B)}{2} =$$

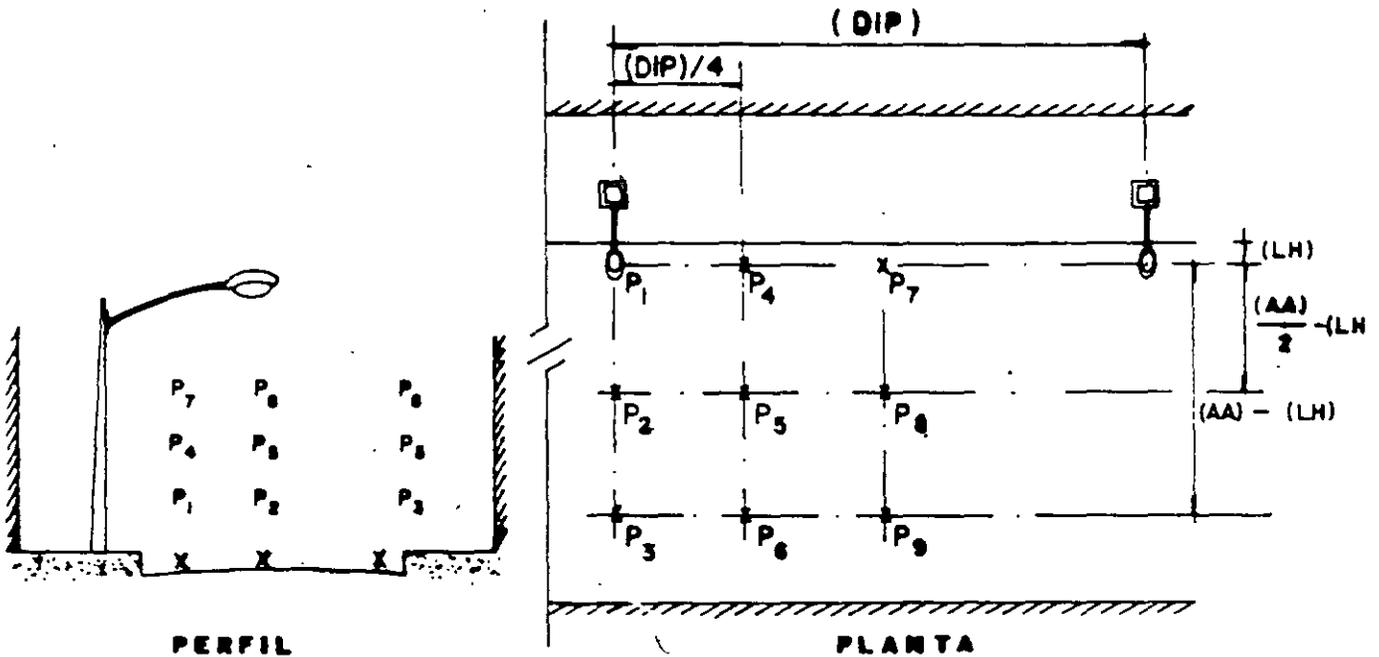
3.- CALCULO DE NIVEL PROMEDIO

(Metodo por puntos)

3.1 Cálculo del nivel promedio por medio de la ecuación

$$(E P P) E P P = 1/4(E 5) + 1/8(E 4 + E 6 + E 8) + 1/16(E 1 + E 3 + E 7 + E 9)$$

3.1.1 Puntos utilizados en la ecuación



3.2 Cálculo de relaciones.

3.2.2 Relaciones transversales para las luminarias "A" y "B"

(RTP 147) $AB = 0$

(RTP 258) $AB = \frac{(AA)/2 - (LH)}{(AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$

(RTP 369) $AB = \frac{(AA) - (LH)}{(AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$

3.2.3 Relaciones longitudinales para la luminaria "A"

(RLP 123) $A = 0$

(RLP 456) $A = (DIP)/4 (AM) = \underline{\hspace{2cm}}$

(RLP 789) $AB = (DIP)/2 (AM) = \underline{\hspace{2cm}}$

3.2.4 Relaciones longitudinales para la luminaria "B"

(RLP 123) $B = \frac{(DIP)}{(AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$

(RLP 456) $B = \frac{3 (DIP)}{4 (AM)} = \underline{\hspace{2cm}}$

3.3 Cálculo del factor de corrección de la gráfica.

(FC)

(FL) Footcandel a luxes = 10.76

(RAM) Altura de montaje de gráficas ÷ altura de montaje de campo

(RAM) = $\frac{(AM\ gráfica)^2}{(AM)^2}$ = _____

(LL) Factor de corrección de lúmenes de la gráfica (1000) ÷ lúmenes de la lámpara utilizada

_____ ÷ (1000) _____

(FPTL) (Ver inciso 2.1) = _____

(FC) = (FL) x (RAM) x (LL) x (FPTL) = _____ = _____

3.4 Nivel de iluminación de los puntos 1 a 9 obtenidos de la gráfica

3.4.1 Nivel de iluminación de los puntos 1 a 9 debidos a la luminaria "A"

(E) = Footcandel x (FC)

| | Lectura gráfica | Factor de corrección | |
|--------|-----------------|----------------------|---------|
| (E 1A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 2A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 3A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 4A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 5A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 6A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 7A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 8A) | = _____ | _____ | = _____ |
| (E 9A) | = _____ | _____ | = _____ |

3.4.2 Nivel de iluminación de los puntos 1 a 9 debidos a la luminaria B
 (E) = Footcandelas x (FC) .

| | | |
|-------|-------|-------|
| (E1B) | _____ | _____ |
| (E2B) | _____ | _____ |
| (E3B) | _____ | _____ |
| (E4B) | _____ | _____ |
| (E5B) | _____ | _____ |
| (E6B) | _____ | _____ |

3.4.3 Cálculo del nivel promedio de los puntos considerados

| | | | |
|---------------------|-------|----------|-------|
| E1 = (E1A) + 2(E1B) | _____ | x 1/16 = | _____ |
| E2 = (E2A) + 2(E2B) | _____ | x 1/8 = | _____ |
| E3 = (E3A) + 2(E3B) | _____ | x 1/16 = | _____ |
| E4 = (E4A) + (E4B) | _____ | x 1/8 = | _____ |
| E5 = (E5A) + (E5B) | _____ | x 1/4 = | _____ |
| E6 = (E6A) + (E6B) | _____ | x 1/8 = | _____ |
| E7 = 2(E7A) | _____ | x 1/16 = | _____ |
| E8 = 2(E8A) | _____ | x 1/8 = | _____ |
| E9 = 2(E9A) | _____ | x 1/16 = | _____ |

(NIPP) Nivel de iluminación promedio por puntos.

(Suma) = _____ Lux

4.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

NIPP = Nivel de iluminación promedio
(Método de puntos) (inciso 3.4.3) = _____

NIP = Nivel de iluminación promedio
(Método de lúmen) (inciso 2.3.3) = _____

NIPPI = Nivel de iluminación inicial
= $\frac{NIPP}{(FPTL)}$ (ver inciso 2.1) _____ = _____

Emín = Nivel de iluminación del punto de menor
intensidad (ver inciso 3.4.3) _____

Emóx = Nivel de iluminación del punto de mayor
intensidad (ver inciso 3.4.3) _____

Relación de uniformidad de promedio a mínima **$\frac{NIPP}{Emín} =$** _____ = _____

Relación de uniformidad de promedio a máxima **$\frac{NIPP}{Emóx} =$** _____ = _____

Relación de uniformidad de máxima a mínima **$\frac{Emóx}{Emín} =$** _____ = _____

Anexos

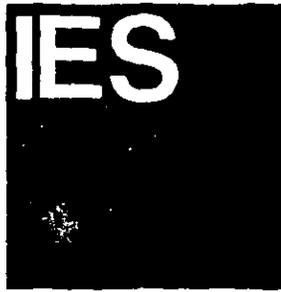
Gráfica fotométrica de la luminaria.

Fecha _____

CALCULO _____
Nombre y Firma



ASOCIACION DE TECNICOS Y
PROFESIONISTAS EN APLICACION
ENERGETICA, A.C.

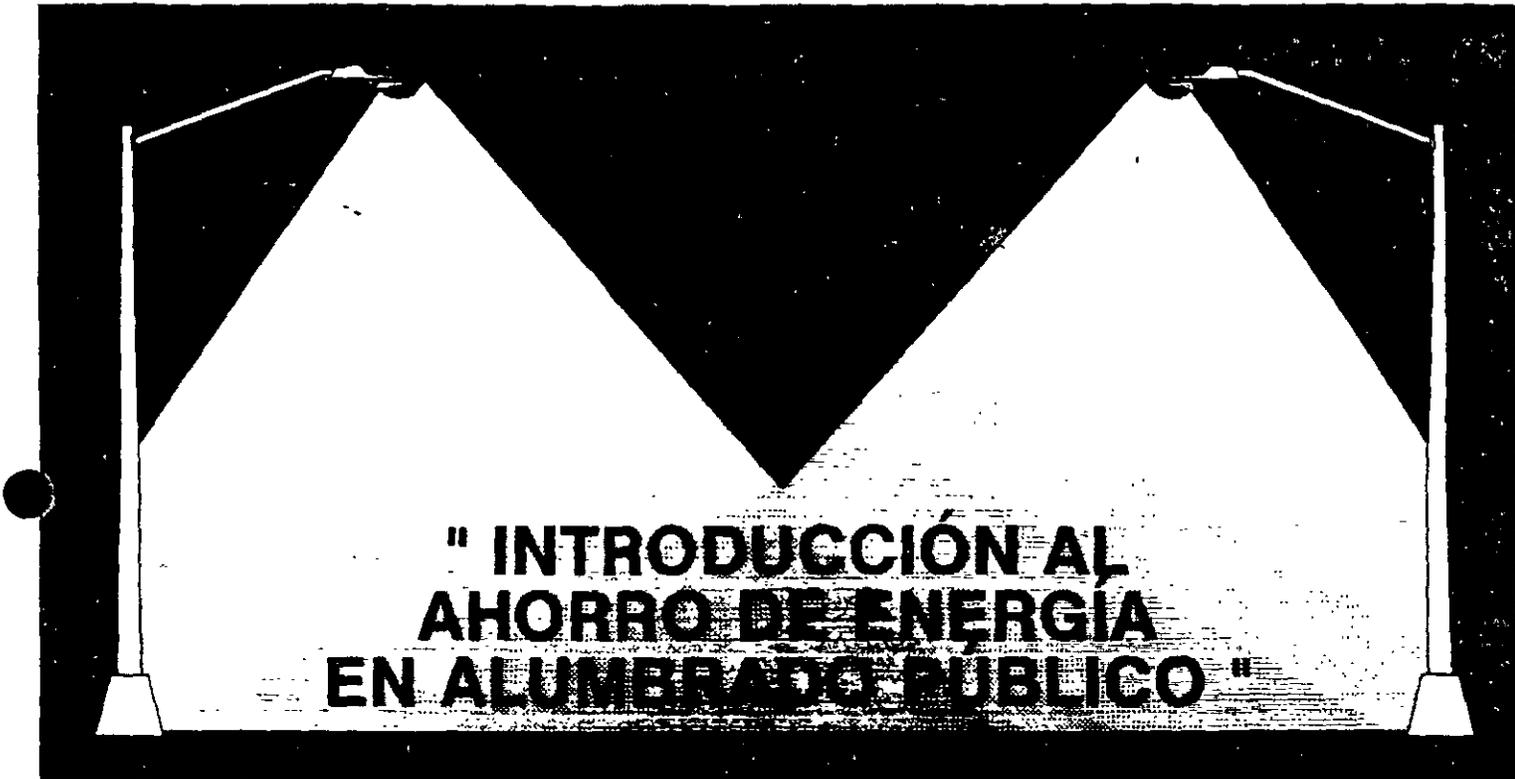


ILLUMINATING ENGINEERING
SOCIETY OF NORTH AMERICA,
SECCION MEXICO



FIDEICOMISO DE APOYO AL
PROGRAMA DE AHORRO DE
ENERGIA DEL SECTOR ELECTRICO

INVITAN AL CURSO



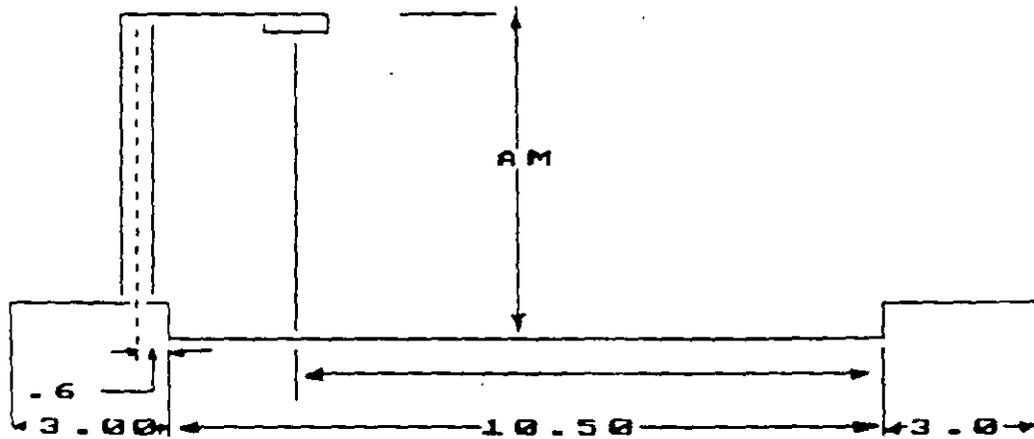
" INTRODUCCIÓN AL
AHORRO DE ENERGÍA
EN ALUMBRADO PÚBLICO "

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Ing. Carlos García Romero

DETERMINAR:

- A.-NIVEL DE ILUMINANCIA REQUERIDA
- B.-ALTURA DE MONTAJE Y LONGITUD DEL BRAZO
- C.-TIPO DE DISPOSICION
- D.-DISTANCIA INTERPOSTAL
- E.-NIVEL DE ILUMINANCIA EN BANQUETAS
- F.-INDICE DE UNIFORMIDAD



SOLUCION:

A.- NIVEL DE ILUMINANCIA

DE LA TABLA 2 (b) DEL AMERICAN NATIONAL STANDARD PRACTICE FOR ROADWAY LIGHTING, CONSIDERANDO UNA CLASIFICACION DE PAVIMENTO R2-R3, ESPECIFICA PARA ESTE TIPO DE VIALIDAD 12 LUX.

B.- ALTURA DE MONTAJE

1.- DE LA TABLA 2 RECOMENDACIONES GENERALES TENEMOS QUE SUPONER QUE FUENTE LUMINOSA Y POTENCIA UTILIZAREMOS. EN ESTE CASO SUPONEMOS INICIALMENTE: LAMPARA DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION DE 150 WATTS. CON UN FLUJO LUMINOSO DE 16,000 LUMENS Y DE ACURDO A LA TABLA SE REQUIERE UNA ALTURA DE MONTAJE DE 8 METROS.

2.- PODEMOS SUPONER COMO ALTERNATIVA INICIAL UN LUMINARIO " CROMALITE " CON LAMPARA DE 150 WATTS U.S.A.P. Y CURVA FOTOMETRICA No.35-175631 DE DONDE OBTENEMOS EL VALOR MAXIMO DE LA POTENCIA EN CANDELAS.

$$582 \times 16 = 9312 \doteq 10,000$$

CON ESTE VALOR SE ENTRA A LA GRAFICA DE LA FIGURA 3 DEL AMERICAN NATIONAL STANDARD PRACTICE FOR ROADWAY LIGHTING Y APROXIMADAMENTE NOS DA UNA ALTURA DE MONTAJE DE 8 METROS, VERIFICANDO EL CATALOGO DEL FABRICANTE, ESA DIMENSION ES COMERCIAL.

EL LARGO DEL BRAZO NO SERA MAYOR A UN 2.5 % DE LA ALTURA DE MONTAJE, DE DONDE SE SELECCIONA DE 1.8 METROS.

C.- TIPO DE DISPOSICION

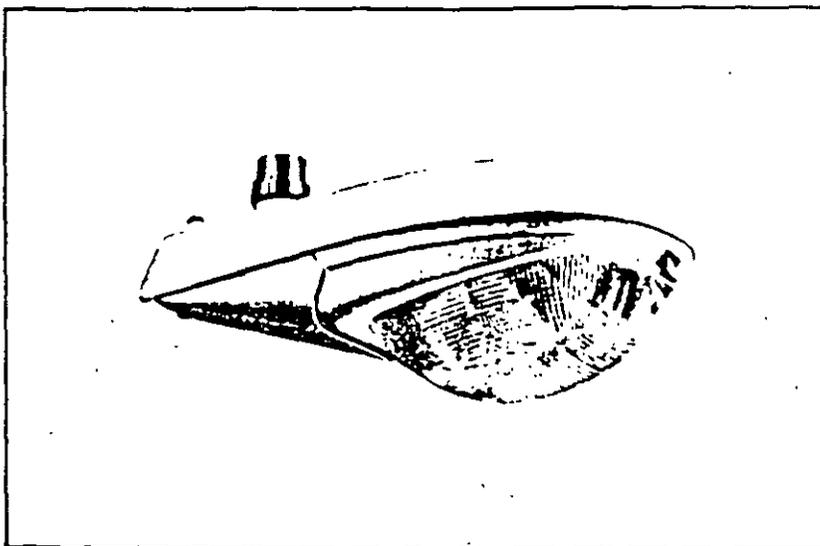
DE LA TABLA 1 DE RECOMENDACIONES GENERALES SE ENTRA CON LA RELACION:

Luminario Cromalite*250

Los luminarios CROMALITE* 250 ofrecen la más elevada tecnología y la máxima eficiencia para la iluminación de calles y avenidas. El conjunto óptico hermético y filtrado (opcional) disminuye los costos de mantenimiento y da como resultado mayor cantidad de luz mantenida con mínimo costo total de operación.

El luminario CROMALITE* 250 puede utilizarse con lámparas de vapor de mercurio o aditivos metálicos de 250 watts y con lámparas de 70, 100, 150 y 250 watts de vapor de sodio de alta presión.

1. FACIL ACCESO A TODAS LAS COMPONENTES ELECTRICAS PRINCIPALES : El MODULO exclusivo del luminario CROMALITE* 250 que contiene al balastro, facilita la instalación, reposición y mantenimiento.



2. FACIL REPOSICION DE LAMPARAS Y SERVICIO AL SISTEMA OPTICO : La operación de un picaporte abre la puerta porta-refractor y permite el acceso al refractor, al reflector y la lámpara.

3. MINIMA PERDIDA DE LUZ DEBIDO A LA CONTAMINACION : El filtro de carbón activado y el empaque de etileno propileno termopolimero del conjunto óptico (modelos CM), reducen enormemente las pérdidas que resultan de la contaminación por materiales gaseosos y partículas, eliminándose virtualmente la necesidad de limpieza del luminario entre periodos de cambio de lámpara.

4. ENSAMBLE SIMPLIFICADO EN LA TIERRA O EN EL AIRE : Un adaptador deslizante con dos tornillos, permite a los instaladores colocar el brazo al luminario en la tierra o montar el luminario al brazo ya colocado en el poste, con un mínimo de esfuerzo y tiempo.

5. AMPLIA GAMA DE DISTRIBUCION : El porta-lámpara de 12 posiciones en el caso de los modelos CM, se ajusta por medio de 2 tornillos para cumplir sus requerimientos.

6. OPERACION AUTOMATICA DE ENCENDIDO Y APAGADO : El fotocontrol integrado al luminario (opcional para modelos CM y CI) permite la operación automática de encendido y apagado.

7. ELEVADA REFLECTANCIA DE LA LUZ : El reflector de aluminio recubierto con Vitreflex* (vidrio flexible transparente) mantiene por largo tiempo sus características de reflectancia.

GUIA PARA ESPECIFICAR :

El luminario deberá ser modelo CROMALITE* 250 y debe consistir de un cuerpo de aluminio fundido a presión, un marco porta-reflector, un modulo de potencia y un control fotoeléctrico automático (opcional), el adaptador deslizante deberá tener dos tornillos que podrán apretarse interna y externamente y deberá ser capaz de adaptarse a un brazo tubular de 38 a 50 mm. (1 1/2 a 2") requerir el reajuste de las partes de montaje.

El conjunto óptico consistirá de un reflector de aluminio, recubierto con Vitreflex* (vidrio flexible transparente), un porta-lámpara (ajutable a 12 posiciones para los modelos CM), colocado en un recipiente fundido a presión, un filtro de carbón activado (opcional), para filtrar tanto partículas como gases, un empaque que servirá como sello entre el reflector y el refractor, y un refractor de vidrio acrílico o policarbonato (especificar). La distribución luminosa deberá ser IES (especificar), el MODULO de potencia deberá contener un balastro marca LUMICON* integrado y deberá ser fácil de remover y reemplazar, mediante el uso de clavijas de desconexión rápida. El balastro deberá estar pre-alambrado al porta-lámpara requiriendo solamente que se conecten los cables de alimentación.

El balastro deberá operar una lámpara de (especificar) watts de mercurio, aditivos metálicos o vapor de sodio de alta presión, desde una red de alimentación nominal de 127, 220, 254, 277 ó 440 volts, (especificar) 60 Hz., y ser capaz de encender y operar la lámpara dentro de los límites especificados por sus fabricantes.

*MARCAS REGISTRADAS

Fabricado Bajo Licencia de
GENERAL ELECTRIC COMPANY, U.S.A

axa Lumisistemas

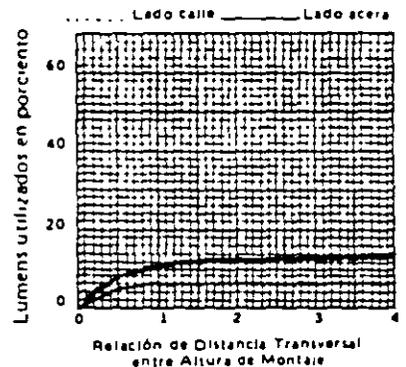
Numero de Curva: 91-001 Hoja: Fecha: Revisión:
 Probado por: H.A.M. fecha: 24/11
 Aprobado por: fecha:

PARA 1000 LUMENS DE LAMPARA

SUCIO INTERIOR y EXTERIOR

Numero de Catálogo: CR57E35
 Descripción: CRIALITE 400
 Reflector: CR
 Refractor: CR
 Posición del Portalampara: 1
 Tipo de Lámpara: L400/U
 Ansi No: 551U

CURVA DE UTILIZACION



TIPO ANSIIES: ALBA SEMI CUTOFF
 TIPO CIE: NO CUTOFF

Información General
 Prueba No:
 Distancia de Prueba (metros): 10
 Lumens de Prueba: 1000
 Si el número de Lumens que proporciona la lámpara es diferente de 1000 Lumens multiplique todos los Lumens, Candelas y Luxes por el siguiente Factor:

| Factor | Lumens reales de Lámpara |
|-----------------------|--------------------------|
| Candelas máximas | -180 |
| Cono máximo | -72 |
| Plano vertical máximo | -74 |
| Candelas máximas a 90 | -36 |
| Candelas Máximas a 80 | -124 |
| Luxes en el Nadir | -34 |
| Candelas en el Nadir | -34 |

Prueba Fotométrica según procedimientos de la IES

Lumens Norm
620 - 168
Distribución un 73%

CURVAS ISOLUX

Relación de Distancia Longitudinal entre Altura de Montaje

| Relación de Distancia Transversal entre Altura de Montaje | Relación de Distancia Longitudinal entre Altura de Montaje | | | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 00 |
| 2.0 | 0030 | 0040 | 0060 | 0080 | 00120 | 00220 | 00550 | 0120 |
| 1.5 | 0030 | 0045 | 0070 | 0090 | 00310 | 00610 | 01620 | 02870 |
| 1.0 | 0050 | 0070 | 0130 | 0250 | 04610 | 0790 | 03100 | 05160 |
| 0.5 | 0070 | 0120 | 0210 | 0450 | 01360 | 05130 | 08890 | 03020 |
| 0.0 | 0090 | 0170 | 0340 | 0810 | 02720 | 08680 | 19660 | 34380 |
| 0.5 | 00120 | 00240 | 00530 | 01350 | 04250 | 04720 | 00370 | 2604 |
| 1.0 | 00160 | 00320 | 00680 | 01650 | 04930 | 07840 | 09120 | 08580 |
| 1.5 | 00190 | 00360 | 00730 | 01600 | 03160 | 04040 | 03420 | 04140 |
| 2.0 | 00210 | 00370 | 00690 | 01300 | 01740 | 01830 | 01580 | 02350 |
| 2.5 | 00210 | 00340 | 00570 | 00920 | 00960 | 00970 | 00980 | 01240 |
| 3.0 | 00140 | 00290 | 00470 | 00590 | 00560 | 00480 | 00530 | 00580 |
| 3.5 | 00160 | 00230 | 00340 | 00380 | 00350 | 00270 | 00300 | 00250 |
| 4.0 | 00140 | 00190 | 00250 | 00250 | 00210 | 00170 | 00190 | 00170 |

VALORES DE FLUXO LUMINOSO

| | LUMENS | PORCENTAJE DE FLUXO LUMINOSO |
|------------|--------|------------------------------|
| Lado Calle | 168 | 72 |
| Lado Acera | 6 | 6 |
| Lado 90° | 57 | 6 |
| Lado 45° | 14 | 1 |
| TOTAL | 232 | 23 |

Factores de Conversión

| | |
|---------|-------------------|
| 1 Lux | 0.093 Footcandies |
| 1 Metro | 3.28 Pies (feet) |

Los datos de Luxes están basados en un luminario montado a diez metros de altura, para otras alturas de montaje multiplique los valores de Luxes por el Factor de corrección dado en la siguiente tabla:

| Altura de montaje (m) | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Factor de corrección | 1.78 | 1.68 | 1.38 | 1.23 | 1.11 | 1.00 | 0.83 | 0.69 | 0.59 | 0.51 | 0.44 |

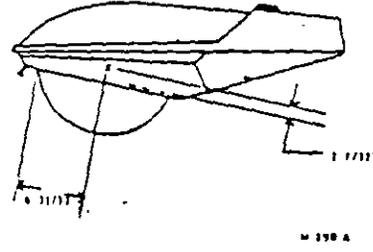
Numero: 91-001 Hoja: Revisión:

PER 1000 LAMP LUMENS

GENERAL ELECTRIC
PHOTOMETRIC DATA

| | | | | |
|---------------------------------|-------|----------|-----------------------|---|
| DRAWING NO. 35-175631 | SHEET | CONT. ON | REVISION 03 | DATE 11-16-77 11-24-77 1-28-78 |
|---------------------------------|-------|----------|-----------------------|---|

APPROVED BY: *[Signature]* DATE: **5/25/77**
 LIGHTING SYSTEMS BUSINESS DEPARTMENT
 HENDERSONVILLE N.C. USA 28739

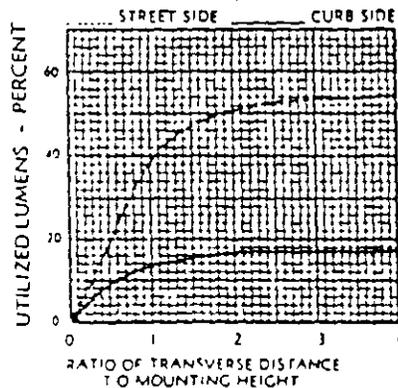


RESERVED FOR INFORMATION ON SYMMETRICAL UNITS

LUMINAIRE DESCRIPTION
 GENERAL ELECTRIC H104 LUMINAIRE
 APPLICATION: 215-110348-01
 REFRACTOR: 1110
 SOCKET POSITION: 1

LAMP:
 T8, 100, 40 WATT HIGH PRESSURE SODIUM
 C.E. NO. L870/80, L8700/80, or L8710/80 (LUMALOX)
 AMPERE: 554 (L8700) or 557 (L8710)

UTILIZATION CURVE



ANSI/IES TYPE: H011M/C070/TTYPE 11 (11411)
 H011M/C070/TTYPE 11 (11412)
 CIE TYPE: H01-C070FF

GENERAL INFORMATION
 TEST NUMBER: 71 8106
 TEST DISTANCE: 7 METER
 TEST LUMENS: 1000
 IF THE RATING OF THE LAMP USED DIFFERS FROM THE TEST RATING OF 1000 LUMENS MULTIPLY ALL LUMEN, CANDELA, IF SHOWN, AND FOOTCANDLE VALUES BY THIS RATIO:
 RATIO - ACTUAL LAMP LUMENS / TEST LUMENS
 PHOTOMETRIC TEST IN ACCORDANCE WITH IES GUIDE

RESERVED FOR INFORMATION ON SYMMETRICAL UNITS

ILLUMINATION DATA

| RATIO OF TRANSVERSE DISTANCE TO MOUNTING HEIGHT | RATIO OF LONGITUDINAL DISTANCE TO MOUNTING HEIGHT | | | | | | | | LUMINAIRE POSITION |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|
| | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 00 | |
| 2.0 | .00003 | .00008 | .00012 | .00015 | .00018 | .00021 | .00024 | .00027 | 180° |
| 1.5 | .00006 | .00009 | .00011 | .00013 | .00015 | .00017 | .00019 | .00021 | 170° |
| 1.0 | .00011 | .00013 | .00015 | .00017 | .00019 | .00021 | .00023 | .00025 | 160° |
| 0.5 | .00021 | .00023 | .00025 | .00027 | .00029 | .00031 | .00033 | .00035 | 150° |
| 0.0 | .00035 | .00037 | .00039 | .00041 | .00043 | .00045 | .00047 | .00049 | 140° |
| 0.5 | .00049 | .00051 | .00053 | .00055 | .00057 | .00059 | .00061 | .00063 | 130° |
| 1.0 | .00063 | .00065 | .00067 | .00069 | .00071 | .00073 | .00075 | .00077 | 120° |
| 1.5 | .00077 | .00079 | .00081 | .00083 | .00085 | .00087 | .00089 | .00091 | 110° |
| 2.0 | .00091 | .00093 | .00095 | .00097 | .00099 | .00101 | .00103 | .00105 | 100° |
| 2.5 | .00105 | .00107 | .00109 | .00111 | .00113 | .00115 | .00117 | .00119 | 90° |
| 3.0 | .00119 | .00121 | .00123 | .00125 | .00127 | .00129 | .00131 | .00133 | 80° |
| 3.5 | .00133 | .00135 | .00137 | .00139 | .00141 | .00143 | .00145 | .00147 | 70° |
| 4.0 | .00147 | .00149 | .00151 | .00153 | .00155 | .00157 | .00159 | .00161 | 60° |

| LIGHT FLUX VALUES | | |
|-------------------|--------|-----------------|
| WATTAGE | LUMENS | PERCENT OF LAMP |
| 100 | 1000 | 100 |
| 75 | 750 | 75 |
| 50 | 500 | 50 |
| 25 | 250 | 25 |

CONVERSION FACTORS
 1 FOOTCANDLE = 10.76 LUX
 1 FOOT = 0.3048 METERS

ILLUMINATION DATA IS BASED ON A LUMINAIRE MOUNTING HEIGHT OF 30 FEET. FOR OTHER MOUNTING HEIGHTS MULTIPLY THE VALUES OF ILLUMINATION SHOWN BY THE FACTOR IN THE FOLLOWING TABLE:

| HEIGHT (FT) | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| FACTOR | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.15 | 1.16 | 1.17 | 1.18 | 1.19 | 1.20 | 1.21 | 1.22 | 1.23 | 1.24 | 1.25 | 1.26 | 1.27 | 1.28 | 1.29 | 1.30 | 1.31 | 1.32 | 1.33 | 1.34 | 1.35 | 1.36 |



LAMP SPECIFICATION BULLETIN

LUCALOX
L150

LSB #220-6187R
4/21/78

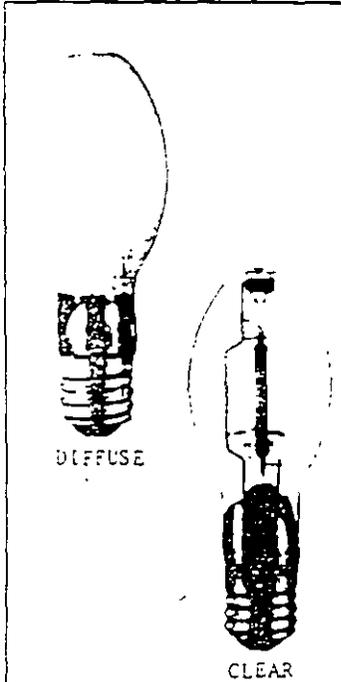
LAMP TYPE: High Pressure Sodium

150-WATT LUCALOX®

ORDERING CODE: for operation in any position:

L150/D

L150



Note:
All performance data shown are approximate values based on normal operating conditions with auxiliary equipment that meets current published specifications. Data subject to change without notice.

PERFORMANCE DATA:

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------|--------|
| * Initial lumens (Avg.): | Horiz. | 15,000 | 16,000 |
| | Vert. | 15,000 | 16,000 |
| * Rated Average Life at 10 hrs/start | | 24,000 | |
| Percent mean lumens at 10 hrs/start | | 90% est. | |
| Apparent color temperature | | 2100K | |
| Warm-up time | | 3-4 minutes | |
| Restart time | | 1 minute | |
| C.I.E. chromaticity | | x=.522 | y=.413 |

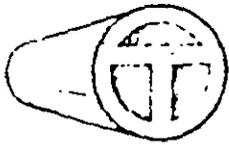
PHYSICAL DESCRIPTION:

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Base designation | Mogul |
| Bulb designation | E-23-1/2 |
| Bulb material | Lead borosilicate glass |
| Bulb finish | Diffuse Clear |
| Bulb diameter | 2-5/16" |
| Maximum overall length | 7-3/4" |
| Light center length | 5" |
| Arc length | 1.6" |
| Bulb temp. limitation (max.) | 400°C |
| Base temp. limitation (max.) | 210°C |
| Eccentricity: | |
| base to bulb | 4° |
| arc tube to lamp axis | 5mm |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS:

| | |
|--|--------------------------------|
| Nominal lamp watts | 150 |
| Nominal lamp volts | 55 |
| Nominal lamp current | 3.3 amps |
| Max. current crest factor | 1.8 |
| Max. starting current | 5.0 ampe |
| Ballast design open-circuit volts(min) | 110** |
| Starting pulse requirements: | |
| pulse peak voltage (min) | 2500 |
| pulse peak voltage (max) | 4000 |
| pulse width | 1 micro-sec. (min.) at 2250 v. |
| pulse repetition | 50 per sec. (min.) |
| pulse peak current | .2 amp. (min.) |

- **Applicable for ballasts to operate lamps at rated performance. Lamps will operate at lower than the minimum ballast design OCV but performance values will change.
- * Lumens at rated watts. Actual lamp watts may vary depending on the ballast characteristic curve.



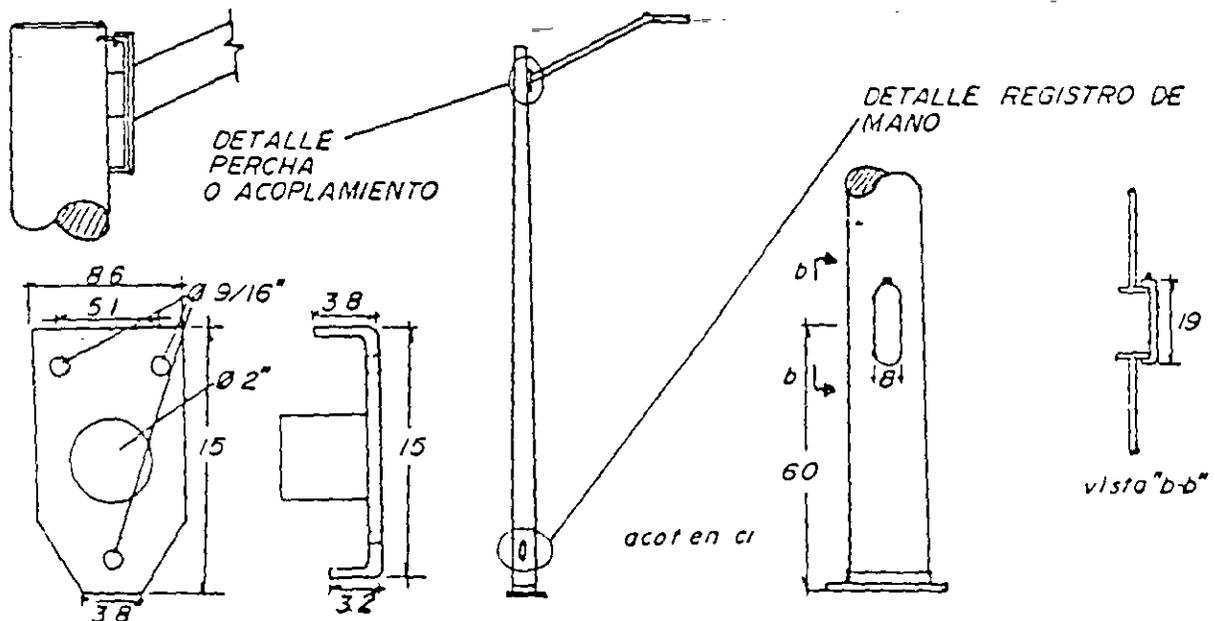
TUBO Y POSTES, S.A.

NAUTLA No. 7 ISQUINA CON CALZADA SAN LORENZO
 COL. SAN NICOLAS TOLENTINO IZTAPALAPA A. P. 55-493
 C. P. 09850 MEXICO, D. F.
 TELEFONOS: 486-22-66 486-26 80

POSTE CHURUBUSCO CON BRAZO SENCILLO: (PAGINA 9).

ESPECIFICACIONES GENERALES.- FABRICADO CON LAMINA CALIBRE 11, LLEVANDO UN ACOPLAMIENTO PARA EL BRAZO DE TUBO RECTO EN SU EXTREMO SUPERIOR Y UN REGISTRO DE MANO A 60 CM DEL EXTREMO INFERIOR.

| No. CATALOGO | ALTURA DE CAÑA (M) | ALTURA DE MONTAJE (M) | DIAMETRO DE LA BASE (CM) | DIAMETRO DE LA CORONA (CM) | DIMENSION DE PLACA DE BASE (CUADRADA) (CM) | ESPESOR DE LA PLACA DE BASE (CM) | DISTANCIA ENTRE CENTROS AGUJERO BASE (CM) |
|---------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|--|----------------------------------|---|
| PCH- 5.00/CBS | 5.00 | 5.00 | 14.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 6.00/CBS | 6.00 | 7.00 | 16.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 6.50/CBS | 6.50 | 7.50 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 7.00/CBS | 7.00 | 8.00 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 7.50/CBS | 7.50 | 8.50 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 8.00/CBS | 8.00 | 9.00 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 8.50/CBS | 8.50 | 9.50 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 9.00/CBS | 9.00 | 10.00 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH- 9.50/CBS | 9.50 | 10.50 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH-10.00/CBS | 10.00 | 11.00 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH-10.50/CBS | 10.50 | 11.50 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH-11.00/CBS | 11.00 | 12.00 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH-11.50/CBS | 11.50 | 12.50 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |
| PCH-12.00/CBS | 12.00 | 13.00 | 18.0 | 7.5 | 28 X 28 | 1.27 | 19.0 |



FABRICANTES DE POSTES METALICOS TUBERIA DE ACERO TAPIQUES ELEVADOS GRUAS VIAJERAS FABRICACIONES METALICAS

$$R = \frac{\text{ALTURA DE MONTAJE}}{\text{ANCHO DE LA CALLE}}$$

$$R = \frac{8}{10.5} = 0.7619$$

DETERMINAMOS BILATERAL AL TRESBOLILLO

D.- DISTANCIA INTERPOSTAL

LA ECUACION PARA DETERMINARLA ES:

$$DIP = \frac{\text{LUMENES DE LAMPARA} \times CU \times FPTL}{\text{ANCHO CALLE} \times \text{NIVEL DE ILUMINANCIA}}$$

DETERMINACION DEL FPTL

$$FPTL = F.B. \times DSR \times FD \times FM \times CS$$

FB = .925 (BALASTRO) SE CONSIDERA

DSR = .95 (REFLECTOR) ESTIMADO

FD = .9 (LUMENES) CURVA FABRICANTE

FM = .9 (MORTANDAD) CURVA FABRICANT

CS = .87 (LUMINARIO) IES

$$\underline{FPTL} = 0.925 \times .95 \times .9 \times .9 \times .87 = \underline{0.62}$$

PARA LA BANQUETA DEL LADO DEL LUMINARIO
 DISTANCIA LADO CASA
 ALTURA DE MONTAJE

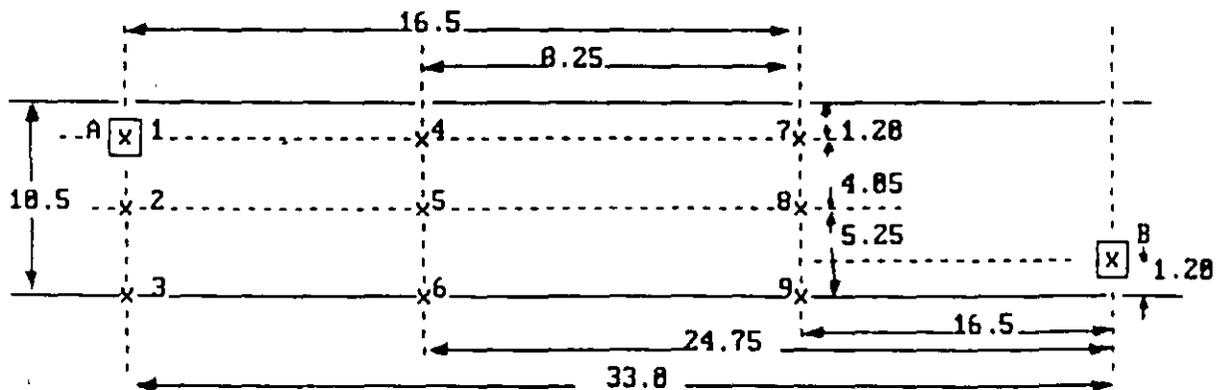
$$\frac{OD}{AM} = \frac{1.2+3}{8} = \frac{4.7}{8} = 0.525 \text{ PARA UN CU}=0.09$$

$$\frac{OC}{AM} = \frac{1.2}{8} = 0.15 \text{ PARA UN CU}=0.03$$

CU NETO EN BANQUETA=0.09-0.03=0.06
 POR LO TANTO EL NIVEL DE ILUMINACION EN
 BANQUETAS SERA:

$$NIB = \frac{16000 \times 0.06 \times 0.62}{33 \times 3} = \frac{595.2}{99} = 6 \text{ LUX}$$

F.- INDICE DE UNIFORMIDAD



DETERMINACION DEL CU

EL COEFICIENTE DE UTILIZACION ES LA RELACION ENTRE LOS LUMENES UTILIZADOS EN EL ARROYO DE LA CALLE Y LOS LUMENE TOTALES PRODUCIDOS POR LA LAMPARA.

EL FABRICANTE DE LUMINARIOS PROPORCIONA LA CURVA DE UTILIZACION. PARA QUE LA INFORMACION SEA USADA SE UTILIZA PARA ENTRAR A LA CURVA, LA RELACION DE DISTANCIA LATERAL O TRASVERSAL A LA ALTURA DE MONTAJE.

RELACION LADO CALLE

$$LS = \frac{\text{DISTANCIA TRASVERSAL}}{\text{ALTURA DE MONTAJE}}$$

$$= \frac{10.5 - 12}{9} = \frac{9.3}{9} = 1.033$$

$$LH = \frac{\text{DISTANCIA TRASVERSAL}}{\text{ALTURA DE MONTAJE}} = \frac{1.2}{9} = 0.133$$

CON ESTOS DATOS ENTRAMOS A LA CURVA

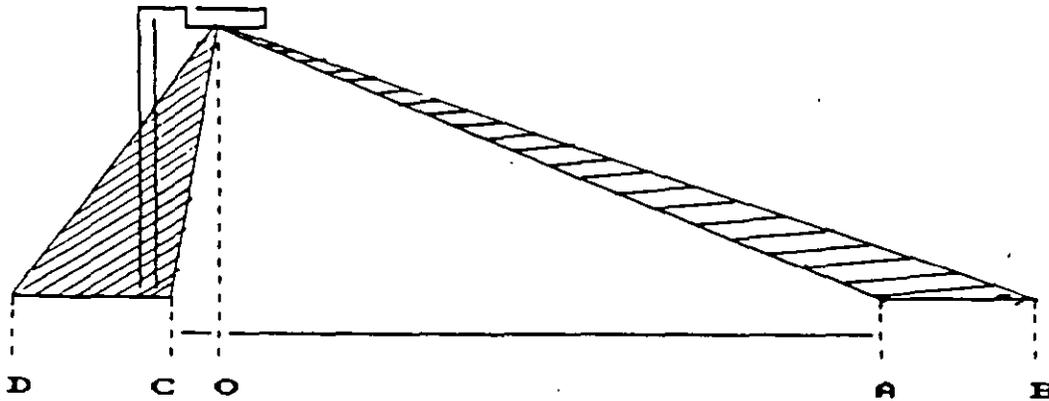
RELACION 1.033 LADO CALLE CORRESPONDE UN
CU = 0.40

RELACION 0.133 LADO CASA CORRESPONDE UN
CU = 0.03

POR LO TANTO EL CU TOTAL ES "CU = 0.43"
ESPACIAMIENTO REQUERIDO

$$DIP = \frac{16000 \times 0.43 \times 0.62}{10.5 \times 12} = \frac{42656}{126} = 33.85$$

CONSIDEREMOS 33 METROS
LA DISTANCIA INTERPOSTAL



UTILIZACION EN LAS BANQUETAS

CON POSTE EN LA BANQUETA, PARA LA
BANQUETA DE ENFRETE

$$= \frac{\text{DISTANCIA LADO CALLE}}{\text{ALTURA DE MONTEJE}}$$

$$\frac{OB}{AM} = \frac{9.3+3}{8} = \frac{12.3}{8} = 1.537$$

CORRESPONDE UN CU = 0.48

$$\frac{OA}{AM} = \frac{9.3}{8} = 1.162 \text{ CORRESPONDE UN CU} = 0.42$$

CU NETO EN BANQUETA $0.48 - 0.42 = 0.06$

NIVEL DE ILUMINACION DEBIDO A LUMINARIO "A"

| PUNTO | DIST LONG | DIST TRANS | DIST. LONG | | LECTURA GRAFICA | FACTOR CORRIENTE | NIVEL DE ILUMINACION |
|-------|-----------|------------|------------|------|-----------------|------------------|----------------------|
| | | | AM | AM | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | .132 | 139.4 | 18.4 |
| 2 | 0 | 4.05 | 0 | 0.5 | .148 | | 20.63 |
| 3 | 0 | 9.3 | 0 | 1.16 | .06544 | | 9.12 |
| 4 | 8.25 | 0 | 1.83 | 0 | .06718 | | 9.35 |
| 5 | 8.25 | 4.05 | 1.83 | 0.5 | .1888 | | 15.05 |
| 6 | 8.25 | 9.3 | 1.83 | 1.16 | .05274 | | 7.35 |
| 7 | 16.5 | 0 | 2.06 | 0 | .02328 | | 3.23 |
| 8 | 16.5 | 4.65 | 2.06 | 0.5 | .04188 | | 5.03 |
| 9 | 16.5 | 9.3 | 2.06 | 1.16 | .02726 | | 3.88 |

CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCION : FC

(FL)FOOTCANDEL A LUX = 10.76

(RAM)ALTURA DE MONTAJE DE GRAFICA A

ALTURA DE MONTAJE EN CAMPO

$$RAM = \frac{(AM \text{ GRAFICA})^2}{(AM)^2} = \frac{9.144^2}{8^2} = \frac{83.16}{64} = 1.306$$

(LL) FACTOR DE CORRECCION DE LUMENES DE
LA GRAFICA (1000) A LUMENES DE LA
LAMPARA UTILIZADA

$$16000 / 1000 = \underline{16}$$

(FPTL) EN ESTE CASO FUE DE 0.62

$$FC = FL \times RAM \times LL \times FPTL$$

$$FC = 10.76 \times 1.306 \times 16 \times 0.62$$

$$" FC = 139.4 "$$

NIVEL DE ILUMINACION DEBIDO A LUMINARIO "B"

| PUNTO | DIST. LONG | DIST. TRANS | DIST. LONG | DIST. TRAN | LECTURA GRAFICA | NIVEL DE ILUMINACION | TOTAL |
|-------|------------|-------------|------------|------------|-----------------|----------------------|-------|
| | | | AM | AM | | | |
| 1 | 33 | 8.10 | 4.1 | 1.01 | .00375 | 0.522 | 18.92 |
| 2 | 33 | 4.05 | 4.1 | 0.506 | .00264 | 0.368 | 21.00 |
| 3 | 33 | 1.2 | 4.1 | 0.15 | .001234 | 0.172 | 9.29 |
| 4 | 24.75 | 0.1 | 3.09 | 1.01 | .01630 | 2.27 | 11.62 |
| 5 | 24.75 | 4.05 | 3.09 | 0.506 | .01670 | 2.32 | 17.37 |
| 6 | 24.75 | 1.2 | 3.09 | 0.15 | .00561 | 0.78 | 0.23 |
| 7 | 16.5 | 0.10 | 2.06 | 1.01 | .03140 | 4.377 | 7.61 |
| 8 | 16.5 | 4.05 | 2.06 | 0.506 | .04100 | 5.826 | 11.65 |
| 9 | 16.5 | 1.2 | 2.06 | 0.15 | .01945 | 2.71 | 6.51 |

CON UN FACTOR DE CORRECCION DE 139.4
 UMA TOTAL = 112.1

$$\frac{112.1}{9} = 12.45$$

NIVEL DE ILUMINACION POR PUNTO

" 12.45 LUX "

NIVEL DE ILUMINACION INICIAL $\frac{12.45}{0.62} =$

" 20 LUX "

NIVEL DE ILUMINACION DEL PUNTO MENOR

" 6.51 LUX "

NIVEL DE ILUMINACION DEL PUNTO MAYOR

" 21.00 LUX "

RELACION DE UNIFORMIDAD PROMEDIO A
MINIMA

$$\frac{12.45}{6.51} = \underline{1.9}$$

QUE ES MENOR DE LO QUE ESPECIFICA LA
NORMA PARA ESTE TIPO DE UNIFORMIDAD

" 4 : 1 "



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

**CONTROLES PARA
AHORRO DE ENERGÍA**

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**

*

CONTROLES PARA AHORRO DE ENERGIA

*

CONTROLES PARA AHORRO DE ENERGIA

En los capítulos anteriores se han descrito diferentes aspectos de gran importancia para la operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público, sin embargo, es necesario considerar aspectos adicionales para extender la vida útil de los equipos, reducir los costos de operación y mantenimiento, así como para obtener ahorros en el consumo de energía eléctrica.

En este capítulo se hacen algunas recomendaciones que en la medida de lo posible, los municipios deben llevar a la práctica permanentemente para lograr lo descrito anteriormente.

Con el fin de obtener ahorro en los consumos de energía eléctrica en los sistemas de alumbrado público, se han desarrollado controles que al instalarse adicionalmente a los controles automáticos existentes accionados por fotoceldas, permiten una disminución en la demanda de energía, ya sea por la operación automática de lamparas a menor potencia o por la desconexión de algunas de ellas en las horas en que disminuye de la misma durante altas horas de la noche.

En la figura VI:1 se muestra la curva de actividad humana, en donde se puede ver claramente la disminución de la misma durante altas horas de la noche.

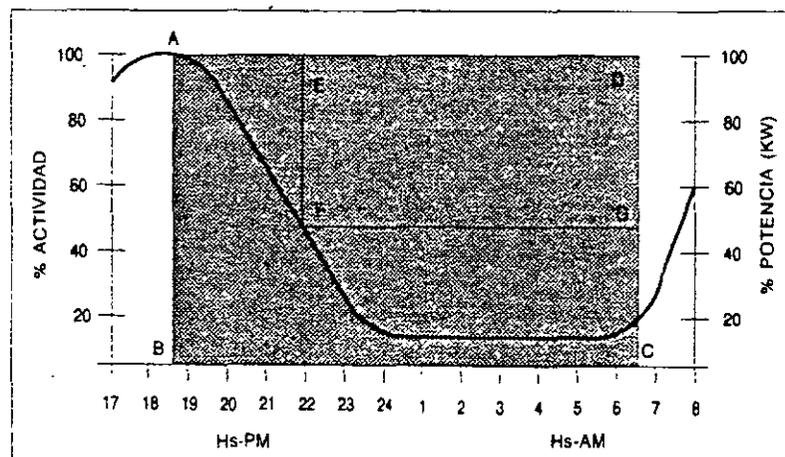


FIGURA VI.1 CURVA DE ACTIVIDAD HUMANA DIARIA

Es recomendable que la determinación de las zonas en que sea factible la aplicación de este tipo de controles, se lleve a cabo por parte de especialistas en el alumbrado público o por los fabricantes de controles (véase el apéndice 4), ya que es necesario realizar estudios técnico-económicos que consideren la eficiencia de los sistemas y los beneficios a obtener, así como costos de instalación y los tiempos de recuperación de la inversión

Asimismo, es necesario analizar los niveles de iluminación existentes para poder determinar si es posible disminuirlos sin rebasar los límites mínimos de seguridad y sin afectar la uniformidad del alumbrado. La aplicación de este tipo de controles no debe efectuarse en forma indiscriminada.

Algunos de los tipos de controles que pueden aplicarse para obtener ahorros de energía en los sistemas de alumbrado público se mencionan a continuación:

VI.1.1. Controles para desconexión de circuitos. Doble circuito de alumbrado

Este tipo de controles permite la desconexión automática de una parte de los sistemas de alumbrado con red de distribución propia, a determinadas horas de la noche, en una zona o área en particular.

En algunos casos, dependiendo de las características de las calles o avenidas, así como la distribución de las luminarias, es posible dejar fuera de los servicio algunas de ellas en horas nocturnas en que la actividad vehicular disminuye; por ejemplo, una avenida con lamparas localizadas en un camellón central y en ambas aceras.

Para la aplicación de este sistema en necesario verificar que las lámparas que permanezcan encendidas cumplan con las relaciones de uniformidad indicadas en la tabla II.2 y proporcionen los niveles mínimos de seguridad (niveles en las áreas peatonales) señalados en la tabla II.1.

Asimismo, es necesario que se efectúen obras para redistribución de circuitos. En caso de nuevos sistemas deberá preverse la instalación de los circuitos de distribución provenientes del transformador de alumbrado.

VI.1.2. Controles de doble intensidad de alumbrado

A ultimas fechas, algunas compañías han desarrollado en el país controles que sirven para reducir, en periodos de tiempo predeterminados, la potencia que consumen las lámparas utilizadas en el alumbrado público, los cuales se están aplicando en forma experimental en diversos municipios de la República.

Con la instalación de estos controles es posible operar las lámparas a dos niveles de potencia, al 100% durante las horas en que la actividad humana y vehicular es alta y, al 50 ó 60% de su valor durante el resto de la noche, con lo que se hace factible obtener ahorros de energía eléctrica de hasta un 32% como se muestra en la figura VI.2.

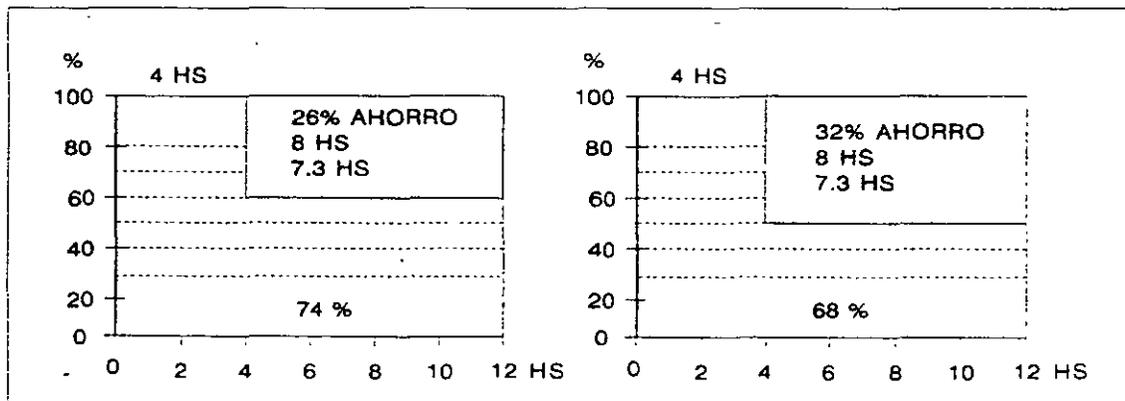


FIGURA VI.2 AHORRO DE ENERGIA MEDIANTE EL USO DE CONTROLES DE DOBLE INTENSIDAD

Esta función se realiza mediante el uso de relevadores de tiempo preestablecido envían una señal a un relevador auxiliar para que por medio del cierre y apertura de sus contactos se realice un cambio de capacitancia en el balastro, lo que a su vez provoca una disminución en la intensidad luminosa de las lámparas.

Para convertir un sistema convencional de alumbrado público con alimentación propia a un sistema con doble intensidad de alumbrado se requiere instalar un dispositivo de tiempo en el gabinete del interruptor existente, cambiar los balastos de las luminarias existentes por balastos de doble capacitancia, así como un hilo piloto.

Con el objeto de dar una idea más clara del ahorro que puede obtenerse mediante la aplicación de este sistema de control, se desarrolla el siguiente ejemplo:

VI.1.2.1 Ejemplo de ahorro de energía por la aplicación de controles de doble intensidad de alumbrado

Considerando el mismo municipio del ejemplo que se muestra en el punto V.4.1. en el cual se obtiene un sistema de alumbrado con alimentación y medición en alta tensión de las siguientes características:

Número de lámparas:

| | |
|--------------|-----------|
| 7000 V S A P | 250 watts |
| 3000 V M | 400 watts |

Periodo diario de operación: 12 horas

Factor de potencia: 88 %

Consumo mensual: 1'327,500 kWh.

Pago mensual por concepto de alumbrado (facturación total sin cargo por bajo factor de potencia).

\$ 327'143'220 MN

Suponiendo que se decide aplicar controles de doble intensidad en 3000 lámparas de vapor de sidio alta presión (VSA P) y en 1200 de vapor de mercurio (V M) de dicho municipio, para que sean operadas al 100% de su capacidad durante las primeras 4 horas de operación y al 60% de su capacidad durante las 8 horas restantes, tal como se muestra en la figura VI.2., se tiene que:

Consumo total de lámparas con control de doble intensidad:
Determinación del consumo:

Lámparas con control de doble intensidad.

Consumo de las lámparas restantes sin control de doble intensidad:

El consumo total de todas las lámparas será:

Con base en la tarifa 5A, el costo por Kwh consumido es de \$ 210.09, por lo que el pago mensual total por consumo de energía, teniendo ahora sistemas de doble intensidad de alumbrado en algunas de las lámparas del municipio será:

Conclusión

En este ejemplo se puede ver que el ahorro de energía que se obtiene al aplicar el sistema de control de doble intensidad aproximadamente el 40% del total de las lámparas instaladas es de:

AHORRO DE ENERGIA

Lo que representa aproximadamente un 11% del consumo inicial.

Es conveniente hacer notar que si operara la totalidad de las lámparas instaladas como se indica en este ejemplo, se obtendrá un ahorro del 27%, tal como se puede ver en la figura VI.2.

Considerando ahora que se requieren 60 controladores de doble intensidad con capacidad de 60 amperes para controlar las lámparas de este ejemplo, cuyo costo promedio es de \$ 3'400,000, se tienen que la inversión por la compra de estos equipos será de:

$$60 \times \$ 3'400.000 = \$ 204'000,000$$

Lo cual, con el ahorro mensual de energía eléctrica

(\$ 327'143,220 – \$ 290'769,329 = \$ 36'373,891)

Se estima que se recuperará en:

Lo que representa poco menos de seis meses.

En este análisis se consideran únicamente los importes por consumo de energía eléctrica y los costos de los controladores de doble intensidad. No se consideran los costos de instalación, cableado adicional, ni mano de obra, los cuales deberán analizarse detalladamente para la obtención del plazo de recuperación económica de cada caso específico.

VI.1.3 Economizadores de energía para alumbrado

Actualmente, algunos fabricantes nacionales han desarrollado dispositivos de fácil instalación en los balastos de las luminarias, los cuales producen un cambio en la capacitancia interna del balastro. Esto, a su vez produce una disminución permanente en el nivel de iluminación y en la potencia de la lámpara, lo cual permite obtener un ahorro de energía del 20 al 25%. Estos dispositivos producen un efecto similar al de los controles de doble intensidad de alumbrado, pero en forma permanente.

Su aplicación debe analizarse cuidadosamente, ya que al operar las lámparas a menor potencia, en el momento de acender puede provocarse una disminución en la vida útil de las mismas. Su aplicación debe hacerse en zonas donde se determine que los niveles de iluminación actuales están por encima de los valores promedio recomendados.

VI.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE ENERGIA Y COSTOS DE MANTENIMIENTO

VI.2.1 Eficiencia

La eficiencia de un sistema de alumbrado significa básicamente tener mejor iluminación con un menor consumo de energía eléctrica.

VI.2.2 Pérdidas

El principal factor que influye en la eficiencia de un sistema eléctrico y, por consiguiente, en el consumo de energía del mismo, es la potencia de pérdidas internas de energía en los equipos utilizados.

Los equipos y materiales en que deberá ponerse especial cuidado para reducir las pérdidas en su interior son:

- a) Balastos
- b) Transformadores
- c) Cable y terminales

VI.2.3 Depreciación

Es la disminución de eficiencia que sufren la luminaria y la lámpara por acumulación de polvos y partículas en un periodo de tiempo determinado. Este efecto provoca que con el mismo consumo de energía, la intensidad luminosa de la lámpara se vea disminuida.

Para elevar la eficiencia de los sistemas se requiere una selección y mantenimiento adecuados de los valores dados por los fabricantes, se incrementan las pérdidas de los mismos, además de que su vida útil se reduce y por lo tanto, los costos de mantenimiento aumentan.

VI.2.4 Temperatura de operación

La temperatura de operación de lámparas y balastos es una función crítica, ya que si se exceden los valores dados por los fabricantes, se incrementan las pérdidas de los mismos, además de que su vida útil se reduce y por lo tanto, los costos de mantenimiento aumentan.

Por ello es necesario utilizar el tipo de balastro adecuado a la lámpara que se esté usando, así como proporcionar una ventilación apropiada en las luminarias.

VI.2.5 Factor de potencia

Al trabajar un sistema de alumbrado con bajo factor de potencia, las pérdidas en los cables de la red de distribución se incrementan, lo que provoca un consumo de energía mayor.

VI.3 CREDITOS PARA LA SELECCION DE EQUIPOS EFICIENTES

Además de los sistemas de control empleados, las partes y componentes que influyen en la eficiencia de los sistemas de alumbrado son las lámparas y balastos. Por ello, deberán seleccionarse cuidadosamente de acuerdo con las características del área a iluminar.

VI.3.1 Lámparas

Tal como indica en la sección II.3.6, existen diferentes tipos de lámparas las cuales pueden ser utilizadas en alumbrado público con base en sus características de iluminación. Cada una de ellas presenta diferentes ventajas de acuerdo con el área a iluminar, las cuales se mencionan a continuación, así como su tendencia de utilización a través del tiempo:

a) Lámpara incandescentes

Su uso en sistemas de alumbrado de calles y avenidas se ha reducido prácticamente a áreas rurales por su baja eficiencia. Se utilizan principalmente en sistemas de alumbrado decorativo, tales como fuentes, jardines, monumentos y algunos tipos de fachas de edificios.

Aunque no requieren de balastos para funcionar y resultar más baratas que cualquier otro tipo de lámparas, su vida útil es muy corta, lo que con el tiempo se eleva considerablemente los costos de operación y mantenimiento.

b) Lámparas de luz mixta

Su utilización en alumbrado público se realiza principalmente en plazas, calles y vías de comunicación de municipios pequeños. Pueden considerarse como una buena alternativa para ahorrar energía en sistemas de alumbrado que aún utilizan lámparas incandescentes.

c) Lámparas fluorescentes

Su aplicación está prácticamente generalizada en el alumbrado del interior de edificios. En la actualidad su uso en alumbrado público es muy limitado debido principalmente al corto alcance de su haz luminoso, por lo que no es posible su montaje en las alturas que se requieren en los sistemas de alumbrado público.

Sin embargo, aún se llega a utilizar en alumbrados provisionales de parques y jardines, cuando se realiza algún festejo, así como han la iluminación de locales descubiertos, tales como kioscos o construcciones similares utilizadas para fines comerciales o recreativos.

d) Lámparas de vapor de mercurio

Su aplicación en sistemas de alumbrado público se generalizó durante la década de los sesentas, ya que es más eficiente y su vida útil es mayor que las lámparas de tipo incandescente, hasta entonces utilizadas en los sistemas de alumbrado público.

Aunque el costo de este tipo de lámparas es mayor que lámparas incandescentes y su funcionamiento requiere de balastro, las ventajas descritas hacen que la inversión inicial se amortice rápidamente.

Hoy en día su uso para alumbrado de calles y avenidas se ha reducido considerablemente por la operación de las lámparas de vapor de sodio. Sin embargo, por las características del calor que emite el haz luminoso, se sigue utilizando en el alumbrado de áreas comerciales y de estacionamientos.

e) Lámparas de vapor de sodio de baja presión

Este tipo de lámpara es el más eficiente de todas las existentes en la actualidad y su vida útil es bastante aceptable. Sin embargo, el color del espectro luminoso distorsiona los colores de los objetos iluminados.

Debido a sus características, su aplicación se recomienda para alumbrado de zonas en donde frecuentemente se presentan nieblas densas.

f) Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Actualmente, este tipo de lámparas se utilizan en la mayoría de los sistemas de alumbrado público por su eficiencia y vida útil aceptables, así como su costo moderado y baja depreciación.

g) Lámpara de aditivos metálicos

Hoy en día, su uso comienza a expandirse debido a que proporcionan alta eficiencia y buenas características de color; se espera que en un futuro no muy lejano su uso se generalice al abatirse sus costos de producción.

Para la selección de lámparas es necesario considerar, además de los aspectos descritos anteriormente, lo siguiente:

- Potencia en watts
- Lúmenes iniciales
- Lúmenes por watts
- Vida promedio (horas)
- Características de color del espectro luminoso
- Costo

La tabla VI.1 muestra una comparación de las características principales de los diferentes tipos de lámparas existentes en el mercado.

VI.3.2 Balastro

Como se mencionó en la sección II.3.8., actualmente existen en el mercado diferentes tipos de lámparas y balastos de acuerdo con el municipio de operación con el cual están contruidos. Estos se aplican de diversa manera dependiendo del tipo de lámpara que se va a instalar, así como de las características de variación de voltaje y frecuencia del suministro de energía eléctrica.

Todos los balastos tienen una resistencia interna que produce pérdidas de energía las cuales, conjuntamente con las pérdidas de los cables de los sistemas, son en promedio de orden 25% de la potencia de la lámpara. Sin embargo, algunos tipos de balastos producen mayores pérdidas que otros, además de que cada tipo de lámpara funciona mejor con determinado tipo de balastro.

Con el objeto de auxiliar en la selección adecuada de balastro y obtener con ello una operación más eficiente de las lámparas, en la tabla VI.2., se indican los tipos preferenciales de los balastos de alto factor de potencia para lámparas de alta

intensidad de descarga (HID), que deben utilizarse para cada tipo, específico de lámpara utilizado en sistemas de alumbrado público. La tabla VI.3 muestra las características más importantes de los mismos.

VI.3.3 Luminarias

Además de los factores mencionados en la sección II.3.7 es necesario tomar en cuenta de determinar la selección de luminarias, así como el porcentaje de utilización, para asegurar un resultado eficiente

El porcentaje de utilización es la relación del flujo luminoso (lúmenes) sobre el plano de actividad, ya sea de peatones o circulación de vehículos, y los lúmenes emitidos por la luminaria. Es decir, el porcentaje de lúmenes aprovechado en el área iluminada con base en los lúmenes emitidos.

Asimismo, el costo es un factor muy importante que debe considerarse en la selección de las luminarias de acuerdo con las necesidades a satisfacer y al tipo de calle o área por iluminar.

Con el fin de auxiliar en la selección de las luminarias, la tabla VI.4 muestra las características más importantes.

VI.4 OPTIMIZACION Y MODERNIZACION DEL SERVICIO

A fin de elevar la eficiencia y reducir las pérdidas eléctricas de los sistemas con el objeto de evitar consumos excesivos, ahorrar energía y reducir los costos de mantenimiento, es necesario considerar las siguientes acciones:

VI.4.1 Revisión y limpieza de fotoceldas

Debido que las cubiertas de las fotoceldas son un material transparente, es muy común que con el paso del tiempo se ensucien por acciones de las lluvias y el polvo especialmente en zonas de alta contaminación; lo anterior provoca que la luz recibida por la fotocelda disminuya.

Esto a su vez hace que las lámparas enciendan antes y apaguen un poco más tarde de lo normal y, por lo tanto, el consumo de energía eléctrica diario de cada una de las lámparas es mayor, lo que provoca una elevación considerable en el consumo de energía.

Otro problema que se presenta con frecuencia por mal funcionamiento de las fotoceldas es la permanencia de lámparas encendidas durante el día, lo cual provoca gastos innecesarios de energía, o que durante la noche el encendido de las mismas no se lleve a cabo.

A continuación se muestran dos ejemplos prácticos para poder observar los consumos de energía que se puede evitar al llevar a cabo la acción.

VI.4.1.1 Ejemplo de evacuación de gastos adicionales por concepto de lámparas encendidas durante el día

Tomando como base el mismo ejemplo que se muestra en el punto V.4.1 se tiene que :

| | | |
|---------------------|--------------|-----------|
| Numero de lámparas: | 7000 V S A P | 250 watts |
| | 3000 V M | 400 watts |

Consumo mensual: 1`327,500 kWh

Pago mensual por concepto de alumbrado:(sin cargo por bajo factor de potencia)

\$ 327`143,220 MN

Supóngase que las 10,000 lámparas existentes en el municipio se queden encendidas durante el día un promedio de 50 lámparas de vapor de sodio de alta presión y 30 de vapor de mercurio en un lapso de un mes.

Ya que se ha tomado como periodo promedio de encendido nocturno un lapso de 12 horas, se tiene que durante el día las lámparas que permanezcan encendidas trabajando un periodo adicional de:

Lo que representa un consumo de energía adicional del 0.83% mensual.

Aplicando la tarifa 5A se tiene el monto adicional que se deberá pagar al suministrador:

VI.4.1.2 Ejemplo de evaluación de gastos adicionales por concepto del tiempo de operación de lámparas

Considerando el mismo ejemplo, supóngase que al ensuciarse las fotoceldas, las 10,000 luminarias encendidas en promedio media hora antes y se apagan media hora después de lo esperado, por lo que el consumo y costo de la energía bajo estas condiciones será.

Periodo de operación:

$$0.5 + 12 + 0.5 = 13 \text{ horas:}$$

Lo que representa un consumo adicional del 8.5% del consumo normal.

Por lo tanto el costo de la energía bajo estas condiciones será:

Cargo de 2% por medición en baja tensión

Si se asume que no hay cargo por bajo factor de potencia, la facturación neta es igual a la facturación normal, por lo que:

Por lo que el gasto mensual adicional es de:

Conclusiones:

Para evitar el consumo innecesario de energía, es recomendable considerar dentro de los programas de mantenimiento de las luminarias la revisión y limpieza periódica de las fotoceldas.

En aquellos municipios localizados en zonas donde las condiciones climáticas no sean muy adversas se recomienda que el intervalo de limpieza deberá reducirse de acuerdo con las necesidades específicas de cada región.

VI.4.2 Sustitución de lámparas

Tal como se mencionó en la sección VI.3.2 existen diversos tipos de lámparas, de las cuales una son más eficientes que otras, es decir requieren de menos energía para operar.

Por ello es necesario considerar que se puede aumentar la eficiencia y ahorrar energía en aquellos sistemas de alumbrado que, por ejemplo, tengan instaladas lámparas más eficientes.

Lo anterior se puede apreciar con mayor detalle en el siguiente ejemplo:

VI.4.2.1 Ejemplo de ahorro e energía por ejemplo de lámpara de mayor eficiencia

Suponiendo que en el municipio considerado en el ejemplo del punto V.4.1. cuyas características iniciales son:

Numero de lámparas:

| | |
|--------------|-----------|
| 7000 V S A P | 250 watts |
| 3000 V M | 450 |

Consumo mensual: 1'327,500 kWh

Pago mensual por concepto de alumbrado:

\$ 395'268,993 MN

Se decide sustituir 2000 luminarias de vapor de mercurio de las 3000 existentes, en calles y avenidas principales, por lámparas equivalentes de vapor de sodio en alta presión.

Después de realizar consultes con los fabricantes de las lámparas, se observa que la intensidad luminosa inicial de una lámpara de vapor de mercurio de 400 watts es de 23,000 lúmenes y la de una lámpara de vapor de sodio de alta presión de 250 watts es de 27,500 lúmenes.

Esto quiere decir, que utilizando alrededor del 60% de consumo de energía, se obtiene en 19.5% más de intensidad luminosa con lámparas reemplazadas

Además, en la tabla VI.1 se puede ver que la depreciación de las lámparas de vapor de sodio es mayor que las de mercurio, lo que significa que requerirán periodos mayores de limpieza, para mantener un nivel adecuado de iluminación.

Bajo estas condiciones se tiene que el número de lámparas es ahora de:

| | |
|--------------|-----------|
| 9000 V S A P | 250 watts |
| 1000 V M | 400 watts |

Determinación del consumo:

Por lo tanto, se puede apreciar que al realizar esta acción, se obtiene un ahorro de energía de:

Lo que representa un ahorro del 10.1% en el consumo de energía eléctrica.

Siguiendo el mismo procedimiento de los ejemplos anteriores, se tiene que la facturación total, sin cargo por bajo factor de potencia y base al la tarifa 5A, será ahora de:

Facturación total = \$

Por lo que el ahorro mensual que se obtiene es:

Lo cual representa un ahorro de más de 25% en los pagos por consumo de energía.

Considerando ahora que el costo del conjunto lámpara-balastro es:

V S A P 250 watts - - - - \$

La inversión de la compra de 2000 lámparas será de:

2000 x \$

Lo cual el ahorro mensual se amortizará en:

Poco menos de dos meses, y se tendrá ahora un alumbrado más eficiente y confiable.

En este análisis se consideran únicamente los importes por consumo de energía eléctrica y los costos de equipo, no incluyen costos de mano de obra ni instalación, por lo que deberán analizarse detalladamente para obtener el plazo de recuperación económica.

VI.4.3 Revisión de medidores

Debido a que los medidores (kilowatt-horímetros) dependen directamente del organismo suministrador de energía eléctrica (Comisión federal de Electricidad o Compañía de Luz y Fuerza del Centro según el caso), el municipio deberá reportar los medidores que presenten mal funcionamiento o daños físicos, a fin de que se lleven a cabo las calibraciones y/o reposiciones que se requieran, para asegurar que las mediciones realizadas correspondan al consumo real.

VI.4.4. Revisión de cables y terminales

Con el objeto de disminuir las pérdidas de los sistemas y evitar consumos innecesarios de energía eléctrica, se debe asegurar durante las labores de mantenimiento, que las terminales, portalámparas y puntos de unión de cables se encuentren firmes; es decir, cuando uno de estos dispositivos está flojo o dañado provoca calentamientos que además de producir consumos adicionales de energía, reducen la vida útil de los equipos.

Por otra parte se debe asegurar que el mantenimiento de los cables existentes no presente cuarteaduras, daños o cotes, tanto en cables nuevos como en los instalados con anterioridad.

Asimismo, durante la instalación y mantenimiento deberá tenerse cuidado de utilizar los doctos. canalizaciones, tuberías, bloques de terminales y conectores adecuados, así como los calibres y tipos de aislamiento apropiados para la capacidad y voltaje de operación de las lámparas a alimentar.

Dentro de los conductos y tuberías deberá evitarse la instalación de un número de cables mayor que indicado por las normas Técnicas de instalaciones Eléctricas, así como la realización de dobleces bruscos o innecesarios en los cables, ya que esto incrementa su resistencia y por lo consiguiente, el consumo de energía.

Para que las acciones recomendadas anteriormente se lleven a cabo en forma constante y eficiente, se aconseja programar cursos de capacitación para el personal encargado de la instalación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado, ya sea dentro del municipio o en otros municipios u organización o empresa que los imparta.

Asimismo, es conveniente consultar a los diversos fabricantes a fin de analizar conjuntamente los casos particulares para definir los materiales y equipos que presenten las mayores ventajas tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Con el objeto de dar una referencia sobre a quiénes se les puede solicitar asesoría, en lo que respecta a materiales y equipos de alumbrado público, el apéndice 4, al final de este manual, incluye en directorio de algunos de los fabricantes nacionales relacionados con alumbrado.

Por otra parte conviene establecer procedimientos interiores para el control de revisiones, sustitución de lámparas, limpieza de luminarias y fotoceldas y revisión de cables y equipos de control, a fin de elevar la eficiencia y contabilidad de los sistemas de alumbrado público para poder así elevar la calidad del servicio.

VI.4.5 Guía para diagnóstico de sistemas de alumbrado público

Los principales puntos que deben analizarse para diagnosticar el funcionamiento de los sistemas de alumbrado público, las interrogantes que pueden surgir, así como los secciones de este manual en donde se mencionan los aspectos que deben considerarse para definir las acciones a tomar para obtener ahorros de energía, se mencionan a continuación:

- 1) ¿ Son adecuados los niveles de iluminación del sistema de alumbrado existente?

Sección II.1.2

- 2) ¿ Son adecuadas las luminarias y tipos de lámparas utilizadas, así como la colocación de ellas?

Secciones II.3.6, II.3.7, III.3.4, VI.3.1, VI.3.3

- 3) ¿ Qué debe hacerse cuando la intensidad de las lámparas disminuye o aumenta el consumo de energía sin causas aparentes ?

Secciones IV.2, V, V.4.1

- 4) ¿ Cómo se puede evitar los cargos extras en las facturaciones en los suministradores de energía ?

Secciones II.3.8 y VI.3.2

- 5) ¿ Qué acciones pueden tomarse para reducir el consumo de energía, adicionalmente a las acciones de mantenimiento preventivo ?

Sección VI.1, VI.4.3 y VI.4.4.

.....



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

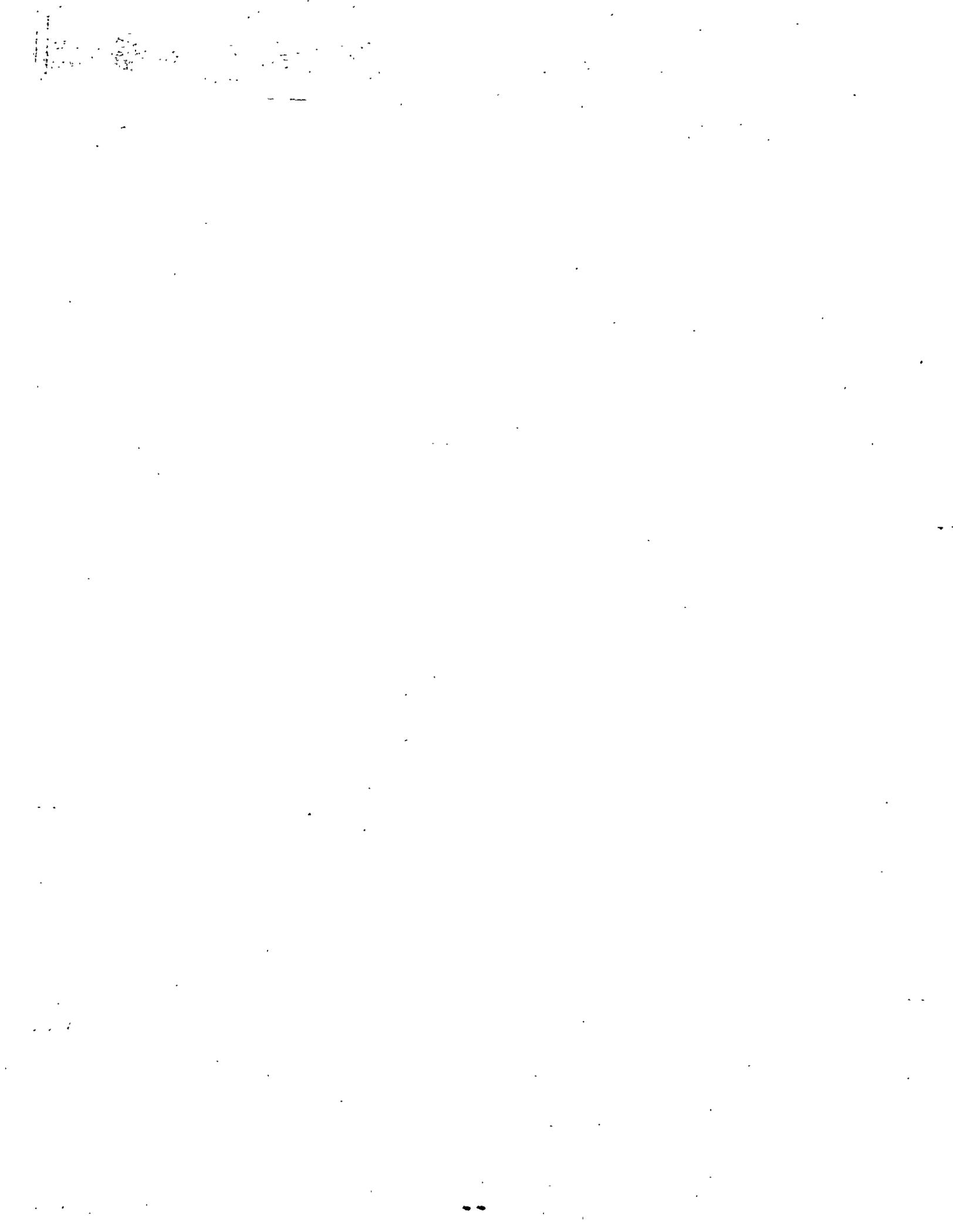
CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

MEDICIONES DE CAMPO

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**



*

MEDICIONES EN CAMPO

*

VI MEDICIONES EN CAMPO

En la evaluación de una instalación de alumbrado en campo es necesario medir o inspeccionar la calidad y cantidad de iluminación en el medio ambiente específico.

La IES ha desarrollado un método de inspección uniforme de mediciones y de los datos necesarios para un reporte de este tipo. Los resultados de estas inspecciones uniformes pueden ser usadas solas o con otras inspecciones, con propósito de comparación, y de acuerdo a especificaciones se analizan para revelar las necesidades de mantenimiento, modificar o sustitución.

Las mediciones de campo son aplicables únicamente a las condiciones de alumbrado existente durante la inspección.

Esto es muy importante de modo que se debe hacer una descripción detallada del área inspeccionada así como de los factores que pueden afectar los resultados, tal como: reflectancias de superficies, tipo y envejecimiento de las lámparas, tensión e instrumentos usados en la inspección.

En mediciones de iluminación, los instrumentos de celda utilizados deben ser de coseno y color corregido. Deberán ser utilizados si es posible a una temperatura entre 15°C y 50°C. Antes de tomar las lecturas, las celdas deberán exponerse a un nivel de iluminancia igual al que va a ser medido hasta que alcance su estabilización. Proyección de sombras sobre la celda de elemento sensor de luz, deberán evitarse mientras se están tomando las lecturas con el instrumento. Un sistema de alumbrado con lámparas de descarga de alta intensidad o fluorescentes deberá estar en operación durante al menos una hora antes de ser tomadas las mediciones para asegurar que la salida luminosa con condiciones normales ha sido alcanzada. En instalaciones con lámparas de descarga con gas relativamente nuevas deberán transcurrir al menos 100 horas antes de hacer las mediciones. Las lecturas deberán realizarse a 15 cm de la superficie del suelo en pavimento seco.

MEDICION FOTOMETRICA DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

1 - LOCALIZACION

CALLE _____ ENTRE _____

COLONIA _____ DELEGACION _____

2 - FECHA

_____ DE _____ 19 _____

HORA _____

3 - DESCRIPCION DE LA INSTALACION Y EQUIPO

3.1 LAMPARA

3.1.1.- MARCA _____

3.1.2.- TIPO _____

3.1.3.- WATTS _____

3.1.4.- ACABADO _____

3.1.5.- POSICION _____

3.1.6.- HORAS DE USO ESTIMADAS _____

3.2.- BALASTROS

3.2.1.- MARCA _____

3.2.2.- TIPO _____

3.2.3.- FACTOR DE POTENCIA _____

3.2.4.- INTEGRAL _____ REMOTO _____

4

3.3.- LUMINARIO

3.3.1.- MARCA _____

3.3.2.- TIPO _____

3.3.3.- CURVA _____

3.3.4.- CERRADO _____ ABIERTO _____

3.4.- POSTES

3.4.1.- ARREGLO _____

3.4.2.- ALTURA DE MONTAJE _____

3.4.3.- TIPO _____

3.4.4.- DISTANCIA INTERPOSTAL _____

3.4.5.- LONGITUD DE BRAZO _____

3.4.6.- DISTANCIA POSTE A LA ACERA _____

3.5.- CALLE

3.5.1.- LONGITUD A MEDIR _____

3.5.2.- ANCHO DE LA CALLE _____

3.5.3.- ANCHO DE LA ACERA _____

4.- CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES

4.1.- INTERFERENCIAS _____

4.2.- CONDICIONES AMBIENTALES (NO DE TIEMPO)

4.3.- FUENTES DE LUZ EXTRAÑAS _____

5.- CONDICIONES ELECTRICAS DE LA INSTALACIÓN

- 5.1.- VOLTAJE ENTRE FASES
- 5.2.- VARIACION DE VOLTAJE
- 5.3.- CORRIENTE DE LINEA
- 5.4.- WATTS DE LINEA
- 5.5.- WATTS DE LAMPARA

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

5.6.- HORAS ENCENDIDO _____ HR. DE OP. POR ENCENDIDO

6.- CONDICIONES DE LUMINARIO

6.1.- MESES APROXIMADOS DE USO _____

6.2.- CONDICIONES DE LIMPIEZA

6.2.1.- BUENAS _____

6.2.2.- REGULARES _____

6.2.3.- MALAS _____

7 - CONDICIONES DEL TIEMPO

7.1.- NUBLADO

7.2.- DESPEJADO

| ESTACION | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 26 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |

7

| ESTACION | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 26 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |

J

| ESTACION | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL | CARRIL |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 28 | | | | | | |
| 29 | | | | | | |
| 30 | | | | | | |
| 31 | | | | | | |
| 32 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 34 | | | | | | |
| 35 | | | | | | |
| 36 | | | | | | |
| 37 | | | | | | |
| 38 | | | | | | |
| 39 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 41 | | | | | | |
| 42 | | | | | | |
| 43 | | | | | | |
| 44 | | | | | | |
| 45 | | | | | | |
| 46 | | | | | | |
| 47 | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | |
| MAXIMO | | | | | | |
| MINIMO | | | | | | |

10.- MEDICIONES ESPECIALES

| ESTACION | LOCALIZACION | LECTURA OBTENIDA |
|----------|--------------|---------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

11 - RELACIONES

| | |
|----------------------|--|
| PROMEDIO | |
| PROMEDIO A MINIMA | |
| PROMEDIO A MAXIMA | |
| MAXIMA A MINIMA | |

12 - INSTRUMENTOS UTILIZADOS

| CLASE | MARCA | MODELO | OBSERVACIONES |
|-------|-------|--------|---------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

13.- PRUEBAS EFECTUADAS POR

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |



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

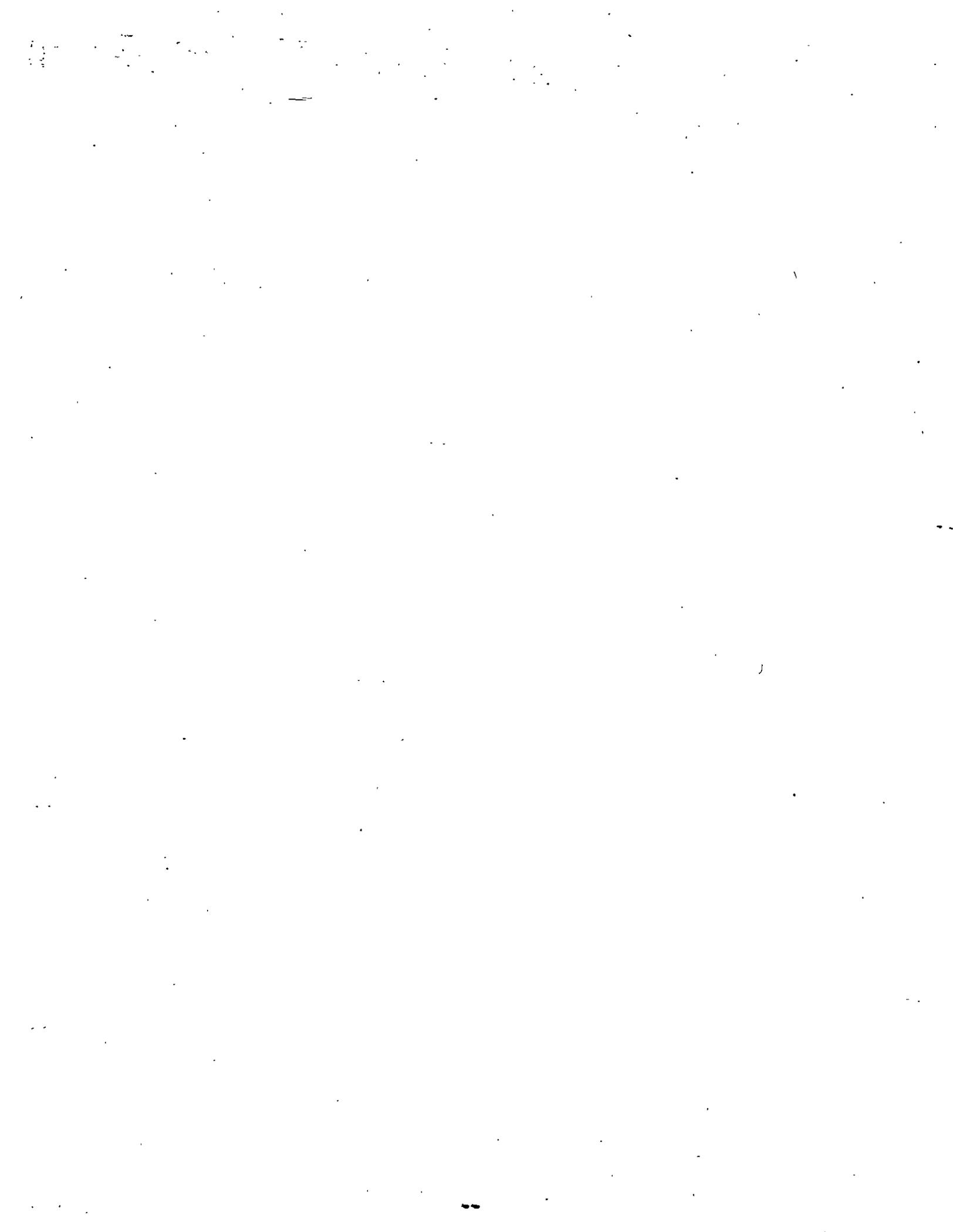
CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

ESTUDIO ECONÓMICO

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**





COMPANÍA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S.A.

(EN LIQUIDACION)

GERENCIA DE CONSTRUCCION
 SUPERINTENDENCIA TECNICO ADMINISTRATIVA
 ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS
 ALUMBRADO PUBLICO

I DE 4

| C O N C E P T O | S I S T E M A S | | | |
|---|-----------------|--|--|--|
| | | | | |
| I- INVERSION INICIAL EN EQUIPO | | | | |
| 1- Cantidad de luminarias Dato | | | | |
| 2- Costo de cada luminaria Dato | | | | |
| 3- Costo total de luminarias 1 x 2 | | | | |
| 4- Cantidad de postes Dato | | | | |
| 5- Altura de montaje Dato | | | | |
| 6- Costo de poste y brazo Dato | | | | |
| 7- Costo total de postes 4 x 6 | | | | |
| 8- Costo de base para postes Dato | | | | |
| 9- Costo total de postes y bases 4 x (6+8) | | | | |
| 10- Cantidad de lámparas por luminaria Dato | | | | |
| 11- Cantidad de lámparas 1 x 10 | | | | |
| 12- Costo de cada lámpara Dato | | | | |
| 13- Costo total de lámparas 11 x 12 | | | | |
| 14- Costo de cable y equipo de protección Dato | | | | |
| 15- Total inversión inicial menos lámparas 3 + 9 + 14 | | | | |
| 16- Total inversión inicial con lámparas 15 + 13 | | | | |
| 17- Inversión inicial relativa en equipo 16 / valor del sistema más bajo | | | | |

| C O N C E P T O | S I S T E M A S | | | |
|--|-----------------|--|--|--|
| | | | | |
| II.- COSTOS ESTIMADOS POR LABOR INICIAL | | | | |
| 18.- Montaje de poste y pintado Dato | | | | |
| 19.- Montaje de luminaria Dato | | | | |
| 20.- Montaje de poste y luminaria (4 x 18) + (1 x 19) | | | | |
| 21.- Montaje de equipo de protección y alambrado Dato | | | | |
| 22.- Total de labor 20 + 21 | | | | |
| 23.- Total de inversión inicial 16 + 22 | | | | |
| 24.- Inversión inicial relativa 23/valor del sistema más bajo | | | | |
| III.- CALCULOS DE ILUMINACION | | | | |
| 25.- Espaciamiento o área Dato | | | | |
| 26.- Factor de utilización Dato | | | | |
| 27.- Factor de mantenimiento Dato | | | | |
| 28.- Promedio de iluminación en lux Dato | | | | |
| 29.- Inversión inicial por lux 23/28 | | | | |
| IV.- COSTOS ANUALES | | | | |
| 30.- KW por luminaria (incluye pérdidas) Dato | | | | |
| 31.- KW totales del sistema 1 x 30 | | | | |
| 32.- Horas de operación anual Dato | | | | |
| 33.- KWH totales por año 31 x 32 | | | | |
| 34.- Costo de la energía por KWH Dato | | | | |
| 35.- Car(or KW/mes demandado Dato | | | | |
| 36.- Cargo por demanda anual 31 x 35 x (12 meses) | | | | |

| C O N C E P T O | S I S T E M A S | | | |
|--|-----------------|--|--|--|
| 37.- Costo anual de KWH 33 x 34 | | | | |
| 38.- Periodo de reemplazo en grupo Dato | | | | |
| 38A.- Vida de lámpara (para reemplazo individual) Dato | | | | |
| 38B.- Porción de lámpara, reemplazo individual Dato | | | | |
| * 39.- Cantidad de Lámparas reemplazadas $11 + (1 \times 38 B) \times 32 / 38 *$ | | | | |
| 40.- Costo de lámparas reemplazadas 39 x 12 | | | | |
| V.- MANTENIMIENTO ANUAL LABOR Y MATERIALES. | | | | |
| 41.- Costo de labor por hora hombre Dato | | | | |
| 42.- Tiempo de reemplazo en grupo por luminario Dato | | | | |
| 42A.- Tiempo de reemplazo individual por luminario Dato | | | | |
| * 43.- Reemplazo en grupo por año, por luminario 32 x 38 * | | | | |
| 43A.- Reemplazo individual por año por luminario 38 B x 43 | | | | |
| * 44.- Costo de labor de reemplazo $1 \times 41 \times (42 \times 43 + 42 A \times 43 A) *$ | | | | |
| 45.- Tiempo de limpieza por luminario Dato | | | | |
| 46.- Limpiezas por año por luminario Dato | | | | |
| 47.- Costo de labor de limpieza $1 \times 41 \times 45 \times 46$ | | | | |
| 48.- Tiempo de pintura por poste Dato | | | | |
| 49.- Pintado por año por poste 0.20 | | | | |
| 50.- Costo de labor por pintura $4 \times 41 \times 48 \times 49$ | | | | |
| 51.- Partes de repuesto pintura, etc. $1\% \times 15$ | | | | |
| 52.- Costo total de mantenimiento anual $44 + 47 + 50 + 51$ | | | | |
| 53.- Costo de operación anual sin considerar costos fijos $36 + 37 + 40 + 52$ | | | | |

| C O N C E P T O | S I S T E M A S | | | |
|--|-----------------|--|--|--|
| | | | | |
| 37.- Costo anual de KWH 33 x 34 | | | | |
| 38.- Periodo de reemplazo en grupo Dato | | | | |
| 38A.- Vida de lámpara (para reemplazo individual) Dato | | | | |
| 38B.- Porción de lámpara, reemplazo individual Dato | | | | |
| * 39.- Cantidad de Lámparas reemplazadas $11 + (1 \times 38 B) \times 32 / 38 *$ | | | | |
| 40.- Costo de lámparas reemplazadas 39 x 12 | | | | |
| V.- MANTENIMIENTO ANUAL LABOR Y MATERIALES . | | | | |
| 41.- Costo de labor por hora hombre Dato | | | | |
| 42.- Tiempo de reemplazo en grupo por luminario Dato | | | | |
| 42A.- Tiempo de reemplazo individual por luminario Dato | | | | |
| * 43.- Reemplazo en grupo por año, por luminario 32 x 38 * | | | | |
| 43A.- Reemplazo individual por año por luminario 38 B x 43 | | | | |
| * 44.- Costo de labor de reemplazo $1 \times 41 \times (42 \times 43 + 42 A \times 43 A) *$ | | | | |
| 45.- Tiempo de limpieza por luminario Dato | | | | |
| 46.- Limpiezas por año por luminario Dato | | | | |
| 47.- Costo de labor de limpieza $1 \times 41 \times 45 \times 46$ | | | | |
| 48.- Tiempo de pintura por poste Dato | | | | |
| 49.- Pintado por año por poste 0.20 | | | | |
| 50.- Costo de labor por pintura $4 \times 41 \times 48 \times 49$ | | | | |
| 51.- Partes de repuesto pintura, etc. $1\% \times 15$ | | | | |
| 52.- Costo total de mantenimiento anual $44 + 47 + 50 + 51$ | | | | |
| 53.- Costo de operación anual sin considerar costos fijos $36 + 37 + 40 + 52$ | | | | |



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN CAMPO

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCÍA ROMERO
1997**

GENERTEK, S.A. de C.V.

*

IDENTIFICACION DE FALLAS EN CAMPO

*

PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN LÁMPARAS Y BALASTOS

En ocasiones, cuando un sistema de iluminación HID¹ deja de operar, un procedimiento de inspección complejo, a fondo, puede resultar excesivamente tardado. En estos casos, cuando todo un banco de luminarios deja de operar, una simple inspección de los interruptores, o cuando solo un luminario deja de operar, una simple inspección visual de la lámpara puede dar una respuesta rápida al problema. En otras ocasiones donde se tienen fallas en diferentes luminarios aislados, puede ser necesario aislar cada uno de ellos para realizar, sistemáticamente, pruebas eléctricas completas y de esta forma encontrar la falla y restablecer el sistema de iluminación.

Los cuatro métodos básicos para la solución de problemas, ofrecen procedimientos que pueden ser aplicados para cubrir virtualmente todas las situaciones:

- a. Lista de puntos para la inspección visual –Inspección visual rápida para verificar si la lámpara ha llegado al fin de su vida útil o determinar irregularidades en su aplicación las cuales no requieren de pruebas eléctricas.
- b. Reparación rápida para restablecer la iluminación –Método utilizado en aquellos lugares en donde la iluminación debe ser inmediatamente restablecida.
- c. Diagramas de flujo para la solución de problemas –Diagramas simplificados para localizar rápidamente el problema en cualquier luminario, basándose en las características de la lámpara
 - 1) La lámpara no enciende.
 - 2) La lámpara enciende y apaga.
 - 3) Lámpara con mucha o poca intensidad
- d. Pruebas eléctricas –Inspección a fondo del sistema por medio de pruebas eléctricas.

1. Lista de puntos para la inspección visual

a) Fin de la vida útil de la lámpara

- Lámparas de vapor de mercurio y de aditivos metálicos

Estas lámparas al final de su vida útil, se caracterizan por la baja emisión luminosa que presentan y/o por arranques intermitentes. Los signos visuales son el ennegrecimiento del tubo de descarga y el deterioro de los electrodos

- Lámparas de vapor de sodio en alta presión

Al final de su vida útil, las lámparas de vapor de sodio en alta presión tienden a presentar ciclos de apagado y encendido después de haber arrancado.

¹HID. Alta Intensidad de Descarga, del inglés High Intensity Discharge.

esto se debe a que la lámpara requiere de un voltaje mayor para estabilizar el arco que aquel que puede proporcionar el balastro.

Dentro de los signos visuales se tiene el ennegrecimiento general en los extremos del tubo de descarga. La lámpara también puede mostrar un tinte café en el interior del bulbo exterior de la lámpara (depósito de sodio)

- Lámparas de vapor de sodio en baja presión

Al final de su vida útil, estas lámparas mantienen su nivel de luminosidad, pero el arranque es intermitente hasta que al cabo del tiempo se vuelve imposible. Un signo visual puede ser el ennegrecimiento de los extremos del tubo de descarga

b) Inspecciones adicionales

- Lámparas

Tubo de descarga o bulbo exterior rotos.

Lámpara degollada.

Componentes rotos o sueltos en el interior de la lámpara.

Extremos del tubo de descarga ennegrecidos.

Depósito de partículas en el interior del bulbo exterior.

El balastro utilizado corresponde a la potencia y tipo de lámpara.

Posición de quemado de la lámpara incorrecta (BU/BD).

- Componentes del sistema de iluminación

Bobinas del balastro quemadas

Aislamiento o bobinas dañadas en el balastro.

Evidencias de humedad o calor excesivos

Terminales sueltas, desconectadas, desgastadas o pellizcadas

Conexiones eléctricas incorrectas.

Capacitor roto o expandido.

Ignitor dañado o inadecuado para la aplicación (montaje remoto)

2. Reparación rápida para el restablecimiento de la iluminación

a) Inspección visual

Haga una inspección visual de la lámpara, balastro, capacitor e ignitor para buscar evidencias físicas de falla y reemplace cualquier componente que muestre signos de estar dañados

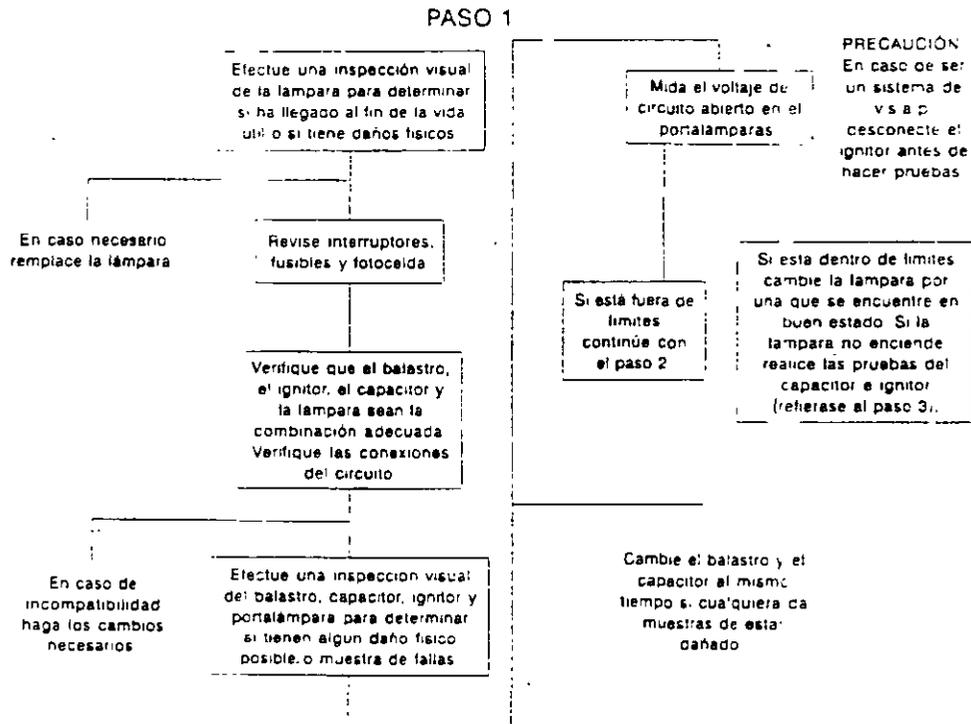
En el caso de que el capacitor o el balastro muestren signos de estar dañados, reemplace los dos al mismo tiempo

b) *Reemplazo de componentes en aquellos casos en donde aparentemente no hay daños físicos*

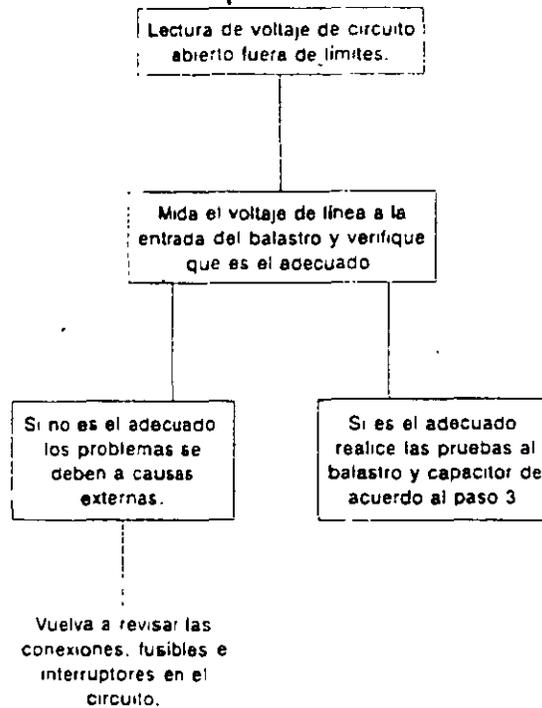
- Verifique que el voltaje de alimentación sea el adecuado para el balastro utilizado.
- Verifique los interruptores termomagnéticos, fusibles, etc. que se encuentren en el circuito.
- Reemplace la lámpara
- Reemplace el ignitor (en donde exista)
- Reemplace el capacitor y el balastro al mismo tiempo.

3. Diagramas de flujo

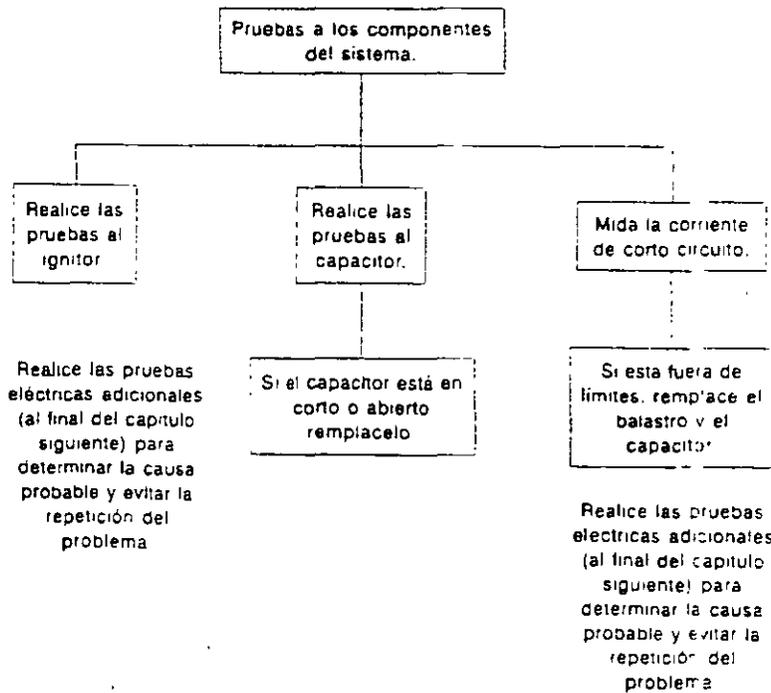
a) *La lámpara no enciende*



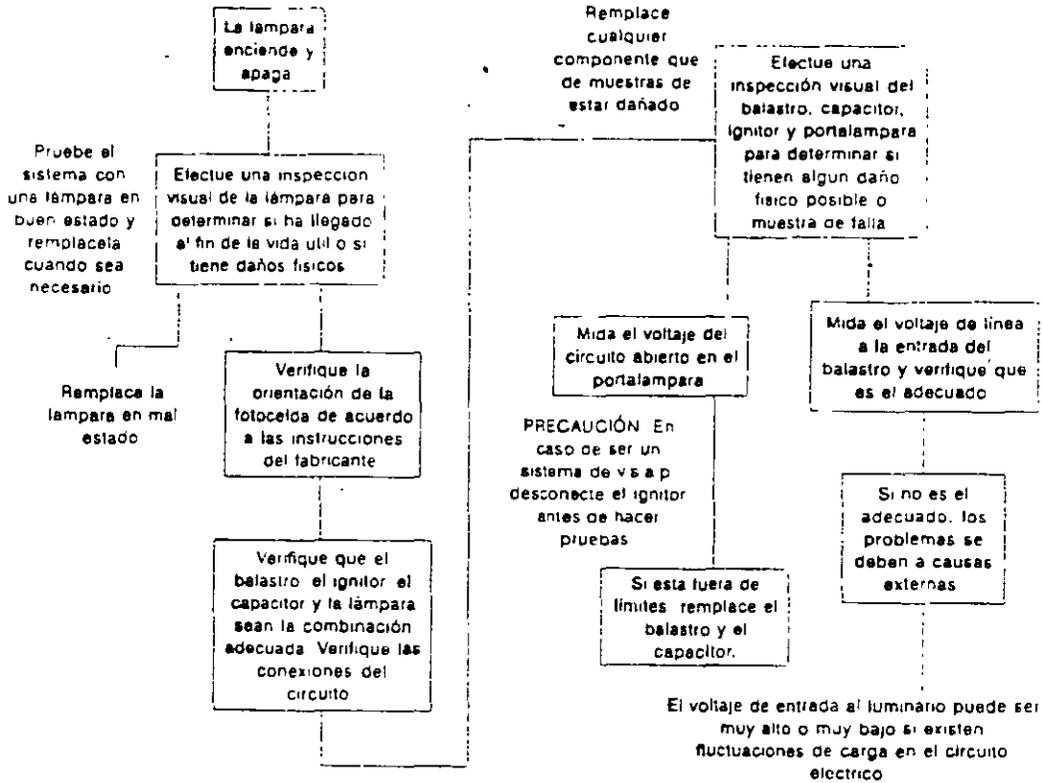
PASO 2



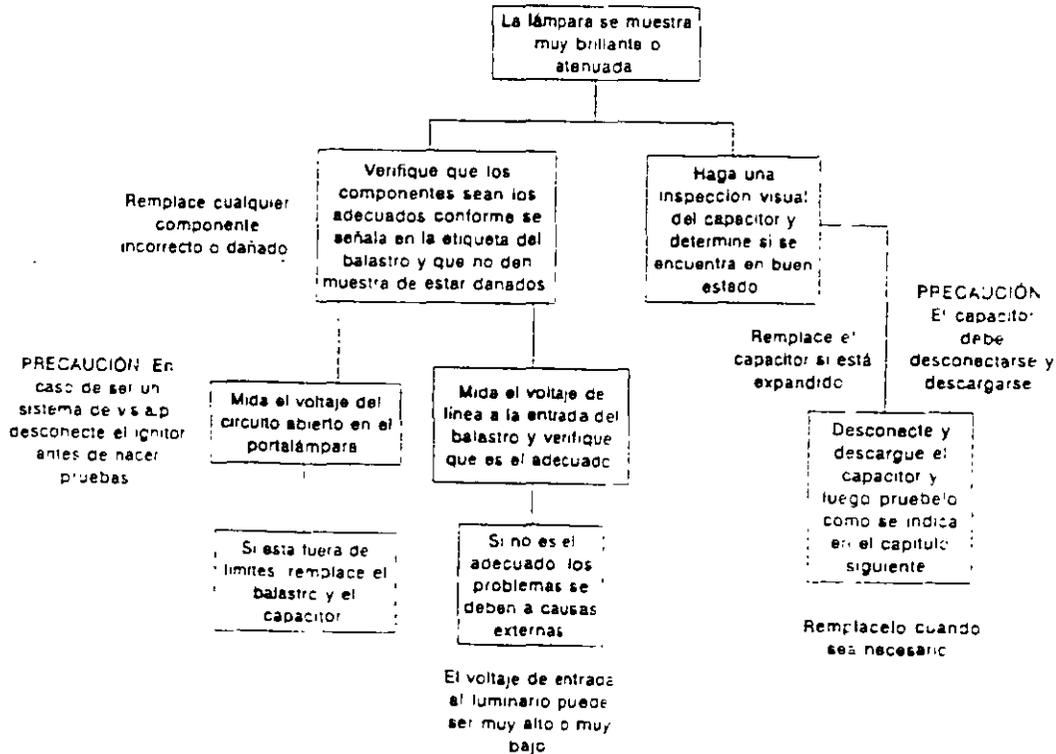
PASO 3



b) La lámpara enciende y apaga



c) Lámpara muy brillante o atenuada

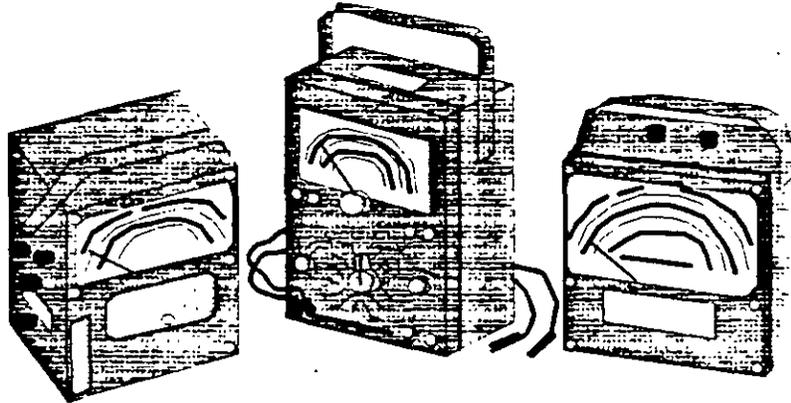


PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS ELÉCTRICAS

PRECAUCIÓN: Las mediciones de corriente y voltajes llevan el riesgo de presentar partes expuestas a altos voltajes, por lo tanto solo deberán ser realizadas por personal calificado.

Se recomienda el siguiente equipo para probar luminarios HID:

- Voltímetro RMS.
Rangos: 0-1150-300-750 volts c.a.
- Amperímetro (puede ser del tipo de gancho).
Rangos: 0-1-5-10 amperes c.a.
- Multímetro (con los rangos de voltaje y corriente mostrados anteriormente).
- Óhmmetro.



1. Voltaje de línea

Se mide el voltaje de línea a la entrada del luminario para determinar si la fuente de alimentación es la adecuada para el sistema de iluminación. Para balastos del tipo autorregulado o de potencia constante, el voltaje de línea no deberá variar más del 10% del voltaje especificado en la placa del balastro. Para balastos tipo alta reactancia y reactor en serie, no deberá variar más del 5% del voltaje especificado en la placa del balastro.

Si el voltaje de alimentación medido no está de acuerdo a los requerimientos del sistema de iluminación, es decir, existen variaciones mayores a las que se especifican en la placa del balastro o del luminario, puede ocurrir que la lámpara no encienda o que opere incorrectamente.

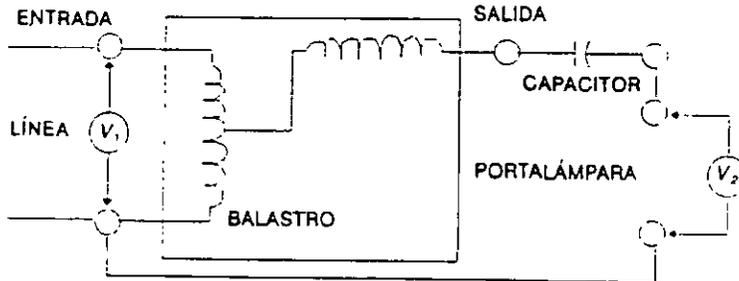
Cuando no pueda obtener lecturas de voltaje de línea, revise los interruptores, fusibles y termomagnéticos en el circuito. Lecturas de voltaje alto, bajo u oscilante, pueden deberse a fluctuaciones de carga en el mismo circuito.

2 Voltaje de circuito abierto

Para determinar si el balastro está proporcionando el voltaje de arranque adecuado para la lámpara, es necesario medir el voltaje de circuito abierto. El procedimiento adecuado es el siguiente:

1. Mida el voltaje (V_1) a la entrada del balastro para verificar que es adecuado.
2. Con la lámpara fuera del portalámpara y el voltaje adecuado a la entrada del balastro, mida el voltaje (V_2) entre el punto al centro del portalámpara y la rosca del mismo. La lectura obtenida debe estar dentro de los límites mostrados

Existen algunos adaptadores que se colocan en el portalámparas y que sirven para facilitar la medición.



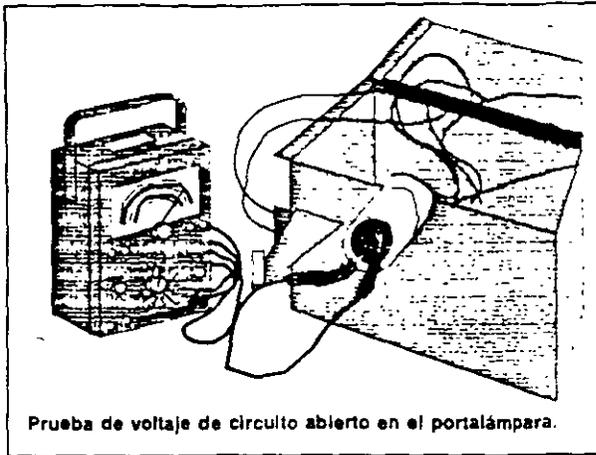
Prueba de voltaje de circuito abierto

Tabla VII.1 Límites de la prueba de voltaje de circuito abierto¹

| | Lámpara | | Voltaje RMS |
|----------------------|---------------|----------|----------------|
| | Potencia | No. ANSI | |
| Balastos de mercurio | 50 | H46 | 225-255 |
| | 75 | H43 | 225-255 |
| | 100 | H38 | 225-255 |
| | 175 | H39 | 225-255 |
| | 250 | H37 | 225-255 |
| | 400 | H33 | 225-255 |
| | 2-400 (ILO) | 2-H33 | 225-255 |
| | 2-400 (serie) | 2-H33 | 475-525 |
| | 700 | H35 | 405-455 |
| | 1,000 | H36 | 405-455 |

| | Lámpara | | Voltaje RMS |
|------------------------------------|---------------|----------|----------------|
| | Potencia | No. ANSI | |
| Balastros de aditivos metálicos | 70 | M85 | 210-250 |
| | 100 | M90 | 250-300 |
| | 150 | M81 | 220-260 |
| | 175 | M57 | 285-320 |
| | 250 | M80 | 230-270 |
| | 250 | M58 | 285-320 |
| | 400 | M59 | 285-320 |
| | 2-400 (ILO) | 2-M59 | 285-320 |
| | 2-400 (serie) | 2-M59 | 600-665 |
| | 1,000 | M47 | 400-445 |
| 1,500 | M48 | 400-445 | |
| Balastros de sodio en alta presión | 35 | S76 | 110-130 |
| | 50 | S68 | 110-130 |
| | 70 | S62 | 110-130 |
| | 100 | S54 | 110-130 |
| | 150 | S55 | 110-130 |
| | 150 | S56 | 200-250 |
| | 200 | S66 | 200-230 |
| | 250 | S50 | 175-225 |
| | 310 | S67 | 155-190 |
| | 400 | S51 | 175-225 |
| | 1,000 | S52 | 420-480 |
| Balastros de sodio en baja presión | 18 | L69 | 300-325 |
| | 35 | L70 | 455-505 |
| | 55 | L71 | 455-505 |
| | 90 | L72 | 455-525 |
| | 135 | L73 | 645-715 |
| | 180 | L74 | 645-715 |

Precaución para los sistemas de vapor de sodio en alta presión, **siempre desconecte el ignitor antes de hacer mediciones de circuito abierto**, ya que de no hacerlo, los pulsos de alto voltaje podrían dañar los multimetros comúnmente empleados

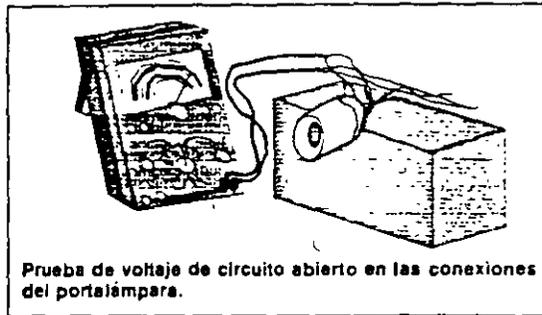


Prueba de voltaje de circuito abierto en el portalámpara.

Cuando no se obtiene lectura en las pruebas de circuito abierto, debe revisarse a fondo para determinar si la falla se debe a. que el portalámparas está en corto circuito, que el capacitor está abierto o en corto circuito, que el balastro no funciona, un conductor abierto o una conexión mal hecha. Para saber si el portalámparas está

en corto circuito realice los siguientes pasos:

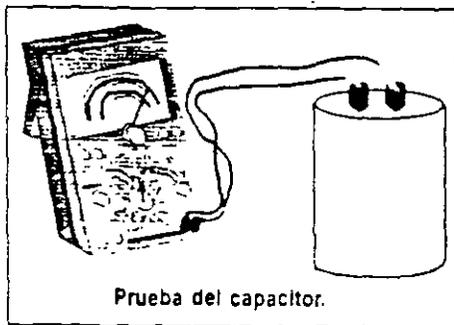
1. Desenergice el circuito y quite la lámpara del portalámparas
2. Verifique si el portalámparas está en corto circuito con un medidor de continuidad conectado a las dos terminales que van a la lámpara.
3. No debe haber continuidad.



Prueba de voltaje de circuito abierto en las conexiones del portalámpara.

3. Prueba para verificar el estado del capacitor

1. Desconecte el capacitor del circuito.
2. Descargue el capacitor poniendo en corto sus dos terminales (únalas)
3. Pruebe el capacitor con un óhmetro colocado en su mayor escala de resistencia:



Prueba del capacitor.

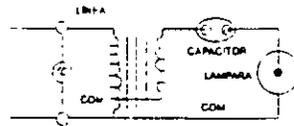
- Si el medidor indica una resistencia muy baja que se incrementa gradualmente, el capacitor no requiere ser remplazado
- Si el medidor indica una resistencia muy alta que no disminuye, el capacitor está abierto y debe ser remplazado.

- Si el medidor indica una resistencia muy baja la cual no se incrementa, el capacitor está en corto y debe ser remplazado.

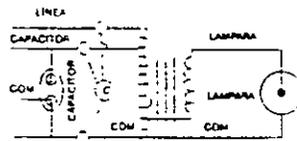
4. Prueba de continuidad del balastro

Continuidad del devanado primario.

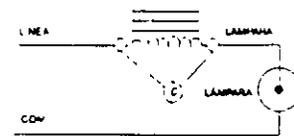
1. Desconecte el balastro de la línea de alimentación.
2. Verifique la continuidad del devanado primario conectando el medidor entre las terminales de entrada del balastro.



Entre las terminales de línea y común



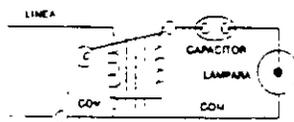
Entre las terminales de capacitor y común



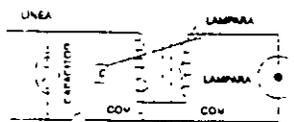
Entre las terminales de línea y lámpara

Continuidad del devanado secundario.

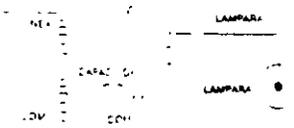
1. Desconecte el balastro de la línea de alimentación y descargue el capacitor
2. Verifique la continuidad del devanado secundario del balastro conectando el medidor entre las puntas correspondientes tal como se muestra en las ilustraciones.



Entre las terminales del capacitor y el común



Entre las terminales del común y la lámpara

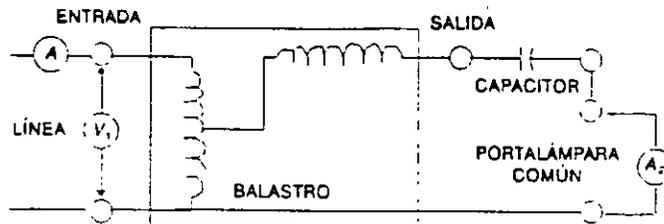


Entre las terminales del capacitor y la lámpara

5. Corriente de corto circuito

Para asegurar que el balastro está proporcionando la corriente adecuada a la lámpara durante el arranque, se debe conectar un amperímetro en lugar de la lámpara y alimentar el balastro a su voltaje nominal:

1. Energice el balastro a su voltaje nominal.
2. Mida la corriente en los puntos A_1 y A_2 como se muestra en la ilustración
3. Las lecturas obtenidas de A_2 deben estar dentro de los límites de prueba mostrados en la siguiente tabla.



Prueba de corriente de corto circuito

Tabla VII.2 Límites de la prueba de corriente de corto circuito

| | Lámpara | | Corriente de corto circuito (AMPS) |
|----------------------|---------------|---------|------------------------------------|
| | Potencia | No ANSI | |
| Balastos de mercurio | 50 | H46 | 0.85-1.15 |
| | 75 | H43 | 0.95-1.70 |
| | 100 | H38 | 1.10-2.00 |
| | 175 | H39 | 2.0-3.6 |
| | 250 | H37 | 3.0-3.8 |
| | 400 | H33 | 4.4-7.9 |
| | 2-400 (ILO) | 2-H33 | 4.4-7.9 |
| | 2-400 (serie) | 2-H33 | 4.2-5.40 |
| | 700 | H35 | 3.9-5.85 |
| | 1,000 | H36 | 5.7-9.0 |

| | Lámpara | | Corriente de corto circuito (AMPS) |
|------------------------------------|---------------|----------|------------------------------------|
| | Potencia | No. ANSI | |
| Balastros de aditivos metálicos | 70 | M85 | 0.85-1.30 |
| | 100 | M90 | 1.15-1.76 |
| | 150 | M81 | 1.75-2.60 |
| | 175 | M57 | 1.5-1.90 |
| | 250 | M80 | 2.9-4.3 |
| | 250 | M58 | 2.2-2.85 |
| | 400 | M59 | 3.5-4.5 |
| | 2-400 (ILO) | 2-M59 | 3.5-4.5 |
| | 2-400 (serie) | 2-M59 | 3.3-4.3 |
| | 1,000 | M47 | 4.8-6.15 |
| 1,500 | M48 | 7.4-9.6 | |
| Balastros de sodio en alta presión | 35 | S76 | 0.85-1.45 |
| | 50 | S68 | 1.5-2.3 |
| | 70 | S62 | 1.6-2.9 |
| | 100 | S54 | 2.45-3.8 |
| | 150 | S55 | 3.5-5.4 |
| | 150 | S56 | 2.0-3.0 |
| | 200 | S66 | 2.50-3.7 |
| | 250 | S50 | 3.0-5.3 |
| | 310 | S67 | 3.8-5.7 |
| | 400 | S51 | 5.0-7.6 |
| 1,000 | S52 | 5.5-8.1 | |
| Balastros de sodio en baja presión | 18 | L69 | 0.30-0.40 |
| | 35 | L70 | 0.52-0.78 |
| | 55 | L71 | 0.52-0.78 |
| | 90 | L72 | 0.8-1.2 |
| | 135 | L73 | 0.8-1.2 |
| | 180 | L74 | 0.8-1.2 |

Cuando se utilice un amperímetro de gancho para esta medición, asegúrese que éste no se encuentre cerca de los campos magnéticos del balastro o de cualquier parte de metal que pudiera distorsionar el campo magnético.

Cuando las lecturas de corriente de corto circuito son muy altas o muy bajas, o no se obtienen, debe revisarse a fondo para determinar si la falla se debe a

una variación en el voltaje de línea, a un capacitor abierto o en corto, o bien a un balastro defectuoso. La revisión puede hacerse como sigue:

a) *Revisión del voltaje de línea*

1. Mida el voltaje de línea tal como se describe al principio del capítulo.
2. Si el balastro es una unidad multivolt, asegúrese que la conexión al voltaje de entrada esté hecha a la terminal adecuada.

b) *Revisión del capacitor*

1. Verifique que las especificaciones del capacitor son las que se indican en la etiqueta del balastro.
2. Pruebe el capacitor tal como se indica anteriormente en este capítulo

c) *Revisión del balastro*

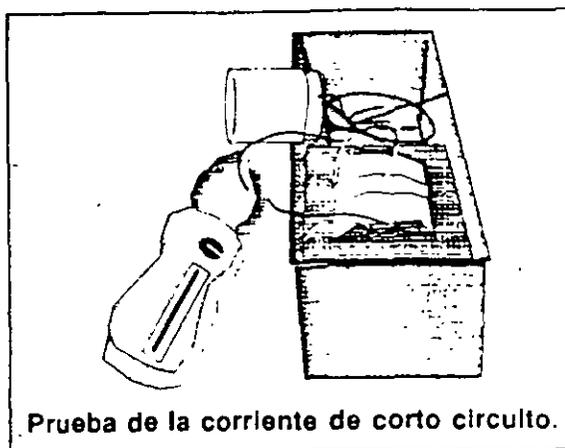
Realice la prueba de circuito abierto tal como se indica anteriormente en este capítulo.

6. Ignitores para sistemas de vapor de sodio en alta presión

Los ignitores² se utilizan como ayuda para el arranque de las lámparas de sodio en alta presión y en ciertas lámparas de aditivos metálicos de baja potencia

La medición del pulso de voltaje del ignitor está más allá de la capacidad de los instrumentos disponibles en el campo. En pruebas de laboratorio, se utiliza un osciloscopio para medir la altura y el ancho del pulso. En el campo, algunas pruebas simples pueden realizarse para determinar si el ignitor está en condiciones de operación

² *Los ignitores no son intercambiables.* Verifique en la etiqueta del balastro cuál es el ignitor adecuado que debe utilizarse con el balastro en cuestión.



1. Reemplace el ignitor con otro, asegurándose que éste se encuentre en buen estado, si la lámpara enciende, el primer ignitor estaba mal conectado o no funcionaba.
2. Quite la lámpara y replácela por una de la misma potencia asegurándose que está en condiciones de operación. Si la lámpara enciende, el ignitor está operando correctamente
3. Si la lámpara no enciende, desconecte el ignitor y proceda como sigue
 - a) Para lámparas de vapor de sodio de 35 a 150W (55V) coloque la lámpara incandescente de 127V en el portalámpara. Si la lámpara enciende, reemplace el ignitor. Si la lámpara de prueba no enciende, refiérase al diagrama de flujo **a** del capítulo anterior, para la solución de problemas.
 - b) Para lámparas de sodio de 150W (100V) a 400W instale en el portalámparas una lámpara de vapor de mercurio de potencia equivalente. Si la lámpara enciende el ignitor necesita ser reemplazado. Si la lámpara de prueba no enciende, refiérase al diagrama de flujo **a** del capítulo anterior, para la solución de problemas
 - c) Para lámparas de sodio de 1,000W reemplace el ignitor

7. Pruebas adicionales

Posibles causas por las que no operan los balastros.

1. Fin de la vida útil del balastro.
2. Operación de lámparas incorrectas. El uso de lámparas de mayor o menor potencia que la especificada en la etiqueta del balastro, causará la falla prematura de éste.
3. Sobre calentamiento debido al exceso de temperatura ambiente.
4. Picos de voltaje.
5. Terminales mal conectadas o pellizcadas
6. Capacitor de valor incorrecto en relación a lo especificado en la etiqueta del balastro.
7. Capacitor mal conectado o con sus terminales en contacto con el luminario

Posibles causas por las que se tiene un capacitor en corto circuito o abierto

1. Fin de la vida útil del capacitor.
2. Sobre calentamiento debido al exceso de temperatura en el luminario o a la temperatura ambiente.
3. Aislamiento térmico del capacitor removido accidentalmente
4. Rango de voltaje del capacitor incorrecto
5. Daño mecánico en el capacitor, debido a una mala instalación

*

REFERENCIAS

*



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACION EFICIENTE DE VIALIDADES Y AREAS
EXTERIORES**

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

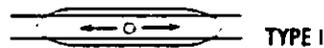
**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCIA ROMERO
1997**

Luminaire Classification Systems

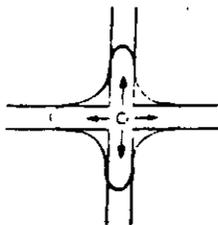
| WIDTH CLASSIFICATION | Mounted at | Normally Used for |
|----------------------|------------|---|
| Type I | Center | Roadways up to 2 times the Mounting Height in width |
| Type II | Edge | Up to 1 times the MH for one side mounting Up to 2 times the MH for both side mounting |
| Type III | Edge | Up to 1.5 times the MH for one side mounting Up to 3 times the MH for both side mounting |
| Type IV | Edge | Up to 2 times the MH for one side mounting Up to 4 times the MH for both side mounting |
| Type V | Center | Up to 4 times the MH in total width |

| SPACING CLASSIFICATION | Definition | Normally Used for |
|------------------------|------------|--|
| S | Short | Spacings up to 4 times the Mounting Height |
| M | Medium | Spacings up to 5 times MH |
| L | Long | Spacings up to 5 times MH |

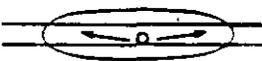
| GLARE CONTROL CLASSIFICATION | Definition | Normally Used for |
|------------------------------|-------------|---|
| CO | Cutoff | Strict control of light above 80 Vertical |
| SCO | Semi-Cutoff | Medium control of light above 80 Vertical |
| NCO | Non-Cutoff | No control requirements above 80 Vertical |



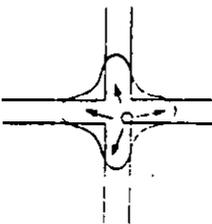
TYPE I



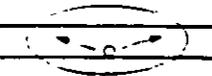
TYPE 1 - 4 Way



TYPE II



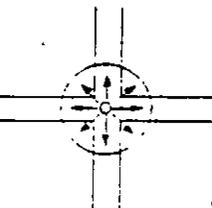
TYPE II - 4 Way



TYPE III



TYPE IV



TYPE V

Para la banquetta del lado del luminario

$$\frac{\text{Distancia Lado Casa}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{OD}{AM}$$

$$OD = OC + CD$$

$$\frac{OD}{AM} = \frac{1.2 + 3}{8} = \frac{4.2}{8} = 0.525 \quad \text{para un CU} = 0.09$$

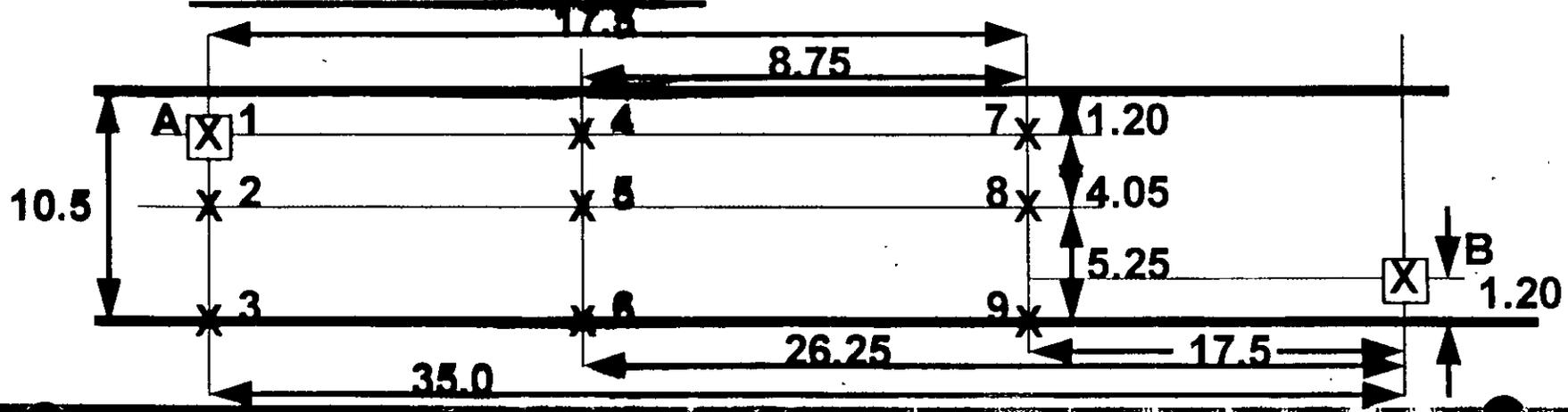
$$\frac{OC}{AM} = \frac{1.2}{8} = 0.15 \quad \text{para un CU} = 0.03$$

$$\text{CU neto en banquetta} = 0.09 - 0.03 = 0.06$$

Por lo tanto, el nivel de iluminación en banquetas será:

$$\text{NIB} = \frac{16,000 \times 0.06 \times 0.62}{33 \times 3} = \frac{595.2}{99} = 6 \text{ lux}$$

F. Índice de Uniformidad



Nivel de Iluminación Debido al Luminario "A"

| Punto | Distancia Longitudinal | Distancia Transversal | Distancia Longitudinal AM | Distancia Transversal AM | Lectura Gráfica | Nivel de Iluminación |
|-------|------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.132 | 18.4 |
| 2 | 0 | 4.05 | 0 | 0.5 | 0.148 | 20.63 |
| 3 | 0 | 9.3 | 0 | 1.16 | 0.0586 | 8.17 |
| 4 | 8.75 | 0 | 1.09 | 0 | 0.0671 | 9.35 |
| 5 | 8.75 | 4.05 | 1.09 | 0.5 | 0.108 | 15.05 |
| 6 | 8.75 | 9.3 | 1.09 | 1.16 | 0.0478 | 6.6 |
| 7 | 17.5 | 0 | 2.19 | 0 | 0.02011 | 2.8 |
| 8 | 17.5 | 4.05 | 2.19 | 0.5 | 0.0373 | 5.2 |
| 9 | 17.5 | 9.3 | 2.19 | 1.16 | 0.0226 | 3.15 |

Cálculo del Factor de Corrección, FC

35

■ Pie candela (Footcandel) a lux, (FL) = 10.76

■ Altura de montaje de la gráfica A, (RAM)

Altura de montaje en campo

$$RAM = \frac{(AM \text{ Gráfica})^2}{(AM)^2} = \frac{(9.144)^2}{(8)^2} = \frac{83.61}{64} = 1.306$$

■ Factor de corrección de lúmenes de la gráfica (1,000) a lúmenes de la lámpara utilizada, (LL)

$$LL = \frac{16,000}{1,000} = 16$$

■ En este caso el $FPTL$ fue de 0.62

$$FC = FL \times RAM \times LL \times FPTL$$
$$FC = 10.76 \times 1.306 \times 16 \times 0.62$$

$$FC = 139.4$$

Nivel de Iluminación Debido al Luminario "B"

| | | | | | | | Nivel Total |
|---|-------|------|-------|-------|---------|------|----------------|
| 1 | 35 | 8.1 | 4.375 | 1.01 | 0.0027 | 0.39 | 18.79 |
| 2 | 35 | 4.05 | 4.375 | 0.506 | 0.00191 | 0.27 | 20.9 |
| 3 | 35 | 1.2 | 4.375 | 0.15 | 0.00108 | 0.15 | 8.32 |
| 4 | 26.25 | 8.1 | 3.28 | 1.01 | 0.0128 | 1.78 | 11.13 |
| 5 | 26.25 | 4.05 | 3.28 | 0.506 | 0.01276 | 1.78 | 16.83 |
| 6 | 26.25 | 1.2 | 3.28 | 0.15 | 0.00539 | 0.75 | 7.35 |
| 7 | 17.5 | 8.1 | 2.18 | 1.01 | 0.02868 | 4 | 6.8 |
| 8 | 17.5 | 4.05 | 2.18 | 0.506 | 0.03728 | 5.2 | 10.4 |
| 9 | 17.5 | 1.2 | 2.18 | 0.15 | 0.02027 | 2.83 | 5.98 |

Nivel de Iluminación Debido al Luminario "B"

- Con un factor de corrección de 139.4
- Suma 9 puntos considerados 106.5

$$\frac{106.5}{9} = 11.83$$

■ Nivel de iluminación por punto = 11.83 lux

■ Nivel de iluminación inicial $\frac{11.8}{0.62} =$ 19.03 lux

■ Nivel de iluminación del punto menor = 5.98 lux

■ Nivel de iluminación del punto mayor = 20.9 lux

N

- Relación de uniformidad promedio a mínima

$$\frac{11.83}{5.98} = 1.98$$

$$1.98 : 1$$

que es menor de lo especificado por norma para este tipo de vialidad $4 : 1$

Solución

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| ■ Nivel de iluminancia | 11.83 lux |
| ■ Altura de montaje | 8.0 m |
| ■ Longitud del brazo | 1.8 m |
| ■ Distancia interpostal | 35 m |
| ■ Nivel de iluminancia en banquetas | 6 lux |
| ■ Relación de uniformidad | 1.98 : 1 |



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

ALUMBRADO DE AREAS

1997

ALUMBRADO DE AREAS

Designacion de los Proyectores.

Los proyectores son designados por su tipo y potencia de lámpara utilizada así como por su distribución de luz y apertura del haz. La apertura del haz puede darse en grados ó por el tipo NEMA (ver tabla 1). La apertura del haz se basa en el ángulo a cualquier lado del eje del punto de enfoque donde las candelas tienen un valor del 10% de su máximo valor. El tipo NEMA solo debe usarse como una referencia. Este no describe la forma y patrón de luz que produce un proyector ni tampoco proporciona el nivel de iluminancia (lux). Los proyectores simétricos tienen la misma apertura del haz tanto horizontal como vertical y son clasificados con un número NEMA. Las aperturas de haz asimétricas tienen una designación horizontal y una vertical. El valor horizontal siempre se da primero.

| DESIGNACION DE LUMINARIOS TIPO PROYECTOR PARA EXTERIORES | |
|--|-----------|
| ABERTURA DEL HAZ EN GRADOS | TIPO NEMA |
| 10 a 18 | 1 |
| 18 a 29 | 2 |
| 29 a 46 | 3 |
| 46 a 70 | 4 |
| 70 a 100 | 5 |
| 100 a 130 | 6 |
| 130 ó mas | 7 |

2

**CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S. A.
GERENCIA DE CONSTRUCCION
CALCULO DE NIVEL DE ILUMINACION**

HOJA 8 DE 8

4.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

NIPP = Nivel de iluminación promedio
(Método de puntos) (inciso 3.4.3) = _____

NIP = Nivel de iluminación promedio
(Método de lúmen) (inciso 2.3.3) = _____

NIPPI = Nivel de iluminación inicial
= $\frac{NIPP}{(FPTL)}$ (ver inciso 2.1) _____ = _____

Emín = Nivel de iluminación del punto de menor
intensidad (ver inciso 3.4.3) _____

Emáx = Nivel de iluminación del punto de mayor
intensidad (ver inciso 3.4.3) _____

Relación de uniformidad de promedio a mínima $\frac{NIPP}{Emín} =$ _____ = _____

Relación de uniformidad de promedio a máxima $\frac{NIPP}{Emáx} =$ _____ = _____

Relación de uniformidad de máxima a mínima $\frac{Emáx}{Emín} =$ _____ = _____

Anexos

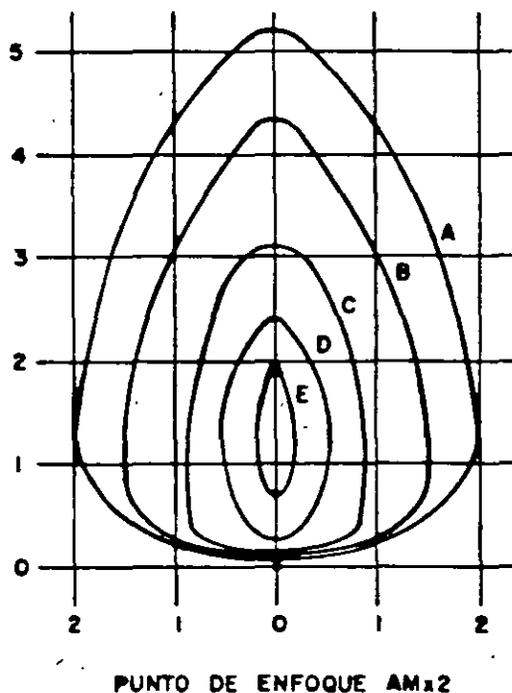
Gráfico fotométrico de la luminaria.

Fecha _____

CALCULO _____
Nombre y Firma

DIAGRAMA ISOLUX;

Las dimensiones para los diagramas isolux están basadas en la altura de montaje de los luminarios. La forma de los diagramas isolux no cambia con las diferentes alturas de montaje por lo que solo se requiere un diagrama por cada punto de enfoque. El punto de enfoque (\blacktriangle) también está basada en la altura de montaje.



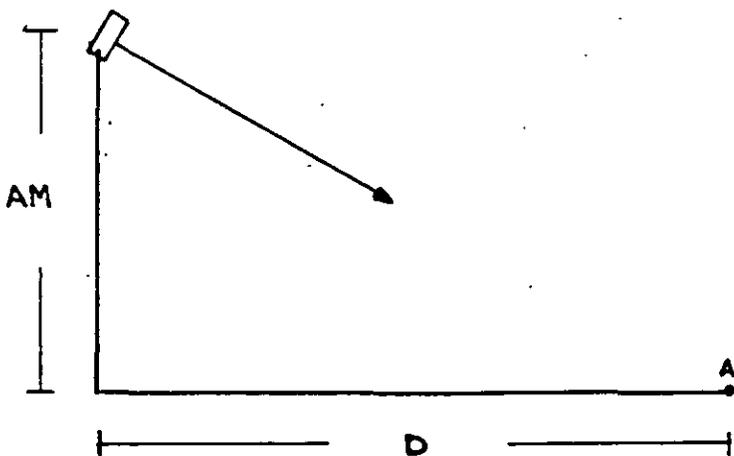
En este ejemplo (punto de enfoque = $2 \times AM$) el proyector está enfocado a una distancia de 2 veces la altura de montaje desde un punto en el piso directamente abajo del proyector. Esta distancia podría ser de 24 metros para una altura de montaje de 12 metros. Cada línea isolux muestra los lugares donde el nivel de iluminación es el mismo. Cuando el punto del cual se desea conocer su iluminación queda entre dos líneas isolux, se puede interpolar para obtener su valor. La retícula también está basada en la altura de montaje.

Los valores de las líneas de la retícula a la izquierda y a la derecha dan la distancia a cada lado del proyector.

Los valores hacia arriba de cada uno de los lados también muestran la distancia en la dirección del enfoque del proyector. El número 5, por ejemplo, representa 5 x 12 ó 60 metros para una altura de montaje de 12 metros. Para instalaciones complejas los diagramas isolux puedan redibujarse a la misma escala de los dibujos de trabajo.

ILUMINACION VERTICAL.

El diseño con diagramas isolux también puede usarse para determinar el nivel de iluminación vertical. La relación entre los valores de iluminación vertical y horizontal es la misma relación entre la distancia horizontal del proyector al punto y la altura de montaje (AM). Para un punto a una distancia de 2 veces la altura de montaje, el nivel de iluminación vertical es dos veces mayor que el horizontal.



EN EL PUNTO A

$$\text{LUX (VERT)} = \text{LUX (HOR)} \left(\frac{D}{AM} \right)$$

Esto es útil para áreas muy grandes que requieren distancias de proyección de 4 ó 5 veces la altura de montaje. En estas aplicaciones los Lux horizontales serán muy bajos al final del área pero la iluminación vertical será 4 ó 5 veces mayor.

VALORES ISOLUX.

Para convertir los valores isolux a otras alturas de montaje (AM) se utiliza la siguiente fórmula:

$$(LX) (AM^2) = (LX) (AM^2)$$

VALORES DEL DIAG. NUEVOS VALORES

Por ejemplo, para un nivel de 50 Lux a 15 metros, se tendría un valor de 28 lux a 20 metros.

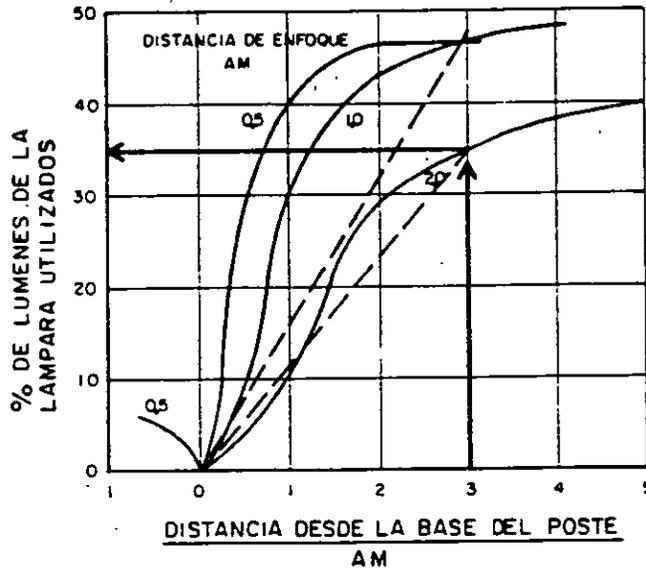
$$(50) (15^2) = (LX) (20^2)$$

$$LX = (50) (225/400) = 28$$

MAXIMO VALOR ISOLUX.

Las líneas isolux del centro de la gráfica dan el valor máximo de iluminación que proporciona el proyector a un punto de enfoque particular y una altura de montaje. Para obtener buena uniformidad este valor no debe ser mayor a tres veces el nivel inicial promedio de iluminación. Se pueden obtener valores mayores, pero daría como resultado puntos calientes cerca de los proyectores y menores niveles de luz alrededor.

COEFICIENTE DE UTILIZACION



Las curvas en la gráfica anterior proporcionan el porcentaje de los lúmenes iniciales de la lámpara que alcanzan un área _ adelante de la base de la localización del proyector.

El número al lado de cada curva identifica el punto de _ enfoque por lo que la curva de utilización puede ser identificada _ con el diagrama isolux asociado. En las curvas mostradas anteriormente, por ejemplo, el proyector enfocado a 2 veces la altura de _ montaje desde el poste, tendrá una utilización de 35% si este estuviera alumbrando un área de 3 alturas de montaje de ancho. El mismo proyector enfocado a una vez la altura de montaje desde el poste tendría una utilización de 45% para la misma área.

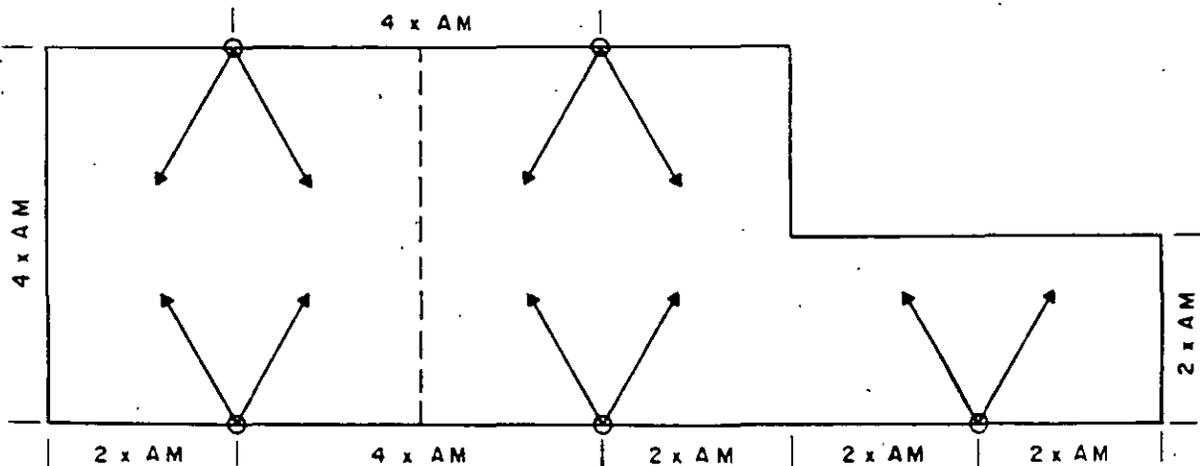
La selección del punto de enfoque apropiado se basa tanto en la uniformidad como en la utilización. La mejor uniformidad se obtiene cuando la luz es igualmente distribuida en toda el área. _ Una curva de utilización que diera este efecto sería una línea rec- ta, como las indicadas en la figura con línea punteada. En este _

ejemplo, la curva para el punto de enfoque a dos veces la altura de montaje proporciona un 10% de los lúmenes en la zona de 0 a 1 vez la altura de montaje, un 20% adicional en la zona de la 2 veces la altura de montaje y un 5% en la zona de 2 a 3 veces la altura de montaje. Para el enfoque a una vez la altura de montaje (AM) se proporciona 30% en la zona 0 a 1 veces AM, 15% para la 2 AM y 2 a 3% para 2 a 3 AM. El enfoque a 2 veces AM proporcionará mejor uniformidad.

El seleccionar el enfoque adecuado requiere algo de conocimiento de las necesidades de la aplicación particular.

Como una regla los proyectores se enfocan a 2/3 o 3/4 de distancia transversal del área iluminada. También se requiere hacer algunos ajustes en el campo para producir los mejores resultados.

Localización de proyectores y alturas de montaje.



2

Un proyector puede iluminar adecuadamente un área de _ hasta 2 veces su altura de montaje por lado. Para separar más _ los postes se requiere aumentar el ángulo de enfoque, dando como resultado una menor utilización y un aumento de deslumbramiento _ debido al equipo. Con las separaciones mostradas en la figura _ anterior, habrá suficiente traslape entre los proyectores adyacen- tes lo cual asegura una iluminación uniforme y sombras reducidas

FACTOR DE PERDIDA DE LUZ PARA PROYECTORES DE ALUMBRADO EXTERIOR

En el diseño de una instalación de alumbrado calculada para proporcionar valores específicos de iluminación, utilizando _ una cantidad dada de luminarios, es necesario suponer (asumir) factores específicos de pérdida de luz así como eficiencias míni- mas. Para los cálculos del diseño de iluminación se recomienda _ utilizar luminarios que cumplan con las normas NEMA, lo cual per- mite utilizar los factores de pérdida de luz normalizados de 75% del valor inicial para luminarios cerrados y del 65% para lumina- rios abiertos.

CALCULOS DE ILUMINACION EXTERIOR

Introducción (a) El método de calcular el nivel de lux que se pueden esperar de cualquier arreglo y número de proyector-- res requeridos para producir un nivel dado, es más complicado que el cálculo de iluminación interior. Esto es debido a que hay mu- chos factores variables, tales como la distancia del área de jue- go a los luminarios, la altura de montaje y el enfoque de los lu- minarios.

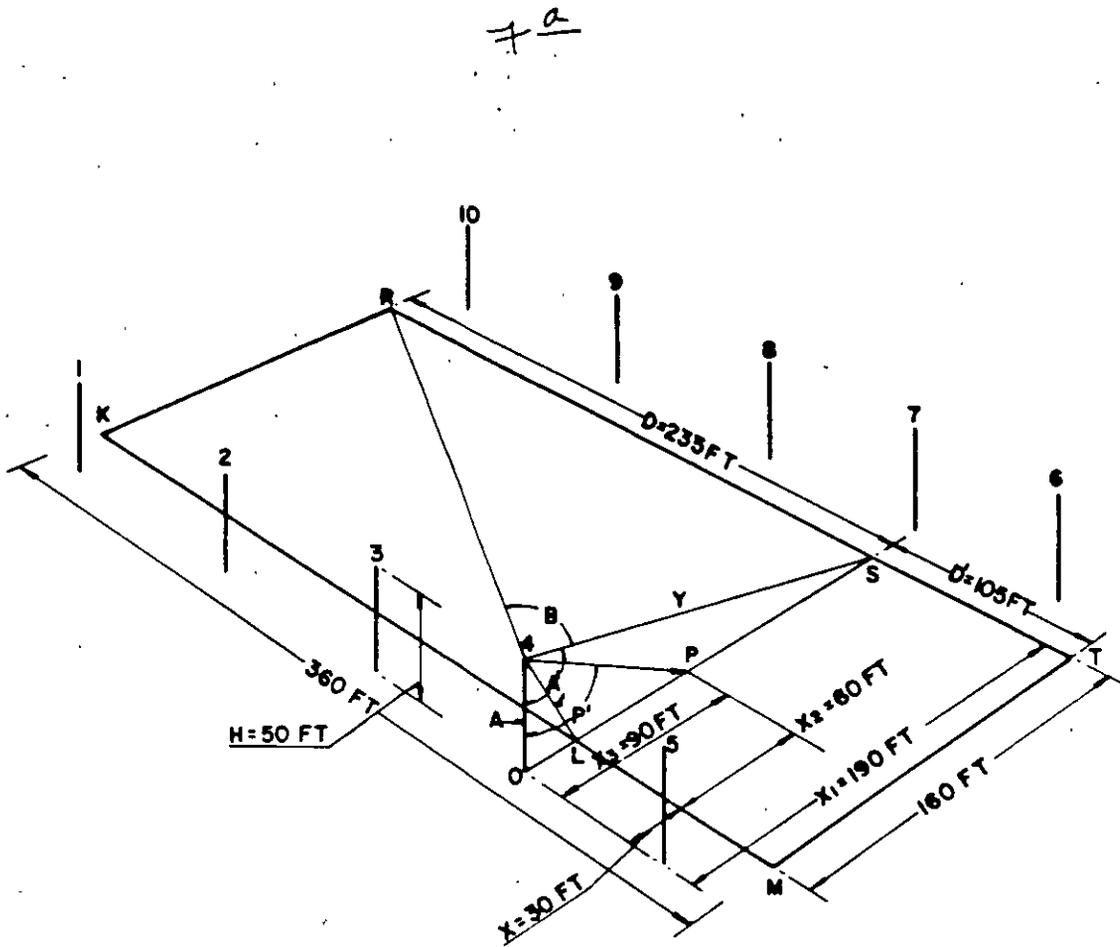


FIGURA C-1 CAMPO DE FOOT BALL ILUMINADO EN FORMA TIPICA, UTILIZADO PARA EL EJEMPLO DE CALCULO DE LUX PROMEDIO HORIZONTALES.

Algunos métodos aproximados de cálculo han sido desarrollados y están a disponibilidad con los fabricantes de equipo de iluminación.

El método más exacto de calcular el nivel en lux producido por una instalación de alumbrado se reproduce en la figura C-1. Este método involucra el uso de curvas de distribución de luz del tipo isocandela en las cuales el área es ⁷² dibujada alrededor del eje del haz.

Para propósitos de cálculo, dependiendo de la exactitud requerida, deben seleccionarse uno ó más patrones representativos de haces de luz para cada uno de los postes donde puedan variar las utilizaciones.

El método de cálculo consiste en dibujar el área a ser iluminada en la curva fotométrica para luego sumar los lúmenes contenidos dentro del área. El número de lúmenes dividido por el área en metros cuadrados da como resultado la iluminación promedio proporcionada por la unidad en lux.

Ejemplo de cálculo. Un ejemplo de un área típica a ser iluminada se da en la figura C-1. El problema es obtener el perímetro del área en términos de los grados laterales y verticales y transferirlos a la curva isocandela de la figura C-2.

Para simplificar el problema, el eje vertical del haz del proyector se considera perpendicular a los lados del área, ; decir, un plano vertical a través del eje del proyector es

perpendicular a la línea KLM de la figura C-1. Los dos lados del área, KM y RT, aparecerán en la curva isocandela como líneas rectas paralelas al eje horizontal del haz. Por lo que solo es necesario calcular los ángulos verticales A y A' que se forman entre el poste y los lados del área a iluminar y relacionarlos con el ángulo de enfoque P', el cual es el punto de cero-cero grados en la curva isocandela, con objeto de dibujar los lados en la curva. Las extremidades de estas líneas, puntos K, M, R y T, deben encontrarse obteniendo el ángulo lateral B en el plano que pasa a través del proyector y el lado del campo en el cual se localiza el punto. El contorno de los lados KR o MT se encuentra asumiendo un número de puntos en la línea y encontrando sus correspondientes ángulos lateral y vertical. Los ángulos verticales A, A' y P' se obtienen del nomograma mostrado en la figura C-3. Los ángulos laterales B se encuentran en la figura C-4. El procedimiento exacto es el siguiente:

- 1).- Refiriendonos a la figura C-3. Se coloca una regla con un extremo en la distancia X (30 pies ó 9.1 metros) y otro extremo coincidiendo con la altura de montaje H (50 pies ó 15.2 metros). En el centro de la figura se lee el ángulo vertical A entre el poste y el rayo de luz que incide en el lado cercano del campo de juego (31°). De la misma manera, usando H=15.2 metros (50 pies) y $X_1 = 57.9$ metros (190 pies), se encuentra el ángulo vertical A' correspondiente al lado mas alejado del campo (75.2°). El ángulo P' es 61° (H=15.2 metros, X=27.4 metros).

- 2.- Refiriendonos a la figura C-2. La localización de área en la curva isocandela depende del ángulo el cual esta enfocado el proyector, es decir el ángulo de enfoque P' . Debido a que el punto de enfoque es el punto de cero-cero grados de la gráfica, el lado más cercano del campo será dibujado en la gráfica a $61^\circ - 31^\circ = 30^\circ$ abajo de la línea horizontal de cero grados y el lado lejano a $75.2^\circ - 61^\circ = 14.2^\circ$ arriba de la línea horizontal de cero grados. Las líneas horizontales que representan los lados cercano y lejano pueden dibujarse en la gráfica (fig. C-2) con los anteriores ángulos verticales.
- 3.- Para determinar el punto R nos referimos a la figura C-4. Colocamos una regla con un extremo en la altura de montaje $H = 15.2$ metros (50 pies) y el otro en el ángulo vertical $A' = 75.2^\circ$ y leemos en la columna $Y = 59.7$ metros (196 pies). Ahora unimos el punto $Y = 59.7$ metros con la distancia lateral $D = 77.7$ metros (255 pies) y leemos el ángulo lateral $B = 52.5^\circ$. Dibujamos este punto en la línea horizontal superior. De la misma forma, encontramos el punto K utilizando $A = 31^\circ$ y $D = 77.7$ metros (255 pies). Los puntos M y T se encuentran usando los mismos ángulos verticales con que se encontró K y R respectivamente, y $D' = 32$ metros (105 pies).
- 4.- Ahora ya tenemos localizadas las cuatro esquinas del área, pero dos de los lados no aparecen como líneas rectas, por lo que es necesario dibujar suficientes puntos para determinar la curvatura. Los primeros puntos en determinarse son los que se encuentran en el eje de 0° . El ángulo vertical para usarse en la figura C-4 es 61° . Con este ángulo y la distancia $D = 77.7$ metros al punto del lado izquierdo se obtiene un ángulo lateral de 68° , para el punto del lado derecho se tiene una distancia $D' = 32$ metros (105 pies) y se obtiene un

ángulo de 45.5° . Se deben determinar al menos otros dos puntos para cada lado una arriba y uno abajo del eje de cero grados. Estos puntos pueden encontrarse considerando ángulos verticales de $+7^\circ$ y -7° arriba y abajo del eje. Con estos puntos dibujados en el diagrama, ya se puede dibujar el contorno del campo.

- c).- Con el campo dibujado en la gráfica, se suman los lúmenes que quedan dentro del campo, estimando la proporción de lúmenes que quedan de las zonas no incluidos totalmente. En la tabla C-1 se muestran tabulados estos valores.
- d).- Volviendo a la figura C-2 se puede notar que aunque los cálculos se hicieron para el poste No. 4 los mismos resultados se pueden utilizar para los postes 2, 9 y 7. Por lo que solo es necesario hacer dos cálculos más (postes 3 y 8 y postes 1, 5, 6 y 10).
- e).- Puede suceder que se logre obtener un mejor factor de utilización enfocando el proyector a un ángulo diferente. Esto puede determinarse rápidamente estudiando la suma de lúmenes en las zonas laterales, dados a un lado de la gráfica isocandela. Se puede corregir el ángulo de enfoque subiendo o bajando el área entera en la gráfica.

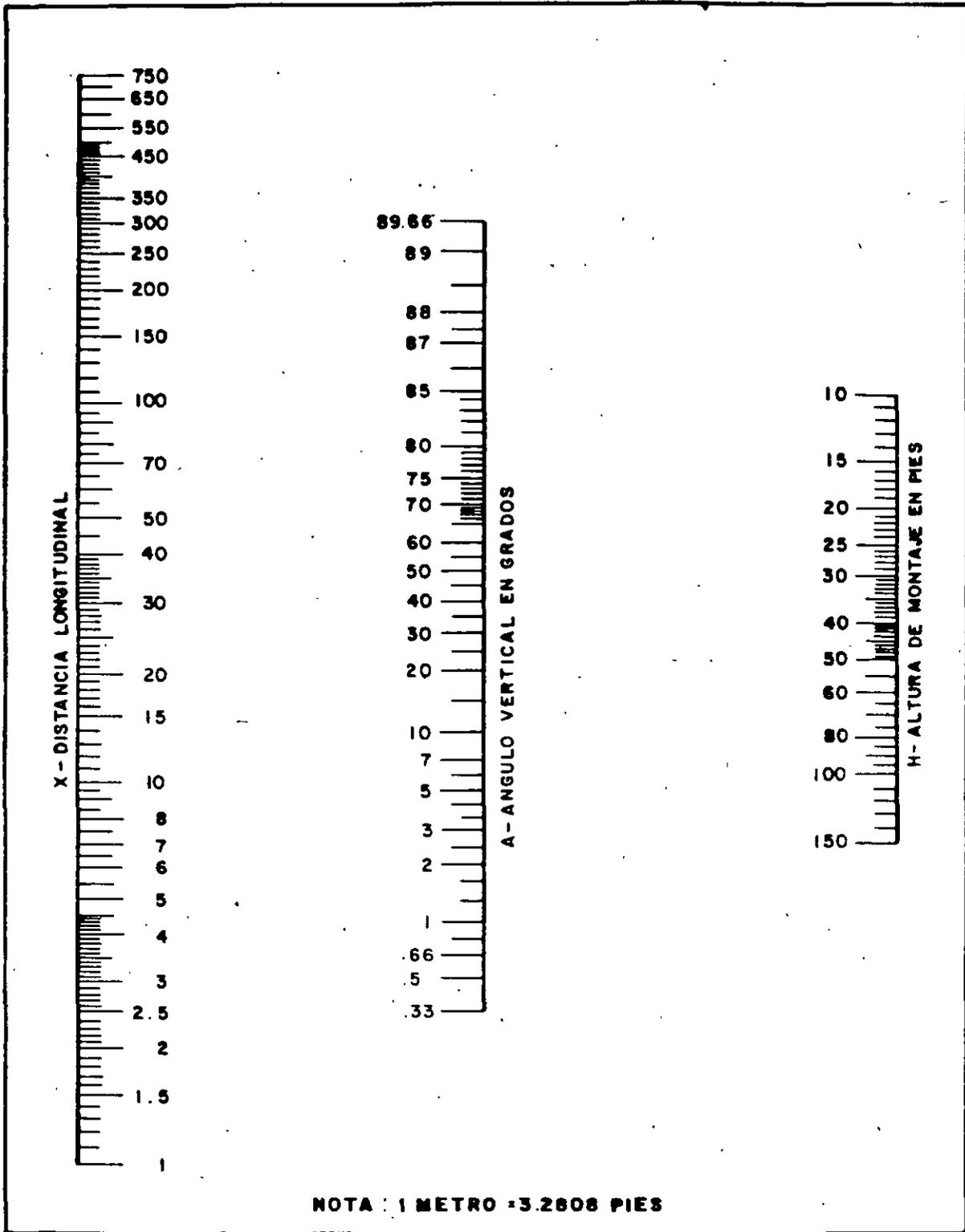


FIGURA C-3 NOMOGRAMA PARA DETERMINAR EL ANGULO VERTICAL (ANGULO A DE LA FIG. C-1) EN TERMINOS DE LA DISTANCIA LONGITUDINAL "X" Y LA ALTURA DE MONTAJE H.

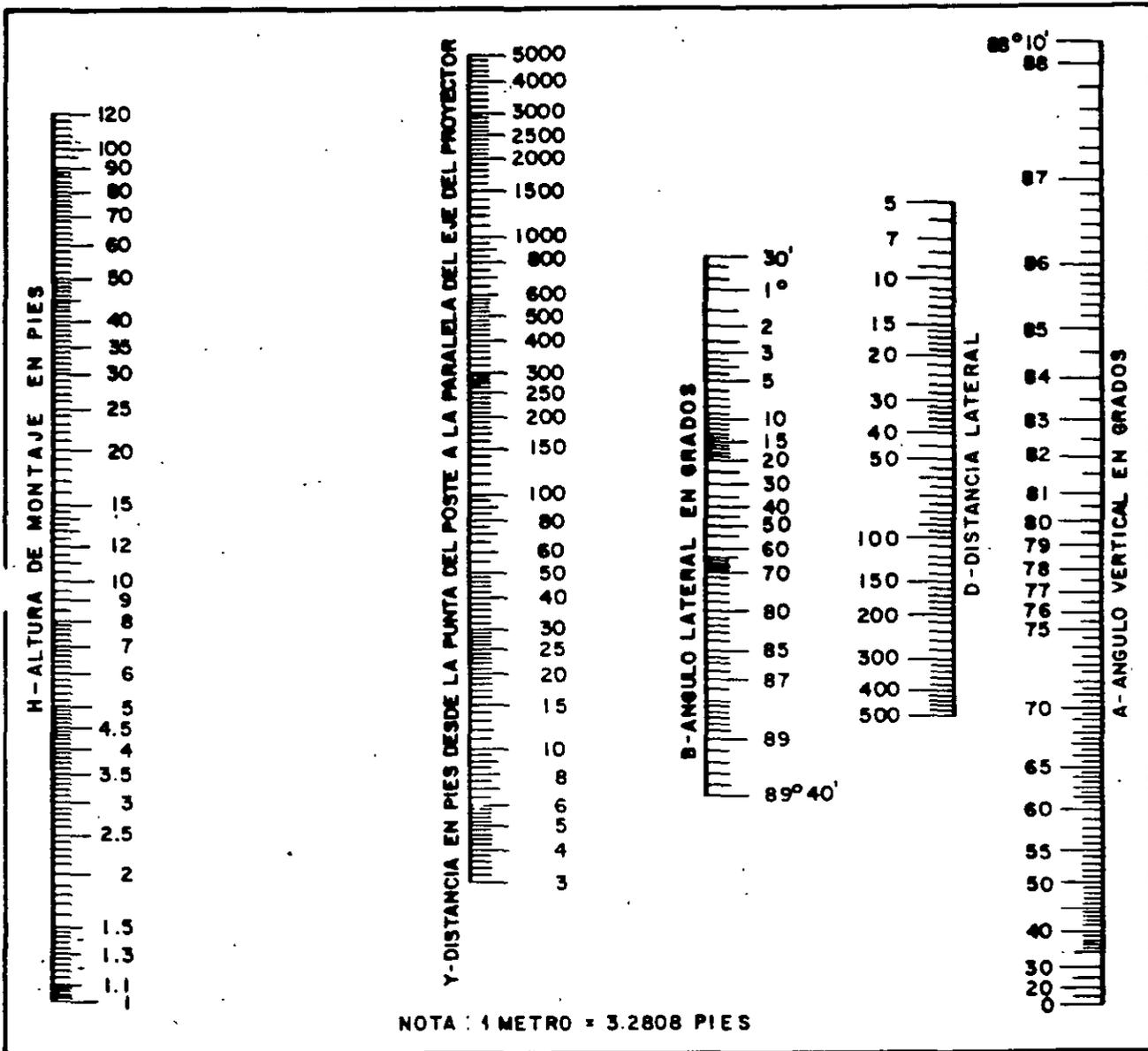


FIGURA C-4 NOMOGRAMA PARA DETERMINAR EL ANGULO LATERAL EN TERMINOS DEL ANGULO VERTICAL A LA ALTURA DE MONTAJE H Y LAS DISTANCIAS Y y D.



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACION EFICIENTE DE VIALIDADES Y AREAS
EXTERIORES**

INSTALACIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GARCIA ROMERO
1997**



APENDICE 2

NORMAS DEL D.D.F.

- Normas para levantamientos topográficos y localización de postes y arbotantes para alumbrado público/Dirección General de Servicios Urbanos/Sección de Normas y Especificaciones/Octubre de 1973.
- Normas de Obra Civil/Dirección General de Servicios Urbanos/Sección de Normas y Especificaciones/Octubre de 1963–Noviembre de 1974.

NORMAS PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y LOCALIZACION DE POSTES Y ARBOTANTES PARA ALUMBRADO PUBLICO.

I. LEVANTAMIENTO PARA POSTES DE ALUMBRADO PUBLICO

381

1. GENERALIDADES

1.1 Información preliminar

Al topógrafo designado para el levantamiento topográfico de una Red de Alumbrado Público, se le deberá proporcionar la información completa, acerca de la localización general de los puntos iniciales y terminales de la Red de Alumbrado Público, del tipo de postes, levantamiento de primera o de segunda importancia, según párrafos 2.1 y 2.2, datos que serán comunicados por la Ofna. de Alumbrado Público.

1.2 Reconocimiento de terreno

El topógrafo procederá junto con un representante de la Ofna. de Alumbrado Público un reconocimiento del posible trazo, teniendo en cuenta los siguientes puntos.

1.2.1 Tipo de levantamiento por efectuar.

1.2.2 Fijación de puntos obligados.

1.2.3 Evitar en lo posible accidentes topográficos.

1.2.4 Considerar la localización que parezcan convenientes por razones técnicas o por facilidades de paso.



1.2.5 *Indicar las alternativas que parezcan convenientes por razones técnicas o por facilidades de paso.*

1.3 Trazo preliminar

Realizado el reconocimiento general del terreno, se efectuará un trazo preliminar sin detalles, que permitan a la Oficina de Alumbrado Público formarse una idea aproximada, de la localización, dirección y longitud de la futura red de Alumbrado Público.

El trazo se indicará en un croquis que contenga además:

1.3.1 *Los terrenos atravesados y dificultades encontradas.*

1.3.2 *Las calles que toca el trazo y la cercanía a otras.*

1.3.3 *Líneas eléctricas, de telecomunicación, cruzadas o paralelas al trazo a una distancia menor de 100 mts. a cada lado de la red de alumbrado público.*

1.3.4 *Obstáculos que condicione el trazo (casas, canteras propiedades cerradas, etc.).*

382

El croquis se elaborará a una escala de 1: _____* para redes de alumbrado público de _____ Km. de longitud y 1: _____ para mayores.

1.4 Recomendaciones para el trazo.

Durante el reconocimiento y el estudio para el trazo, el topógrafo deberá tener presente las recomendaciones siguientes:

1.4.1 *Realizar alineamientos lo más largo posible y evitar ángulos grandes.*

1.4.2 *Al localizar los vértices, es importante tener presente el tipo de poste con objeto de dejar el espacio necesario para las bases, y evitar interferencias con cercas líneas, de fuerza, caminos, etc.*

1.4.3 *Todos los cruzamientos de la red de alumbrado con las líneas de comunicación de potencia, FF.CC., carreteras y caminos se deben efectuar en ángulo recto o tan cerca del ángulo recto como sea posible y evitar hacerlo a menos de 45°.*

1.4.4 *No implantar postes en cruzamientos con las vías férreas, caminos y calles a una distancia inferior a la altura de poste que se estime instalar.*

1.4.5 *Se deberá evitar en lo posible localizar el trazo en laderas que pueda deslizarse o en terrenos de relleno o blando. En caso contrario deberá anotar en los planos respectivos.*

* En todos los casos en que figure Escala 1', ésta es a especificar.



2. LEVANTAMIENTO DEFINITIVO

2.1 Levantamientos de primera importancia.

Se ejecutará el levantamiento con tránsito y cinta por lo que respecta a planimetría y con nivel fijo o el tránsito utilizándolo como nivel, por lo que respecta a altimetría.

2.2 Levantamiento de segunda importancia

Se usará el método estadimétrico, comprobando las lecturas hacia atrás y hacia adelante, para cerciorarse de que las distancias no se exceden de las tolerancias marcadas por el mismo método y las permitidas por la aproximación del aparato usado.

2.3 El método de caminamiento será:

2.3.1 Azimutes astronómicos directos, referidos a un meridiano fijo que pasa por el punto de partida.

2.3.2 Caminamientos por deflexiones.

De estos dos métodos se recomienda el primero, por ser más sencillo y tener menos probabilidades de su error.

383

2.4 Trazo definitivo.

La disposición del trazo se hará con ayuda de estacas de estación numerada y centradas en cantidad de cinco por cada 200 metros cuando menos. La cabeza de la estaca se pintará de amarillo para su fácil identificación. En caso de que el terreno sea de pavimento se ejecutará una marca en el mismo color rojo, marcando el centro del mismo.

2.4.1 La red de alumbrado deberá pasar por los puntos del trazo preliminar, excepto con las modificaciones que en su caso indique la Ofna: de Alumbrado Público.

2.5 Linderos de propiedades.

Los linderos de las propiedades se deben de localizar en el punto del cruce, debiendo de registrar la siguiente información:

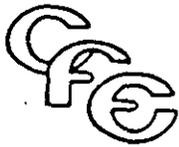
2.5.1 Distancia del lindero a la estación más cercana del trazo.

2.5.2 Rumbo del lindero.

2.5.3 Nombre y dirección del propietario.

2.6 Edificio y obstrucciones.

Se deben describir completamente y ligar topográficamente todos los edificios árboles de



altura considerable y obstrucciones similares, que estén dentro de 5 metros de la red de alumbrado público.

2.7 Vértices y deflexiones.

La línea del levantamiento en el plano, se debe mostrar interrumpida en los vértices y señalar con una flecha apuntando a derecha o izquierda, según el giro del ángulo.

En todos los vértices en el plano se debe indicar la estación número que le corresponda, así como la magnitud del ángulo en grados y minutos y el kilometraje correspondiente.

Se deberá determinar el rumbo de las redes.

2.8 Datos adicionales en el perfil.

A lo largo del caminamiento, se tomarán puntos intermedios entre las estaciones consecutivas, de preferencia en los lugares en que cambie la pendiente del terreno, y con menor detalle en los puntos prominentes, así como en las hondanadas.

Estas observaciones, se harán con detalles de consideración en calles, carreteras, vías ferreas, líneas de energía eléctrica telefónica, o telegráficas, etc.

384

2.9 Cruzamientos

2.9.1 Ferrocarriles.

- a) Nombre del ferrocarril y su sentido.
- b) Estación y kilometraje en el eje de las vías.
- c) Angulo de intersección.
- d) Elevación de los rieles.
- e) Kitometraje de la vía férrea en el punto cruzado.
- f) Altura de los conductores telegráficos cruzados superior e inferior.
- g) Distancia a la estructura de telégrafos en cada lado de la intersección.
- h) Cuando la red sigue paralela al ferrocarril, se debe dar la distancia desde el eje del levantamiento, hasta los linderos de los derechos de vía. En troncal o espuela, se deberá indicar el kilometraje de la vía principal en el entronque y la longitud del entronque o espuela al cruce con el trazo.

2.9.2 Calles y carreteras

Se deben localizar todos los cruzamientos con calles y carreteras, registrando la siguiente información:

- a) Nombre de la carretera.
- b) Estación en el eje de la calle.



- c) Angulo de intersección.
- d) Ancho del derecho de vía.
- e) Tipo de la superficie de rodamiento (asfalto, terracería, tierra, etc.).
- f) Ancho entre los acotamientos.
- g) Elevación tanto del centro como de los acotamientos.
- h) Se debe indicar si la carretera es primaria, secundaria o camino vecinal.
- i) Cuando el trazo vaya paralelo a la calle o carretera, se debe dar la distancia del eje del levantamiento a las cercas de los derechos de vía.

2.9.3 Líneas de energía y comunicación.

En los planos generales de localización del trazo, se deben mostrar todas las líneas de energía, de teléfono, de telégrafo y de señales, incluyendo las líneas de comunicación de los ferrocarriles, que queden dentro de 5 metros a los lados de la red de alumbrado.

Se deben localizar todos los cruzamientos de las líneas de energía y de comunicación registrándose la siguiente información:

- a) Nombre de la Línea.
- b) Estación en la intersección del eje.
- c) Angulo de intersección.
- d) Distancia del eje de la red en cada lado de la intersección.
- e) Número de alambres que se cruzan.
- f) Voltaje, tipo de servicio (teléfono, energía, telégrafo, etc.).

385

2.9.4 Canales.

Se deben localizar todos los canales, y drenes, registrándose la siguiente información:

- a) Estación a la altura de la superficie del canal.
- b) Estación en las orillas del canal.

2.10 Levantamiento de alternativas o modificaciones

Cuando se tengan que elaborar levantamientos para modificaciones o alternativas, se deberá registrar la siguiente información:

- a) Estación del trazo definitivo con el kilometraje exacto en el punto de partida y llegada de la modificación.
- b) Angulo y dirección de la deflexión de los puntos de partida y llegada.
- c) Elevación de las estaciones de los puntos de partida y llegada.

La diferencia de cotas entre el levantamiento original y la modificación deberán ser las mismas.



Así mismo deberá registrar toda la información indicada para el trazo definitivo.

2.11 Derechos de vía de la red de alumbrado público

Es importante que al efectuar un levantamiento se vigile que la faja de terrenos correspondiente al derecho de vía, no invada otros derechos de vía o bien a construcciones de cualquier índole, salvo casos extremos, en cuyo caso se localizarán en la planta del trazo para que la oficina de alumbrado público juzgue si es más conveniente desplazar o cambiar la dirección del trazo.

A continuación se indica el ancho de vía, empleada en la red de alumbrado público.

2.12 Registro de campo

Se usarán libretas de tránsito para registrar las notas del alineamiento, los puntos de referencia y la información relativa.

Se usarán libretas de nivel para registrar todas las notas de nivel, bancos de nivel permanentes, así como auxiliares.

En las respectivas libretas deberán indicarse los siguientes datos:

- a) Constantes de estadía correspondientes al aparato empleado en el levantamiento.
- b) Altura del instrumento sobre la estaca.
- c) Lectura directa en el estadal.
- d) Angulos horizontales y verticales.
- e) Distancias horizontales calculadas.
- f) Desniveles calculados.
- g) Elevación correspondiente a cada estación de tránsito.
- h) Rumbo magnético observado para cada lado de la poligonal.
- i) Croquis indicando la configuración general del terreno y posición relativa de los puntos intermedios y de detalle.

Todas las anotaciones hechas en el registro de campo deberán ser de fácil interpretación para en caso necesario, facilitar la relocalización en el terreno de los datos contenidos en dicho registro. El topógrafo hará entrega de las libretas de registro del levantamiento en la oficina de alumbrado público.

2.13 Nivelaciones

Siempre que sea posible, todos los niveles se deben referir al nivel del mar.

Las nivelaciones se trazarán abiertas, debiéndose cerrar en los bancos establecidos por el Gobierno (FF.CC., caminos, etc.), siempre que sea posible.



En el caso en que no haya bancos de nivel oficiales para ligar las nivelaciones y comprobar los resultados, se debe recurrir a procedimientos de comprobación de las nivelaciones que el topógrafo juzgue más conveniente.

El interés principal es obtener desniveles relativos exactos.

En terrenos en donde se encuentren dificultades en las nivelaciones, se pueden usar métodos de estadía a juicio del topógrafo.

3 ELABORACION DE PLANOS

3.1 Planos de conjunto

a) El plano de conjunto se dibujará en papel albanene y a tinta, donde se mostrará el alineamiento de la localización final, el plano se dibujará en hojas de ____ cm usando tantas hojas como sea necesario.

b) Escalas.

Se dibujará a una escala de 1:

c) Símbolos.

Se usarán los símbolos convencionales que se muestran en la *tabla No. 1*.

d) Se completará el plano, agregando los datos del levantamiento de la red de alumbrado como son: deflexiones (Número progresivo, ángulo indicando si es derecho o izquierdo y Kilometraje), cruzamientos con kilometraje rumbos, tipos de terreno atravesado y principales calles cercanas, así como cualquier detalle de importancia que facilite la identificación del trazo, se indicará además el kilometraje total final de la red.

e) Se indicará claramente la orientación de referencia, así como la corrección entre el norte magnético y el norte geográfico.

387

3.2 Planos de planta y perfil

a) La planta y perfil se dibujarán en las hojas recomendadas por la oficina de alumbrado público.

b) Al empezar la primera parte de cada perfil, deberán incluirse 30 metros de perfil de la hoja anterior.

c) Deberá verificarse la igualdad de elevaciones y kilometraje de los perfiles en la continuación de las hojas adyacentes.

d) Escalas.

Los perfiles y plantas se dibujarán siempre a las siguientes escalas:

Vertical: 1:

Horizontal 1:

e) Se dibujará una flecha sencilla que indique el norte geográfico, junto a cada tangente del plano sobre dicha tangente.



- f) En el cuadro de la parte inferior derecha se indicará el título de la red, así como el kilometraje progresivo que contenga cada hoja.
Se usará el mismo número de plano para todas las hojas indicando el número correspondiente de cada hoja con relación al número total de hojas.
- g) Todos los planos contendrán claramente la fecha, nombre del topógrafo y su firma.
- h) Una vez elaborados los planos el Topógrafo obtendrá la firma del supervisor en cada plano, lo cual indicará que han sido revisados y aprobados por el mismo.

3.3 Planos de cruzamientos

- a) Los planos de cruzamientos con FF.CC., se presentarán en tela calca y entintados.
- b) Escalas.
Las escalas que se usarán siempre son:
Vertical 1:
Horizontal 1:
- c) Cada plano mostrará los datos que se requieran en el párrafo 2.4.1. No se marcará el derecho de vía.
- d) En todo plano de cruzamiento deberá indicarse el Norte geográfico representándolo por una flecha, la cual se dibujará hacia arriba aunque para ello sea necesario invertir el sentido del levantamiento y no sea coincidente con los planos de planta y perfil.

388

II. LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS

1. LOS PLANOS DEL PERFIL PARA LOCALIZAR LOS POSTES DEBERAN TENER INFORMACION SUFICIENTE, LA CUAL HA SIDO INDICADA EN PARRAFOS ANTERIORES.
2. EN EL CAMPO, EN ALGUNOS CASOS PUEDE SER NECESARIO CAMBIAR LA LOCALIZACION PROYECTADA DE LOS POSTES PARA SATISFACER LOS REQUISITOS DE CONSTRUCCION. EL DESPLAZAMIENTO SERA RAZONABLE, DONDE NO OCASIONE MODIFICAR LA REPARTICION DE LOS POSTES ADYACENTES.
PARA LOS DESPLAZAMIENTOS DE MAXIMA CONSIDERACION SE DEBERA CONSULTAR CON LA OFICINA DE ALUMBRADO PUBLICO.
3. LA LOCALIZACION DE CADA POSTE SE DEBE EFECTUAR DESDE LA ESTACION MAS CERCANA BIEN DEFINIDA.
4. LOS POSTES SE LOCALIZARAN POR MEDIO DE UNA ESTACA COLOCADA A UN METRO ADELANTE DEL EJE DEL POSTE, SIGUIENDO EL SENTIDO DE LA LINEA.



5. SE EVITARA INSTALAR POSTES EN LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- a) Dentro de los derechos de vía de los FF.CC., carreteras y calles.
- b) En lugares de acceso difícil.

6. ANTES DE EFECTUAR LA LOCALIZACION DE POSTES SE VERIFICARA QUE EL PERFIL DEL TERRENO COINCIDA EN TODOS SUS DETALLES CON LO INDICADO EN LOS PLANOS.

DE ENCONTRARSE CUALQUIER DISCREPANCIA SE REPORTARA AL SUPERVISOR DE LA OFICINA DE ALUMBRADO PUBLICO, QUIEN DECIDIRA LO PROCEDENTE.

NOTA IMPORTANTE

Por ningún motivo se aceptarán trabajos topográficos que no hayan sido ejecutados de conformidad con lo anterior, no planos que no contengan la información indicada en estas normas y sus anexos.



TABLA I
SIMBOLOS CONVENCIONALES

| SIGNO | N O M B R E | SIGNO | N O M B R E |
|-------|--|-------|---------------------------------|
| | ARBOTANTE ESFERICO | | POSTE SEMI ORNAMENTAL |
| | ARBOTANTE COLONIAL | | POSTE TIPO JARDIN |
| | CABLES | | POSTE TIPO COLONIAL |
| | COMBINACION CENTRO DE CARGA CONTROL | | POSTE TIPO CUADRADO |
| | DUCTO DE CONCRETO EN BANQUETA | | POSTE HEXAGONAL 20000 |
| | 2 DUCTOS DE CONCRETO EN ARROYO | | POSTE TIPO VISTA III |
| | FLUORESCENTES 40 / 60 (Watts) | | POSTE ORNAMENTAL DOBLE MENSULA |
| | FLUORESCENTES 80 (Watts) | | REFLECTOR DE CUARZO |
| | FLUORESCENTES 110/120 (Watts) | | REFLECTOR TIPO CAÑON |
| | FLUORESCENTES 150 (Watts) | | REFLECTOR DE MERCURIO |
| | INCANDESCENTE 15 (Watts) | | REFLECTOR DE SODIO |
| | INCANDESCENTE 25 (Watts) | | REGISTRO DE CAMBIO DE DIRECCION |
| | INCANDESCENTE 40 (Watts) | | REGISTRO PARA CRUCE EN ARROYO |
| | INCANDESCENTE 60 (Watts) | | SODIO BAJA PRESION 135 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 75 (Watts) | | SODIO BAJA PRESION 250 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 100 (Watts) | | SODIO ALTA PRESION 1000 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 150 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 175 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 200 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 250 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 300 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 400 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 500 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 700 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 1000 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 1000 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 2000 (Watts) | | |
| | LAMPARA PAR | | |
| | MUFA DE CIA. DE LUZ Y FUERZA | | |
| | NUMERO DEL CIRCUITO / NUMERO DE LAMPARAS | | |
| | POSTE ORNAMENTAL SENCILLO | | |

(CONTINUA)

390



TABLA 1

| SIGNO | | NOMBRE |
|-----------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| | | LINEAS BAJA TENSION 3 HILOS |
| | | LINEAS BAJA TENSION 4 HILOS |
| o | | POSTE DE CONCRETO DE 30' O MENOS |
| o | | POSTE DE CONCRETO DE 35' O MAS |
| | | POSTE DE MADERA DE 35' O MAS |
| | | TRANSFORMADOR EN POSTE DE ACERO |
| | | FUSIBLE |
| | | FUSIBLE DESCONECTADOR |
| | | TRANSFORMADOR C 20/6 |
| ALUMBRADO PUBLICO MULTIPLE | | |
| SIGNO | | NOMBRE |
| AEREO | SUBTERRANEO | |
| | | 2 HILOS ALIMENTACION |
| | | 3 HILOS 2 ALIMENTACIONES 1 CONTROL |
| ALUMBRADO PUBLICO SERIE | | |
| SIGNO | | NOMBRE |
| AEREO | SUBTERRANEO | |
| | | 1 HILO 6.6 AMP |
| | | 2 HILOS 6.6 AMP |

391



● **NORMAS DE OBRA CIVIL.**

I. DUCTOS (Figura 1)

1. INSTALACION

1.1 En banqueta

Se instalará con el eje una distancia entre ejes de 930 mm (36-5/8") con respecto al paño exterior de la guarnición cuando se instalen arbotantes tipo ornamental, látigo o jardín y 760 mm (14-31/32") con relación a la corona de la guarnición.

1.2 En arroyo

Se instalarán dos vías en un solo lecho con el eje a una profundidad de 1040 mm (40-61/64") con respecto a la corona de la guarnición y con una separación en planta entre ejes de 240 mm (9-29/64").

1.3 Especial

La especificada en el inciso 1.1 con la siguiente variante:
Este tipo de ducto irá instalado en los lugares donde haya entradas para vehículos.

2. CEPA PARA INSTALACION

2.1 En banqueta

2.1.1 Tipo

Sección rectangular, con un trazo recto en la planta y una pendiente igual a la de la banqueta en corte longitudinal.

2.1.2 Dimensiones

300 mm (11-13/16") de ancho por 500 mm (19-11/16") de profundidad.

2.1.3 Características de construcción

En caso de que la banqueta estuviera recubierta con losa de concreto, se hará un corte con sierra previo a la ruptura de la misma. El corte tendrá una profundidad mínima de 2/3 del espesor de la losa. Una vez hecha la cepa se procederá a apisonar y nivelar el fondo en toda su longitud.

2.2 En arroyo

2.2.1 Tipo

Sección rectangular, con un trazo en planta y con una pendiente igual a la existente entre las guarniciones de las banquetas por donde pasará el ducto, en corte longitudinal.

2.2.2 Dimensiones

500 mm (19-11/16") de ancho por 1160 mm (45-43/64") de profundidad.

2.2.3 Características de construcción

Una vez hecha la cepa se procederá a nivelar el piso y a colocar una cama de 50 mm (1-31/32") de espesor con concreto de $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").

2.3 Especial

2.3.1 Tipo

El especificado en el inciso 2.1.1.

2.3.2 Dimensiones

300 mm (11-13/16") de ancho por 550 mm (21-71/32") de profundidad.

2.3.3 Características de construcción

En caso de que la banqueta estuviera con losa de concreto, se hará un corte con sierra previo a la ruptura de la misma. El corte tendrá una profundidad mínima de 2/3 del espesor de la losa. Una vez hecha la cepa se procederá a nivelar el piso y a colocar una cama de 50 mm (1-31/32") de espesor con concreto de $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").

3 DUCTO

3.1 En banqueta

3.1.1 Tipo

De sección circular

3.1.2 Dimensiones y características

102 mm (4") de diámetro interior por 133 mm (5-15/64") de diámetro exterior y 200 mm (7-7/8") de diámetro en la campana. Deberá ser de concreto, con un recubrimiento interior asfáltico de 3 mm (1/8") de espesor.

394



3.1.3 Instalación

La instalación del ducto en la cepa deberá efectuarse de forma tal que siempre quede paralelo a la guarnición de la banqueta y perfectamente nivelado. La alineación de los ductos será verificada con un cordel como referencia.

3.1.4 Junteado

El ducto irá junteado, con mortero de cemento proporción 1:3, debiendo ser colocada una cama de dicho mortero de 25 mm (1") de espesor en la campana del ducto al proceder a su colocación. Previamente se humedecerá la zona de junteado.

3.2 En arroyo

3.2.1 Tipo

De sección circular

3.2.2 Dimensiones y características

Las especificadas en el inciso 3.1.2.

3.2.3 Instalación

La instalación de ductos en las cepas deberá efectuarse de forma tal que siempre queden perfectamente nivelados y alineados. La alineación de los ductos será verificada con un cordel como referencia.

3.2.4 Revestimiento

Previamente al colado, los ductos deben ser humedecidos. El revestimiento de los ductos se hará con concreto de $f_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"), con una cama sobre lecho de 150 mm (5-29/32").

3.3 Especial

3.3.1 Tipo

De sección circular.

3.3.2 Dimensiones y características

Las especificadas en el inciso 3.1.2.

3.3.3 Instalación

Igual a la especificada en el inciso 3.1.3.



3.3.4 Revestimiento

Igual al del inciso 3.2.4 con la diferencia de que la cama sobre lecho será de 120 mm (4-3/4").

4. RELLENO

4.1 En banqueta

El relleno se hará, con una capa del material producto de la excavación de 320 mm (12-19/32") de espesor debidamente compactada. No deberá dejarse abierta la cepa de un día para otro y del mismo modo el retiro de escombros tendrá que hacerse en el mismo turno de trabajo en que se haya excavado la cepa.

4.2 En arroyo

El relleno se hará, con material de subbase, que se compactará con agua y pisón en capas de 200 mm (7-7/8") hasta una altura de 400 mm (15-3/4") abajo del nivel del piso. La altura restante se construirá con material de base compactado con agua y pisón en capas de 100 mm (3-15/16") de espesor.

No deberá dejarse abierta la cepa de un día para otro así como el escombros deberá ser retirado en el mismo turno de trabajo en que se haya excavado la cepa.

396

5. REPARACION

5.1 En banqueta

Cuando se proceda a la reparación de la banqueta se colocará una capa de relleno debidamente apisonado de 100 mm (3-15/16") de espesor de grava cementada antes del colado de la losa. El concreto que se emplee para colar la losa de 80 mm (3-5/32") de espesor, será de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") y dando un acabado semejante e integral al existente en toda la banqueta afectada.

5.2 En arroyo

Se reconstruirá el pavimento del corte con una capa de concreto asfáltico compactado de 75 mm (2-61/64") de espesor.

5.3 Especial

Igual al inciso 5.1 con la advertencia de que no deberá dejarse abierta la cepa de un día para otro y del mismo modo el retiro del escombros tendrá que hacerse en el mismo turno de trabajo en que se haya excavado la cepa.

II. REGISTROS



1. INSTALACION

1.1 Deflexión

Se instalará al pie del poste de la Cfa. suministradora donde se instale el equipo de control de los circuitos, también donde el ducto en banqueta cambie de dirección y en aquellos lugares donde por necesidades debe existir registro de candelabro al pie del poste.

1.2 Paso

Como su nombre lo indica, este registro se instalará en los lugares donde haya necesidad de pasar arroyos.

1.3 Especial

Cuando se vaya a colocar en banqueta, una de sus caras debe estar paralela a la guarnición y a un mínimo de 200 mm (7-7/8") de su paño interior. Cuando vaya a ser colocado en zona jardinada su instalación será en el lugar donde se juzgue conveniente.

2. CEPA PARA INSTALACION

397

2.1 Deflexión

2.1.1 Tipo

Sección rectangular

2.1.2 Dimensiones

Lado menor 700 mm (27-9/16"), lado mayor 850 mm (33-15/32") y con una profundidad de 638 mm (25-1/8").

2.2 Paso

2.2.1 Tipo

Sección rectangular

2.2.2 Dimensiones

Lado menor 800 mm (31-1/2"), lado mayor 1000 mm (39-3/8") y con una profundidad de 1238 mm (48-3/4").

2.3 Especial de 1250 mm (49-7/32") por lado.

2.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.3.2 Dimensiones

1730 mm (68-7/64") por lado y 1870 mm (73-5/8") de profundidad.

2.4 Especial de 1500 mm (59-3/64") por lado.

2.4.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.4.2 Dimensiones

2260 mm (88-31/32") por lado y 2170 mm (85-7/16") de profundidad.

3. CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION DE LA CEPA

398

3.1 Deflexión

En caso de que la banquetta, estuviera recubierta con losa de concreto, se hará un corte con sierra previo a la ruptura de la misma, debiendo quedar el lado mayor paralelo a la guarnición. El corte tendrá una profundidad mínima de 2/3 del espesor de la losa. Al efectuar la excavación se tomarán las precauciones necesarias para evitar que al encontrarse con tuberías o ductos de otros servicios públicos, estos resulten dañados.

3.2 Paso

Las especificadas en el inciso 3.1 de registros.

3.3 Especial

Las especificadas en el inciso 3.1 de registros.

El escombros que resulte de la excavación para la cepa será retirado en el mismo turno de trabajo de su excavación.

4. REGISTROS COMO TALES

4.1 Deflexión (Figura 2)

4.1.1 Tipo

Sección rectangular



4.1.2 Dimensiones

Lado menor de 500 mm (19-11/16") lado mayor de 650 mm (25-19/32") y una profundidad que incluye el marco de fierro ángulo de 368 mm (25-1/8").

4.1.3 Características de construcción

El registro deberá ser precolado y las paredes tendrán 50 mm (1-31/32") de espesor y serán de concreto $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") y reforzados con una malla de alambón de 6.3 mm (1/4") de diámetro con la distribución que se señala en la *figura 2*. El marco será de fierro ángulo de 38.1 x 38.1 x 4.8 mm (1-1/2") x (1-1/2") x (3/16") el cual quedará integralmente empotrado al registro inmediatamente después de vaciado el concreto y antes de que se inicie el fraguado inicial del mismo, mediante seis anclas de varilla No. 3. La cimbra interior deberá ser metálica y la exterior similar o de madera a criterio del contratista. La varilla irá soldada al fierro ángulo con doble cordón.

4.1.4 Instalación

Al ser instalado el registro cuyas caras interiores deben estar al plomo, escuadras y bien pulidas, el lado mayor quedará paralelo a la guarnición, se le dará la pendiente de la banquetta y en ningún caso deberá quedar arriba o abajo del nivel de la misma. El ducto será entroncado y emboquillado debidamente con las paredes del registro.

4.2. Paso (Figura 3)

4.2.1 Tipo

Sección rectangular

4.2.2 Dimensiones

Lado menor 600 mm (23-5/8"), lado mayor de 800 mm (31-1/2") y una profundidad que incluye el marco de fierro ángulo de 1238 mm (48-3/4").

4.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 4.1.3 de registros a diferencia de que el número de anclas de varilla No. 3 es de ocho.

4.2.4 Instalación

La especificada en el inciso 4.1.4 de registros.

4.3 Especial de 1250 mm (49-7/32") por lado.



4.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

4.3.2 Dimensiones

1,250 mm (49-7/32") por lado en la parte interior, y 1,500 mm (59-3/64") de profundidad entre lecho bajo de la losa especificada en el inciso 7.1 y lecho superior de la plantilla especificada en el inciso 5.3.

4.3.3 Características de construcción

Los muros serán de tabique recosido de 140 mm (5-33/64") de espesor con aplanado interior de mortero de cemento de proporción 1:3 con impermeabilizante integral.

4.4 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

4.4.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

4.4.2 Dimensiones

1,500 mm (59-3/64") por lado en la parte interior y 1,800 mm (70-7/8") de profundidad entre lecho bajo de la losa especificada en el inciso 7.2 y lecho superior de la plantilla especificada en el inciso 5.4.

4.4.3 Características de construcción

Los muros serán de tabique recocido de 280 mm (11-1/32") de espesor con aplanado interior de mortero de cemento de proporción 1.3 con impermeabilizante integral.

5. PLANTILLA

5.1 Deflexión

Una vez instalado el registro se procederá a colar una plantilla de 50 mm (1-31/32") de espesor de mortero de cemento proporción 1:3 con un dren central de 140 mm (5-2/2") de diámetro y una profundidad de 200 mm (7-7/8").

5.2 Paso

Igual al inciso anterior.

5.3 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado.

400



5.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

5.3.2 Dimensiones

1,530 mm (61-15/64") por lado y 80 mm (3-9/64") de espesor.

5.3.3 Características de construcción

Sera construída con concreto de $f'_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") armado con varilla de 9.5 mm (3/8") de diámetro a cada 300 mm (11-13/16") en ambos sentidos, con un dren central de 140 mm (5-1/2") de diámetro y 200 mm (7-7/8") de profundidad. La plantilla tendrá una pendiente de 2% hacia el dren.

5.4 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

5.4.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

5.4.2 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 5.3.3 de registros.

6. TAPA

6.1 Deflexión

6.1.1 Tipo

Rectangular.

6.1.2 Dimensiones

630 mm (24-13/16") lado mayor, 480, mm (18-29/32") lado menor y 51.7 mm (2-1/32") lado menor y 51.7 mm (2-1/32") de espesor total. Para mayores detalles ver *figura 2*.

6.1.3 Características de construcción

Será construída de concreto $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") con fierro ángulo de 31.7 x 4.8 mm (1-1/4" x 1 1/4" x 3/16") y con refuerzo de varilla corrugada No. 3 distribuída según *figura 2* utilizando cimbra metálica. La varilla irá soldada al fierro ángulo con doble cordón. Las llaves para levantar las tapas serán construídas con placa de acero de 4.76 mm (3/16") de espesor llevando la



placa central una perforación de 12.7 mm (1/2") de diámetro. Para obtener la forma y dimensiones de las llaves ver detalle a y b de la *figura 2*.

6.2 Paso

6.2.1 Tipo

Rectangular.

6.2.2 Dimensiones

780 mm (30-45/64") lado mayor, 580 mm (22-53/64") lado menor y 51.7 mm (2-1/32") de espesor total. Para mayores detalles ver *figura 3*.

6.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 6.1.3 de registros ver *figura 3*.

6.3 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado

Su tipo, dimensiones y características de construcción serán las especificadas en el inciso 5.2.

6.4 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

Su tipo, dimensiones y características de construcción serán las especificadas en el inciso 6.2.

7. LOSA

7.1 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado

7.1.1 Tipo

Cuadrado de acuerdo con especificaciones de la CLYFC

7.1.2 Dimensiones Interiores

Base: 1,250 x 1,250 mm, altura 1,000 mm.

7.1.3 Características de construcción

Será de concreto armado de 80 mm (3-5/32") de espesor siendo el concreto de $f'_c = 200$ Kg/cm² a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") y el armado, de varilla corrugada de acero estructural No. 3.



7.2 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

7.2.1 Tipo

Cuadrado, de acuerdo con especificaciones de la CLyFC

7.2.2 Dimensiones

Base: 1,500 x 1,500 mm, altura 1,500 mm.

7.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 7.1.3.

8. CONTRAMARCO

8.1 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado

8.1.1 Tipo

Rectangular.

8.1.2 Dimensiones

600 mm (23-5/8") por 800 mm (31-1/2") de dimensiones exteriores.

8.1.3 Características de construcción

Construido de fierro ángulo de 38.1 x 38.1 x 4.8 mm (1-1/2" x 1-1/2" x 3/16") y 8 anclas de varilla No. 3 irá instalado sobre un brocal de tabique de 150 mm (5-29/32") de espesor y de 210 mm (8-17/64") de altura entre el nivel de la banqueta y el lecho superior de la losa. El marco deberá quedar nivel de banqueta y con la pendiente de la misma.

8.2 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

Deberá cumplir con las especificaciones dadas en el inciso 8.1.

9. ESCALERA

9.1 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado.

9.1.1 Tipo

Marina.



9.1.2 Características de construcción

Formada por 4 escalones de varilla redonda del No. 6.

9.2 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

9.2.1 Tipo

Marina.

9.2.2 Características de construcción

Formada por 5 escalones de varilla redonda del No. 6.

10. PINTURA

10.1 Deflexión, Paso y Especial

El fierro ángulo del registro o marco y la tapa o contramarco serán pintados con dos manos de pintura anticorrosiva.

404

11. RELLENO

11.1 Deflexión y Paso

El relleno alrededor del registro se hará con grava cementada debidamente compactada, hasta una profundidad de 80 mm (3-5/32) medida del nivel de la banqueta hacia abajo.

11.2 Especial

Cuando el registro sea construido en banqueta el relleno alrededor del registro se hará con grava cementada o material de subbase debidamente compactada, hasta una profundidad de 80 mm (3-5/32") medida del nivel de la banqueta hacia abajo.

Cuando el registro sea construido en zona jardinada el relleno alrededor del registro se hará con grava cementada o material de subbase debidamente compactada, hasta el nivel de tierra.

12. REPARACION DE BANQUETA

12.1 Deflexión, Paso y Especial

El concreto que se emplee para colar la losa de 80 mm (3-5/32") de espesor, será de $f'_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").



III. CIMIENTOS DE CONCRETO

1. INSTALACION

1.1 Para arbotantes tipo Ornamental, Látigo, Jardín y Colonial

Una de sus aristas de la cara superior paralela a la guarnición y a una distancia de 200 mm (7-7/8") con respecto a su paño interior. Ver *figura 4*.

1.2 Para postes de 12000 mm

Una de sus caras paralela a la guarnición y a una distancia de 150 mm (5-29/32") con respecto a su paño interior. Ver *figura 5*.

1.3 Para postes de 16000 mm

1.3.1 En banqueta

Una de sus caras paralela a la guarnición y a una distancia de 50 mm (2") con respecto a su paño interior. Ver *figura 6*.

1.3.2 En área libre

En la posición que más se acomode para el fin que se persigue, de acuerdo con el supervisor de la Oficina de Alumbrado. Ver *figura 7*.

1.4 Para postes de 20000 mm (ver *figura 8*), 25000 mm (ver *figura 9*), 30000 (ver *figura 10*)

En la posición que más se acomode para el fin que se persigue, de acuerdo con el supervisor de la Oficina de Alumbrado.

2. CEPA PARA INSTALACION

2.1 Para arbotantes tipo Ornamental, Látigo y Jardín

2.1.1 Tipo

Sección cuadrada.

2.1.2 Dimensiones

1100 mm (43-19/64") por lado y 1000 mm (39-3/8") de profundidad.

2.1.3 Características de construcción

En caso de que la banqueta estuviera recubierta con losa de concreto, se hará un corte con



sierra previo a la ruptura de la misma, debiendo quedar un lado, paralelo y razante a la cara interior de la guarnición. El corte tendrá una profundidad mínima de 1/3 del espesor de 1/3 del espesor de la losa.

Al efectuarse la excavación se tomarán las precauciones necesarias para evitar que el encontrarse con tuberías ó ductos de otros servicios públicos, estos resulten dañados. Una vez hecha la cepa se procederá a apisonar y nivelar el fondo.

2.2 Para arbotantes tipo Colonial o San Angel

2.2.1 Tipo

Sección cuadrada.

2.2.2 Dimensiones

900 mm (35-7/16") por lado y 900 mm (35-7/16") de profundidad.

2.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 2.1.3 de cimiento de concreto.

2.3 Para postes de 12000 mm

2.3.1 Tipo

Sección cuadrada.

2.3.2 Dimensiones

700 mm (27-9/16") por lado y 1500 mm (59") de profundidad.

2.3.3 Características de construcción

La especificada en el inciso 2.1.3 de cimientos de concreto, con la salvedad de que el lado paralelo a la guarnición debe quedar a 150 mm (6") de la carta interior de la misma.

2.4 Para postes de 16000 mm

2.4.1 En banqueta

2.4.1.1 Tipo

2.4.1.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.



2.4.1.2 Dimensiones

800 mm (31-1/2") por lado y 1800 mm (70-7/8") de profundidad.

2.4.1.3 Características de construcción.

La especificada en el inciso 2.1.3 de cimientos de concreto, con la salvedad de que el lado paralelo a la guarnición debe quedar a 50 mm (2") de la cara interior de la misma.

2.4.2 En área libre.

2.4.2.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.4.2.2 Dimensiones

2000 mm (78-3/4") por lado y 1220 mm (48") de profundidad.

2.4.2.3 Características de construcción.

La excavación se hará en la posición que más se acomode para el fin que se persigue, de acuerdo con el supervisor de la Oficina de Alumbrado y se tomarán las precauciones necesarias para evitar que al encontrarse con tuberías o ductos de otros servicios públicos, estos resulten dañados. Una vez hecha la cepa se procederá a apisonar y nivelar el fondo.

407

2.5 Parapostes de 20000 mm.

2.5.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.5.2 Dimensiones

2500 mm (98-27/64") por lado y 1500 mm (59") de profundidad.

2.5.3 Características de construcción.

Igual a las indicadas en el inciso 2.4.2.3 de cimientos de concreto.

2.6 Para postes de 25000 mm.

2.6.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.



2.6.2 Dimensiones.

3600 mm (141-13/16") por lado y 1900 mm (74-13/16") de profundidad.

2.6.3 Características de construcción.

Igual a las indicadas en el inciso 2.4.2.3 de cimientos de concreto.

2.7 Para postes de 30000 mm.

2.7.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.7.2 Dimensiones

4500 mm (177-5/32") por lado y 2080 mm (81-57/64") de profundidad.

2.7.3 Características de construcción.

Igual a las indicadas en el inciso 2.4.2.3 de cimientos de concreto.

408

3. CIMIENTOS

3.1. Para arbotantes tipo Ornamental, Látigo y Jardín.

3.1.1 Tipo

Tronco-Piramidal

3.1.2 Dimensiones

600 x 600 mm (23-5/8" x 23-5/8") en la base superior, 1000 x 1000 mm (39 x 39") en la base inferior y 1000 mm (39") de altura.

3.1.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar la cimbra metálica con una de sus aristas de la cara superior paralela a la guarnición, a una distancia de 200 mm (7-7/8") con respecto a su paño interior y a una altura de 15 mm (19/32") con relación a su corona.

Esta cimbra deberá ser construída con lámina No. 18 de 1.27 mm (1/20") de espesor y refuerzos necesarios para obtener que sus caras laterales queden planas y las aristas de las caras superiores e inferiores a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas de varilla redonda de 25.4 mm (1") de diámetro y 600 mm (25-5/8") de longitud. En un



extremo las anclas llevarán 100 mm (3-15/16") de cuerda standard de 8 hilos/pulg y en el otro un dobléz o regatón de 100 mm (3-15/16") de longitud, debiendo ser galvanizadas la zona de cuerdas. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimiento 60 mm (2-23/64") debiendo quedar centradas con relación a las aristas de las caras superior y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" y los niples necesarios tal como se muestra en la *figura 4*.

Cuando el cimiento esté localizado en zona jardinada se colocará a una altura de 50 mm (1-31/32") con relación al nivel de tierra. El colado se hará con concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" conforme a lo señalado anteriormente y lo establecido en la *figura 4*, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará a la salida de la pieza en "Y" de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimiento se entroncará el ducto en banqueta.

3.2 Para arbotante tipo Colonial o San Angel.

3.2.1 Tipo

Tronco-Piramidal.

3.2.2 Dimensiones

400 x 400 mm (15-3/4" x 15-3/4") en la base superior, 800 x 800 mm (31-1/2" x 31-1/2") en la base inferior y 900 mm (35-7/16") de altura.

3.2.3 Características de construcción.

Las especificadas en el inciso 3.1.3 con la diferencia de que la separación entre anclas será de 190 mm (3-35/64") de centro a centro.

3.3 Para postes de 12000 mm

3.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

3.3.2 Dimensiones

700 mm (27-9/16") por lado y 1500 mm (59") de altura.

3.3.3 Características de construcción.

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar el armado, el cual llevará ama-

rrado en cada esquina inferior un dado de concreto de 50 x 50 x 50 mm (2" x 2" x 2") para evitar el contacto directo del armado con el piso de la cepa. Ver figura 5.

Una vez colocado el armado se procederá a colocar una cimbra metálica de 500 mm (19-11/16") de altura, la cual irá desde 15 mm (19/32") arriba de la corona de la guarnición hacia abajo y con uno de sus lados paralelo a la guarnición.

Esta cimbra deberá ser construída con lámina No. 18 de 1.27 mm (1/20) de espesor y refuerzos necesarios para obtener que las aristas, formadas por las caras laterales y la superior queden a escuadra. La cimbra deberá acuñarse lateralmente a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1000. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimientto 60 mm (2-23/64") debiendo quedar alineadas con los vértices de la cara superior, con centros sobre una circunferencia de 380 mm (15") de diámetro y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" y los niples necesarios, tal como se muestra en la figura 5. El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior, dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza en "Y" de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientto se entroncará el ducto en banqueta.

410

3.4 Para postes de 16000 mm

3.4.1 En banqueta

3.4.1.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

3.4.1.2 Dimensiones

800 mm (31-1/2") por lado y 1800 mm (70-7/8") de profundidad.

3.4.1.3 Características de construcción.

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar el armado, el cual llevará amarrado en cada esquina un dado de concreto de 50 x 50 x 50 mm (2" x 2" x 2") para evitar el contacto directo del armado con el piso de la cepa. Ver figura 6.

Una vez colocado el armado se procederá a colocar una cimbra metálica de 500 mm (19-11/16") de altura, la cual irá desde 15 mm (19/32") arriba de la corona de la guarnición hacia abajo y con uno de sus lados paralelo a la guarnición.

Esta cimbra deberá ser construída con lámina No. 18 de 1.27 mm (1/20") de espesor y



refuerzos necesarios para obtener que las aristas, formadas por las caras laterales y la superior queden a escuadra. La cimbra deberá acuñarse lateralmente a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR 1220. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimientó 60 mm (2-23/64") debiendo quedar alineadas con los vértices de la cara superior, con centros sobre una circunferencia de 380 mm (15") de diámetro y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escatillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios.

El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entoncará el ducto.

3.4.2 En área libre

3.4.2.1 Tipo

Dado tronco-cónico de sección cuadrado con zapata cuadrada. Ver figura 7.

411

3.4.2.2 Dimensiones

Las mostradas en la figura 7.

3.4.2.3 Características de construcción.

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-5/32") de espesor con concreto de $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"). Una vez colocada y fraguada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimientó en la forma indicada en la figura e inmediatamente después de terminado este, se procederá a colocar una cimbra metálica tanto en los lados de la zapata como en las caras laterales del dado tronco-cónico.

Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 80 mm (3-5/32") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimientó de 60 mm (2-23/64") debiendo quedar alineadas con los vértices de la cara superior, con centros sobre una circunferencia de 380 mm (15") de diámetro y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escatillón metálico. También integralmente, se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios.



El colado se hará con concreto $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entroncará el ducto.

3.5 Para postes de 20000 mm.

3.5.1 Tipo

Dado tronco cónico de sección cuadrada con zapata cuadrada. Ver figura 8.

3.5.2 Dimensiones

Las mostradas en la figura 8.

3.5.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-5/32") de espesor con concreto de $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"). Una vez colocada y fraguada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimientó en la forma indicada en la figura 8, e inmediatamente después de terminado éste, se procederá a colocar una cimbra metálica tanto en los lados de la zapa como en las caras laterales del dado tronco-cónico. Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 80 mm (3-5/32") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 6 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220 distribuidas uniformemente sobre una circunferencia de centros de 508 mm (20"), debiendo quedar completamente verticales. Para asegurar lo anterior se emplearán escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios. El colado se hará con concreto $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto. Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entroncará el ducto.

3.6 Para postes de 25000 mm

3.6.1 Tipo

Dado tronco-cónico de sección cuadrada con zapata cuadrada. Ver figura 9.



3.6.2 Dimensiones

Las mostradas en la figura 9.

3.6.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-3/32") de espesor con concreto $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25-/32"). Una vez colocada y fraguada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimiento en la forma indicada en la figura 9, e inmediatamente después de terminado éste, se procederá a colocar un cimbra metálica, tanto en los lados de la zapata como en las caras laterales del dado tronco-cónico. Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 80 mm (3-5/32") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 8 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220, distribuidas uniformemente sobre una circunferencia de centros de 762 mm (30") debiendo quedar completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios. El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente se pulirá la cara superior, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto. Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimiento se entroncará el ducto.

3.7 Para postes de 30000 mm

3.7.1 Tipo

Dado tronco-cónico de sección cuadrada con zapata. Ver figura 10.

3.7.2 Dimensiones

Las mostrada en la figura 10.

3.7.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-5/32") de espesor con concreto $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"). Una vez colocada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimiento en la forma indicada en la figura 10, e inmediatamente después de terminado éste, se procederá a colocar una cimbra metálica tanto en los lados de la zapata como en las caras laterales del dado tronco-cónico. Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 150 mm (6") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que

las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 8 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220, distribuidas uniformemente sobre una circunferencia de centros de 762 mm (30") debiendo quedar completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los niples necesarios. El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64) debidamente vibrado. Terminado el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entroncará el ducto.

4. RELLENO

4.1 Para cualquier tipo de arbotante

El relleno alrededor del cimientó se hará con material de sub-base debidamente compactado, hasta una profundidad de 80 mm (3-5/32"), medida del nivel de la banqueta o piso hacia abajo.

5. REPARACION DE LA BANQUETA O PISO

5.1 Para cualquier tipo de arbotante

El concreto que se emplea para colar la losa de 80 mm (3-5/32") de espesor será de $f'_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").

IV. VESTIDO Y PARADO DE POSTES

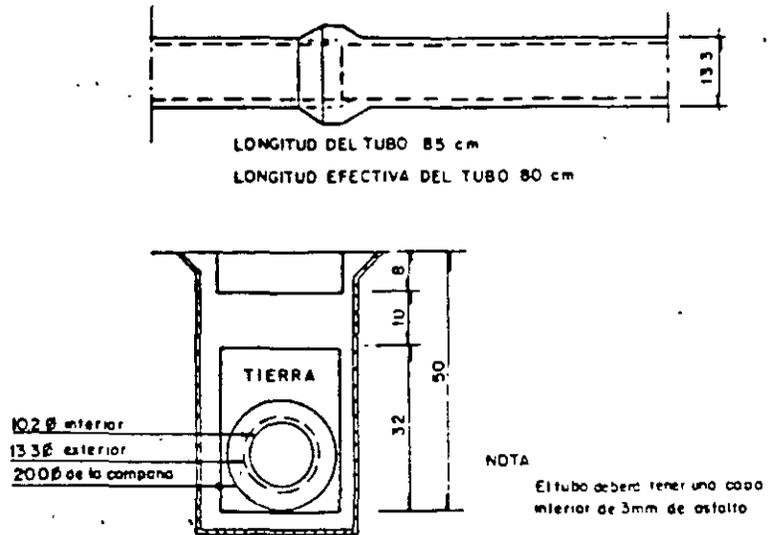
1. EL POSTE SE DEBERA VESTIR ANTES DE INSTALARLO SOBRE LA BASE, Y ESTO IMPLICA LO SIGUIENTE:

- 1.1 Colocarle el o los brazos; en caso de ser atornillables, en el punto de unión, se le debe colocar una junta resistente o la intemperización como el neopreno.
- 1.2 Colocarle la luminaria, sin foco, de tal manera que el plano longitudinal del poste, con brazos, y el de la luminaria, coincidan.
- 1.3 La luminaria al colocarse sobre los brazos, deberá estar conectada según su tipo y los cables de conexión deben quedar con holgura de 1500 mm (59-1/16"), para sus conexiones a las bases de alimentación.



- 1.4 El tapón superior del poste, si lo llevara, deberá quedar perfectamente sellado.
2. LA SECUENCIA DEL PARADO DEL POSTE, DEBE SEGUIR LAS FASES SIGUIENTES:
 - 2.1 Colocar la base del poste sobre la cimentación pasados cuando menos 7 días de su colado.
 - 2.2 La base del poste, deberá quedar nivelada en sus dos ejes sobre la cimentación y paralela a la guarnición de la banqueta, para posteriormente fijarla por medio de las 4 anclas colocadas en la cimentación.

De ser necesaria la colocación de calzas para la nivelación de la base deberá ser galvanizada.
 - 2.3 Se colocará el poste vestido sobre su base, teniendo cuidado en que los cables de conexiones no queden entre el poste y la base. El poste deberá quedar plomado y nivelado, y los brazos con las lámparas deberán quedar perpendiculares a la guarnición de la banqueta. Los tornillos se deberán colocar con la tuerca hacia arriba.
 - 2.4 La maniobra de parado del poste, se deberá realizar con cables flexibles, tales como manila o polipropileno para no lastimar la pintura del mismo. En caso de hacerlo el contratista deberá resanar el área lastimada.
 - 2.5 Todos los tornillos, deberán llevar arandela plana y de presión todo esto galvanizado por inmersión en caliente.



EN BANQUETA

416

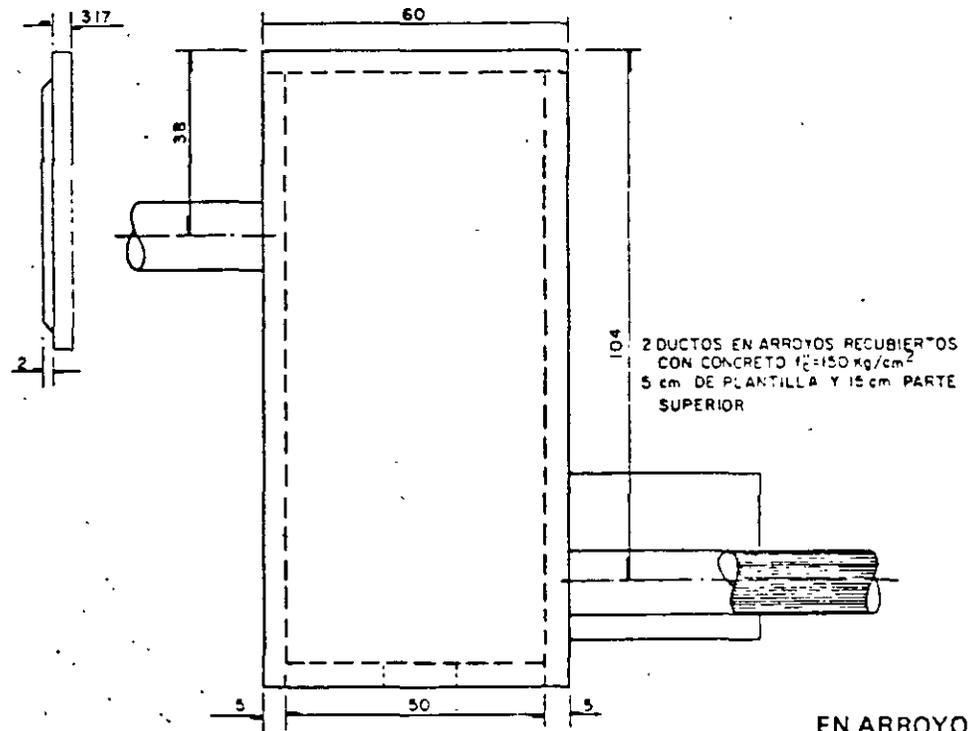
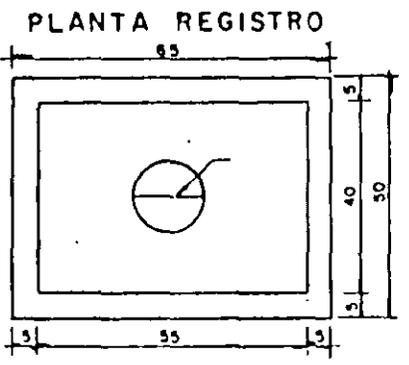
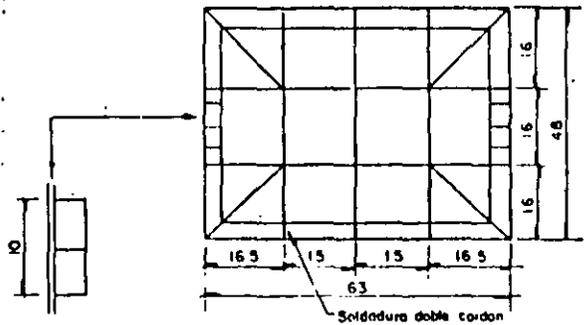


Figura 1
INSTALACION DE DUCTOS

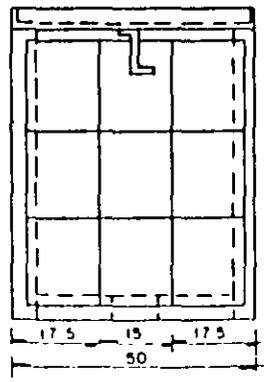
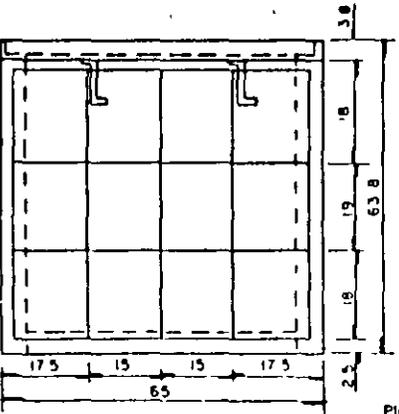
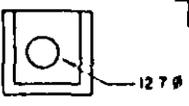
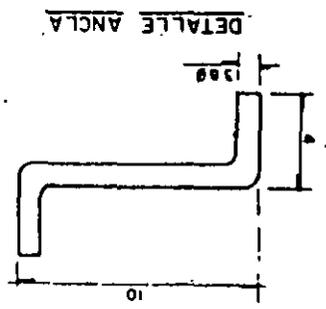
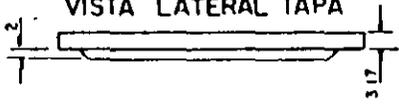
Figura 2.
REGISTRO AUXILIAR



PLANTA TAPA REGISTRO



VISTA LATERAL TAPA

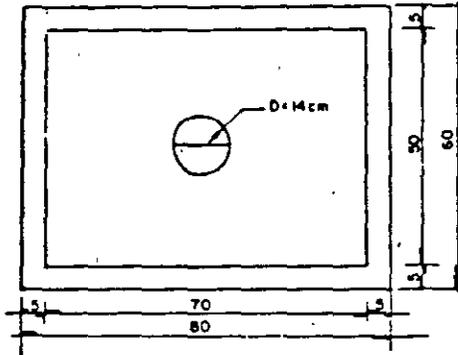


ACOTACIONES EN cm.

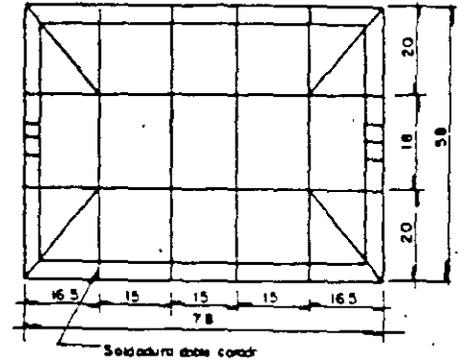
Plantilla mortero de cemento prop 1:3



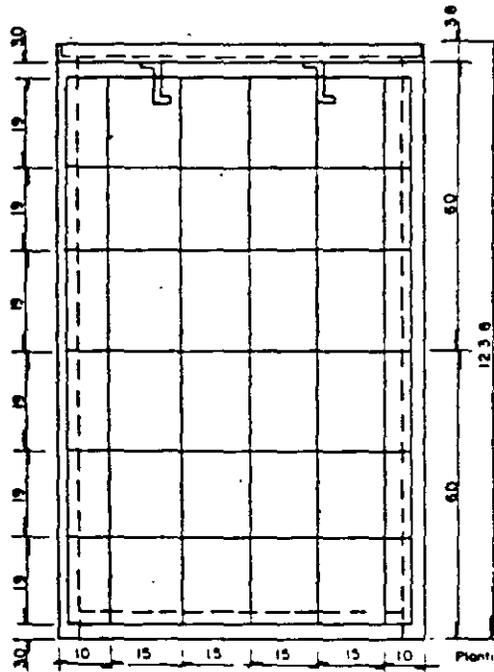
PLANTA REGISTRO



PLANTA TAPA REGISTRO



418



Plantilla de mortero de cemento
proporcion 1:3

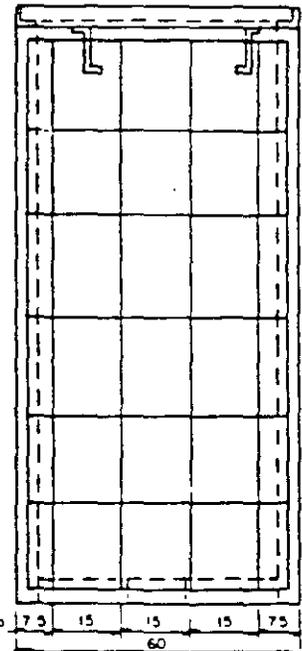
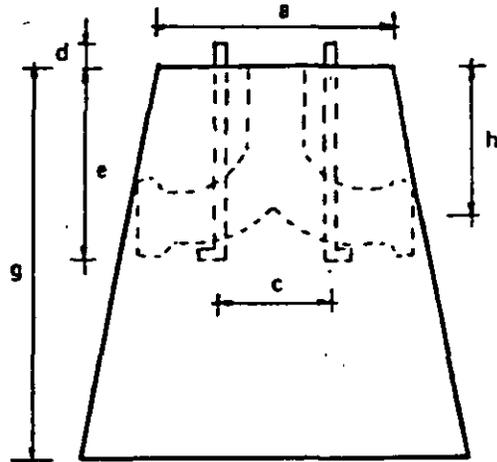
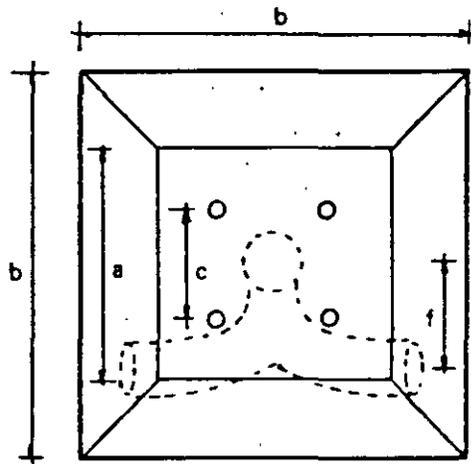


Figura 3
REGISTRO DE PASO



ELEVACION



PLANTA

Concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ con agregado máximo de 40 mm. Doble codo 90° de concreto de 10 cm de diámetro interior. Anclas de 25.4 mm (1") de diámetro y 55 cm de longitud con doblez de 10 cm.

410

| CIMIENTO | a | b | c | d | e | f | g | h |
|------------------------------------|----|-----|----|---|----|----|-----|----|
| para arbotante churubusco y jardín | 60 | 100 | 27 | 6 | 49 | 28 | 100 | 38 |
| para arbotante colonial | 40 | 80 | 19 | 6 | 49 | 28 | 90 | 38 |

Acotaciones en cm

Figura 4
CIMENTACION DE CONCRETO TRONCO PIRAMIDAL

420

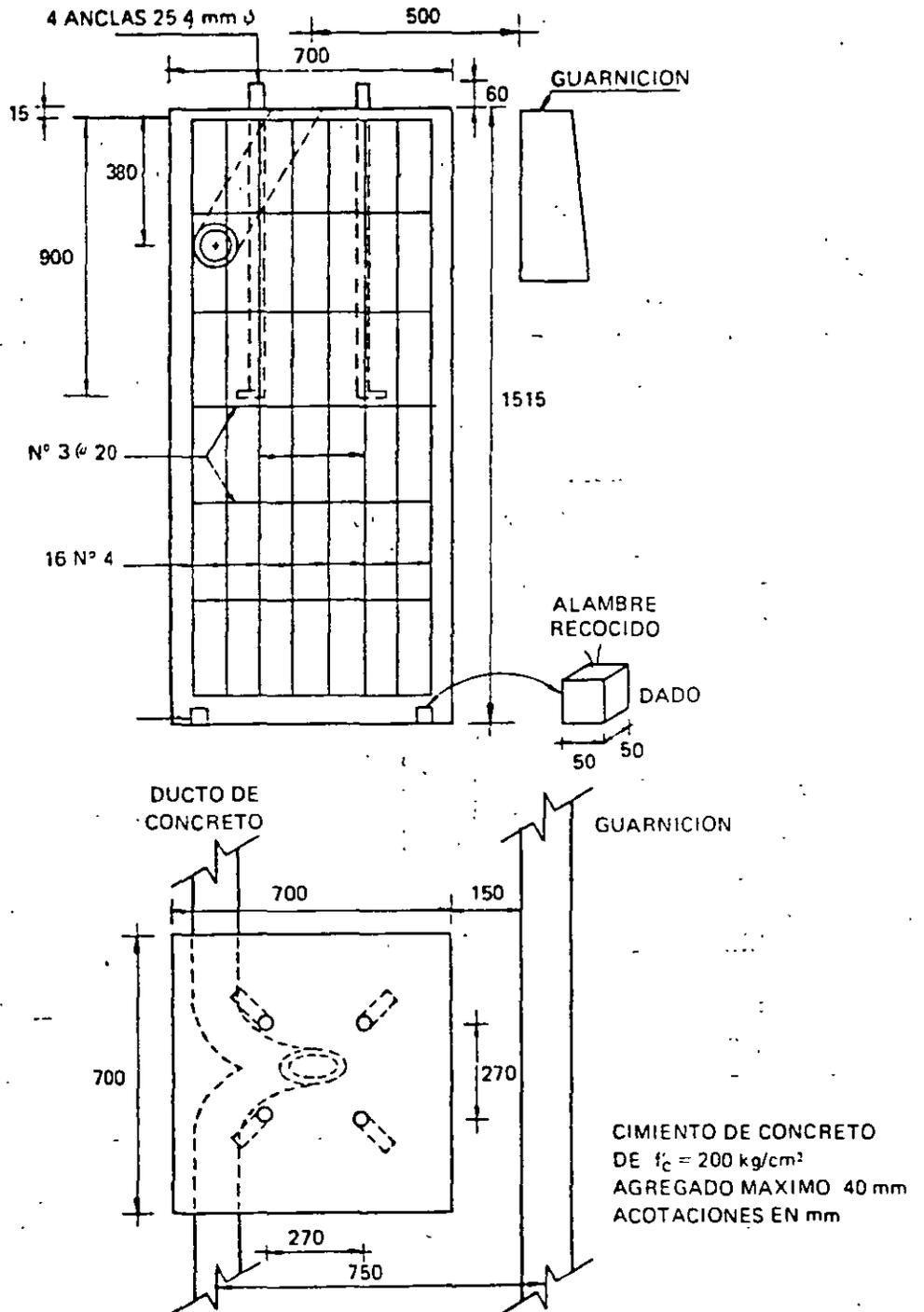


Figura 5
CIMENTACION PARA POSTES DE 1200 mm

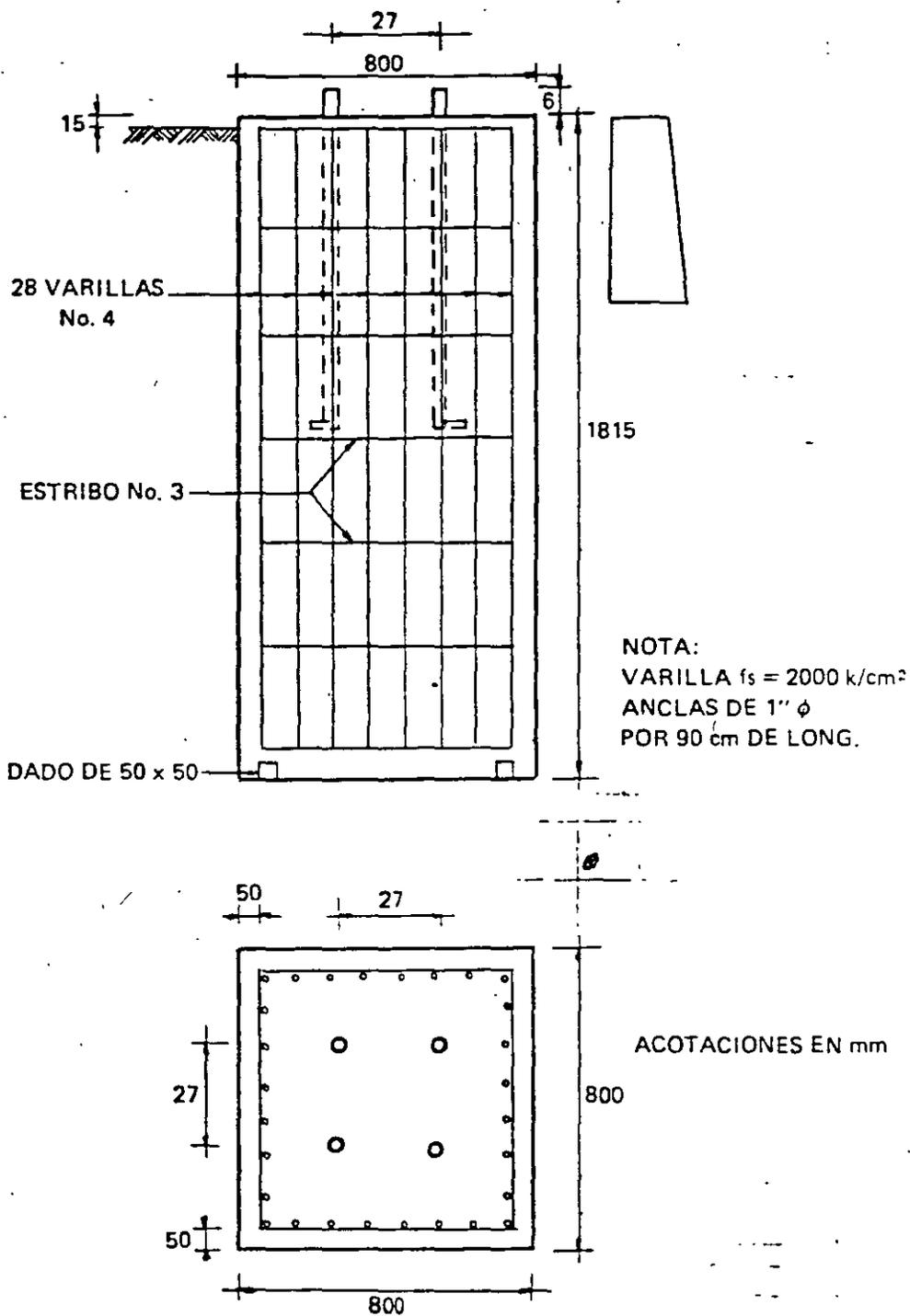
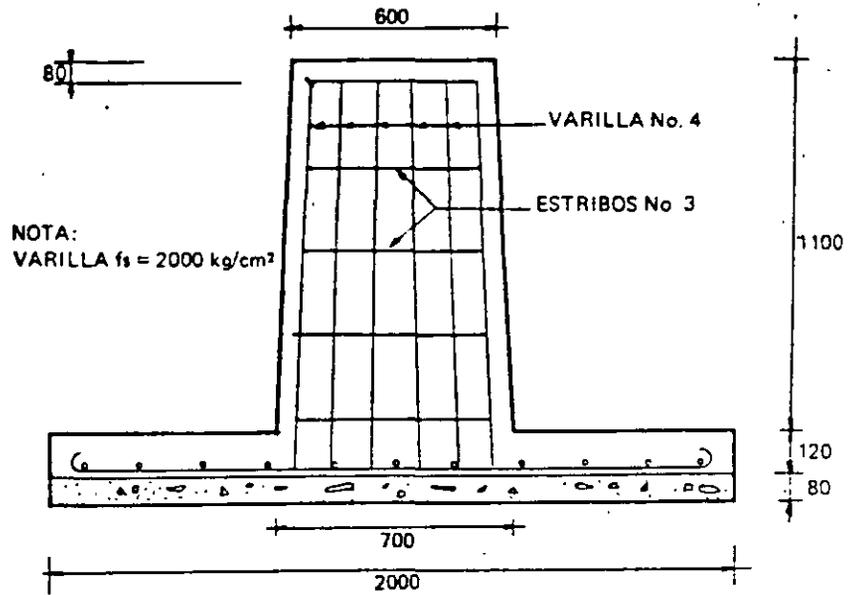


Figura 6
CIMENTACION PARA POSTES DE 16000 mm SIN ZAPATA



422

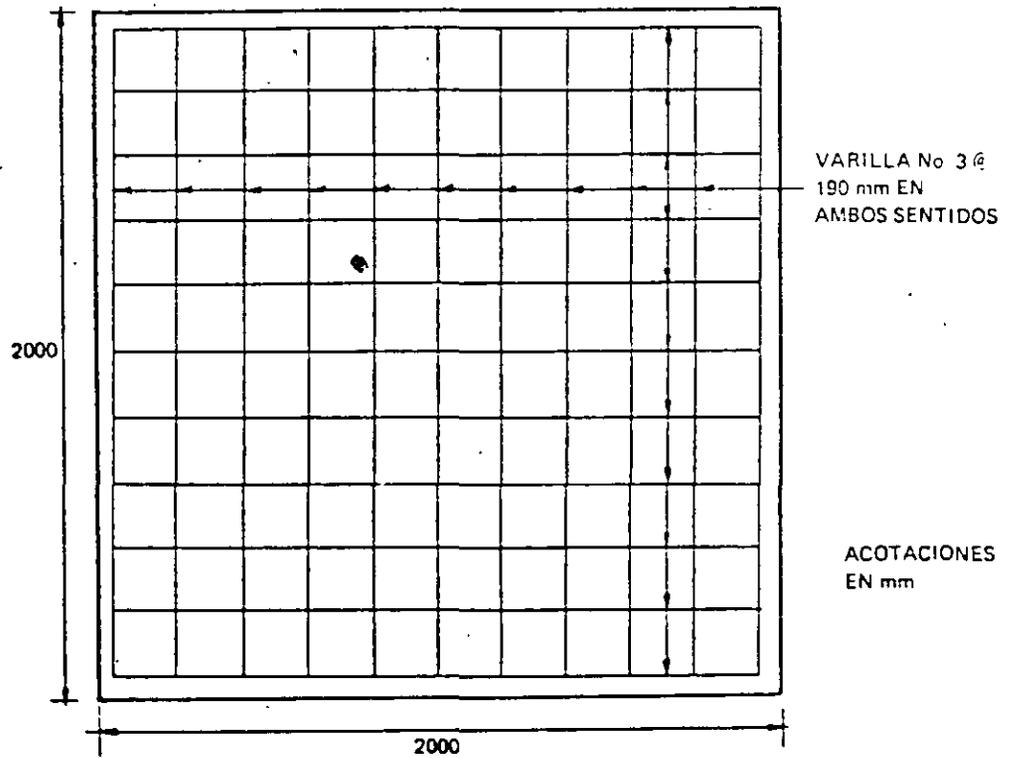


Figura 7
CIMENTACION PARA POSTES DE 16000 mm CON ZAPATA

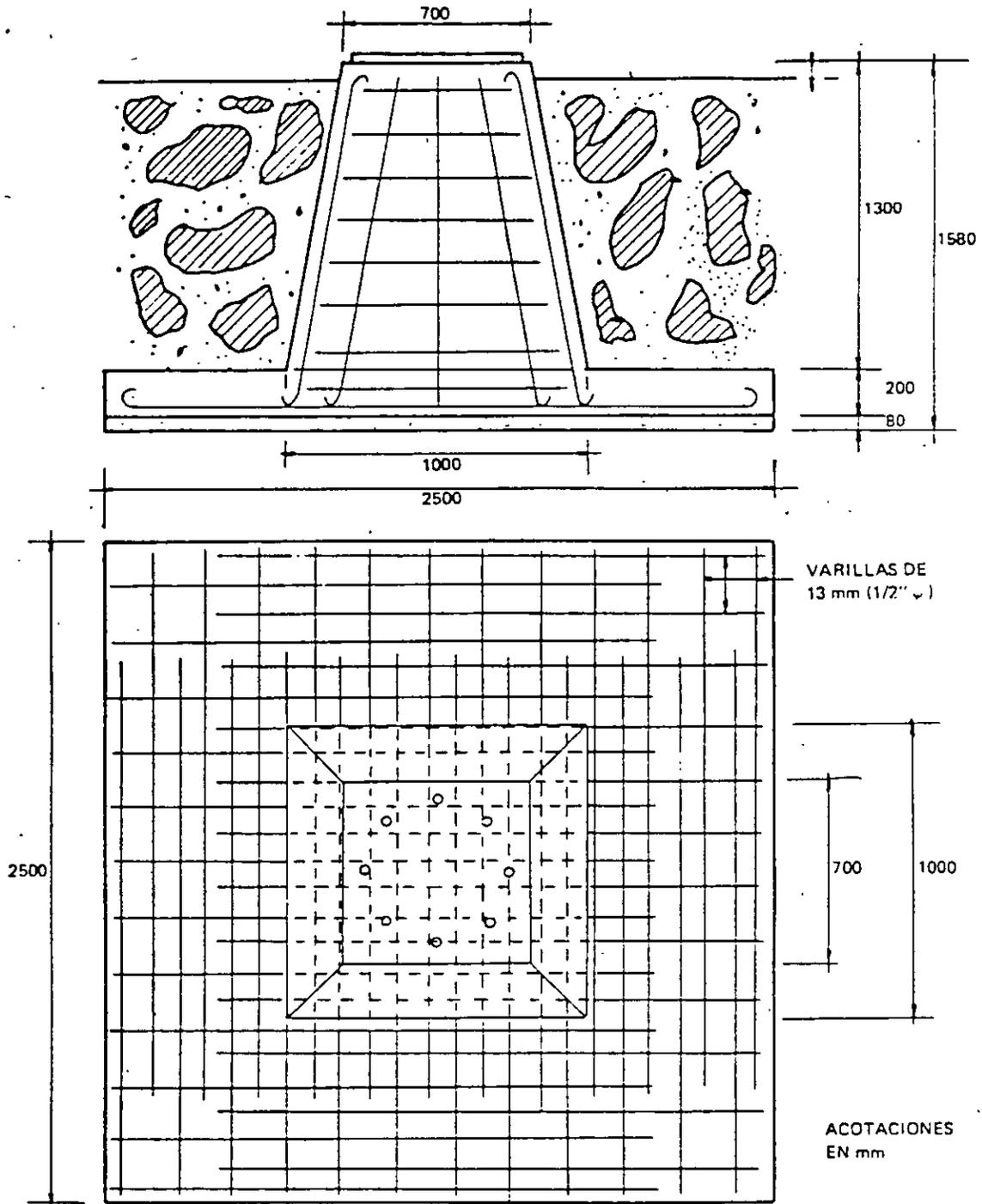


Figura 8
CIMENTACION PARA POSTES DE 20000 mm

424

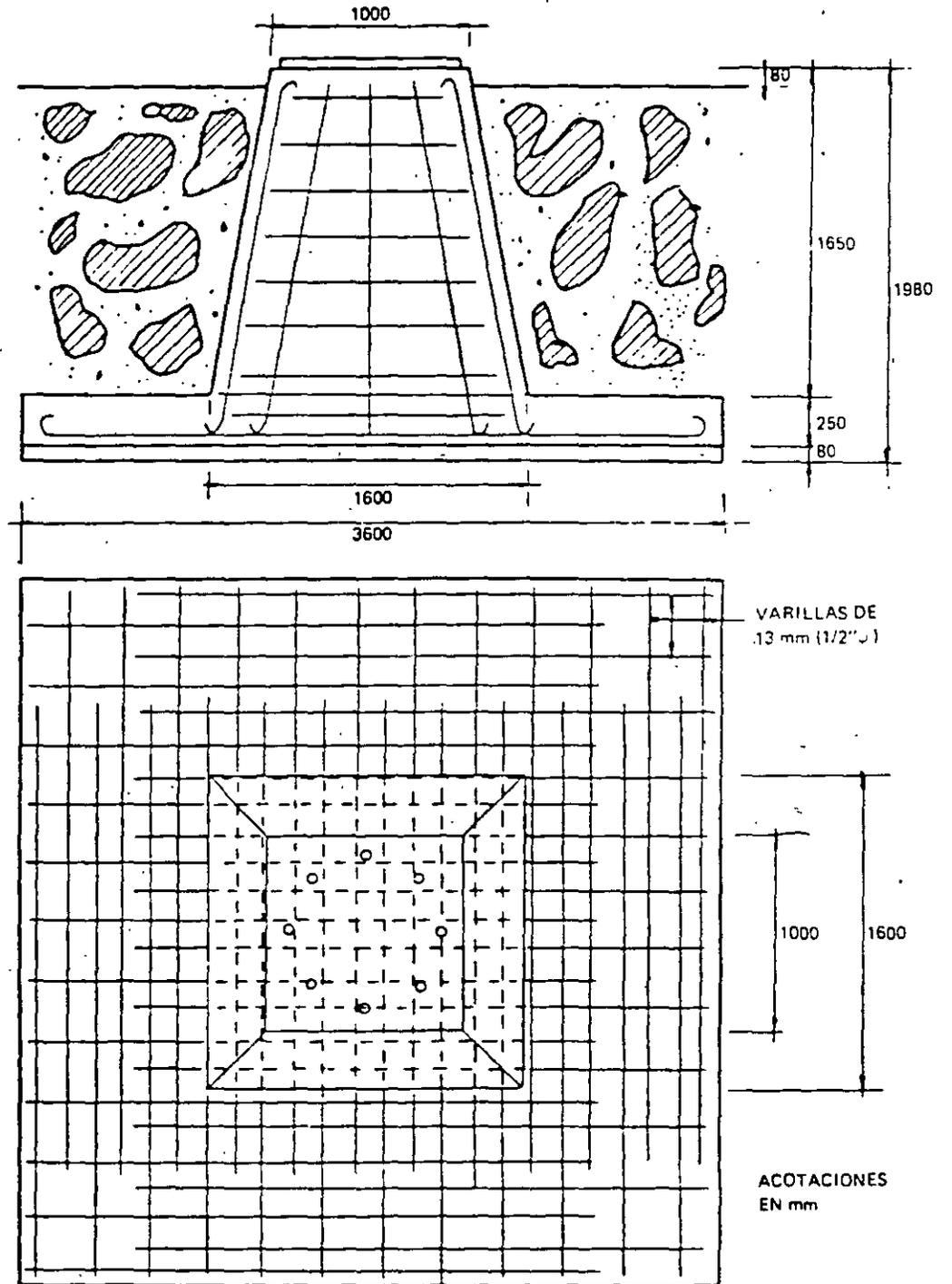
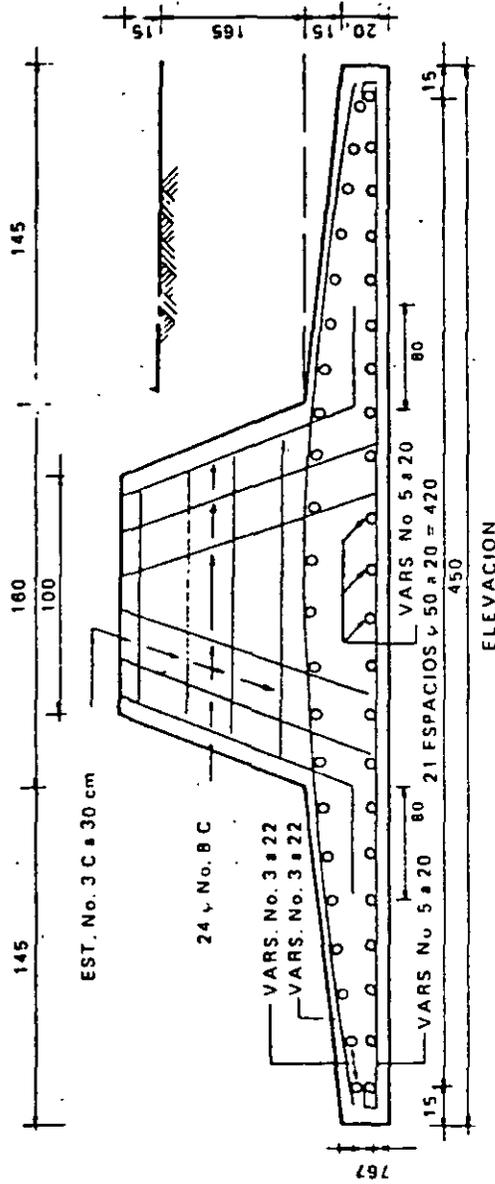
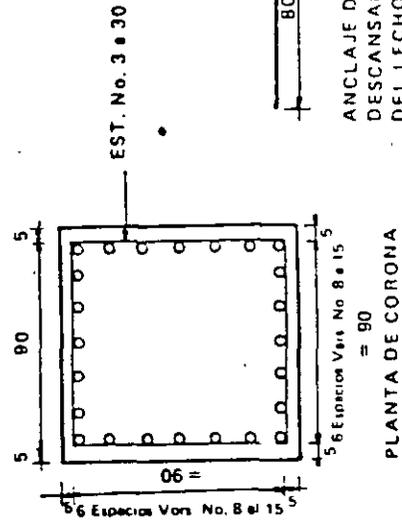


Figura 9
CIMENTACION PARA POSTES DE 25000 mm

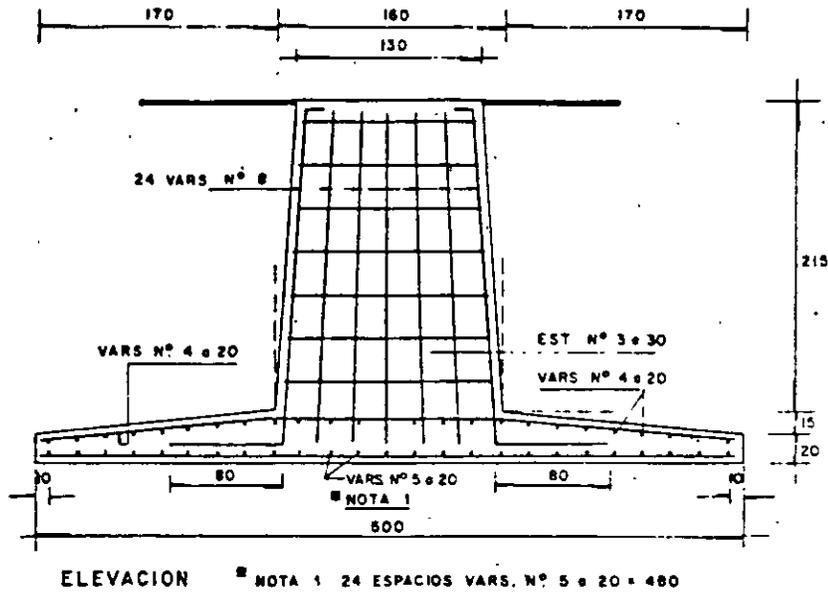


CONCRETO $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
GRAVA 1 1/2" (38mm)
ACERO $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$



ANCLAJE DE VARS No. 8
DESCANSANDO EN EL ARMADO
DEL LECHO INF. DE ZAPATA

Figura 10
CIMENTACION PARA POSTES DE 30000 mm



426

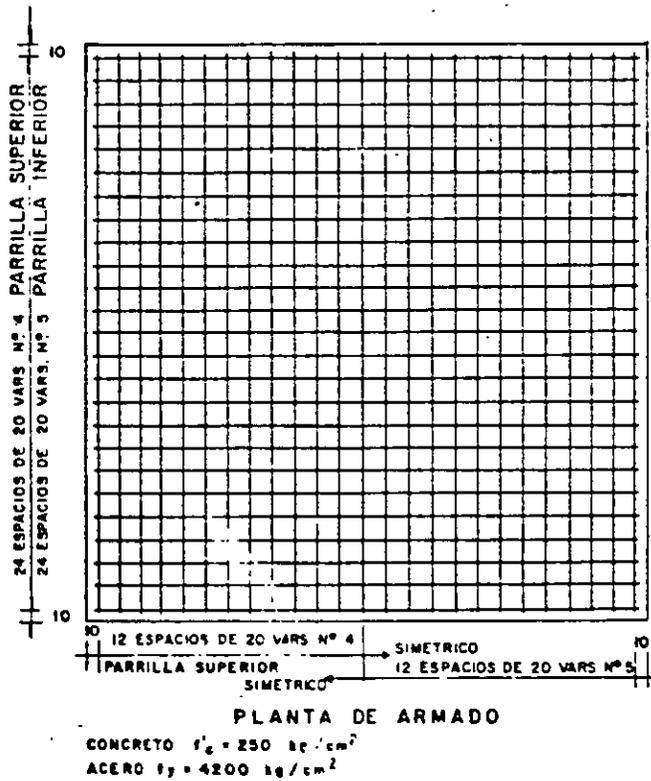


Figura 11
 CIMENTACION PARA POSTES DE 350.00 mm
 (1 e 2)

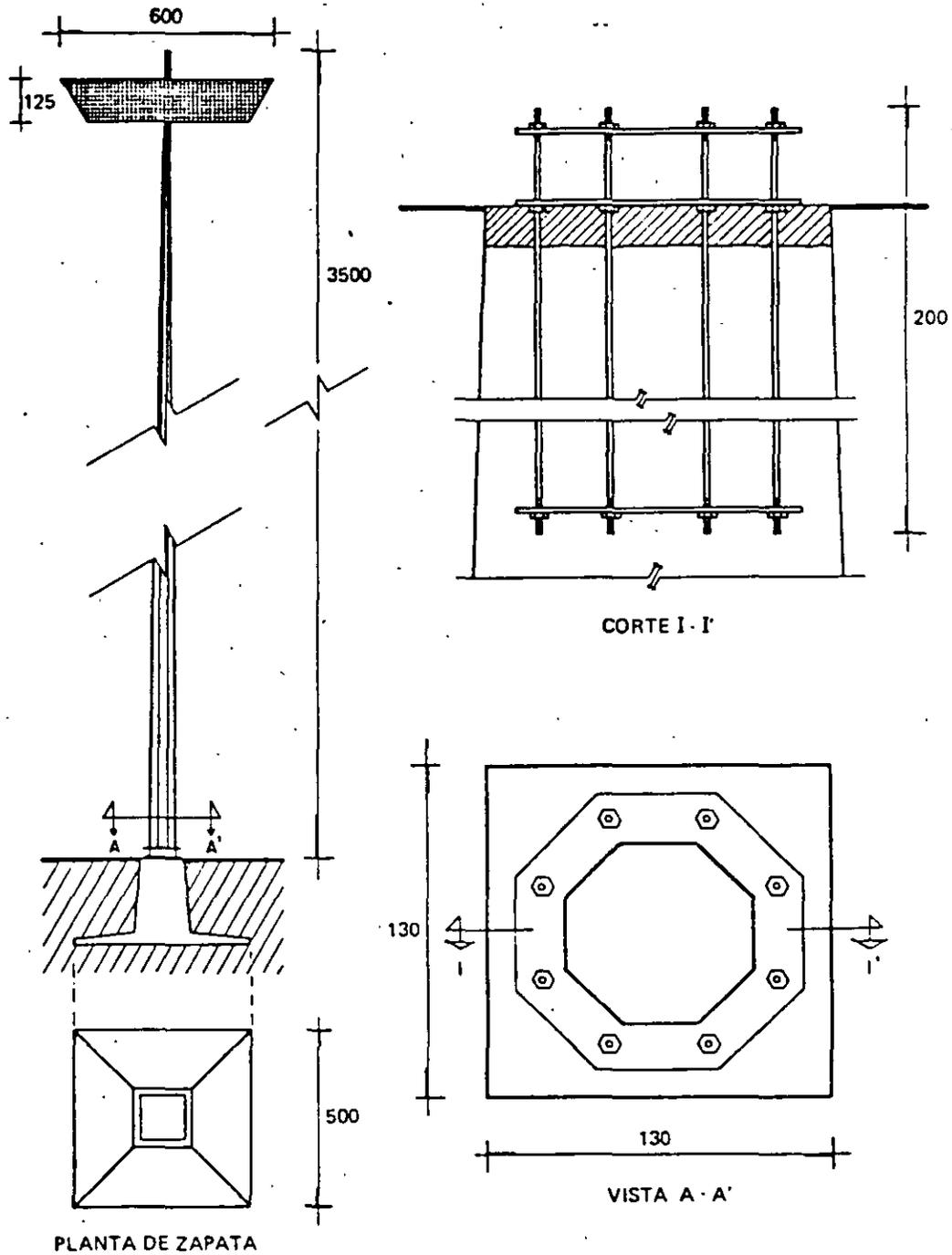


Figura 11
 CIMENTACION PARA POSTES DE 35000 mm
 (2 de 2)

1.5.4 Postes

Las luminarias para alumbrado público se montan generalmente en postes, ya sean propios o de la red eléctrica. Cualquiera de estos soportes deberán cumplir con las siguientes funciones:

- Resistir los impactos de viento
- Resistir los agentes corrosivos de la atmósfera
- Ser lo suficientemente ligeros para su manejo
- Proveer espacio suficiente para los accesorios que deban alojarse en ellos, tales como: conductores, balastos o equipos de control
- Requerir el mínimo de mantenimiento.

En la *figura III-63* se muestran las principales características geométricas de la unidad poste-luminaria, que son definidas por el poste mismo.

1.5.4.1 Componentes

Los postes son en sí columnas verticales instaladas con el fin de soportar una o varias luminarias y constan de varias partes:

114

| | |
|-------------------|---|
| <i>Poste</i> | o columna vertical que permite alcanzar la altura de montaje requerida, en combinación con el brazo, si se requiere |
| <i>Brazo</i> | o columna horizontal que permite ubicar la luminaria en el punto deseado, en el plano transversal de la calle a iluminar |
| <i>Punta</i> | o pieza de montaje, colocada en el extremo superior del poste o del brazo, según sea el caso y que permite el montaje de la(s) luminaria(s). Puede ser lisa o roscada |
| <i>Placa base</i> | sólidamente fija a la base del poste para recibir las anclas de fijación al cimiento |
| <i>Registro</i> | puesto cerca de la base del poste para permitir el alcance a los accesorios dentro del poste |
| <i>Pedestal</i> | pieza que tiene el doble propósito de servir para el anclaje del poste y alojar el balastro |
| <i>Anclas</i> | pernos metálicos empotrados en la cimentación de concreto para sujetar la base (placa o pedestal) al cimiento |

En las *figuras III-64 a III-66* se muestran los componentes anteriormente descritos, en diferentes modalidades de montaje.

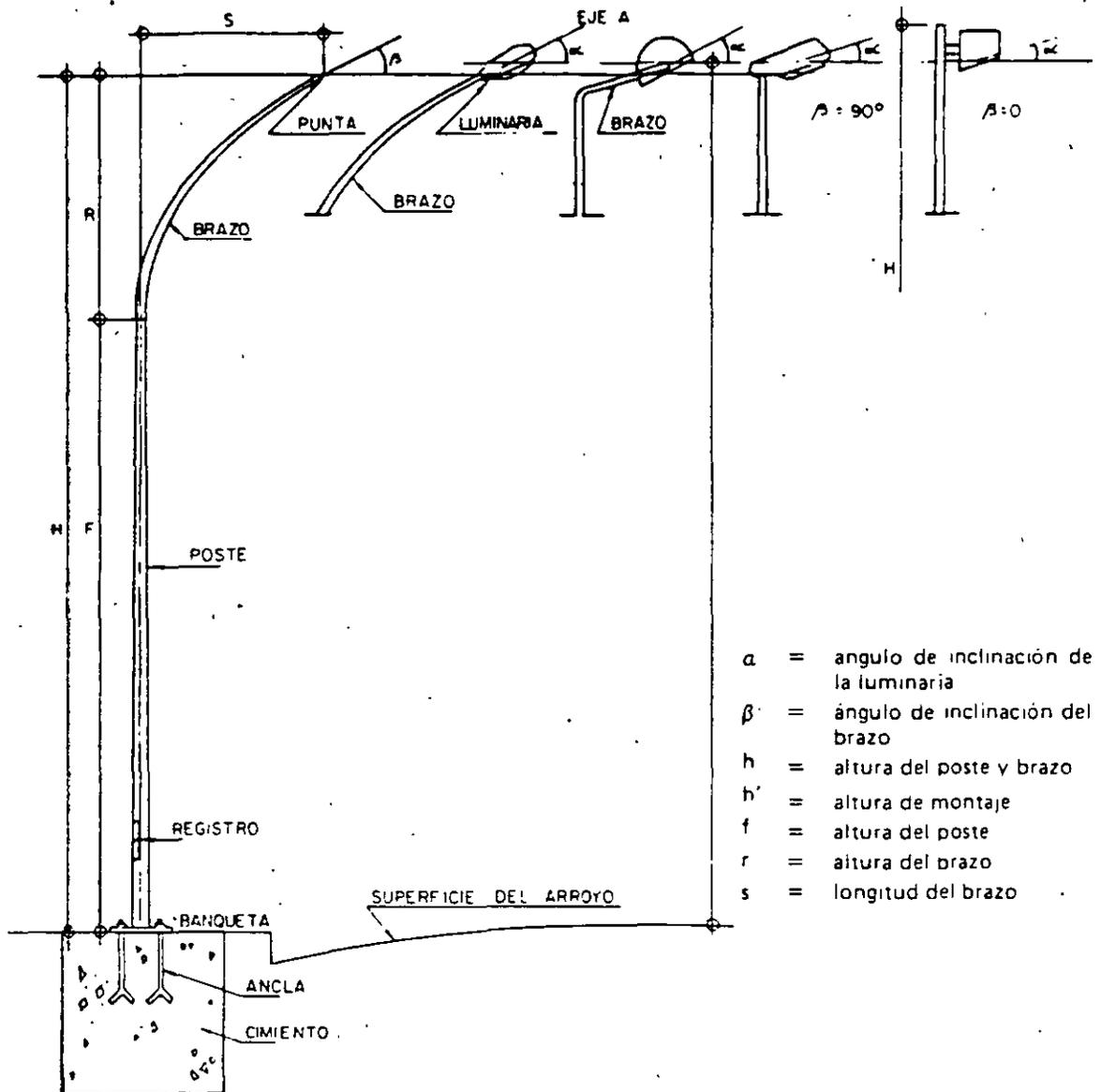


Figura III-63

1.5.4.2 Construcción

Los postes se fabrican con lámina de fierro rolado, en sus presentaciones más comunes y, se pueden encontrar también fabricados de concreto, madera o aluminio.

Uso

Por su uso, se clasifican como "punta de poste" cuando la luminaria va montada directamente al extremo superior del poste o "con brazo", estando en este caso preparados para

PUNTA DE POSTE

116

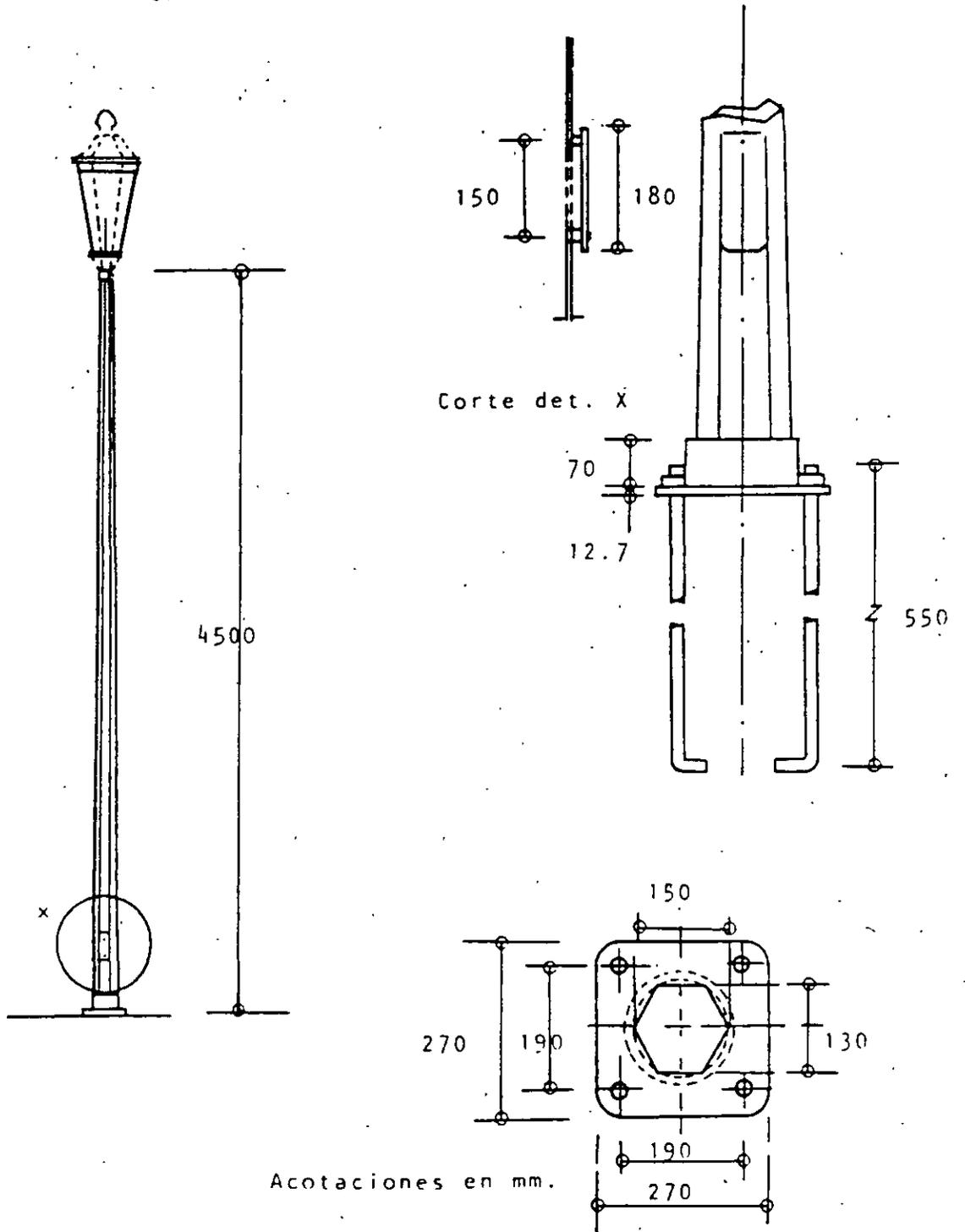
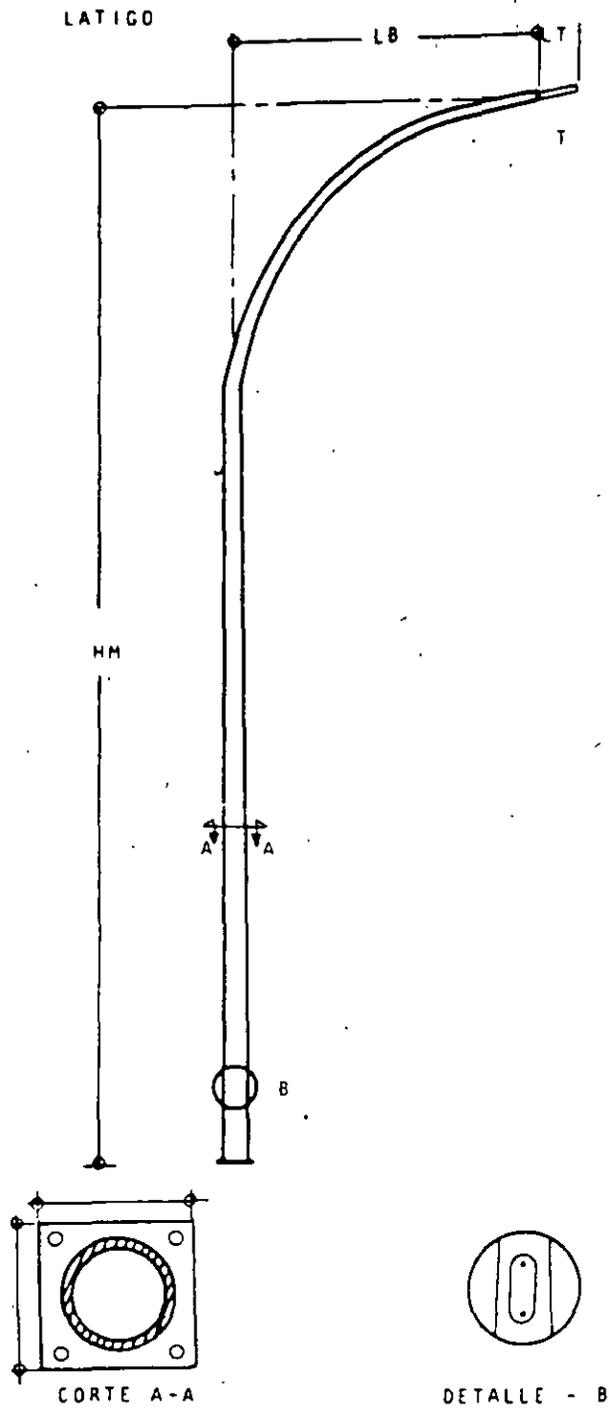


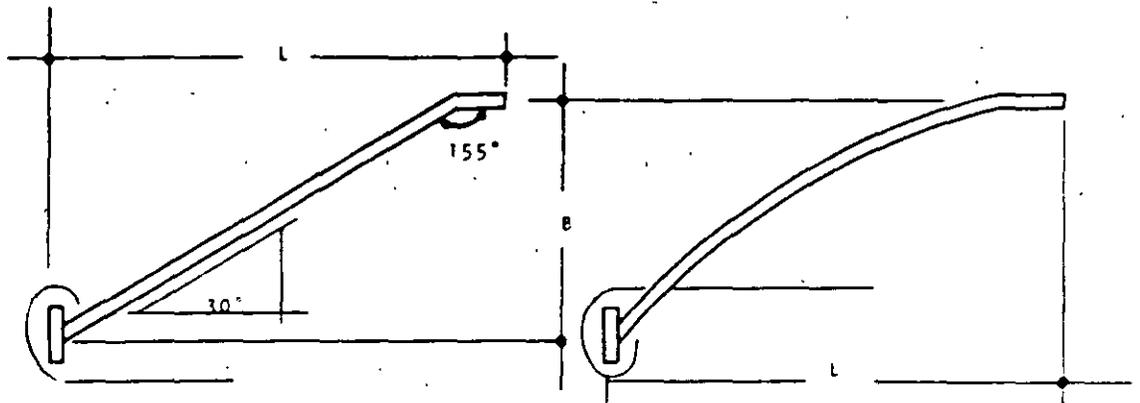
Figura III-64



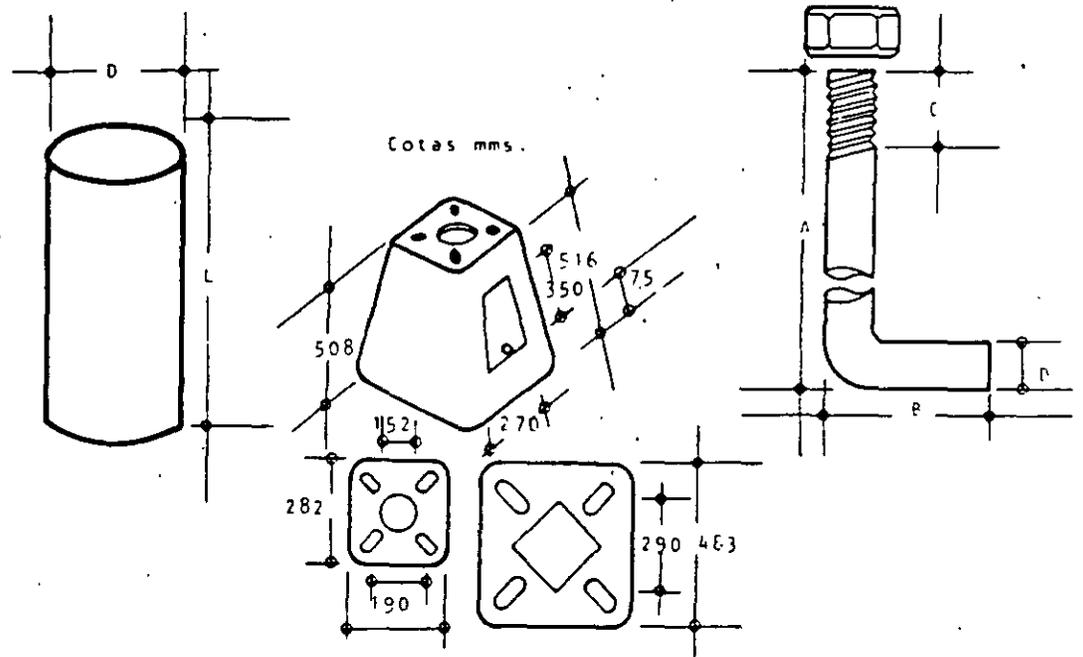
117

Figura III-65

Brazos metálicos



118



BASE PARA POSTE

Figura III-66

soportar diferentes tipos de brazo. En ambos casos, pueden soportar una o más luminarias.

Longitud

Varía de los 3 a los 30 metros; es necesario hacer resaltar que la longitud del poste no necesariamente corresponde a la altura de montaje, ya que se debe de combinar con el brazo y en algunos casos con la longitud de poste que se empotra en el terreno para su montaje. Los fabricantes los ofrecen rectos o curvados (látigo).



Sección transversal

Es costumbre definirla por la forma, el material y el espesor del mismo, pero es recomendable especificarla por los esfuerzos a que estará sometido el poste, tales como: empuje del viento, impactos, flexión, peso originado por la luminaria y el brazo, etc. Las formas más comunes en el mercado son: circular, cuadrada, exagonal y octogonal.

Características estéticas

En el párrafo III.1.5.2.8, se menciona la necesidad de adecuar la luminaria al paisaje urbano, tanto diurno como nocturno. El poste deberá ser seleccionado en forma tal que armonice con dicho paisaje urbano.

En la *tabla III-13* se resumen los tipos de poste (con sus nombres comerciales) ofrecidos por los fabricantes y que puede servir como una guía inicial para su selección.

1.5.4.3 Postes de la red eléctrica

Tanto desde el punto de vista económico como estético, es conveniente usar los postes de la red eléctrica para soportar luminarias para alumbrado público.

Desde el punto de vista estético, al disminuir el número de postes se reducen los obstáculos al paisaje urbano.

Desde el punto de vista económico, la inversión inicial disminuye por:

1. No se requiere de postes ni de su instalación.
2. No se requiere la red subterránea ni la obra civil (excavaciones, ductos, registros, bases, etc.).
3. En caso de instalarse una red aérea de alimentación exclusiva para el servicio de alumbrado público, el costo de los conductores se reduce al usarse desnudos y de longitud menor.

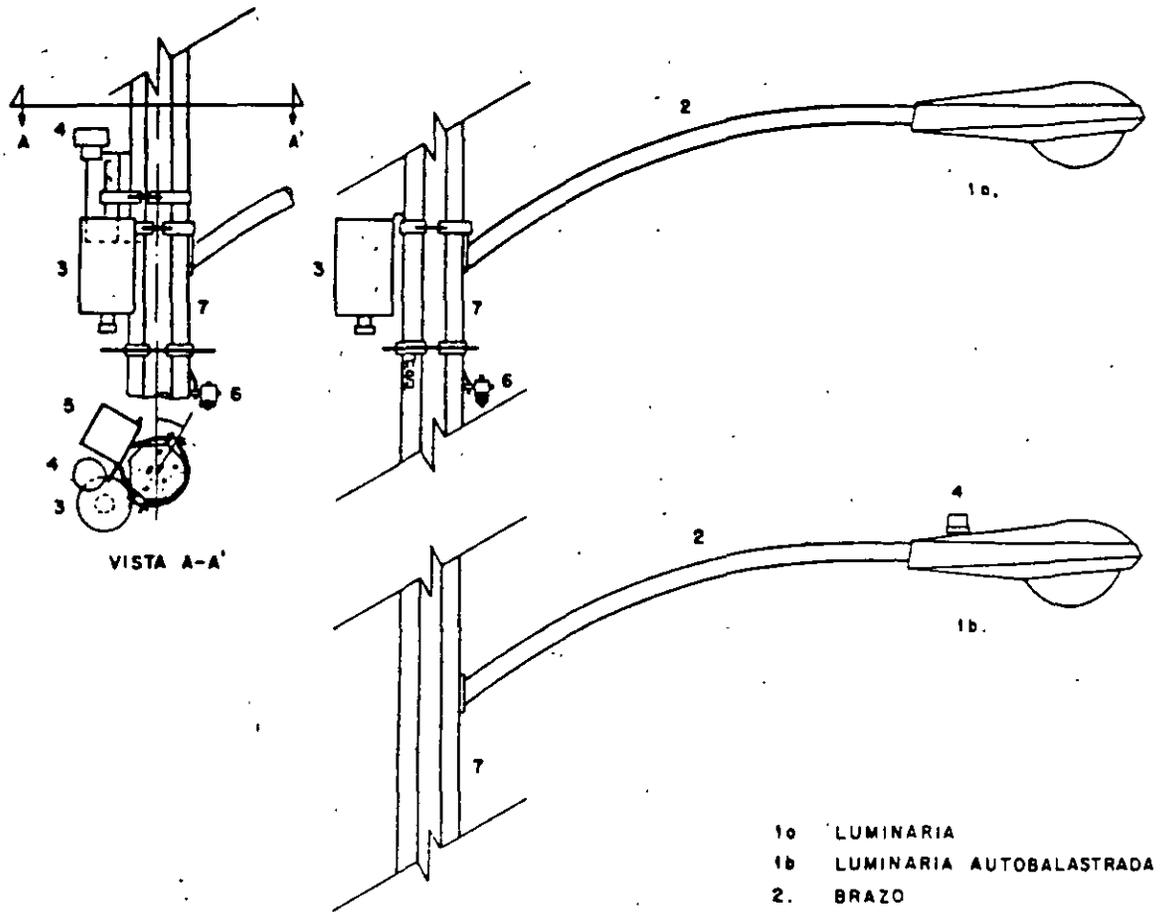
Por otra parte, la inversión aumenta por:

1. La posibilidad de instalar controles de encendido y apagado para cada lámpara.
2. La posibilidad de requerir que algunas operaciones de montaje y/o mantenimiento tengan que ser realizadas por la empresa suministradora.

Obviamente, esta solución sólo se puede considerar en aquellos casos en que la red eléctrica sea del tipo aéreo.

Deberá consultarse la oficina más próxima de la CFE, a fin de elaborar el proyecto en forma conjunta, ya que las alturas de montaje permitidas en este caso, así como la distancia interpostal, están definidas por la geometría de la red eléctrica.

La *figura III-67* muestra una instalación típica en poste de la red eléctrica.



120

NOTA : LA COLOCACION EXACTA DE LA LUMINARIA DEBERA DETERMINARSE DE ACUERDO CON EL PERSONAL TECNICO DE CFE

- 1a. LUMINARIA
- 1b. LUMINARIA AUTOBALASTRADA
- 2. BRAZO
- 3. REACTOR REMOTO
- 4. FOTOCONTROL
- 5. INTERRUPTOR
- 6. LINEA DE ALIMENTACION
- 7. POSTE DE CONCRETO

FIGURA III - 67

- a) MONTAJE DE LUMINARIA CON BALASTRO Y FOTOCONTROL REMOTOS EN POSTE DE CFE
- b) MONTAJE DE LUMINARIA AUTOBALASTRADA EN POSTE DE CFE

Figura III-67

Tabla III-13 POSTES

| TIPO | MODELO | MATERIAL | ALTURA (m) | DIAMETRO BASE (cm) | DIAMETRO CORONA (cm) | MONTAJE | LONGITUD BRAZO (m) | ALTURA MONTAJE (m) | |
|----------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------------|------------|
| CUADRADO | Cónico | Lámina de acero | 4 y 4.5 | 12 | 6.35 | Subrepuesto | 1.8 a 2.5 | 5.2 y 5.7 | |
| | | Lamina de acero | 5 a 7 | 15.24 | 7.62 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 6.2 a 7.2 | |
| | | Lámina de acero | 7.5 a 9.5 | 18.73 | 8.9 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 8.7 a 10.7 | |
| | Con base metálica | Lamina de acero | 10 a 15 | 24.13 a 30.5 | 10.16 a 14 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 11.2 a 16.2 | |
| | | Concreto (ligero) | 6 y 7.5 | 15 y 16.3 | 10 | Con pedestal | 2.4 | 7 y 8.5 | |
| | | Concreto (normal) | 7 a 13 | 23.1 a 30 | 15 | Con pedestal | 2.4 | 8 a 14 | |
| | Para empotrarse | Concreto (ligero) | 6 y 7.5 | 15 y 16.3 | 10 | Empotrado | 2.4 | 7 y 8.5 | |
| | | Concreto (normal) | 7 a 13 | 23.1 a 30 | 15 | Empotrado | 2.4 | 8 a 14 | |
| | | | | | | | | | |
| PUNTA DE POSTE | Tipo de jardín Circular | Lámina de acero | 7 | 15.2 | 5.1 | Sobrepuesto | Sin | 7 | |
| | | Lamina de acero | 4 a 7.5 | 15.25 | 10.16 | Sobrepuesto | Sin | 4 a 7.5 | |
| | | Lamina de acero | 8 a 12 | 16.51 a 26.67 | 10.6 a 15.25 | Sobrepuesto | Sin | 8 a 12 | |
| | | Lamina de acero | 3 a 8 | 15 | 5 | Sobrepuesto | Sin | 3 a 8 | |
| | Alameda para 1 bombillo | Lamina de acero | 5 a 7 | 15.24 | 7.62 | Sobrepuesto | Sin | 5 a 7 | |
| | | Lámina de acero | 7.5 a 9 | 18.73 | 8.9 | Sobrepuesto | Sin | 7.5 a 9 | |
| | San Angel | Lamina de acero | 4.5 | 13 | 5.1 | Sobrepuesto | Sin | 4.5 | |
| | Cuadrado | Lámina de acero | 12 | 28 | 10 | Sobrepuesto | Sin | 12 | |
| | Recto hexagonal | Lámina de acero | 4.5 y 5 | N.R. | N.R. | Con pedestal | Sin | 5.6 y 8.1 | |
| | Tubo recto para niple sin registro | Lámina de acero | 4 a 5 | 7.62 | 7.62 | Sobrepuesto | Sin | 4 a 5 | |
| | | Lamina de acero | 5.5 a 6.5 | 10.16 | 10.16 | Sobrepuesto | Sin | 5.5 a 8.5 | |
| OCTAGONAL | Cónico para niple con y sin registro | Lamina de acero | 4 y 4.5 | 11.8 | 6.35 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 5.2 y 5.7 | |
| | | Lámina de acero | 5 a 7 | 15.6 | 7.62 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 6.2 a 8.2 | |
| | | Lamina de acero | 7.5 a 9.5 | 19 | 8.9 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 8.7 a 10.7 | |
| | | Lamina de acero | 10 y 10.5 | 23.1 | 10.16 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 11.2 y 11.7 | |
| | Tipo Insurgente | Lamina de acero | 6 a 9 | 27.7 | N.R. | Con pedestal | 1.8 y 2.4 | 6.5 a 9.5 | |
| | | Lamina de acero | 6 a 7 | 15.6 | 7.62 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 7.2 a 8.2 | |
| | | Lamina de acero | 7.5 a 9.5 | 19 | 8.9 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 8.7 a 10.7 | |
| | | Lamina de acero | 10 y 10.5 | 23.1 | 10.16 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 11.2 y 11.7 | |
| | Recto con y sin pedestal | Lamina de acero | 7 a 8 | N.R. | N.R. | Con pedestal | 2.4 | 7.6 a 8.6 | |
| | | Lamina de acero | 7 a 8 | 19 | 10 | Sobrepuesto | 1.8 y 2.5 | 8 a 9 | |
| | | Arbitante | Concreto (ligero) | 8.5 y 10.5 | 21 y 24.5 | 13.5 | Con pedestal | 2.4 | 9.5 y 11.5 |
| | | Con base metálica | Concreto (normal) | 7 a 13 | 25 a 35 | 15 | Con pedestal | 2.4 | 8 a 14 |
| | | | Concreto (ligero) | 8.5 y 10.5 | 21 y 24.5 | 13.5 | Empotrado | 2.4 | 9.5 y 11.5 |
| | | | Concreto (normal) | 7 a 13 | 25 a 35 | 15 | Empotrado | 2.4 | 8 a 14 |

PROYECTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO



55

15 05 80

Tabla III 13 (Continuación)

| TIPO | MODELO | MATERIAL | ALTURA (m) | DIAMETRO BASE (cm) | DIAMETRO CORONA (cm) | MONTAJE | LONGITUD BRAZO (m) | ALTURA MONTAJE (m) | |
|--|---|------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------------|------------|
| CIRCULAR | Cónico tipo churubusco Ligero para reflectores | Lámina de acero | N R | 19 | N R | Con pedestal | 18 y 24 | N R | |
| | | Lámina de acero | 6 a 10.5 | 19 | .9 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 6 a 10.5 | |
| | Pesado para reflectores | Lámina de acero | 12 a 21 | 25 a 40 | 10 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 12 a 21 | |
| | | Lámina de acero | 12 a 18 | 30 a 36 | 16 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 12 a 18 | |
| | Tronónico | Lámina de acero | 24 y 30 | 40 y 48 | 30 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 24 y 30 | |
| | | Lámina de acero | 10.3 a 14.7 | 25.8 a 32.7 | 12 | Empotrado | 18 y 24 | N R | |
| | Recto sin pedestal | Lámina de acero | 6.5 a 8 | N R | N R | Sobrepuesto | 2.4 | 7.5 a 8.8 | |
| | Recto con pedestal | Lámina de acero | 6.5 a 8 | N R | N R | Con pedestal | 2.4 | 8 a 9.1 | |
| | Redondo para sobrepone sin pedestal | Lámina de acero | 4 a 5.5 | N R | N R | Sobrepuesto | 2.4 | 4.5 a 6 | |
| | Redondo para sobrepone con pedestal | Lámina de acero | 6 a 7.5 | N R | N R | Sobrepuesto | 2.4 | 6.5 a 8 | |
| | Cónico | Lámina de acero | 4 a 5.5 | N R | N R | Con pedestal | 2.4 | 5 a 6.5 | |
| | | Lámina de acero | 6 a 7.5 | N R | N R | Con pedestal | 2.4 | 7 a 8.5 | |
| | Cónico para un brazo sin registro | Lámina de acero | 7 a 8 | 19 | 10 | Sobrepuesto | 18 y 2.5 | 8 a 9 | |
| | Cónico para niple | Lámina de acero | 5 a 9.5 | 15.6 a 19 | 7.6 a 8.9 | Sobrepuesto | 18 a 2.5 | 6.2 a 10.7 | |
| | | Lámina de acero | 10 y 10.5 | 23.1 | 10.1 | Sobrepuesto | 18 a 2.5 | 11.2 a 11.7 | |
| | LATIGO | Forma parabólica | Lámina de acero | 4 a 7 | 11.8 a 15.6 | 6.35 a 7.6 | Sobrepuesto | 18 a 2.5 | 5.2 a 8.2 |
| | | Circular tipo olimpico | Lámina de acero | 7.5 a 9.5 | 19 | 8.9 | Sobrepuesto | 18 a 2.5 | 8.7 a 10.7 |
| Circular sin pedestal | | Lámina de acero | 10 a 15 | 23.1 a 30 | 10.16 a 13.4 | Sobrepuesto | 18 a 2.5 | 11.2 a 16.2 | |
| Cónico circular para 1 brazo sin registro | | Lámina de acero | 5.3 a 7.3 | 27 | 4.5 a 6.9 | Con pedestal | 18 y 2.4 | 7 a 9 | |
| Cónico circular para niple sin registro | Lámina de acero | 7 a 8 | N R | N R | Sobrepuesto | 18 y 2.4 | 7 a 8 | | |
| Cuadrado tipo olimpico | Lámina de acero | 4 y 4.5 | 11.43 | 6.35 | Sobrepuesto | 18 y 2.5 | 5.2 y 5.7 | | |
| Octagonal sin pedestal | Lámina de acero | 5 a 6 | 15.24 | 7.62 | Sobrepuesto | 18 y 2.5 | 6.2 a 7.2 | | |
| HEXAGONAL | Cónico para niple | Lámina de acero | 4 y 4.5 | 11.43 | 6.35 | Sobrepuesto | 18 y 2.5 | 5.2 y 5.7 | |
| | | Lámina de acero | 5 a 6 | 15.24 | 7.62 | Sobrepuesto | 18 y 2.5 | 6.2 a 7.2 | |

Altura de montaje = Altura del poste más longitud del brazo de acuerdo al ángulo en que se labore el mismo.

N R = No reportado por el fabricante.

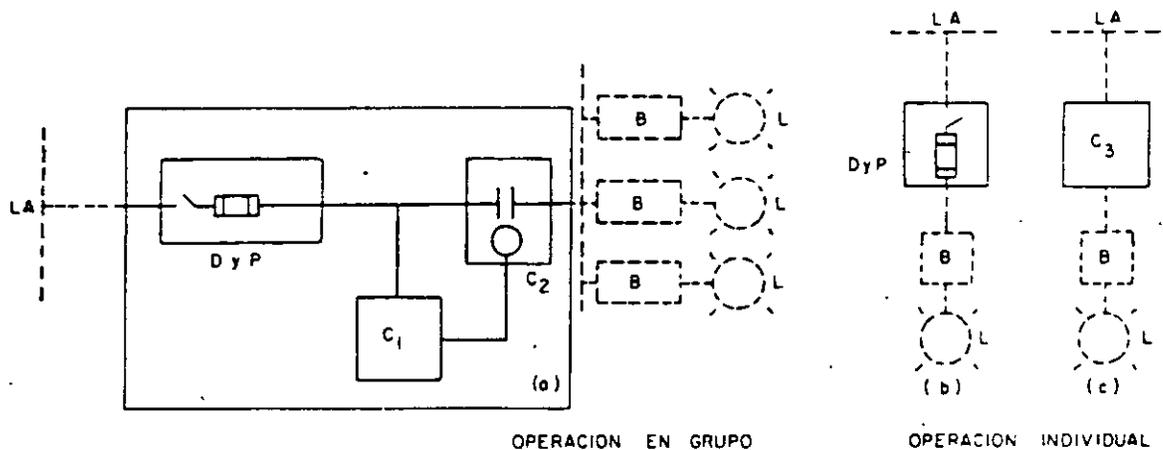




1.5.5 Equipos de control y protección

El control y la protección de los sistemas de alumbrado público puede ser individual o en grupo, manual o automático y se analiza en detalle en la sección III-2.1.

Los equipos que intervienen en las funciones de control y protección se muestran en la figura III-68.



- D Desconexión de la red (interruptor de cuchillas o termomagnético)
- P Protección contra cortocircuito (y sobrecarga si se desea)
- C₁ Sensor del control (fotocontrol, reloj, apagador manual, etc.)
- C₂ Control del encendido y apagado (relevador o contactor)
- C₃ Fotocontrol con fusible para operación y control de una lámpara
- B Balastro
- L Lámpara
- LA Línea de alimentación

Figura III-68

1.5.5.1 Fotocontroles

Son dispositivos sensibles a la luz natural, por lo que permiten encender y apagar las lámparas de un sistema de alumbrado público cuando se alcanza un nivel de iluminación natural prefijado. El fotocontrol puede tener incorporados circuitos o elementos que le permitan complementar su operación:

- Ajuste de los límites de operación en función de la iluminación natural.
- Retardos en la operación para evitar operaciones indebidas por la influencia de la luz proveniente de fanales de automóviles, rayos, oscurecimiento temporal por nubes espesas, etc.

Funcionamiento

A fin de familiarizar al lector con el funcionamiento de los fotocontroles, es conveniente explicar la llamada curva astronómica (*Figura III-69*).

El fotocontrol se ajusta a un valor tal que opere a valores cercanos a los obtenidos para el trazo de la curva astronómica del lugar.

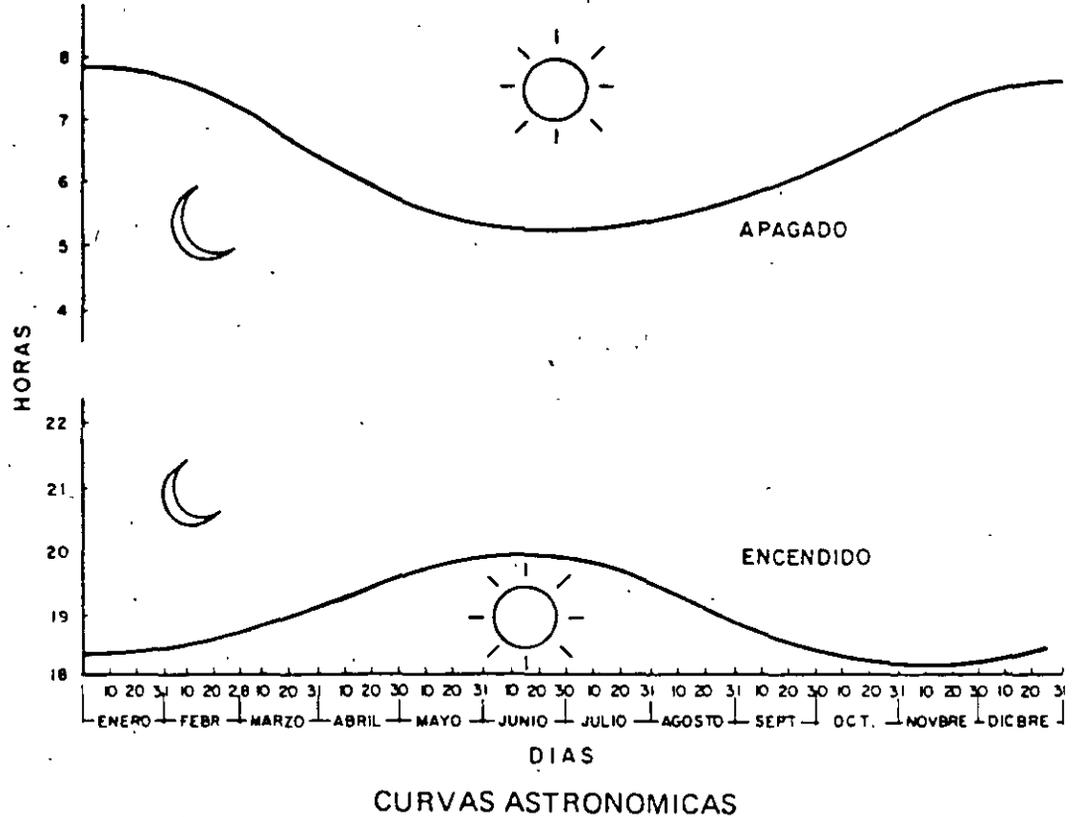


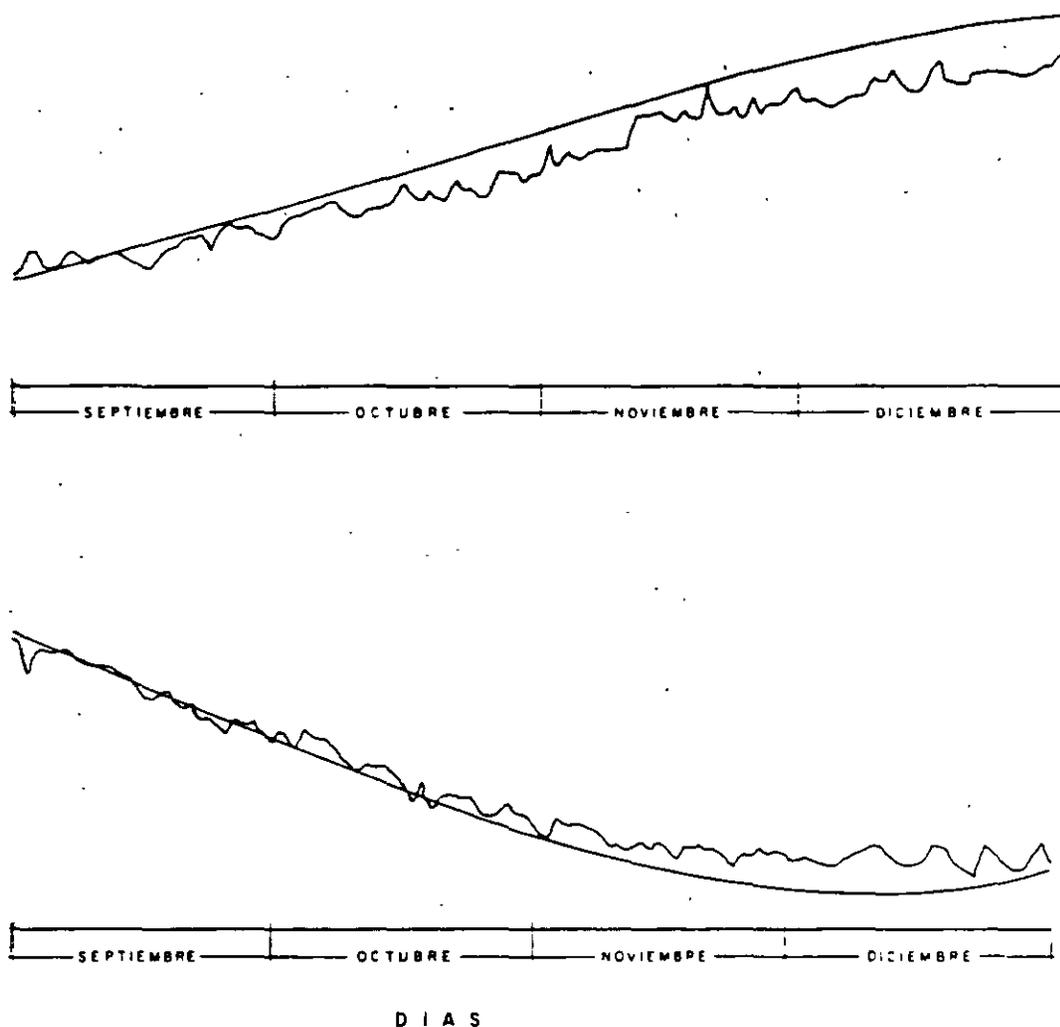
Figura III-69

La luz del sol no empieza en el momento mismo de salir el sol ni se apaga súbitamente cuando se pone. Así, al orto y ocaso del sol precede y antepone una iluminación variable por momentos, denominada crepúsculo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede trazar la curva de este comportamiento durante el año; a esto se le denomina curva astronómica.

En la *figura III-70* Electricité de France graficó el comportamiento de un fotocontrol comparado con la curva horaria, correspondiente a la Ciudad de París. Se observa que el fotocontrol tiene una respuesta muy aproximada a las necesidades de encendido-apagado, por lo que es el medio más adecuado para control de sistemas de alumbrado público.

Existen tres tipos de fotocontroles: fotoconductores, que funcionan por el efecto de la luz



EJEMPLO COMPARATIVO DEL ENCENDIDO SEGUN CELULA FOTOELECTRICA Y
SEGUN CURVA ASTRONOMICA.

Figura III-70

sobre el valor de la resistencia de determinados elementos, como el selenio y el sulfuro de cadmio; autogeneradores, en los cuales se produce una pequeña diferencia de potencial entre sus bornes cuando el elemento sensible es iluminado, como el selenio y óxido de cobre; los fotoemisores, en los cuales el cátodo emite electrones al iluminarse, utilizando para ello litio o sodio.

Todos los fotocontroles tienen el inconveniente de que con el transcurso del tiempo se van insensibilizando, por lo cual deben sustituirse o regularse periódicamente (este período puede estar comprendido entre dos y cinco años, lo que depende del fabricante).

El fotocontrol se debe situar normalmente en el centro de mando de la instalación, en tal

forma que sólo pueda recibir luz diurna; orientado hacia el norte, cuidando que no incida sobre él la luz producida por las lámparas que controla o alguna otra fuente. El fotocontrol también puede instalarse en la parte superior de la luminaria si ésta está diseñada para dicho objetivo.

Es necesario hacer resaltar que dada la velocidad con que varía la iluminancia en los momentos en que se enciende o apaga el alumbrado, no tiene importancia decisiva la localización del fotocontrol, siempre que se tomen las medidas necesarias para que no incida sobre él luz artificial.

Un mismo fotocontrol puede accionar diversos centros de mando, aunque es conveniente que los circuitos correspondan a características similares.

En la *figura III-71* se representa físicamente un fotocontrol y en la *figura III-72* un esquema típico. La *tabla III-14* presenta los diferentes valores característicos disponibles en el mercado.

FOTOCONTROL

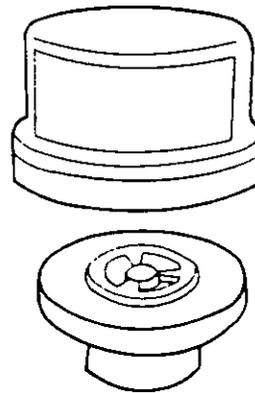


DIAGRAMA BASICO DE CONEXION

Figura III-71

CARACTERISTICAS DE SELECCION

1. Contactos.

Deberán estar protegidos en el interior del fotocontrol, se suministran para una potencia entre 1,000 y 2,000 W, dependiendo de la utilización, con acción instantánea de cierre para evitar cualquier posibilidad de cebado del arco o chisporroteo.



2. Tiempo de retardo.

Deberá tener un tiempo de retardo entre 10 y 50 segundos en el accionamiento del fotocontrol, con el fin de evitar que éste funcione debido a una luz momentánea o a un ensombrecimiento.

3. Orientación direccional.

Para que la máxima respuesta se alcance colocando el fotocontrol hacia el norte (no todas las fotoceldas la requieren).

4. Nivel de ajuste.

Los fotocontroles se suministran con el ajuste realizado en fábrica, que puede variar entre 10 y 45 luxes al encender, pero lo importante es verificar que conserven la relación entre el encendido y apagado de 1 a 3.

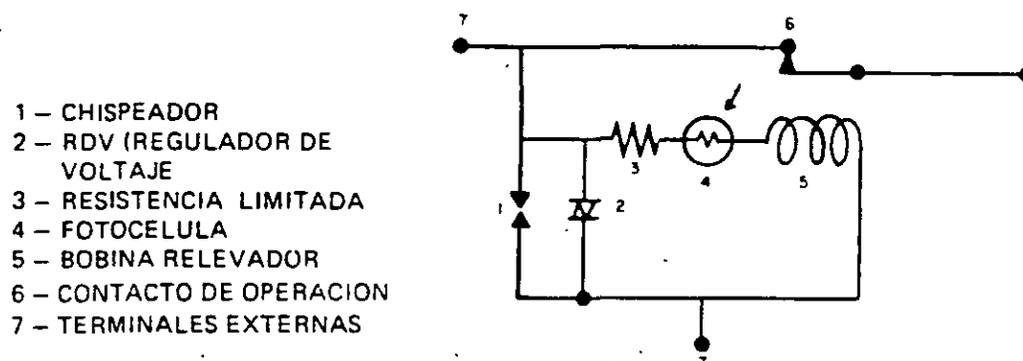


Figura III-72

Calibración nominal, relación encendido-apagado y consumo propio de los fotocontroles nacionales

| Tensión de operación, en volts | Calibración nominal, en luxes | Relación encendido apagado | Consumo propio, en watts |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 127 | 10.767 | 1:3 | 1.5 |
| 127 | 15 ± 20% | < 1:5 | 0.6 |
| 220 | 10.767 | 1:3 | 1.5 |
| 220 | 15 ± 20% | < 1:5 | 1.5 |
| 105 – 130 | 45 | 1:3 | s/d |
| 100 – 280 | 15 ± 20% | < 1:5 | s/d |
| 105 – 285 | 21.5 | s/d | 0.3 |
| 208 – 277 | 45 | 1:3 | s/d |
| 440 | 10.767 | 1:3 | 1.5 |

Tabla III-14



1.5.6 Relojes

El contactor puede ser accionado por medio de relojes de diversas características.

En el alumbrado público se deben utilizar los de operación eléctrica, con reglaje astronómico y escape de áncora.

Los interruptores horarios con reglaje astronómico varían diariamente, en forma automática y continua, la hora en que efectúan el anclaje y desenganche del alumbrado, realizando esta operación a lo largo del año en el momento en que se indica en la curva astronómica correspondiente.

En los interruptores horarios sin reglaje astronómico es necesario ajustar a las curvas astronómicas la hora a la cual accionan el apagado y encendido de la instalación de alumbrado; este ajuste debe efectuarse en períodos comprendidos entre 10 y 20 días como máximo, lo que hace resaltar el problema y costo de esta operación y justifica ampliamente que no se utilicen en alumbrado público los interruptores horarios sin reglaje astronómico.

Cuando se interrumpe la corriente, es necesario que el reloj continúe funcionando, lo que se logra con un dispositivo de resorte para mantener el control. El resorte reserva debe enrollar eléctrica y automáticamente al retornar la corriente, sin necesidad de enrollamiento manual.

128

1.5.7 Combinaciones para alumbrado

Integran en una unidad dos elementos básicos para la protección y el control de circuitos de alumbrado público.

1.5.7.1 Aplicación

Cuando se requiera proteger y controlar desde un punto, uno o varios circuitos de alumbrado, en combinación con algún dispositivo de operación: fotocontrol, reloj, interruptor manual, etc.

1.5.7.2 Características

La *figura III-73* muestra los diagramas de conexión típicos de las combinaciones usadas. Las características eléctricas son:

| <u>Corriente</u> (Amperes) | <u>No. de</u> <u>Polos</u> | <u>Tensión</u> <u>Volts C. A.</u> |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 30 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 60 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 100 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 200 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 300 | 2 a 4 | 120 a 600 |



La capacidad del interruptor termomagnético y de los contactos del contactor está dimensionada para soportar una corriente de arranque de 150 % de la corriente nominal.

La bobina de operación del contactor, generalmente opera a 127 V C.A. y puede estar conectada por medio de una clavija en la parte superior de la caja al fotocontrol.

En ocasiones se ofrecen algunos accesorios opcionales, tales como, contactos auxiliares normalmente abiertos o cerrados, apartarrayos, tabllillas de conexión, etc.

También se pueden usar contactores para cargas de motores, teniendo la precaución de no sobrepasar su capacidad y se originen daños en los contactos.

1.5.7.3 Construcción

El conjunto interruptor-contactor debe alojarse en una caja metálica para uso intemperie y a prueba de lluvia (NEMA 3R), son dispositivos para su montaje en poste y si se especifica, con el fotoncontrol montado en su parte superior. Debe ser suficientemente robusto para soportar los esfuerzos que le transmita la vibración que se produzca en el poste por efecto de impactos o la acción del viento.

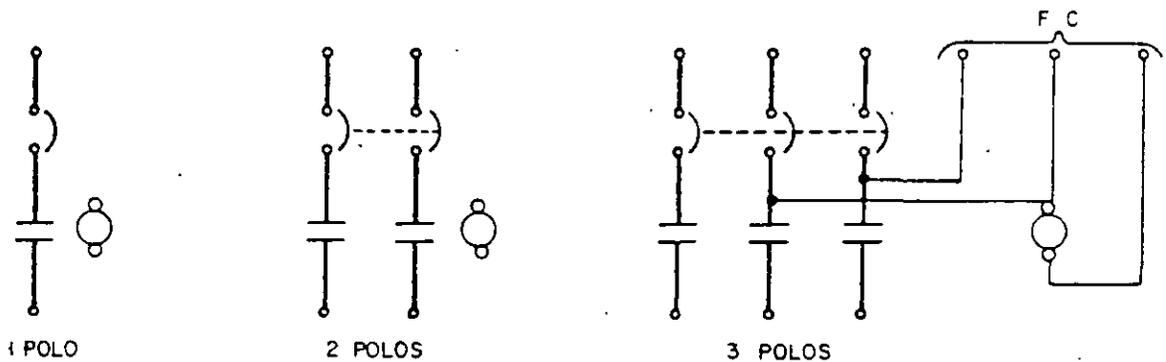


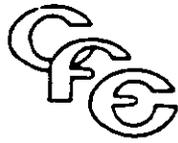
Figura III-73

1.5.8 Interruptores

Los interruptores son aparatos que sirven para interrumpir una corriente eléctrica, con objeto de proteger los equipos que se instalan a continuación de ellos, de sobrecorrientes que pudieran presentarse en las líneas de alimentación.

Para alumbrado público, se utilizan interruptores de navajas con fusibles, o termomagnéticos.

Al encontrarse normalmente a la intemperie, se utilizan cajas o gabinetes con denominación NEMA 3R, los cuales son a prueba de lluvia, ya que fueron diseñados para usarse en exteriores y para proteger al equipo que encierran contra precipitaciones pluviales; al mismo tiempo son resistentes a la corrosión ocasionada por la humedad.

*a) Interruptores de navajas con fusibles (Figura III-74).*

Las capacidades en las que se fabrica este tipo de interruptor son:

| Capacidad, en amperes | Fusible tipo | Número de polos | Tensión, en C.A. | Gabinete Nema |
|--------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 30 | Tapón | 2 | 240 | 3R |
| 30 | Tapón | 3 | 240 | 3R |
| 30 | Tapón | 2 | 240 | 3R |
| 30 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |
| 60 | Cartucho | 2 | 240 | 3R |
| 60 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |
| 100 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |
| 200 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |

b) Interruptores termomagnéticos en gabinete (Figura III-75).

Se pueden conseguir de las siguientes capacidades:

| Capacidad, en amperes | Número de polos | Tensión, en C. A. | Gabinete Nema |
|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| 15 | 1 | 120 | 3R |
| 15 | 2 | 240 | 3R |
| 15 | 3 | 240 | 3R |
| 15 | 3 | 600 | 3R |
| 20 | 1 | 120 | 3R |
| 20 | 2 | 240 | 3R |
| 20 | 3 | 240 | 3R |
| 20 | 3 | 600 | 3R |
| 30 | 1 | 120 | 3R |
| 30 | 2 | 240 | 3R |
| 30 | 3 | 240 | 3R |
| 30 | 3 | 600 | 3R |
| 40 | 1 | 120 | 3R |
| 40 | 2 | 240 | 3R |
| 40 | 3 | 240 | 3R |
| 40 | 3 | 600 | 3R |
| 50 | 1 | 120 | 3R |
| 50 | 2 | 240 | 3R |
| 50 | 3 | 240 | 3R |
| 50 | 3 | 600 | 3R |
| 70 | 2 | 240 | 3R |
| 70 | 3 | 240 | 3R |
| 70 | 3 | 600 | 3R |
| 100 | 2 | 240 | 3R |
| 100 | 3 | 240 | 3R |
| 100 | 3 | 600 | 3R |



INTERRUPTOR
TERMOMAGNETICO
EN GABINETE

INTERRUPTOR
DE NAVAJAS
CON FUSIBLES

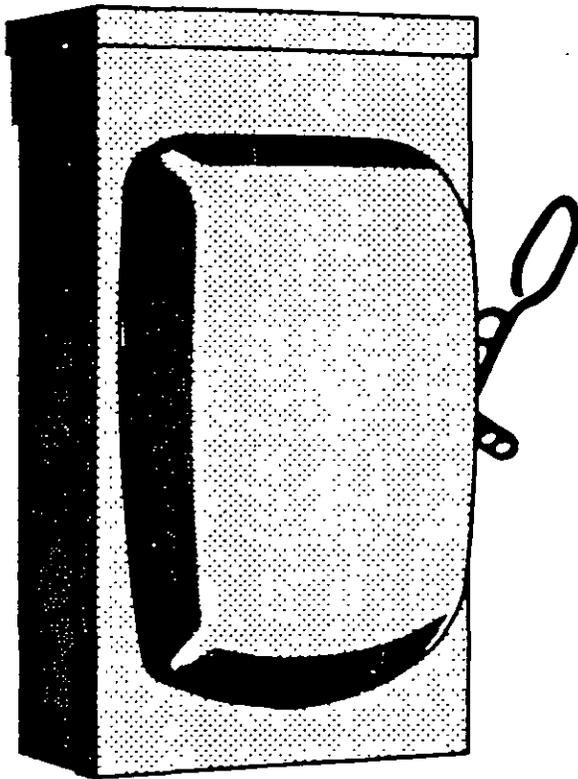


Figura III-74

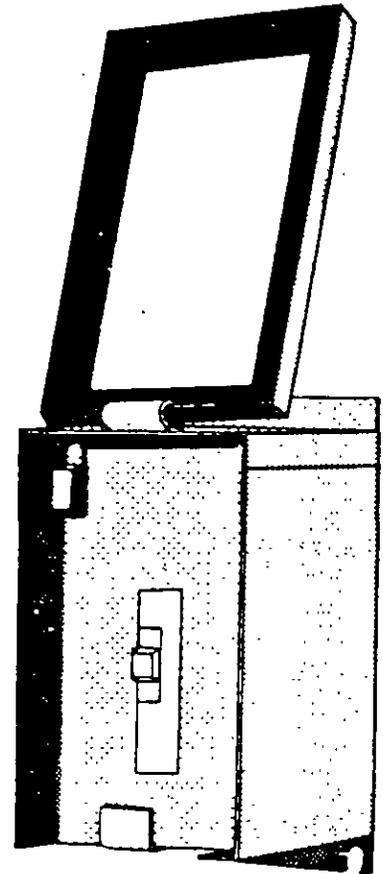


Figura III-75

CALCULO DE CONDUCTORES

Se va a iluminar una calle donde la compañía suministradora de energía eléctrica proporciona una línea trifásica de 13,200V, tipo aérea, con transformadores monofásicos de 10 KVA.

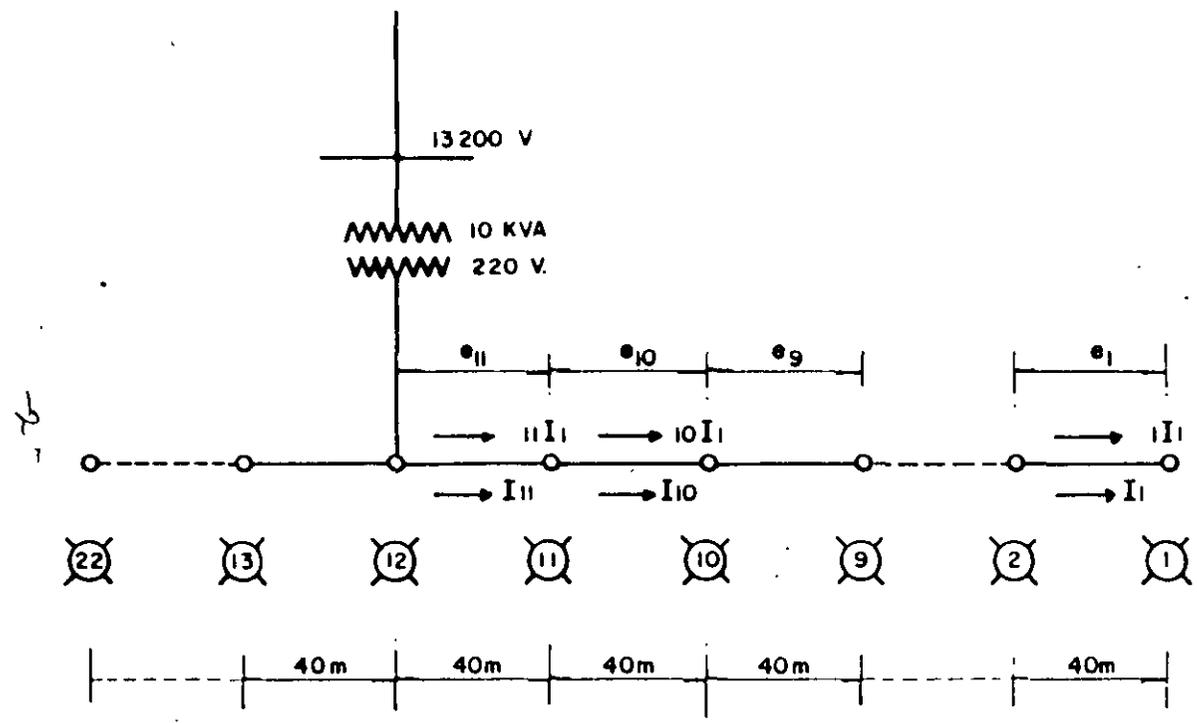
Los luminarios se instalarán en los mismos postes de la compañía suministradora, los cuales están espaciados regularmente a 40m, por lo tanto; se tiene un arreglo lateral y se colocará una luminaria por poste. El control y la alimentación se hará por grupo para un máximo de 23 luminarios.

DATOS:

| | |
|----------------------------------|-------------|
| No. de luminarios - - - - - | 198 |
| Tipo de lámpara - - - - - | Sodio A.P. |
| Potencia - - - - - | 250 W |
| Pérdidas - - - - - | 50 W |
| Factor de potencia - - - - - | 0.9 (-) |
| Balastro autorregulado - - - - - | 60 Hz, 220V |

DESARROLLO:

- 1°. Verificar si un transformador de 10 KVA, puede llevar la carga de 23 luminarios.



67

$$\frac{(\text{No. luminarios}) \times (\text{Potencia del luminario})}{\text{FACTOR DE POTENCIA}} = \frac{(23) (300)}{0.9} = 7.66 \text{ KVA.}$$

2°. Determinar el No. de transformadores requeridos.

$$\frac{198 \text{ Luminarios}}{23 \text{ LUM/TRANSFORMADOR}} = 8.6$$

$$\text{No. de transformadores} = 9$$

3°. Reagrupar el No. de luminarios por transformador.

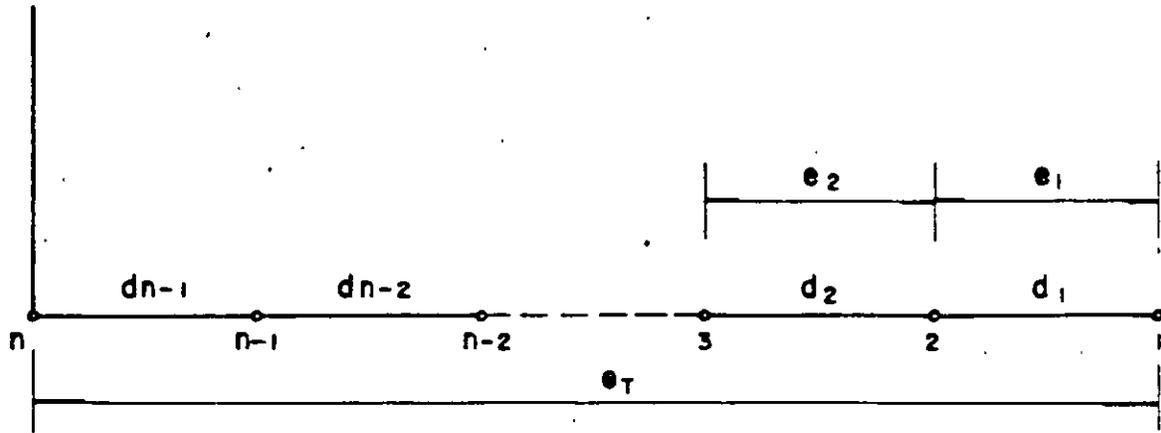
$$\frac{198 \text{ Luminarios}}{9 \text{ Transformadores}} = 22 \text{ Luminarios/Transformador}$$

4°. Localización de transformadores.

La localización del transformador se hará al centro de cada grupo de 22 postes. La alimentación a cada luminario se hará de acuerdo al siguiente arreglo.

5ª CALCULO APROXIMADO DE CONDUCTORES.

69



CONSIDERANDO LA MISMA POTENCIA PARA TODAS LAS LAMPARAS :

$$e_2 = \frac{e_1 d_2}{d_1} + e_1 \frac{d_2}{d_1} = 2e_1 \frac{d_2}{d_1}$$

$$e_3 = 3e_1 \frac{d_3}{d_1}$$

$$e_n = ne_1 \frac{d_n}{d_1}$$

$$e_T = \sum_{i=1}^n e_i = \sum_{j=1}^n \frac{j e_1 d_j}{d_1} = \frac{e_1}{d_1} \sum_{j=1}^n j d_j \quad \dots$$

$$\frac{e_T d_1}{\sum_{j=1}^n j d_j} = e_1 \quad A_1 = f(e_1, I_1, V, d_1)$$

Si $d_1 = d_2 = \dots = d_n \quad \dots$

$$e_T = \frac{e_1}{d_1} \sum_{j=1}^n j d_j = e_1 \sum_{j=1}^n j = e_1 \frac{n(n+1)}{2}$$

- 4 -

$$e_1 = \frac{(e_T)(2)}{(n)(n+1)}$$

PARA NUESTRO CASO EN QUE LA DISTANCIA INTERPOSTAL ES LA MISMA, TENEMOS:

$$e_1 = \frac{2 e_T}{n(n+1)}$$

e_T = MAXIMA CAIDA DE TENSION PERMITIDA A LO LARGO DE LAS 11 LUMINARIAS.

$$e_T = 5 \%$$

$$e_n = \frac{10}{11(12)} = 0.07575 \%$$

$$e_n = n e_1 \frac{dn}{dl} \quad . \quad .$$

$$e_{11} = 11 e_1 \frac{40}{40} \quad . \quad .$$

$$e_{11} = 0.833 \%$$

PARA CALCULAR LA SECCION DE UN CONDUCTOR QUE NOS PERMITA LAS CAIDAS DE TENSION ESPECIFICADAS, PARA CADA TRAMO DE ALIMENTACION DE LUMINARIAS, SE PUEDEN APLICAR DIFERENTES METODOS ENTRE ELLOS :

$$A = \frac{4 I L}{V_n e} \quad \text{PARA CIRCUITOS MONFASICOS 2 HILOS.}$$

DONDE : A = AREA DEL CONDUCTOR EN mm^2

I = CORRIENTE NOMINAL EN EL TRAMO QUE SE ANALIZA.

L = LONGITUD DEL TRAMO DE CONDUCTOR QUE SE ANALIZA

V_n = VOLTAJE NOMINAL DE LA LAMPARA.

e = PORCIENTO DE CAIDA DE TENSION DEL TRAMO QUE SE ANALIZA.

O BIEN APLICANDO EL FACTOR DE CAIDA DE TENSION UNITARIA

$$F_c = \frac{e \times 10 \times V}{L \times I}$$

- DONDE :
- F_c = FACTOR DE CAIDA DE TENSION UNITARIA
 - e = PORCIENTO DE CAIDA DE TENSION PERMITIDA EN EL TRAMO QUE SE ANALIZA
 - V = TENSION DE LA LAMPARA
 - L = LONGITUD INTERPOSTAL DEL TRAMO QUE SE ANALIZA
 - I = CORRIENTE QUE PASA POR EL TRAMO QUE SE ANALIZA

PARA DESARROLLAR CUALQUIERA DE LAS FORMULAS ANTERIORES, ES NECESARIO CONOCER LAS CORRIENTES EN CADA TRAMO :

$$I_1 = \frac{\text{POTENCIA DE LAMPARA + PERDIDAS EN BALASTRO}}{\text{VOLTAJE NOMINAL DE LUMINARIO POR FACTOR DE POT. DEL LUM.}}$$

$$I_1 = \frac{250 + 50}{(220)(0.9)} = 1.515 \text{ A.}$$

$$I_n = n I_1$$

$$I_{11} = 11(1.515) = 16.66 \text{ A}$$

$$\text{SI } A = \frac{4 I L}{V n e} \therefore$$

$$\text{PARA EL LUMINARIO 1 TENEMOS : } A_1 = \frac{4 I_1 L_1}{V n e_1}$$

$$A = \frac{4(1.515)(40)}{220(0.07575)} = 14.5 \text{ mm}^2$$

DE TABLA 1.4 TENEMOS QUE EL CONDUCTOR QUE SELECCIONADO SERA EL No. 4 AWG.

PARA EL LUMINARIO No. II TENEMOS :

$$A = \frac{4(11)(1.515)(40)}{220(0.833)} = 14.5 \text{ mm}^2$$

APLICANDO LA FORMULA DE FACTOR DE CAIDA DE TENSION UNITARIA TENEMOS:
PARA EL LUMINARIO I

$$F_c = \frac{e_1 \times 10 \times V}{L_1 \times I_1} = \frac{(0.07575)(10)(220)}{(40)(1.515)} = 2.75$$

CONSULTANDO LA TABLA "A" TENEMOS UN CONDUCTOR CALIBRE No. 4 AWG.
PARA EL LUMINARIO II

$$F_c = \frac{10 e_{II} \times V}{L_{II} \times I_{II}} = \frac{10(0.833)(220)}{40(16.66)} = 2.75$$

SI CONSIDERAMOS EL CONDUCTOR CALIBRE 4 AWG., SE CALCULA EL PORCIENTO DE CAIDA DE TENSION REAL EN CADA TRAMO.

$$e_1 = \frac{F_c L_1 I_1}{10 V} = \frac{1.919 \times 40 \times 1.515}{(10)(220)} = 0.0528$$

$$e_T = \frac{n(n+1)}{2} e_1 = 3.488 \%$$

ESTOS METODOS SON MUY APROXIMADOS, SI SE DESEA TENER CALCULOS MAS EXACTOS, SE PARTE DE ESTE CONDUCTOR PARA APLICAR LA SIGUIENTE FORMULA

$$e = I (R \cos \theta + X \sin \theta) \times 2$$

$$e_1 = 2 I_1 (R_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta)$$

$$R_1 = ? = 0.04037 \ \Omega$$

$$X_1 = ?$$

$$\theta = ?$$

DE TABLA 1.4 $R = 0.83 \ \Omega / \text{Km}$ a 20°C

ENTRE EL LUMINARIO 1 y 2 HAY UN TRAMO DE 40 m. . .

$$R_1 = 0.83 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times \frac{1 \text{ Km}}{1000 \text{ m}} \times 40 \text{ m}$$

$$R_1 = 0.0332 \ \Omega \text{ a } 20^\circ \text{C}$$

CORRIGIENDO A 75°C

$$R_{1N} = R_1 \frac{T_N + 234.5}{T + 234.5}$$

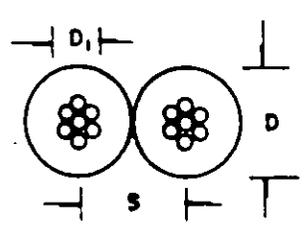
$$R_{1N} = 0.0332 \frac{75 + 234.5}{20 + 234.5}$$

$$R_{1N} = 0.04037 \ \Omega$$

$X = 2\pi f L$ PERO L DE TABLA B TENEMOS :

$$L = 2 \times 10^{-4} L_n \frac{\text{DMG}}{\text{RMG}}$$

ARREGLO DE CONDUCTORES .



$S = \text{DMG} = \text{DISTANCIA MEDIA GEOMETRICA}$

$D = \text{DIAMETRO EXT. DEL CONDUCTOR C/AISLAMIENTO}$

$D_1 = \text{DIAMETRO EXT. DEL CONDUCTOR S/AISL}$

$$D = 9.4 \text{ mm.}$$

$$D_1 = 5.41 \text{ mm.}$$

$$S = D = 9.4 \text{ mm. (DE TABLA B)}$$

r = RADIO DEL CONDUCTOR

$$r = \frac{D_1}{2} = \frac{5.41}{2} = 2.705 \text{ mm.}$$

DE TABLA D

$$RMG = 0.726 r = 0.726 \times 2.705 = 1.9638 \text{ mm.}$$

APLICANDO LA FORMULA

$$L = 2 \times 10^{-4} \text{ Ln } \frac{DMG}{RMG} = 2 \times 10^{-4} \text{ Ln } \frac{9.4}{1.9638}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \text{ Ln } 4.7866 \frac{\text{HENRIOS}}{\text{KM.}}$$

$$\text{PARA 40 m TENEMOS: } L = 2 \times 10^{-4} \text{ Ln } 4.7866 \frac{\text{H}}{\text{KM}} \frac{1 \text{ KM}}{1000 \text{ M.}} \times 40 \text{ m}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \text{ Ln } 4.7866 \times 0.04 \text{ H}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \times 1.5658 \times 0.04 \text{ H}$$

$$L = 0.2526 \times 10^{-5} \text{ H}$$

$$X = 2 \pi f L = 2 (3.1416) (60) (1.2526 \times 10^{-5})$$

$$X = 472.219 \times 10^{-5}$$

$$X = 0.00472219 \text{ } \Omega$$

CALCULO DEL ANGULO DE DEFASAMIENTO

FACTOR DE POTENCIA DE LUMINARIO = 0.9

ANG. $\cos (0.9) = \theta = 25.84^\circ \therefore$

$\cos \theta = 0.9$

$\text{sen } \theta = 0.4358$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACION

$e_i = 2 I_i (R \cos \theta + X \text{sen } \theta)$

$e_i = 2 (1.515) (0.04037 \times 0.9 + 0.00472219 \times 0.4358)$

$e_i = 0.116 \text{ VOLTS}$

$e_T = \frac{n(n+1)}{2} e_i = 7.66 \text{ v.}$

$e_T (\%) = \frac{7.66}{220} \times 100 = 3.48 \%$

TABLA B CASO I

FORMULAS DE CALCULO DE LA INDUCTANCIA TOTAL (H/Km)

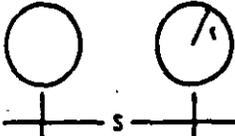
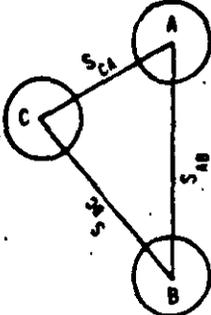
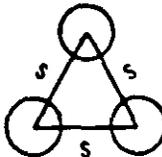
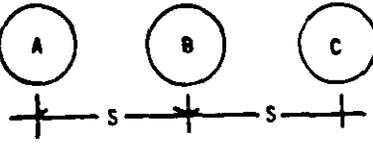
| | |
|---|---|
|  $L_m = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{S}{RMG} \quad (6.3)$ |  <p>El valor medio de la inductancia total del sistema es:</p> $L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} \quad (6.5)$ <p>donde DMG es la distancia media geométrica y queda definida como:</p> $DMG = \sqrt[3]{S_{AB} \times S_{BC} \times S_{CA}} \quad (6.5')$ <p>$S_{AB} \neq S_{BC} \neq S_{CA}$ Formación triangular</p> |
| <p>Formación triangular equidistante</p>  <p>$L = L_A = L_B = L_C$</p> $L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{S}{RMG} \quad (6.4)$ |  <p>El valor medio de la inductancia total es:</p> $L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG}$ <p>donde $DMG = \sqrt[3]{2} \times S \quad (6.6)$</p> <p>Formación plana</p> |

TABLA C

CONSTRUCCIONES PREFERENTES DE CABLE DE COBRE CON CABLEADO REDONDO COMPACTO

| Designación mm ² | AWG o MCM | Área de la sección transversal, mm ² | Número de alambres | Diámetro exterior nominal, mm | Peso nominal kg/km |
|--------------------------------|--------------|--|-----------------------|----------------------------------|--------------------------|
| — | 8 | 8.37 | 7 | 3.40 | 75.9 |
| — | 6 | 13.30 | 7 | 4.29 | 120.7 |
| — | 4 | 21.15 | 7 | 5.41 | 191.9 |
| — | 2 | 33.6 | 7 | 6.81 | 305 |
| — | 1 | 42.4 | 19 | 7.59 | 385 |
| 50 | — | 48.3 | 19 | 8.33 | 438 |
| — | 1/0 | 53.5 | 19 | 8.53 | 485 |
| — | 2/0 | 67.4 | 19 | 9.55 | 612 |
| 70 | — | 69.0 | 19 | 9.78 | 626 |
| — | 3/0 | 85.0 | 19 | 10.74 | 771 |
| — | 4/0 | 107.2 | 19 | 12.06 | 972 |
| — | 250 | 126.7 | 37 | 13.21 | 1149 |
| 150 | — | 147.1 | 37 | 14.42 | 1334 |
| — | 300 | 152.0 | 37 | 14.48 | 1379 |
| — | 350 | 177.3 | 37 | 15.65 | 1609 |
| — | 400 | 203 | 37 | 16.74 | 1839 |
| 240 | — | 239 | 37 | 18.26 | 2200 |
| — | 500 | 253 | 37 | 18.69 | 2300 |
| — | 600 | 304 | 61 | 20.6 | 2760 |
| — | 750 | 380 | 61 | 23.1 | 3450 |
| — | 800 | 405 | 61 | 23.8 | 3680 |
| — | 1000 | 507 | 61 | 26.9 | 4590 |

77

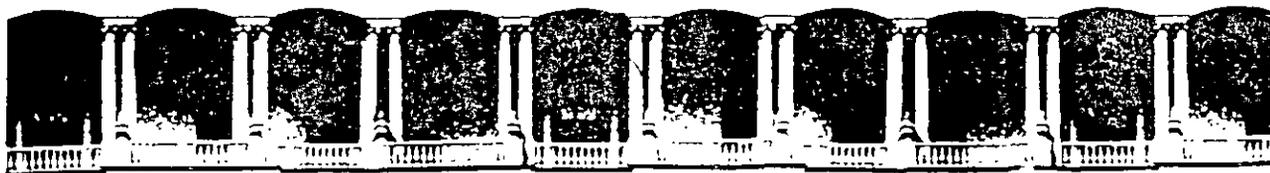
TABLA D
RADIO MEDIO GEOMETRICO DE CONDUCTORES USUALES

| Construcción del conductor | RMG |
|----------------------------|--------|
| Alambre sólido | 0.779r |
| Cable de un solo material | |
| 7 hilos | 0.726r |
| 19 hilos | 0.758r |
| 37 hilos | 0.768r |
| 61 hilos | 0.772r |
| 91 hilos | 0.774r |
| 127 hilos | 0.776r |

r = Radio del conductor

TABLA I.4
RESISTENCIA ELECTRICA DE CONDUCTORES DE COBRE

| | CALIBRE AWG MCM | AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL (mm ²) | NUMERO DE HILOS | RESISTENCIA ELECTRICA C. D. 20°C (OHMS/KM) |
|--------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|---|
| A L A M B R E S | 18 | 0.823 | — | 21.0 |
| | 16 | 1.308 | — | 13.2 |
| | 14 | 2.08 | — | 8.27 |
| | 12 | 3.31 | — | 5.22 |
| | 10 | 5.26 | — | 3.28 |
| C A B L E S | 18 | 0.823 | 7 | 21.3 |
| | 16 | 1.308 | 7 | 13.42 |
| | 14 | 2.08 | 7 | 8.45 |
| | 12 | 3.31 | 7 | 5.32 |
| | 10 | 5.26 | 7 | 3.35 |
| | 8 | 8.37 | 7 | 2.10 |
| | 6 | 13.30 | 7 | 1.322 |
| | 4 | 21.15 | 7 | 0.830 |
| | 2 | 33.6 | 7 | 0.523 |
| | 1/0 | 53.5 | 19 | 0.329 |
| B L A N D O | 2/0 | 67.4 | 19 | 0.261 |
| | 3/0 | 85.0 | 19 | 0.207 |
| | 4/0 | 107.2 | 19 | 0.1640 |
| | | | | |
| E S T A D O | 250 | 126.7 | 37 | 0.1390 |
| | 300 | 152.0 | 37 | 0.1157 |
| | 350 | 177.4 | 37 | 0.0991 |
| | 400 | 202.7 | 37 | 0.0867 |
| | 500 | 253.3 | 37 | 0.0685 |
| | 600 | 304.1 | 61 | 0.0578 |
| | 750 | 380.0 | 61 | 0.0463 |
| | 1000 | 506.7 | 61 | 0.0348 |
| | 1250 | 633.3 | 91 | 0.0278 |
| | 1500 | 760.1 | 91 | 0.0232 |



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

CURSOS ABIERTOS

**ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES
Y ÁREAS EXTERIORES**

TEMA:

APENDICE 2 (NORMAS DEL D.D.F.)

1997



22

APENDICE 2

NORMAS DEL D.D.F.

- Normas para levantamientos topográficos y localización de postes y arbotantes para alumbrado público/Dirección General de Servicios Urbanos/Sección de Normas y Especificaciones/Octubre de 1973.
- Normas de Obra Civil/Dirección General de Servicios Urbanos/Sección de Normas y Especificaciones/Octubre de 1963—Noviembre de 1974.

-
- NORMAS PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y LOCALIZACION DE POSTES Y ARBOTANTES PARA ALUMBRADO PUBLICO.

I. LEVANTAMIENTO PARA POSTES DE ALUMBRADO PUBLICO

381

1. GENERALIDADES

1.1 Información preliminar

Al topógrafo designado para el levantamiento topográfico de una Red de Alumbrado Público, se le deberá proporcionar la información completa, acerca de la localización general de los puntos iniciales y terminales de la Red de Alumbrado Público, del tipo de postes, levantamiento de primera o de segunda importancia, según párrafos 2.1 y 2.2, datos que serán comunicados por la Ofna. de Alumbrado Público.

1.2 Reconocimiento de terreno

El topógrafo procederá junto con un representante de la Ofna. de Alumbrado Público un reconocimiento del posible trazo, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

1.2.1 *Tipo de levantamiento por efectuar.*

1.2.2 *Fijación de puntos obligados.*

1.2.3 *Evitar en lo posible accidentes topográficos.*

1.2.4 *Considerar la localización que parezcan convenientes por razones técnicas o por facilidades de paso.*

1.2.5 *Indicar las alternativas que parezcan convenientes por razones técnicas o por facilidades de paso.*

1.3 Trazo preliminar

Realizado el reconocimiento general del terreno, se efectuará un trazo preliminar sin detalles, que permitan a la Oficina de Alumbrado Público formarse una idea aproximada, de la localización, dirección y longitud de la futura red de Alumbrado Público.

El trazo se indicará en un croquis que contenga además:

1.3.1 *Los terrenos atravesados y dificultades encontradas.*



1.3.2 *Las calles que toca el trazo y la cercanía a otras.*

1.3.3 *Líneas eléctricas, de telecomunicación, cruzadas o paralelas al trazo a una distancia menor de 100 mts. a cada lado de la red de alumbrado público.*

1.3.4 *Obstáculos que condicione el trazo (casas, canteras propiedades cerradas, etc.).*

382

El croquis se elaborará a una escala de 1: _____* para redes de alumbrado público de _____ Km. de longitud y 1: _____ para mayores.

1.4 Recomendaciones para el trazo.

Durante el reconocimiento y el estudio para el trazo, el topógrafo deberá tener presente las recomendaciones siguientes:

1.4.1 *Realizar alineamientos lo más largo posible y evitar ángulos grandes.*

1.4.2 *Al localizar los vértices, es importante tener presente el tipo de poste con objeto de dejar el espacio necesario para las bases, y evitar interferencias con cercas líneas, de fuerza, caminos, etc.*

1.4.3 *Todos los cruzamientos de la red de alumbrado con las líneas de comunicación de potencia, FF.CC., carreteras y caminos se deben efectuar en ángulo recto o tan cerca del ángulo recto como sea posible y evitar hacerlo a menos de 45°.*

1.4.4 *No implantar postes en cruzamientos con las vías férreas, caminos y calles a una distancia inferior a la altura de poste que se estime instalar.*

1.4.5 *Se deberá evitar en lo posible localizar el trazo en laderas que pueda deslizarse o en terrenos de relleno o blando. En caso contrario deberá anotar en los planos respectivos.*

* En todos los casos en que figure Escala 1:, ésta es a especificar.



2. LEVANTAMIENTO DEFINITIVO

2.1 Levantamientos de primera importancia.

Se ejecutará el levantamiento con tránsito y cinta por lo que respecta a planimetría y con nivel fijo o el tránsito utilizándolo como nivel, por lo que respecta a altimetría.

2.2 Levantamiento de segunda importancia

Se usará el método estadimétrico, comprobando las lecturas hacia atrás y hacia adelante, para cerciorarse de que las distancias no se exceden de las tolerancias marcadas por el mismo método y las permitidas por la aproximación del aparato usado.

2.3 El método de caminamiento será:

2.3.1 Azimutes astronómicos directos, referidos a un meridiano fijo que pasa por el punto de partida.

2.3.2 Caminamientos por deflexiones.

De estos dos métodos se recomienda el primero, por ser más sencillo y tener menos probabilidades de su error.

383

2.4 Trazo definitivo.

La disposición del trazo se hará con ayuda de estacas de estación numerada y centradas en cantidad de cinco por cada 200 metros cuando menos. La cabeza de la estaca se pintará de amarillo para su fácil identificación. En caso de que el terreno sea de pavimento se ejecutará una marca en el mismo color rojo, marcando el centro del mismo.

2.4.1 La red de alumbrado deberá pasar por los puntos del trazo preliminar, excepto con las modificaciones que en su caso indique la Ofna. de Alumbrado Público.

2.5 Linderos de propiedades.

Los linderos de las propiedades se deben de localizar en el punto del cruce, debiendo de registrar la siguiente información:

2.5.1 Distancia del lindero a la estación más cercana del trazo.

2.5.2 Rumbo del lindero.

2.5.3 Nombre y dirección del propietario.

2.6 Edificio y obstrucciones.

Se deben describir completamente y ligar topográficamente todos los edificios árboles de



altura considerable y obstrucciones similares, que estén dentro de 5 metros de la red de alumbrado público.

2.7 Vértices y deflexiones.

La línea del levantamiento en el plano, se debe mostrar interrumpida en los vértices y señalar con una flecha apuntando a derecha o izquierda, según el giro del ángulo.

En todos los vértices en el plano se debe indicar la estación número que le corresponda, así como la magnitud del ángulo en grados y minutos y el kilometraje correspondiente.

Se deberá determinar el rumbo de las redes.

2.8 Datos adicionales en el perfil.

A lo largo del caminamiento, se tomarán puntos intermedios entre las estaciones consecutivas, de preferencia en los lugares en que cambie la pendiente del terreno, y con menor detalle en los puntos prominentes, así como en las hondonadas.

Estas observaciones, se harán con detalles de consideración en calles, carreteras, vías ferreas, líneas de energía eléctrica telefónica, o telegráficas, etc.

384

2.9 Cruzamientos

2.9.1 Ferrocarriles.

- a) Nombre del ferrocarril y su sentido.
- b) Estación y kilometraje en el eje de las vías.
- c) Angulo de intersección.
- d) Elevación de los rieles.
- e) Kilometraje de la vía férrea en el punto cruzado.
- f) Altura de los conductores telegráficos cruzados superior e inferior.
- g) Distancia a la estructura de telégrafos en cada lado de la intersección.
- h) Cuando la red sigue paralela al ferrocarril, se debe dar la distancia desde el eje del levantamiento, hasta los linderos de los derechos de vía. En troncal o espuela, se deberá indicar el kilometraje de la vía principal en el entronque y la longitud del entronque o espuela al cruce con el trazo.

2.9.2 Calles y carreteras.

Se deben localizar todos los cruzamientos con calles y carreteras, registrando la siguiente información:

- a) Nombre de la carretera.
- b) Estación en el eje de la calle.



- c) Angulo de intersección.
- d) Ancho del derecho de vía.
- e) Tipo de la superficie de rodamiento (asfalto, terracería, tierra, etc.).
- f) Ancho entre los acotamientos.
- g) Elevación tanto del centro como de los acotamientos.
- h) Se debe indicar si la carretera es primaria, secundaria o camino vecinal.
- i) Cuando el trazo vaya paralelo a la calle o carretera, se debe dar la distancia del eje del levantamiento a las cercas de los derechos de vía.

2.9.3 Líneas de energía y comunicación.

En los planos generales de localización del trazo, se deben mostrar todas las líneas de energía, de teléfono, de telégrafo y de señales, incluyendo las líneas de comunicación de los ferrocarriles, que queden dentro de 5 metros a los lados de la red de alumbrado.

Se deben localizar todos los cruzamientos de las líneas de energía y de comunicación registrándose la siguiente información:

- a) Nombre de la Línea.
- b) Estación en la intersección del eje.
- c) Angulo de intersección.
- d) Distancia del eje de la red en cada lado de la intersección.
- e) Número de alambres que se cruzan.
- f) Voltaje, tipo de servicio (teléfono, energía, telégrafo, etc.).

385

2.9.4 Canales.

Se deben localizar todos los canales, y drenes, registrándose la siguiente información:

- a) Estación a la altura de la superficie del canal.
- b) Estación en las orillas del canal.

2.10 Levantamiento de alternativas o modificaciones

Cuando se tengan que elaborar levantamientos para modificaciones o alternativas, se deberá registrar la siguiente información:

- a) Estación del trazo definitivo con el kilometraje exacto en el punto de partida y llegada de la modificación.
- b) Angulo y dirección de la deflexión de los puntos de partida y llegada.
- c) Elevación de las estaciones de los puntos de partida y llegada.

La diferencia de cotas entre el levantamiento original y la modificación deberán ser las mismas.

Así mismo deberá registrar toda la información indicada para el trazo definitivo.

2.11 Derechos de vía de la red de alumbrado público

Es importante que al efectuar un levantamiento se vigile que la faja de terrenos correspondiente al derecho de vía, no invada otros derechos de vía o bien a construcciones de cualquier índole, salvo casos extremos, en cuyo caso se localizarán en la planta del trazo para que la oficina de alumbrado público juzgue si es más conveniente desplazar o cambiar la dirección del trazo.

A continuación se indica el ancho de vía, empleada en la red de alumbrado público.

2.12 Registro de campo

Se usarán libretas de tránsito para registrar las notas del alineamiento, los puntos de referencia y la información relativa.

Se usarán libretas de nivel para registrar todas las notas de nivel, bancos de nivel permanentes, así como auxiliares.

En las respectivas libretas deberán indicarse los siguientes datos:

- a) Constantes de estadía correspondientes al aparato empleado en el levantamiento.
- b) Altura del instrumento sobre la estaca.
- c) Lectura directa en el estadal.
- d) Angulos horizontales y verticales.
- e) Distancias horizontales calculadas.
- f) Desniveles calculados.
- g) Elevación correspondiente a cada estación de tránsito.
- h) Rumbo magnético observado para cada lado de la poligonal.
- i) Croquis indicando la configuración general del terreno y posición relativa de los puntos intermedios y de detalle.

Todas las anotaciones hechas en el registro de campo deberán ser de fácil interpretación para en caso necesario, facilitar la relocalización en el terreno de los datos contenidos en dicho registro. El topógrafo hará entrega de las libretas de registro del levantamiento en la oficina de alumbrado público.

2.13 Nivelaciones

Siempre que sea posible, todos los niveles se deben referir al nivel del mar.

Las nivelaciones se trazarán abiertas, debiéndose cerrar en los bancos establecidos por el Gobierno (FF.CC., caminos, etc.), siempre que sea posible.



En el caso en que no haya bancos de nivel oficiales para ligar las nivelaciones y comprobar los resultados, se debe recurrir a procedimientos de comprobación de las nivelaciones que el topógrafo juzgue más conveniente.

El interés principal es obtener desniveles relativos exactos.

En terrenos en donde se encuentren dificultades en las nivelaciones, se pueden usar métodos de estadía a juicio del topógrafo.

3 ELABORACION DE PLANOS

3.1 Planos de conjunto

- a) El plano de conjunto se dibujará en papel albanene y a tinta, donde se mostrará el alineamiento de la localización final, el plano se dibujará en hojas de ____cm usando tantas hojas como sea necesario.
- b) Escalas.
Se dibujará a una escala de 1:
- c) Símbolos.

Se usarán los símbolos convencionales que se muestran en la *tabla No. 1*.

- d) Se completará el plano, agregando los datos del levantamiento de la red de alumbrado como son: deflexiones (Número progresivo, ángulo indicando si es derecho o izquierdo y Kilometraje), cruzamientos con kilometraje rumbos, tipos de terreno atravesado y principales calles cercanas, así como cualquier detalle de importancia que facilite la identificación del trazo, se indicará además el kilometraje total final de la red.
- e) Se indicará claramente la orientación de referencia, así como la corrección entre el norte magnético y el norte geográfico.

387

3.2 Planos de planta y perfil

- a) La planta y perfil se dibujarán en las hojas recomendadas por la oficina de alumbrado público.
- b) Al empezar la primera parte de cada perfil, deberán incluirse 30 metros de perfil de la hoja anterior.
- c) Deberá verificarse la igualdad de elevaciones y kilometraje de los perfiles en la continuación de las hojas adyacentes.
- d) Escalas.
Los perfiles y plantas se dibujarán siempre a las siguientes escalas:
Vertical: 1:
Horizontal 1:
- e) Se dibujará una flecha sencilla que indique el norte geográfico, junto a cada tangente del plano sobre dicha tangente.



- f) En el cuadro de la parte inferior derecha se indicará el título de la red, así como el kilometraje progresivo que contenga cada hoja.
Se usará el mismo número de plano para todas las hojas indicando el número correspondiente de cada hoja con relación al número total de hojas.
- g) Todos los planos contendrán claramente la fecha, nombre del topógrafo y su firma.
- h) Una vez elaborados los planos el Topógrafo obtendrá la firma del supervisor en cada plano, lo cual indicará que han sido revisados y aprobados por el mismo.

3.3 Planos de cruzamientos

- a) Los planos de cruzamientos con FF.CC., se presentarán en tela calca y entintados.
- b) Escalas.
Las escalas que se usarán siempre son:
Vertical 1:
Horizontal 1:
- c) Cada plano mostrará los datos que se requieran en el párrafo 2.4.1. No se marcará el derecho de vía.
- d) En todo plano de cruzamiento deberá indicarse el Norte geográfico representándolo por una flecha, la cual se dibujará hacia arriba aunque para ello sea necesario invertir el sentido del levantamiento y no sea coincidente con los planos de planta y perfil.

388

II. LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS

1. LOS PLANOS DEL PERFIL PARA LOCALIZAR LOS POSTES DEBERAN TENER INFORMACION SUFICIENTE, LA CUAL HA SIDO INDICADA EN PARRAFOS ANTERIORES.
2. EN EL CAMPO, EN ALGUNOS CASOS PUEDE SER NECESARIO CAMBIAR LA LOCALIZACION PROYECTADA DE LOS POSTES PARA SATISFACER LOS REQUISITOS DE CONSTRUCCION. EL DESPLAZAMIENTO SERA RAZONABLE, DONDE NO OCASIONE MODIFICAR LA REPARTICION DE LOS POSTES ADYACENTES.
PARA LOS DESPLAZAMIENTOS DE MAXIMA CONSIDERACION SE DEBERA CONSULTAR CON LA OFICINA DE ALUMBRADO PUBLICO.
3. LA LOCALIZACION DE CADA POSTE SE DEBE EFECTUAR DESDE LA ESTACION MAS CERCANA BIEN DEFINIDA.
4. LOS POSTES SE LOCALIZARAN POR MEDIO DE UNA ESTACA COLOCADA A UN METRO ADELANTE DEL EJE DEL POSTE, SIGUIENDO EL SENTIDO DE LA LINEA.



5. SE EVITARA INSTALAR POSTES EN LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- a) Dentro de los derechos de vía de los FF.CC., carreteras y calles.
- b) En lugares de acceso difícil.

6. ANTES DE EFECTUAR LA LOCALIZACION DE POSTES SE VERIFICARA QUE EL PERFIL DEL TERRENO COINCIDA EN TODOS SUS DETALLES CON LO INDICADO EN LOS PLANOS.

DE ENCONTRARSE CUALQUIER DISCREPANCIA SE REPORTARA AL SUPERVISOR DE LA OFICINA DE ALUMBRADO PUBLICO, QUIEN DECIDIRA LO PROCEDENTE.

NOTA IMPORTANTE

Por ningún motivo se aceptarán trabajos topográficos que no hayan sido ejecutados de conformidad con lo anterior, no planos que no contengan la información indicada en estas normas y sus anexos.

TABLA 1
SIMBOLOS CONVENCIONALES

| SIGNO | N O M B R E | SIGNO | N O M B R E |
|-------|--|-------|---------------------------------|
| | ARBOTANTE ESFERICO | | POSTE SEMI ORNAMENTAL |
| | ARBOTANTE COLONIAL | | POSTE TIPO JARDIN |
| | CABLES | | POSTE TIPO COLONIAL |
| | COMBINACION CENTRO DE CARGA CONTROL | | POSTE TIPO CUADRADO |
| | DUCTO DE CONCRETO EN BANQUETA | | POSTE HEXAGONAL 20000 |
| | 2 DUCTOS DE CONCRETO EN ARROYO | | POSTE TIPO VISTA III |
| | FLUORESCENTES 40 / 60 (Watts) | | POSTE ORNAMENTAL DOBLE MENSULA |
| | FLUORESCENTES 80 (Watts) | | REFLECTOR DE CUARZO |
| | FLUORESCENTES 110/120 (Watts) | | REFLECTOR TIPO CAÑON |
| | FLUORESCENTES 150 (Watts) | | REFLECTOR DE MERCURIO |
| | INCANDESCENTE 15 (Watts) | | REFLECTOR DE SODIO |
| | INCANDESCENTE 25 (Watts) | | REGISTRO DE CAMBIO DE DIRECCION |
| | INCANDESCENTE 40 (Watts) | | REGISTRO PARA CRUCE EN ARROYO |
| | INCANDESCENTE 60 (Watts) | | SODIO BAJA PRESION 135 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 75 (Watts) | | SODIO BAJA PRESION 250 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 100 (Watts) | | SODIO ALTA PRESION 1000 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 150 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 175 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 200 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 250 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 300 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 400 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 500 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 700 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 1000 (Watts) | | VAPOR DE MERCURIO 1000 (Watts) |
| | INCANDESCENTE 2000 (Watts) | | |
| | LAMPARA PAR | | |
| | MUFA DE CIA. DE LUZ Y FUERZA | | |
| | NUMERO DEL CIRCUITO / NUMERO DE LAMPARAS | | |
| | POSTE ORNAMENTAL SENCILLO | | |

(CONTINUA)



TABLA 1

| SIGNO | | NOMBRE |
|-----------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| | | LINEAS BAJA TENSION 3 HILOS |
| | | LINEAS BAJA TENSION 4 HILOS |
| ○ | | POSTE DE CONCRETO DE 30' O MENOS |
| ○ | | POSTE DE CONCRETO DE 35' O MAS |
| ⚡ | | POSTE DE MADERA DE 35' O MAS |
| ⊙ | | TRANSFORMADOR EN POSTE DE ACERO |
| | | FUSIBLE |
| | | FUSIBLE DESCONECTADOR |
| | | TRANSFORMADOR C 20/6 |
| ALUMBRADO PUBLICO MULTIPLE | | |
| SIGNO | | NOMBRE |
| AEREO | SUBTERRANEO | |
| | | 2 HILOS ALIMENTACION |
| | | 3 HILOS 2 ALIMENTACIONES 1 CONTROL |
| ALUMBRADO PUBLICO SERIE | | |
| SIGNO | | NOMBRE |
| AEREO | SUBTERRANEO | |
| | | 1 HILO 6.6 AMP |
| | | 2 HILOS 6.6 AMP |

391



- **NORMAS DE OBRA CIVIL.**

I. DUCTOS (Figura 1)**1. INSTALACION****1.1 En banqueta**

Se instalará con el eje una distancia entre ejes de 930 mm (36-5/8") con respecto al paño exterior de la guarnición cuando se instalen arbotantes tipo ornamental, látigo o jardín y 760 mm (14-31/32") con relación a la corona de la guarnición.

1.2 En arroyo

Se instalarán dos vías en un solo lecho con el eje a una profundidad de 1040 mm (40-61/64") con respecto a la corona de la guarnición y con una separación en planta entre ejes de 240 mm (9-29/64").

1.3 Especial

La especificada en el inciso 1.1 con la siguiente variante:
Este tipo de ducto irá instalado en los lugares donde haya entradas para vehículos.

39?

2. CEPA PARA INSTALACION**2.1 En banqueta****2.1.1 Tipo**

Sección rectangular, con un trazo recto en la planta y una pendiente igual a la de la banqueta en corte longitudinal.

2.1.2 Dimensiones

300 mm (11-13/16") de ancho por 500 mm (19-11/16") de profundidad.

2.1.3 Características de construcción

En caso de que la banqueta estuviera recubierta con losa de concreto, se hará un corte con sierra previo a la ruptura de la misma. El corte tendrá una profundidad mínima de 2/3 del espesor de la losa. Una vez hecha la cepa se procederá a apisonar y nivelar el fondo en toda su longitud.

2.2 En arroyo

2.2.1 Tipo

Sección rectangular, con un trazo en planta y con una pendiente igual a la existente entre las guarniciones de las banquetas por donde pasará el ducto, en corte longitudinal.

2.2.2 Dimensiones

500 mm (19-11/16") de ancho por 1160 mm (45-43/64") de profundidad.

2.2.3 Características de construcción

Una vez hecha la cepa se procederá a nivelar el piso y a colocar una cama de 50 mm (1-31/32") de espesor con concreto de $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").

2.3 Especial

2.3.1 Tipo

El especificado en el inciso 2.1.1.

2.3.2 Dimensiones

300 mm (11-13/16") de ancho por 550 mm (21-71/32") de profundidad.

2.3.3 Características de construcción

En caso de que la banqueta estuviera con losa de concreto, se hará un corte con sierra previo a la ruptura de la misma. El corte tendrá una profundidad mínima de 2/3 del espesor de la losa. Una vez hecha la cepa se procederá a nivelar el piso y a colocar una cama de 50 mm (1-31/32") de espesor con concreto de $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").

3 DUCTO

3.1 En banqueta

3.1.1 Tipo

De sección circular

3.1.2 Dimensiones y características

102 mm (4") de diámetro interior por 133 mm (5-15/64") de diámetro exterior y 200 mm (7-7/8") de diámetro en la campana. Deberá ser de concreto, con un recubrimiento interior asfáltico de 3 mm (1/8") de espesor.

394



3.1.3 Instalación

La instalación del ducto en la cepa deberá efectuarse de forma tal que siempre quede paralelo a la guarnición de la banqueta y perfectamente nivelado. La alineación de los ductos será verificada con un cordel como referencia.

3.1.4 Junteado

El ducto irá junteado, con mortero de cemento proporción 1:3, debiendo ser colocada una cama de dicho mortero de 25 mm (1") de espesor en la campana del ducto al proceder a su colocación. Previamente se humedecerá la zona de junteado.

3.2 En arroyo

3.2.1 Tipo

De sección circular

3.2.2 Dimensiones y características

Las especificadas en el inciso 3.1.2.

3.2.3 Instalación

La instalación de ductos en las cepas deberá efectuarse de forma tal que siempre queden perfectamente nivelados y alineados. La alineación de los ductos será verificada con un cordel como referencia.

3.2.4 Revestimiento

Previamente al colado, los ductos deben ser humedecidos. El revestimiento de los ductos se hará con concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"), con una cama sobre lecho de 150 mm (5-29/32").

3.3 Especial

3.3.1 Tipo

De sección circular.

3.3.2 Dimensiones y características

Las especificadas en el inciso 3.1.2.

3.3.3 Instalación

Igual a la especificada en el inciso 3.1.3.



3.3.4 Revestimiento

Igual al del inciso 3.2.4 con la diferencia de que la cama sobre lecho será de 120 mm (4-3/4").

4. RELLENO

4.1 En banqueteta

El relleno se hará, con una capa del material producto de la excavación de 320 mm (12-19/32") de espesor debidamente compactada. No deberá dejarse abierta la cepa de un día para otro y del mismo modo el retiro de escombros tendrá que hacerse en el mismo turno de trabajo en que se haya excavado la cepa.

4.2 En arroyo

El relleno se hará, con material de subbase, que se compactará con agua y pisón en capas de 200 mm (7-7/8") hasta una altura de 400 mm (15-3/4") abajo del nivel del piso. La altura restante se construirá con material de base compactado con agua y pisón en capas de 100 mm (3-15/16") de espesor.

No deberá dejarse abierta la cepa de un día para otro así como el escombros deberá ser retirado en el mismo turno de trabajo en que se haya excavado la cepa.

5. REPARACION

5.1 En banqueteta

Cuando se proceda a la reparación de la banqueteta se colocará una capa de relleno debidamente apisonado de 100 mm (3-15/16") de espesor de grava cementada antes del colado de la losa. El concreto que se emplee para colar la losa de 80 mm (3-5/32") de espesor, será de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") y dando un acabado semejante e integral al existente en toda la banqueteta afectada.

5.2 En arroyo

Se reconstruirá el pavimento del corte con una capa de concreto asfáltico compactado de 75 mm (2-61/64") de espesor.

5.3 Especial

Igual al inciso 5.1 con la advertencia de que no deberá dejarse abierta la cepa de un día para otro y del mismo modo el retiro del escombros tendrá que hacerse en el mismo turno de trabajo en que se haya excavado la cepa.

II. REGISTROS



1. INSTALACION

1.1 Deflexión

Se instalará al pie del poste de la Cía. suministradora donde se instale el equipo de control de los circuitos, también donde el ducto en banqueta cambie de dirección y en aquellos lugares donde por necesidades debe existir registro de candelabro al pie del poste.

1.2 Paso

Como su nombre lo indica, este registro se instalará en los lugares donde haya necesidad de pasar arroyos.

1.3 Especial

Cuando se vaya a colocar en banqueta, una de sus caras debe estar paralela a la guarnición y a un mínimo de 200 mm (7-7/8") de su paño interior. Cuando vaya a ser colocado en zona jardinada su instalación será en el lugar donde se juzgue conveniente.

2. CEPA PARA INSTALACION

397

2.1 Deflexión

2.1.1 Tipo

Sección rectangular

2.1.2 Dimensiones

Lado menor 700 mm (27-9/16"), lado mayor 850 mm (33-15/32") y con una profundidad de 638 mm (25-1/8").

2.2 Paso

2.2.1 Tipo

Sección rectangular

2.2.2 Dimensiones

Lado menor 800 mm (31-1/2"), lado mayor 1000 mm (39-3/8") y con una profundidad de 1238 mm (48-3/4").

2.3 Especial de 1250 mm (49-7/32") por lado.



2.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.3.2 Dimensiones

1730 mm (68-7/64") por lado y 1870 mm (73-5/8") de profundidad.

2.4 Especial de 1500 mm (59-3/64") por lado.

2.4.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.4.2 Dimensiones

2260 mm (88-31/32") por lado y 2170 mm (85-7/16") de profundidad.

3. CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION DE LA CEPA

3.1 Deflexión

En caso de que la banqueta, estuviera recubierta con losa de concreto, se hará un corte con sierra previo a la ruptura de la misma, debiendo quedar el lado mayor paralelo a la guarnición. El corte tendrá una profundidad mínima de 2/3 del espesor de la losa. Al efectuar la excavación se tomarán las precauciones necesarias para evitar que al encontrarse con tuberías o ductos de otros servicios públicos, estos resulten dañados.

3.2 Paso

Las especificadas en el inciso 3.1 de registros.

3.3 Especial

Las especificadas en el inciso 3.1 de registros.

El escombro que resulte de la excavación para la cepa será retirado en el mismo turno de trabajo de su excavación.

4. REGISTROS COMO TALES

4.1 Deflexión (Figura 2)

4.1.1 Tipo

Sección rectangular



4.1.2 Dimensiones

Lado menor de 500 mm (19-11/16") lado mayor de 650 mm (25-19/32") y una profundidad que incluye el marco de fierro ángulo de 368 mm (25-1/8").

4.1.3 Características de construcción

El registro deberá ser precolado y las paredes tendrán 50 mm (1-31/32") de espesor y serán de concreto $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") y reforzados con una malla de alambón de 6.3 mm (1/4") de diámetro con la distribución que se señala en la *figura 2*. El marco será de fierro ángulo de 38.1 x 38.1 x 4.8 mm (1-1/2") x (1-1/2") x (3/16") el cual quedará integralmente empotrado al registro inmediatamente después de vaciado el concreto y antes de que se inicie el fraguado inicial del mismo, mediante seis anclas de varilla No. 3. La cimbra interior deberá ser metálica y la exterior similar o de madera a criterio del contratista. La varilla irá soldada al fierro ángulo con doble cordón.

4.1.4 Instalación

Al ser instalado el registro cuyas caras interiores deben estar al plomo, escuadras y bien pulidas, el lado mayor quedará paralelo a la guarnición, se le dará la pendiente de la banqueta y en ningún caso deberá quedar arriba o abajo del nivel de la misma. El ducto será entroncado y emboquillado debidamente con las paredes del registro.

3.

4.2. Paso (Figura 3)

4.2.1 Tipo

Sección rectangular

4.2.2 Dimensiones

Lado menor 600 mm (23-5/8"), lado mayor de 800 mm (31-1/2") y una profundidad que incluye el marco de fierro ángulo de 1238 mm (48-3/4").

4.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 4.1.3 de registros a diferencia de que el número de anclas de varilla No. 3 es de ocho.

4.2.4 Instalación

La especificada en el inciso 4.1.4 de registros.

4.3 Especial de 1250 mm (49-7/32") por lado.



4.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

4.3.2 Dimensiones

1,250 mm (49-7/32") por lado en la parte interior, y 1,500 mm (59-3/64") de profundidad entre lecho bajo de la losa especificada en el inciso 7.1 y lecho superior de la plantilla especificada en el inciso 5.3.

4.3.3 Características de construcción

Los muros serán de tabique recosido de 140 mm (5-33/64") de espesor con aplanado interior de mortero de cemento de proporción 1:3 con impermeabilizante integral.

4.4 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

4.4.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

4.4.2 Dimensiones

1,500 mm (59-3/64") por lado en la parte interior y 1,800 mm (70-7/8") de profundidad entre lecho bajo de la losa especificada en el inciso 7.2 y lecho superior de la plantilla especificada en el inciso 5.4.

4.4.3 Características de construcción

Los muros serán de tabique recocido de 280 mm (11-1/32") de espesor con aplanado interior de mortero de cemento de proporción 1.3 con impermeabilizante integral.

5. PLANTILLA

5.1 Deflexión

Una vez instalado el registro se procederá a colar una plantilla de 50 mm (1-31/32") de espesor de mortero de cemento proporción 1:3 con un dren central de 140 mm (5-2/2") de diámetro y una profundidad de 200 mm (7-7/8").

5.2 Paso

Igual al inciso anterior.

5.3 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado.



5.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

5.3.2 Dimensiones

1,530 mm (61-15/64") por lado y 80 mm (3-9/64") de espesor.

5.3.3 Características de construcción

Sera construída con concreto de $f'_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") armado con varilla de 9.5 mm (3/8") de diámetro a cada 300 mm (11-13/16") en ambos sentidos, con un dren central de 140 mm (5-1/2") de diámetro y 200 mm (7-7/8") de profundidad. La plantilla tendrá una pendiente de 2% hacia el dren.

5.4 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

5.4.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

5.4.2 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 5.3.3 de registros.

401

6. TAPA

6.1 Deflexión

6.1.1 Tipo

Rectangular.

6.1.2 Dimensiones

630 mm (24-13/16") lado mayor, 480, mm (18-29/32") lado menor y 51.7 mm (2-1/32") lado menor y 51.7 mm (2-1/32") de espesor total. Para mayores detalles ver *figura 2*.

6.1.3 Características de construcción

Será construída de concreto $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") con fierro ángulo de 31.7 x 4.8 mm (1-1/4" x 1 1/4" x 3/16") y con refuerzo de varilla corrugada No. 3 distribuída según *figura 2* utilizando cimbra metálica. La varilla irá soldada al fierro ángulo con doble cordón. Las llaves para levantar las tapas serán construídas con placa de acero de 4.76 mm (3/16") de espesor llevando la



placa central una perforación de 12.7 mm (1/2") de diámetro. Para obtener la forma y dimensiones de las llaves ver detalle a y b de la *figura 2*.

6.2 Paso

6.2.1 Tipo

Rectangular.

6.2.2 Dimensiones

780 mm (30-45/64") lado mayor, 580 mm (22-53/64") lado menor y 51.7 mm (2-1/32") de espesor total. Para mayores detalles ver *figura 3*.

6.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 6.1.3 de registros ver *figura 3*.

6.3 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado

Su tipo, dimensiones y características de construcción serán las especificadas en el inciso 5.2.

6.4 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

Su tipo, dimensiones y características de construcción serán las especificadas en el inciso 6.2.

7. LOSA

7.1 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado

7.1.1 Tipo

Cuadrado de acuerdo con especificaciones de la CLyFC

7.1.2 Dimensiones Interiores

Base: 1,250 x 1,250 mm, altura 1,000 mm.

7.1.3 Características de construcción

Será de concreto armado de 80 mm (3-5/32") de espesor siendo el concreto de $f'_c = 200$ Kg/cm² a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32") y el armado, de varilla corrugada de acero estructural No. 3.



7.2 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

7.2.1 Tipo

Cuadrado, de acuerdo con especificaciones de la CLyFC

7.2.2 Dimensiones

Base: 1,500 x 1,500 mm, altura 1,500 mm.

7.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 7.1.3.

8. CONTRAMARCO

8.1 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado

8.1.1 Tipo

Rectangular.

40

8.1.2 Dimensiones

600 mm (23-5/8") por 800 mm (31-1/2") de dimensiones exteriores.

8.1.3 Características de construcción

Construido de fierro ángulo de 38.1 x 38.1 x 4.8 mm (1-1/2" x 1-1/2" x 3/16") y 8 anclas de varilla No. 3 irá instalado sobre un brocal de tabique de 150 mm (5-29/32") de espesor y de 210 mm (8-17/64") de altura entre el nivel de la banqueta y el lecho superior de la losa. El marco deberá quedar nivel de banqueta y con la pendiente de la misma.

8.2 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

Deberá cumplir con las especificaciones dadas en el inciso 8.1.

9. ESCALERA

9.1 Especial de 1,250 mm (49-7/32") por lado.

9.1.1 Tipo

Marina.



9.1.2 Características de construcción

Formada por 4 escalones de varilla redonda del No. 6.

9.2 Especial de 1,500 mm (59-3/64") por lado

9.2.1 Tipo

Marina.

9.2.2 Características de construcción

Formada por 5 escalones de varilla redonda del No. 6.

10. PINTURA

10.1 Deflexión, Paso y Especial

El fierro ángulo del registro o marco y la tapa o contramarco serán pintados con dos manos de pintura anticorrosiva.

404

11. RELLENO

11.1 Deflexión y Paso

El relleno alrededor del registro se hará con grava cementada debidamente compactada, hasta una profundidad de 80 mm (3-5/32") medida del nivel de la banqueta hacia abajo.

11.2 Especial

Cuando el registro sea construido en banqueta el relleno alrededor del registro se hará con grava cementada o material de subbase debidamente compactada, hasta una profundidad de 80 mm (3-5/32") medida del nivel de la banqueta hacia abajo.

Cuando el registro sea construido en zona jardinada el relleno alrededor del registro se hará con grava cementada o material de subbase debidamente compactada, hasta el nivel de tierra.

12. REPARACION DE BANQUETA

12.1 Deflexión, Paso y Especial

El concreto que se emplee para colar la losa de 80 mm (3-5/32") de espesor, será de $f'_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").



III. CIMIENTOS DE CONCRETO

1. INSTALACION

1.1 Para arbotantes tipo Ornamental, Látigo, Jardín y Colonial

Una de sus aristas de la cara superior paralela a la guarnición y a una distancia de 200 mm (7-7/8") con respecto a su paño interior. Ver *figura 4*.

1.2 Para postes de 12000 mm

Una de sus caras paralela a la guarnición y a una distancia de 150 mm (5-29/32") con respecto a su paño interior. Ver *figura 5*.

1.3 Para postes de 16000 mm

1.3.1 En banqueta

Una de sus caras paralela a la guarnición y a una distancia de 50 mm (2") con respecto a su paño interior. Ver *figura 6*.

1.3.2 En área libre

En la posición que más se acomode para el fin que se persigue, de acuerdo con el supervisor de la Oficina de Alumbrado. Ver *figura 7*.

1.4 Para postes de 20000 mm (ver *figura 8*), 25000 mm (ver *figura 9*), 30000 (ver *figura 10*)

En la posición que más se acomode para el fin que se persigue, de acuerdo con el supervisor de la Oficina de Alumbrado.

2. CEPA PARA INSTALACION

2.1 Para arbotantes tipo Ornamental, Látigo y Jardín

2.1.1 Tipo

Sección cuadrada.

2.1.2 Dimensiones

1100 mm (43-19/64") por lado y 1000 mm (39-3/8") de profundidad.

2.1.3 Características de construcción

En caso de que la banqueta estuviera recubierta con losa de concreto, se hará un corte con



sierra previo a la ruptura de la misma, debiendo quedar un lado, paralelo y razante a la cara interior de la guarnición. El corte tendrá una profundidad mínima de 1/3 del espesor de 1/3 del espesor de la losa.

Al efectuarse la excavación se tomarán las precauciones necesarias para evitar que el encontrarse con tuberías ó ductos de otros servicios públicos, estos resulten dañados. Una vez hecha la cepa se procederá a apisonar y nivelar el fondo.

2.2 Para arbotantes tipo Colonial o San Angel

2.2.1 Tipo

Sección cuadrada.

2.2.2 Dimensiones

900 mm (35-7/16") por lado y 900 mm (35-7/16") de profundidad.

2.2.3 Características de construcción

Las especificadas en el inciso 2.1.3 de cimiento de concreto.

2.3 Para postes de 12000 mm

2.3.1 Tipo

Sección cuadrada.

2.3.2 Dimensiones

700 mm (27-9/16") por lado y 1500 mm (59") de profundidad.

2.3.3 Características de construcción

La especificada en el inciso 2.1.3 de cimientos de concreto, con la salvedad de que el lado paralelo a la guarnición debe quedar a 150 mm (6") de la carta interior de la misma.

2.4 Para postes de 16000 mm

2.4.1 En banquetas

2.4.1.1 Tipo

2.4.1.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.



2.4.1.2 Dimensiones

800 mm (31-1/2") por lado y 1800 mm (70-7/8") de profundidad.

2.4.1.3 Características de construcción.

La especificada en el inciso 2.1.3 de cimientos de concreto, con la salvedad de que el lado paralelo a la guarnición debe quedar a 50 mm (2") de la cara interior de la misma.

2.4.2 En área libre.

2.4.2.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.4.2.2 Dimensiones

2000 mm (78-3/4") por lado y 1220 mm (48") de profundidad.

2.4.2.3 Características de construcción.

La excavación se hará en la posición que más se acomode para el fin que se persigue, de acuerdo con el supervisor de la Oficina de Alumbrado y se tomarán las precauciones necesarias para evitar que al encontrarse con tuberías o ductos de otros servicios públicos, estos resulten dañados. Una vez hecha la cepa se procederá a apisonar y nivelar el fondo.

407

2.5 Parapostes de 20000 mm.

2.5.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.5.2 Dimensiones

2500 mm (98-27/64") por lado y 1500 mm (59") de profundidad.

2.5.3 Características de construcción.

Igual a las indicadas en el inciso 2.4.2.3 de cimientos de concreto.

2.6 Para postes de 25000 mm.

2.6.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.6.2 Dimensiones.

3600 mm (141-13/16") por lado y 1900 mm (74-13/16") de profundidad.

2.6.3 Características de construcción.

Igual a las indicadas en el inciso 2.4.2.3 de cimientos de concreto.

2.7 Para postes de 30000 mm.

2.7.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

2.7.2 Dimensiones

4500 mm (177-5/32") por lado y 2080 mm (81-57/64") de profundidad.

2.7.3 Características de construcción.

Igual a las indicadas en el inciso 2.4.2.3 de cimientos de concreto.

408

3. CIMIENTOS

3.1. Para arbotantes tipo Ornamental, Látigo y Jardín.

3.1.1 Tipo

Tronco-Piramidal

3.1.2 Dimensiones

600 x 600 mm (23-5/8" x 23-5/8") en la base superior, 1000 x 1000 mm (39 x 39") en la base inferior y 1000 mm (39") de altura.

3.1.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar la cimbra metálica con una de sus aristas de la cara superior paralela a la guarnición, a una distancia de 200 mm (7-7/8") con respecto a su paño interior y a una altura de 15 mm (19/32") con relación a su corona.

Esta cimbra deberá ser construída con lámina No. 18 de 1.27 mm (1/20") de espesor y refuerzos necesarios para obtener que sus caras laterales queden planas y las aristas de las caras superiores e inferiores a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas de varilla redonda de 25.4 mm (1") de diámetro y 600 mm (25-5/8") de longitud. En un



extremo las anclas llevarán 100 mm (3-15/16") de cuerda standard de 8 hilos/pulg y en el otro un dobléz o regatón de 100 mm (3-15/16") de longitud, debiendo ser galvanizadas la zona de cuerdas. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimientó 60 mm (2-23/64") debiendo quedar centradas con relación a las aristas de las caras superior y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" y los niples necesarios tal como se muestra en la *figura 4*.

Cuando el cimientó esté localizado en zona jardinada se colocará a una altura de 50 mm (1-31/32") con relación al nivel de tierra. El colado se hará con concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" conforme a lo señalado anteriormente y lo establecido en la *figura 4*, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará a la salida de la pieza en "Y" de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entroncará el ducto en banqueta.

3.2 Para arbotante tipo Colonial o San Angel.

3.2.1 Tipo

Tronco-Piramidal.

3.2.2 Dimensiones

400 x 400 mm (15-3/4" x 15-3/4") en la base superior, 800 x 800 mm (31-1/2" x 31-1/2") en la base inferior y 900 mm (35-7/16") de altura.

3.2.3 Características de construcción.

Las especificadas en el inciso 3.1.3 con la diferencia de que la separación entre anclas será de 190 mm (3-35/64") de centro a centro.

3.3 Para postes de 12000 mm

3.3.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

3.3.2 Dimensiones

700 mm (27-9/16") por lado y 1500 mm (59") de altura.

3.3.3 Características de construcción.

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar el armado, el cual llevará ama-

rrado en cada esquina inferior un dado de concreto de 50 x 50 x 50 mm (2" x 2" x 2") para evitar el contacto directo del armado con el piso de la cepa. Ver figura 5.

Una vez colocado el armado se procederá a colocar una cimbra metálica de 500 mm (19-11/16") de altura, la cual irá desde 15 mm (19/32") arriba de la corona de la guarnición hacia abajo y con uno de sus lados paralelo a la guarnición.

Esta cimbra deberá ser construída con lámina No. 18 de 1.27 mm (1/20) de espesor y refuerzos necesarios para obtener que las aristas, formadas por las caras laterales y la superior queden a escuadra. La cimbra deberá acunarse lateralmente a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1000. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimientó 60 mm (2-23/64") debiendo quedar alineadas con los vértices de la cara superior, con centros sobre una circunferencia de 380 mm (15") de diámetro y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" y los nipples necesarios, tal como se muestra en la figura 5. El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior, dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza en "Y" de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entroncará el ducto en banqueta.

410

3.4 Para postes de 16000 mm

3.4.1 En banqueta

3.4.1.1 Tipo

Rectangular de sección cuadrada.

3.4.1.2 Dimensiones

800 mm (31-1/2") por lado y 1800 mm (70-7/8") de profundidad.

3.4.1.3 Características de construcción.

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar el armado, el cual llevará amarrado en cada esquina un dado de concreto de 50 x 50 x 50 mm (2" x 2" x 2") para evitar el contacto directo del armado con el piso de la cepa. Ver figura 6.

Una vez colocado el armado se procederá a colocar una cimbra metálica de 500 mm (19-11/16") de altura, la cual irá desde 15 mm (19/32") arriba de la corona de la guarnición hacia abajo y con uno de sus lados paralelo a la guarnición.

Esta cimbra deberá ser construída con lámina No. 18 de 1.27 mm (1/20") de espesor y



refuerzos necesarios para obtener que las aristas, formadas por las caras laterales y la superior queden a escuadra. La cimbra deberá acuñarse lateralmente a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR 1220. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimientó 60 mm (2-23/64") debiendo quedar alineadas con los vértices de la cara superior, con centros sobre una circunferencia de 380 mm (15") de diámetro y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios.

El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entoncará el ducto.

3.4.2 En área libre

3.4.2.1 Tipo

Dado tronco-cónico de sección cuadrado con zapata cuadrada. Ver figura 7.

411

3.4.2.2 Dimensiones

Las mostradas en la figura 7.

3.4.2.3 Características de construcción.

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-5/32") de espesor con concreto de $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"). Una vez colocada y fraguada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimientó en la forma indicada en la figura e inmediatamente después de terminado este, se procederá a colocar una cimbra metálica tanto en los lados de la zapata como en las caras laterales del dado tronco-cónico.

Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 80 mm (3-5/32") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 4 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220. La separación entre anclas será de 270 mm (10-5/8") de centro a centro y sobresaldrán del cimientó de 60 mm (2-23/64") debiendo quedar alineadas con los vértices de la cara superior, con centros sobre una circunferencia de 380 mm (15") de diámetro y completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente, se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios.

El colado se hará con concreto $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entroncará el ducto.

3.5 Para postes de 20000 mm.

3.5.1 Tipo

Dado tronco cónico de sección cuadrada con zapata cuadrada. Ver figura 8.

3.5.2 Dimensiones

Las mostradas en la figura 8.

3.5.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-5/32") de espesor con concreto de $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"). Una vez colocada y fraguada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimientó en la forma indicada en la figura 8, e inmediatamente después de terminado éste, se procederá a colocar una cimbra metálica tanto en los lados de la zapa como en las caras laterales del dado tronco-cónico. Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 80 mm (3-5/32") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 6 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220 distribuídas uniformemente sobre una circunferencia de centros de 508 mm (20"), debiendo quedar completamente verticales. Para asegurar lo anterior se emplearán escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios. El colado se hará con concreto $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto. Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientó se entroncará el ducto.

3.6 Para postes de 25000 mm

3.6.1 Tipo

Dado tronco-cónico de sección cuadrada con zapata cuadrada. Ver figura 9.



3.6.2 Dimensiones

Las mostradas en la figura 9.

3.6.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-3/32") de espesor con concreto $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"). Una vez colocada y fraguada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimientto en la forma indicada en la figura 9, e inmediatamente después de terminado éste, se procederá a colocar una cimbra metálica, tanto en los lados de la zapata como en las caras laterales del dado tronco-cónico. Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 80 mm (3-5/32") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 8 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220, distribuidas uniformemente sobre una circunferencia de centros de 762 mm (30") debiendo quedar completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios. El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64") debidamente vibrado. Terminado el colado y verificada la posición de las anclas y la "Y" o el codo conforme a lo señalado anteriormente se pulirá la cara superior, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto. Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientto se entroncará el ducto.

3.7 Para postes de 30000 mm

3.7.1 Tipo

Dado tronco-cónico de sección cuadrada con zapata. Ver figura 10.

3.7.2 Dimensiones

Las mostrada en la figura 10.

3.7.3 Características de construcción

Una vez apisonado el piso de la cepa se procederá a colocar una cama de 80 mm (3-5/32") de espesor con concreto $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32"). Una vez colocada la cama de concreto se procederá a realizar el armado del cimientto en la forma indicada en la figura 10, e inmediatamente después de terminado éste, se procederá a colocar una cimbra metálica tanto en los lados de la zapata como en las caras laterales del dado tronco-cónico. Esta cimbra deberá sobresalir del nivel del piso 150 mm (6") y se deberá construir con lámina No. 18 y refuerzos necesarios para obtener que



las caras laterales queden planas y las aristas de la cara superior a escuadra. La cimbra deberá troquelarse a fin de que no se mueva durante el colado y vibrado del concreto. Integralmente se colocarán 8 anclas que deben cumplir con la especificación AP/AFR-1220, distribuidas uniformemente sobre una circunferencia de centros de 762 mm (30") debiendo quedar completamente verticales. Para asegurar lo anterior se empleará un escantillón metálico. También integralmente se colocará una pieza de concreto en forma de "Y" o codo según sea el caso y los nipples necesarios. El colado se hará con concreto de $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 40 mm (1-37/64) debidamente vibrado. Terminado el codo conforme a lo señalado anteriormente, se pulirá la cara superior dejándola a nivel, se bolearán sus aristas y se emboquillará la salida de la pieza "Y" o el codo de concreto.

Si se empleó concreto de resistencia normal se descimbrará a las 9 horas y si se empleó resistencia rápida a las 4 horas. Una vez descimbrado el cimientto se entroncará el ducto.

4. RELLENO

4.1 Para cualquier tipo de arbotante

El relleno alrededor del cimientto se hará con material de sub-base debidamente compactado, hasta una profundidad de 80 mm (3-5/32"), medida del nivel de la banqueta o piso hacia abajo.

414

5. REPARACION DE LA BANQUETA O PISO

5.1 Para cualquier tipo de arbotante

El concreto que se emplea para colar la losa de 80 mm (3-5/32") de espesor será de $f'_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días con agregado máximo de 20 mm (25/32").

IV. VESTIDO Y PARADO DE POSTES

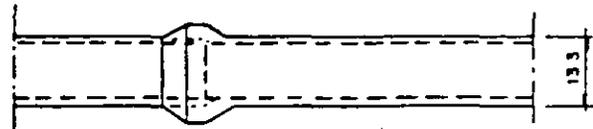
1. EL POSTE SE DEBERA VESTIR ANTES DE INSTALARLO SOBRE LA BASE, Y ESTO IMPLICA LO SIGUIENTE:

- 1.1 Colocarle el o los brazos; en caso de ser atornillables, en el punto de unión, se le debe colocar una junta resistente o la intemperización como el neopreno.
- 1.2 Colocarle la luminaria, sin foco, de tal manera que el plano longitudinal del poste, con brazos, y el de la luminaria, coincidan.
- 1.3 La luminaria al colocarse sobre los brazos, deberá estar conectada según su tipo y los cables de conexión deben quedar con holgura de 1500 mm (59-1/16"), para sus conexiones a las bases de alimentación.

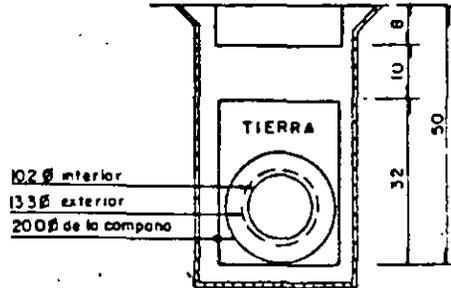


- 1.4 El tapón superior del poste, si lo llevara, deberá quedar perfectamente sellado.
2. LA SECUENCIA DEL PARADO DEL POSTE, DEBE SEGUIR LAS FASES SIGUIENTES:
 - 2.1 Colocar la base del poste sobre la cimentación pasados cuando menos 7 días de su colado.
 - 2.2 La base del poste, deberá quedar nivelada en sus dos ejes sobre la cimentación y paralela a la guarnición de la banquetta, para posteriormente fijarla por medio de las 4 anclas colocadas en la cimentación.

De ser necesaria la colocación de calzas para la nivelación de la base deberá ser galvanizada.
 - 2.3 Se colocará el poste vestido sobre su base, teniendo cuidado en que los cables de conexiones no queden entre el poste y la base. El poste deberá quedar plomado y nivelado, y los brazos con las lámparas deberán quedar perpendiculares a la guarnición de la banquetta. Los tornillos se deberán colocar con la tuerca hacia arriba.
 - 2.4 La maniobra de parado del poste, se deberá realizar con cables flexibles, tales como manila o polipropileno para no lastimar la pintura del mismo. En caso de hacerlo el contratista deberá resanar el área lastimada.
 - 2.5 Todos los tornillos, deberán llevar arandela plana y de presión todo esto galvanizado por inmersión en caliente.



LONGITUD DEL TUBO 85 cm
LONGITUD EFECTIVA DEL TUBO 80 cm.

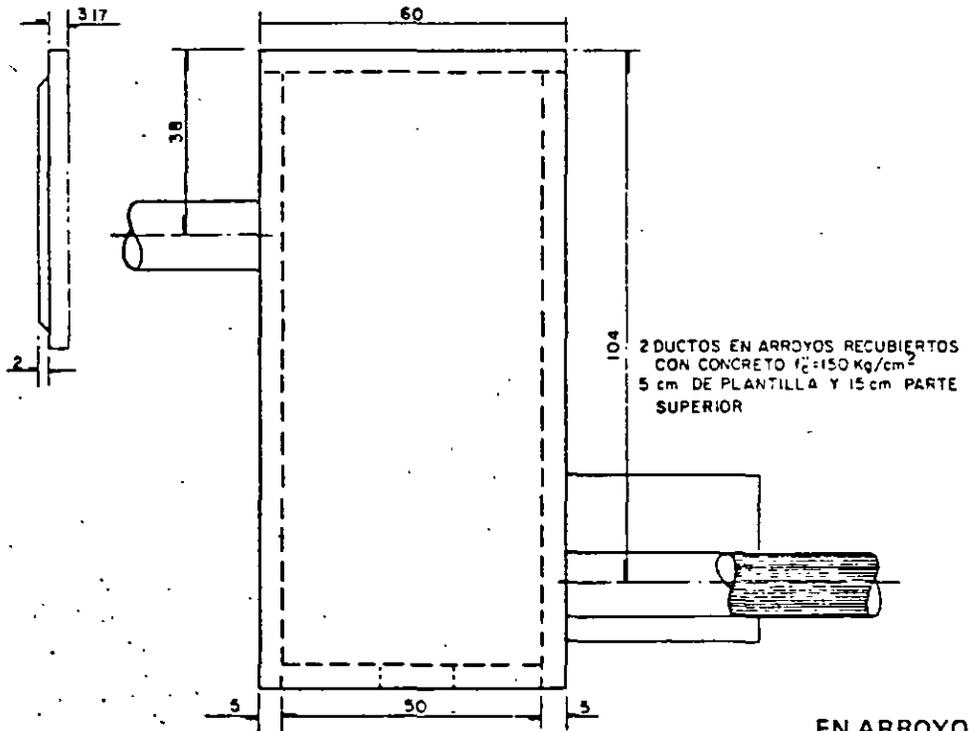


NOTA

El tubo deberá tener una capa interior de 3mm de asfalto

EN BANQUETA

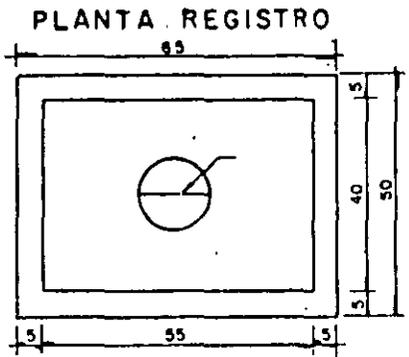
416



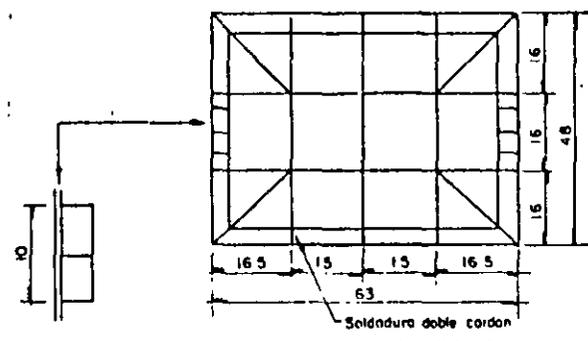
EN ARROYO

Figura 1
INSTALACION DE DUCTOS

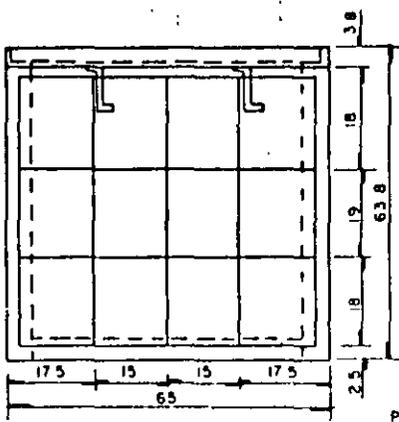
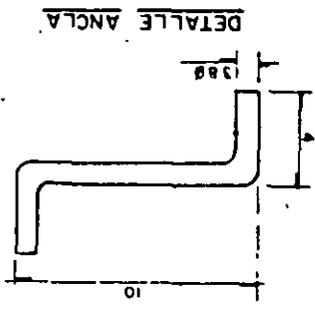
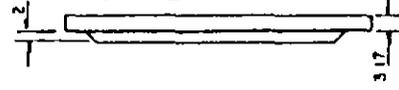
Figura 2
REGISTRO AUXILIAR



PLANTA TAPA REGISTRO

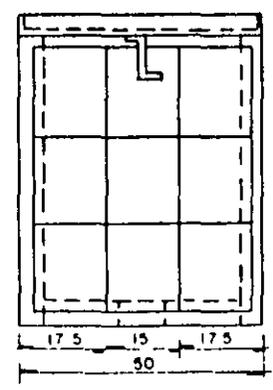


VISTA LATERAL TAPA

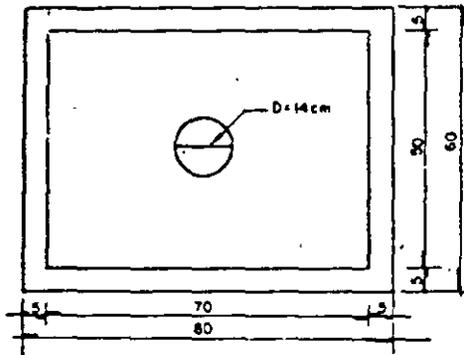


ACOTACIONES EN cm

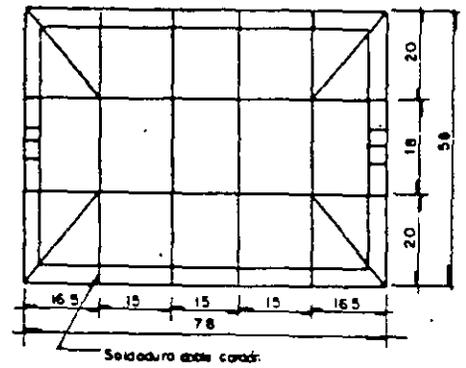
Plantilla mortero de cemento prop. 1.3



PLANTA REGISTRO



PLANTA TAPA REGISTRO



418

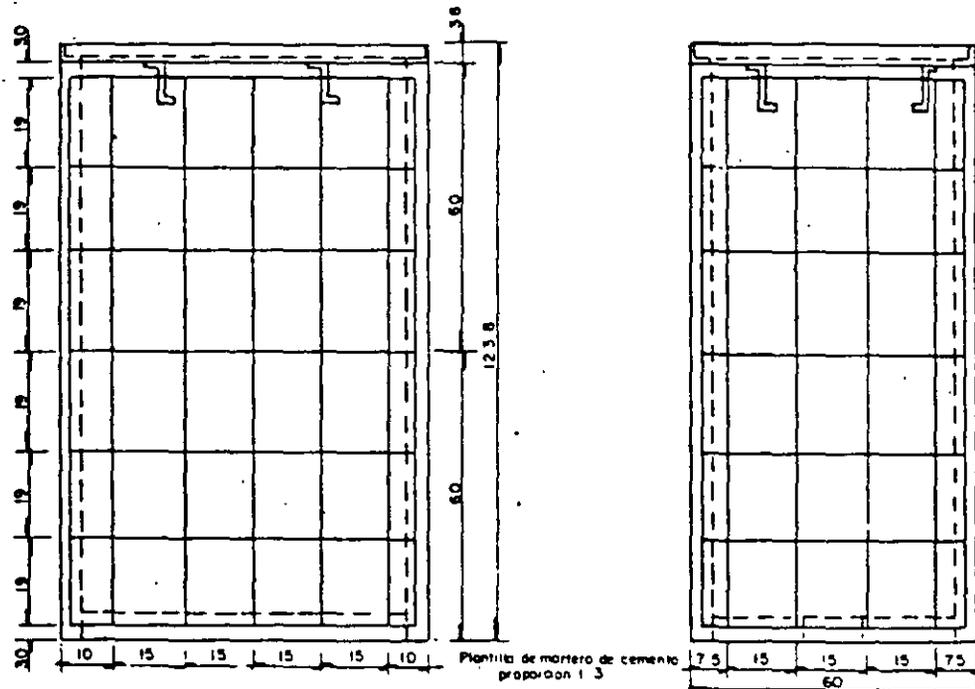
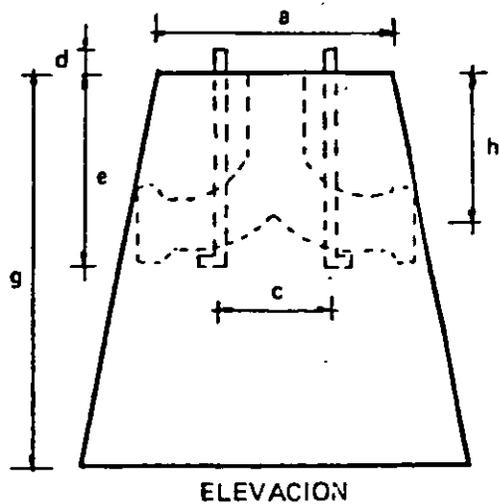
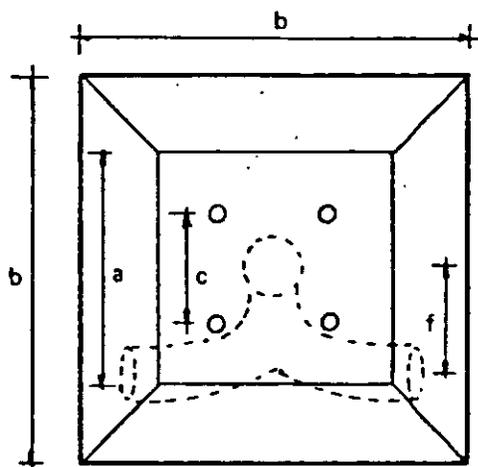


Figura 3
REGISTRO DE PASO



ELEVACION



PLANTA

Concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ con agregado máximo de 40 mm. Doble codo 90° de concreto de 10 cm de diámetro interior. Anclas de 25.4 mm (1") de diámetro y 55 cm de longitud con doblez de 10 cm.

| CIMIENTO | a | b | c | d | e | f | g | h |
|------------------------------------|----|-----|----|---|----|----|-----|----|
| para arbotante churubusco y jardín | 60 | 100 | 27 | 6 | 49 | 28 | 100 | 38 |
| para arbotante colonial | 40 | 80 | 19 | 6 | 49 | 28 | 90 | 38 |

Acotaciones en cm

Figura 4
CIMENTACION DE CONCRETO TRONCO PIRAMIDAL

420

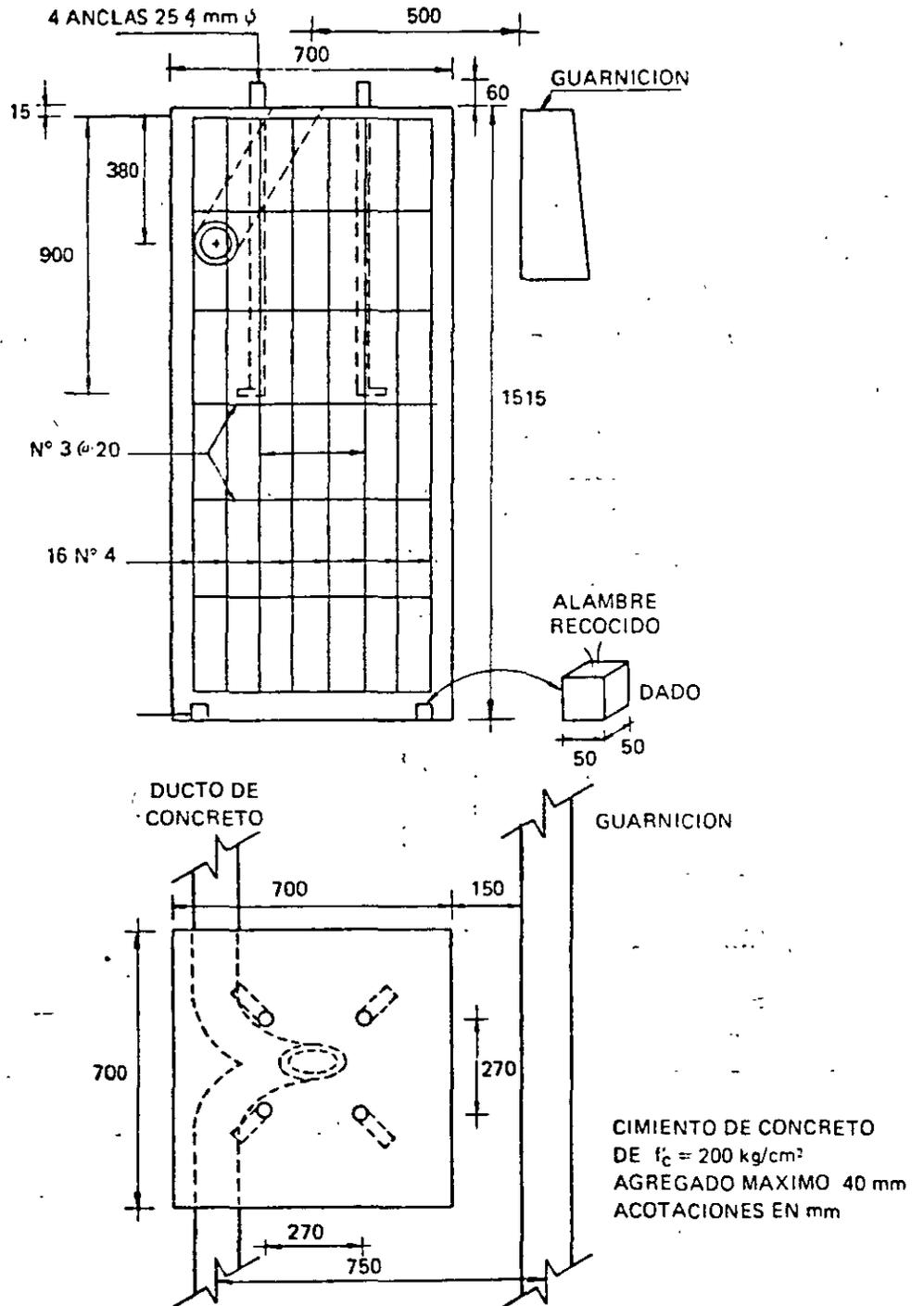
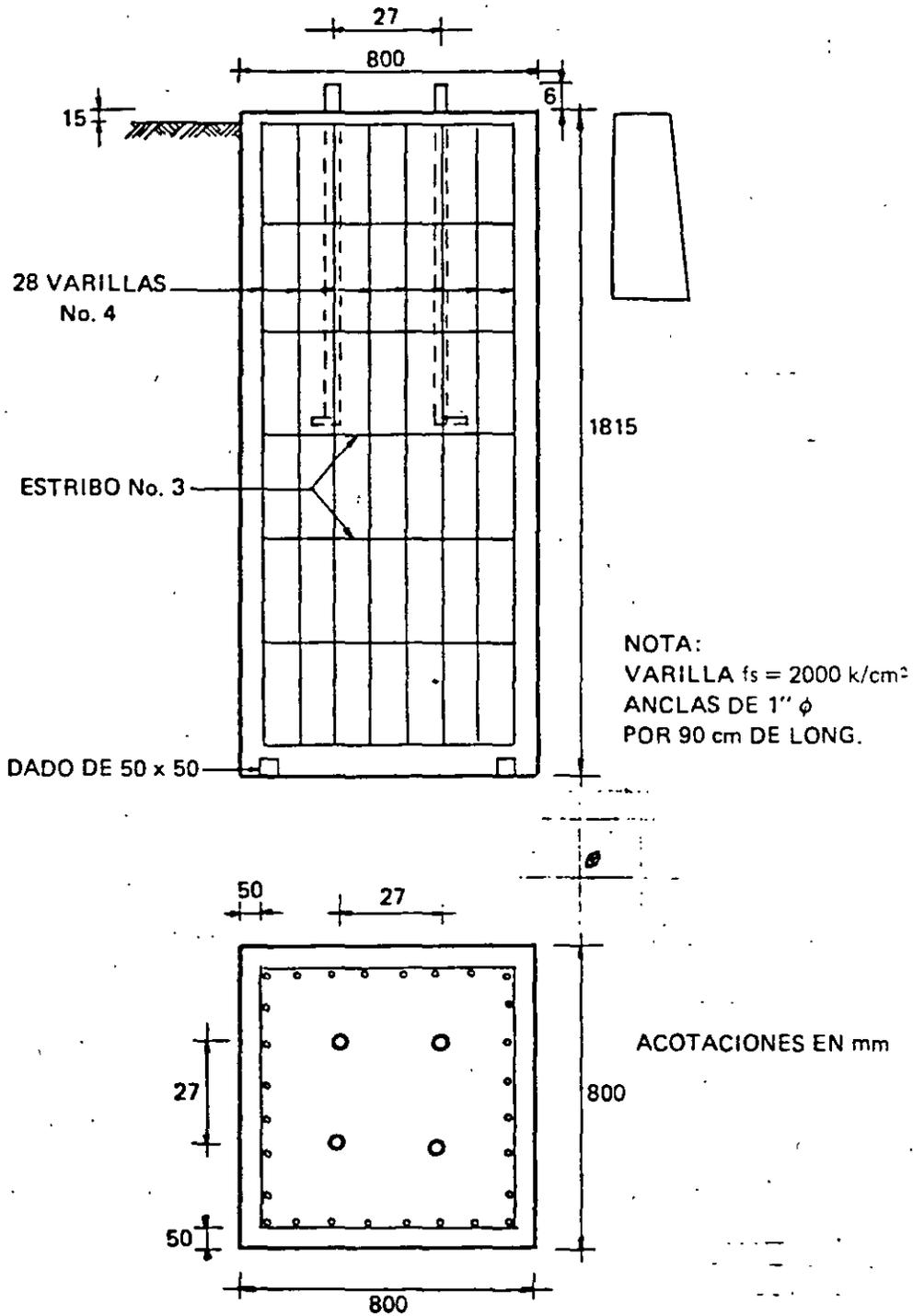
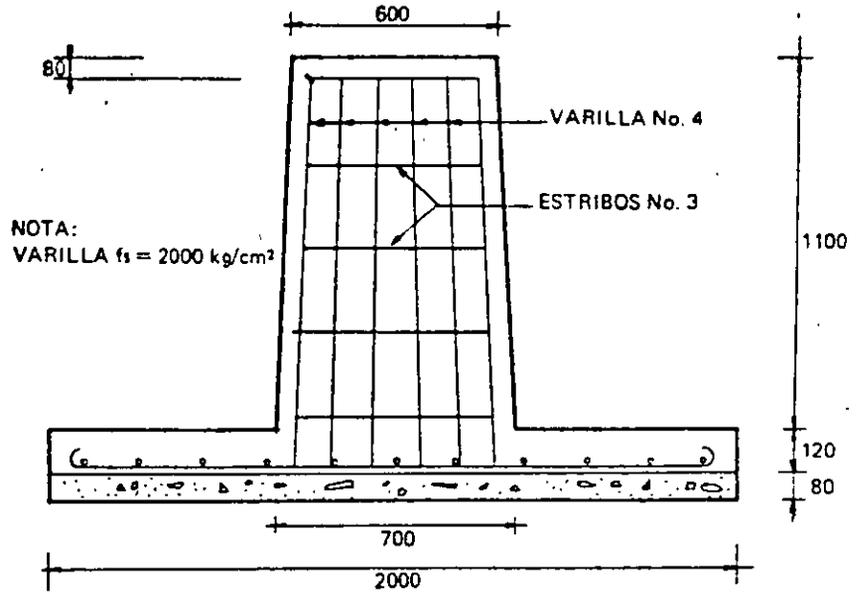


Figura 5
CIMENTACION PARA POSTES DE 1200 mm



42

Figura 6
CIMENTACION PARA POSTES DE 16000 mm SIN ZAPATA



422

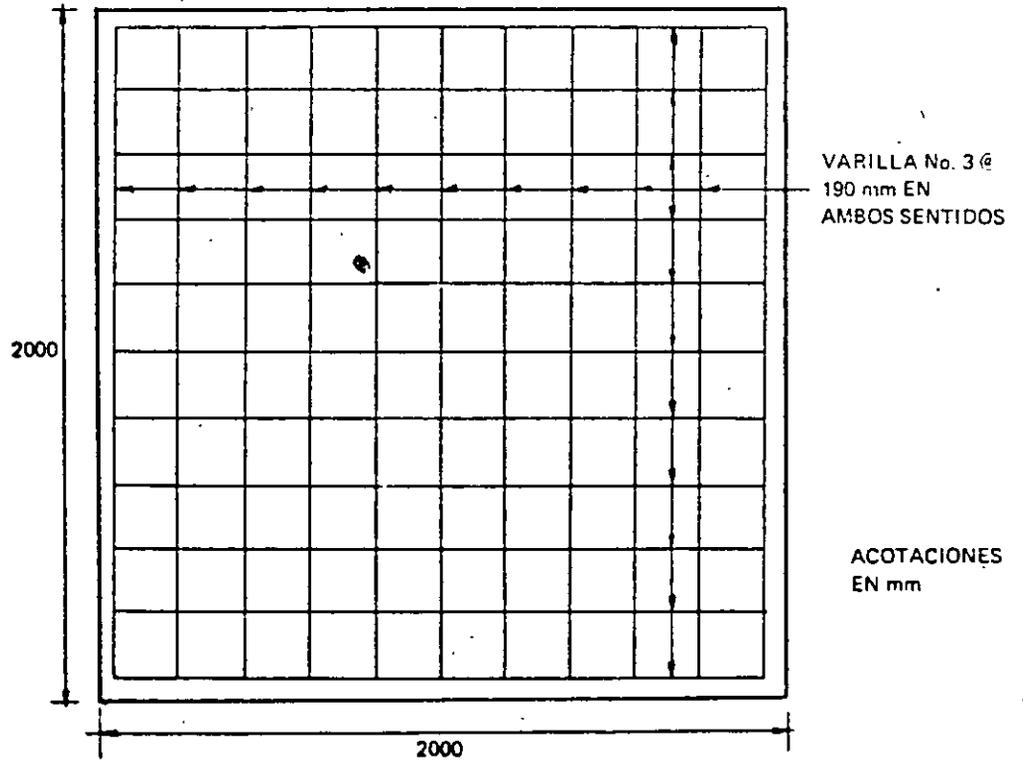


Figura 7
CIMENTACION PARA POSTES DE 16000 mm CON ZAPATA

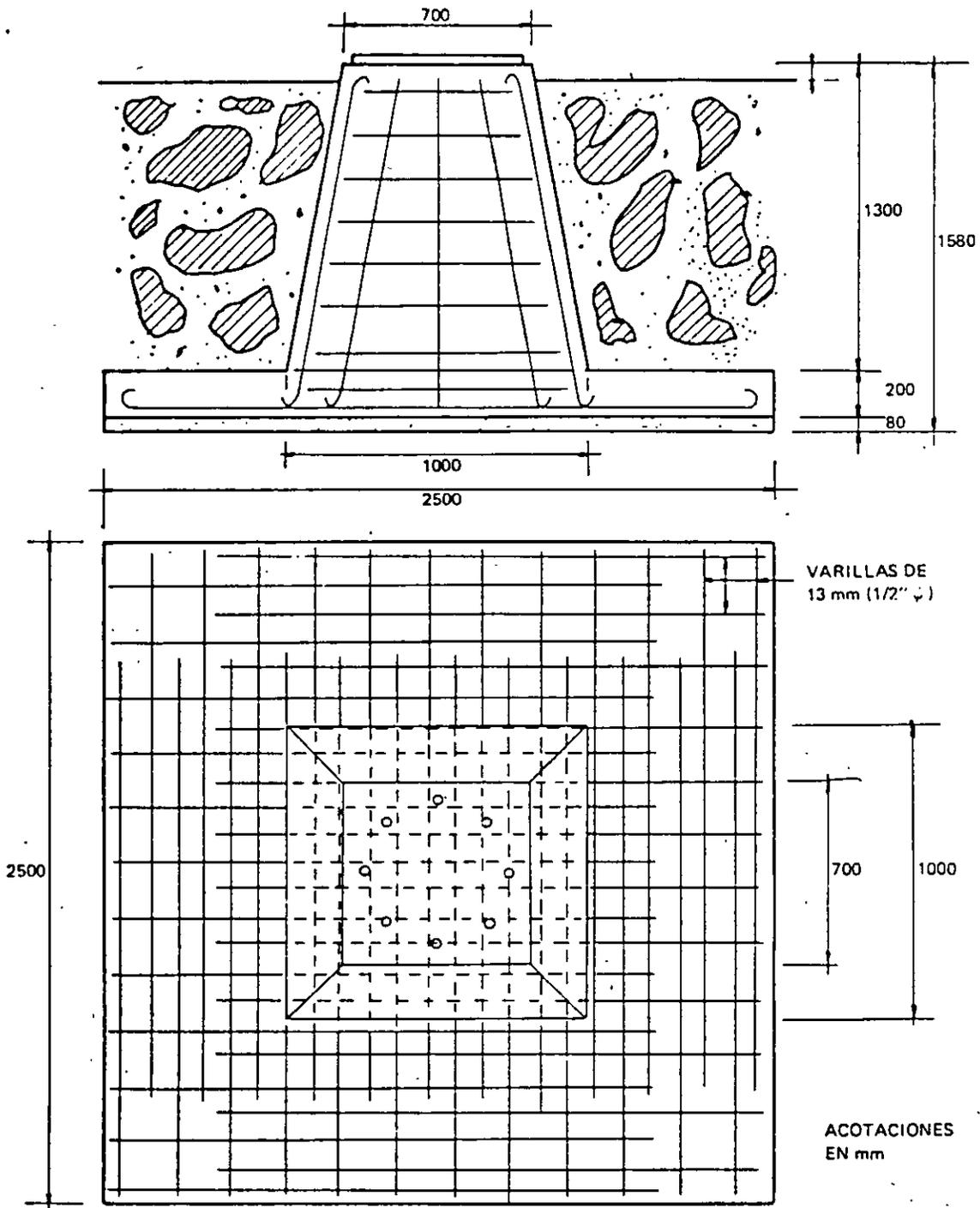


Figura 8
CIMENTACION PARA POSTES DE 20000 mm

424

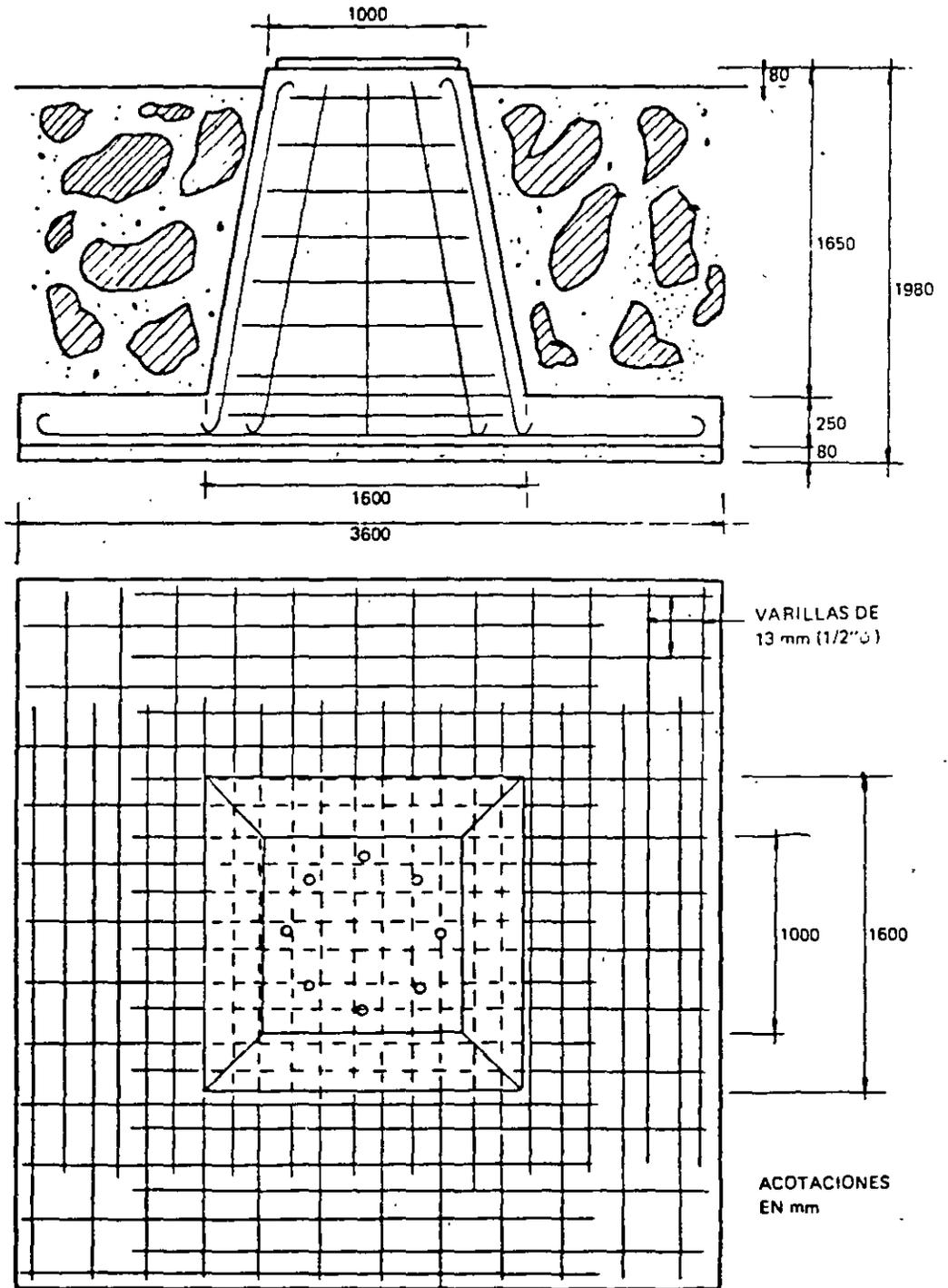
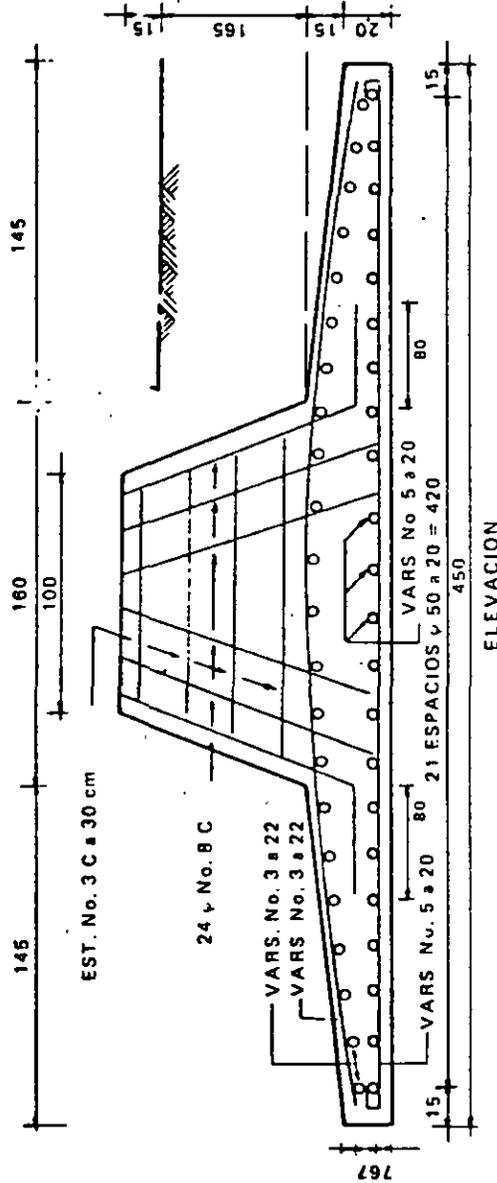
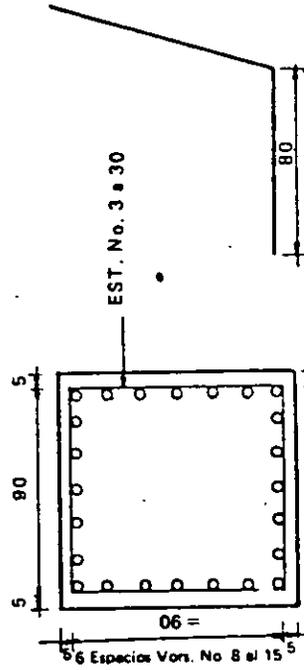


Figura 9
CIMENTACION PARA POSTES DE 25000 mm



CONCRETO $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
 GRAVA 1 1/2" (38mm)
 ACERO $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$

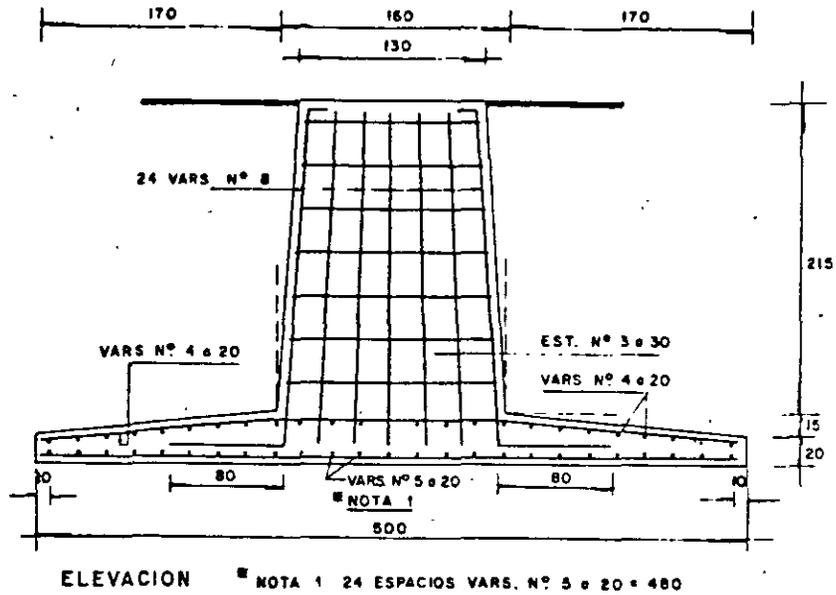
ELEVACION



PLANTA DE CORONA

ANCLAJE DE VARS. No. 8
 DESCANSANDO EN EL ARMADO
 DEL LECHO INF. DE ZAPATA

Figura 10
 CIMENTACION PARA POSTES DE 30000 mm



426

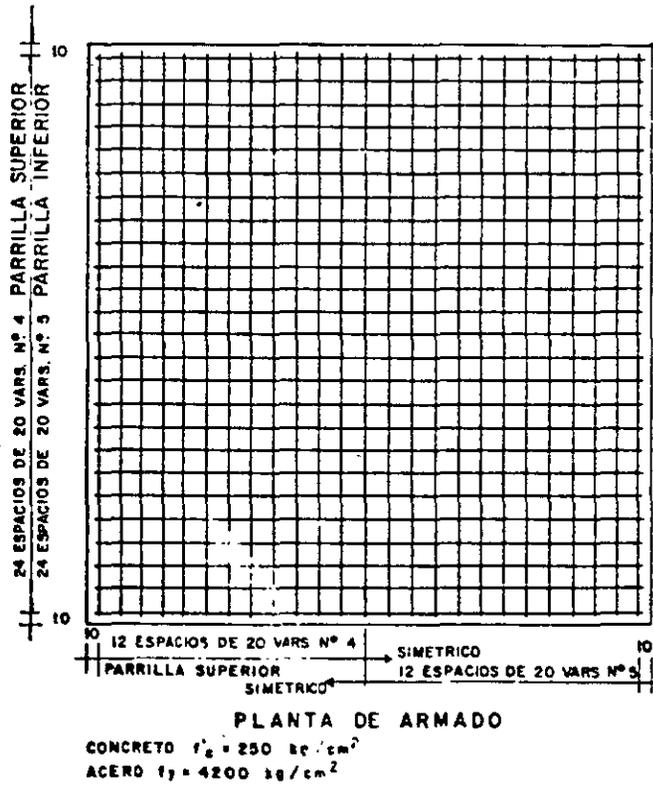


Figura 11
 CIMENTACION PARA POSTES DE 350.00 mm
 (1 ø- 2)

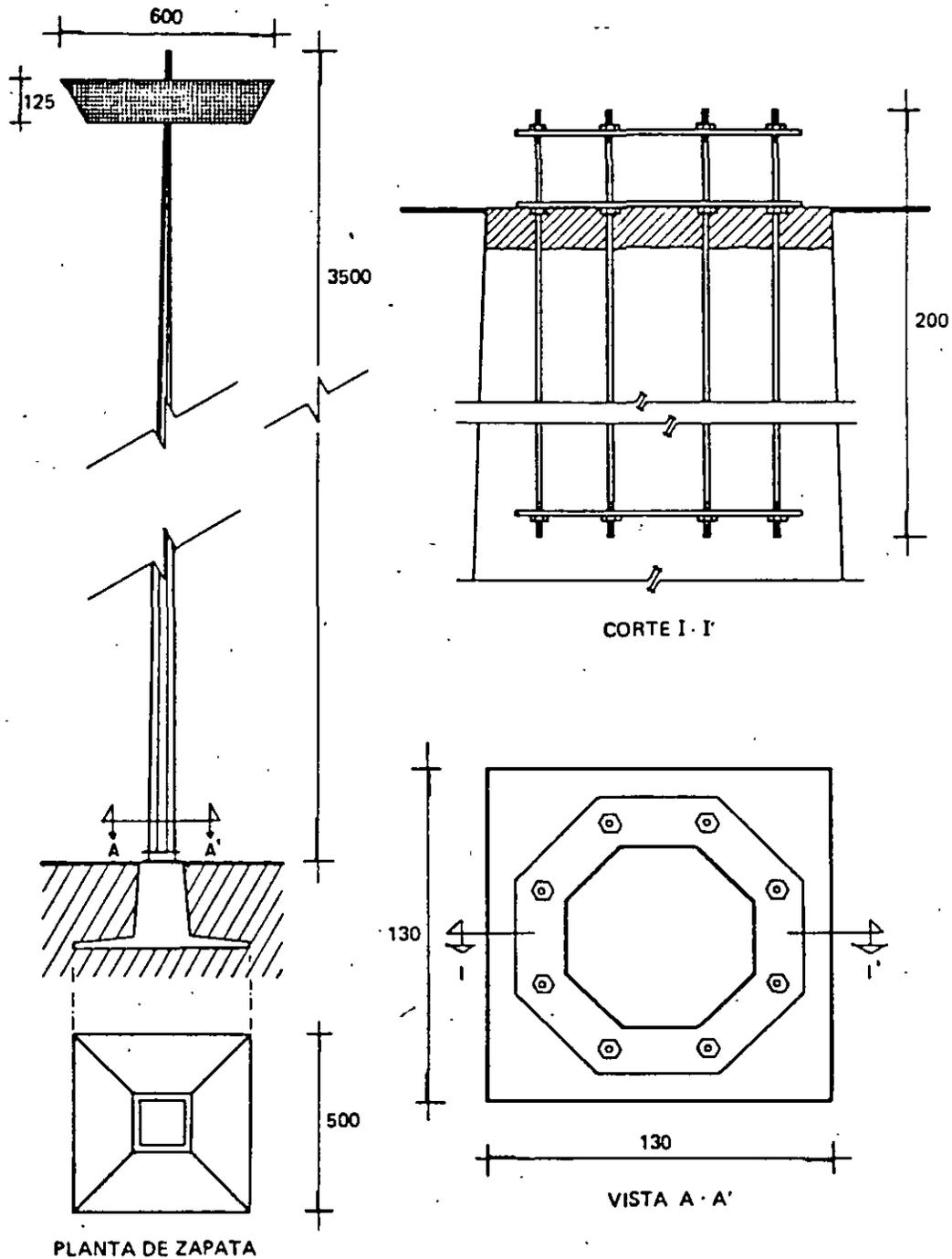


Figura 11
CIMENTACION PARA POSTES DE 35000 mm
(2 de 2)



1.5.4 Postes

Las luminarias para alumbrado público se montan generalmente en postes, ya sean propios o de la red eléctrica. Cualquiera de estos soportes deberán cumplir con las siguientes funciones:

- Resistir los impactos de viento
- Resistir los agentes corrosivos de la atmósfera
- Ser lo suficientemente ligeros para su manejo
- Proveer espacio suficiente para los accesorios que deban alojarse en ellos, tales como: conductores, balastos o equipos de control
- Requerir el mínimo de mantenimiento.

En la *figura III-63* se muestran las principales características geométricas de la unidad poste-luminaria, que son definidas por el poste mismo.

1.5.4.1 Componentes

Los postes son en sí columnas verticales instaladas con el fin de soportar una o varias luminarias y constan de varias partes:

114

| | |
|-------------------|---|
| <i>Poste</i> | o columna vertical que permite alcanzar la altura de montaje requerida, en combinación con el brazo, si se requiere |
| <i>Brazo</i> | o columna horizontal que permite ubicar la luminaria en el punto deseado, en el plano transversal de la calle a iluminar |
| <i>Punta</i> | o pieza de montaje, colocada en el extremo superior del poste o del brazo, según sea el caso y que permite el montaje de la(s) luminaria(s). Puede ser lisa o roscada |
| <i>Placa base</i> | sólidamente fija a la base del poste para recibir las anclas de fijación al cimiento |
| <i>Registro</i> | puesto cerca de la base del poste para permitir el alcance a los accesorios dentro del poste |
| <i>Pedestal</i> | pieza que tiene el doble propósito de servir para el anclaje del poste y alojar el balastro |
| <i>Anclas</i> | pernos metálicos empotrados en la cimentación de concreto para sujetar la base (placa o pedestal) al cimiento |

En las *figuras III-64 a III-66* se muestran los componentes anteriormente descritos, en diferentes modalidades de montaje.

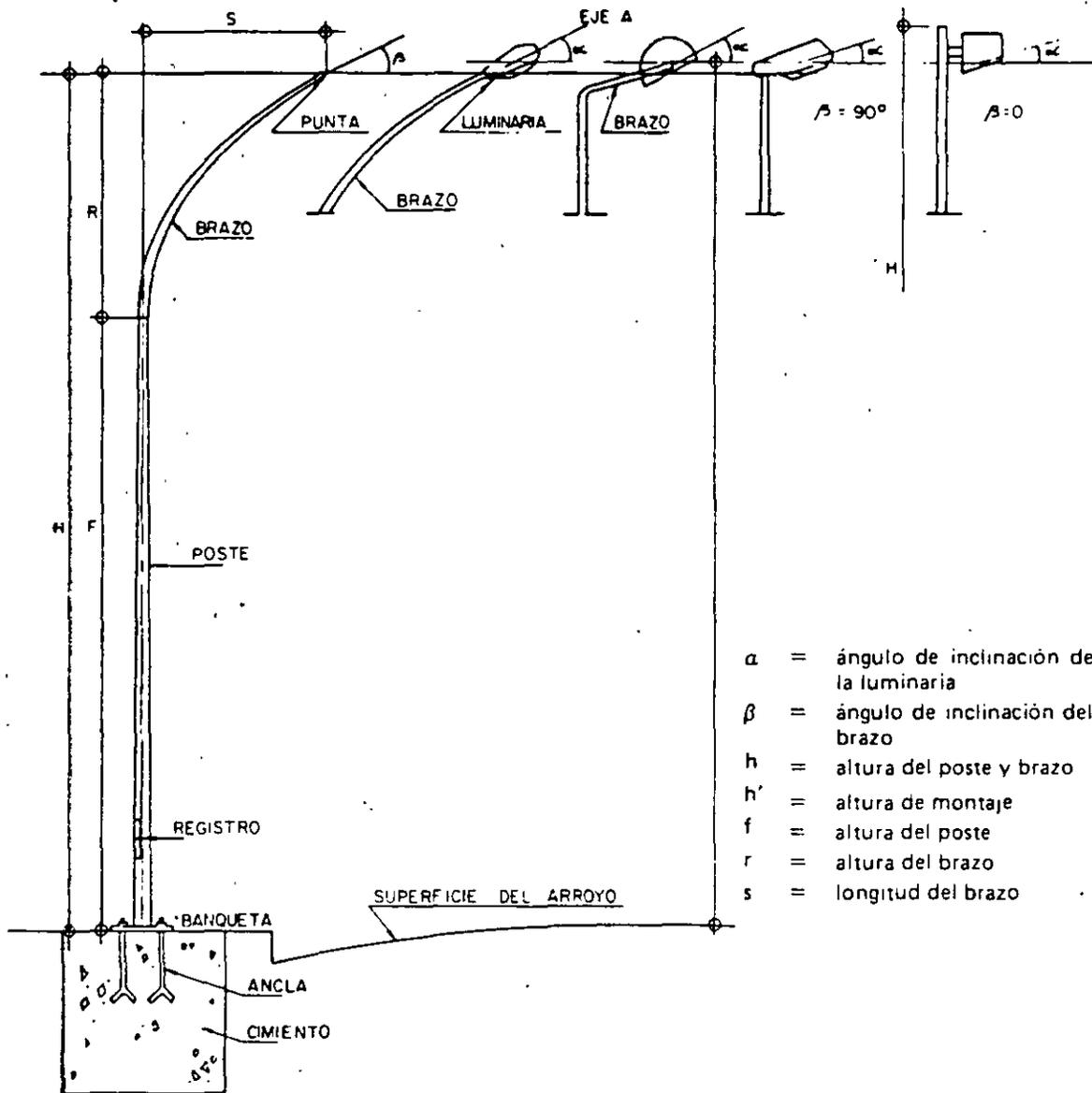


Figura III-63

1.5.4.2 Construcción

Los postes se fabrican con lámina de fierro rolando, en sus presentaciones más comunes y, se pueden encontrar también fabricados de concreto, madera o aluminio.

Uso

Por su uso, se clasifican como "punta de poste" cuando la luminaria va montada directamente al extremo superior del poste o "con brazo", estando en este caso preparados para

PUNTA DE POSTE

116

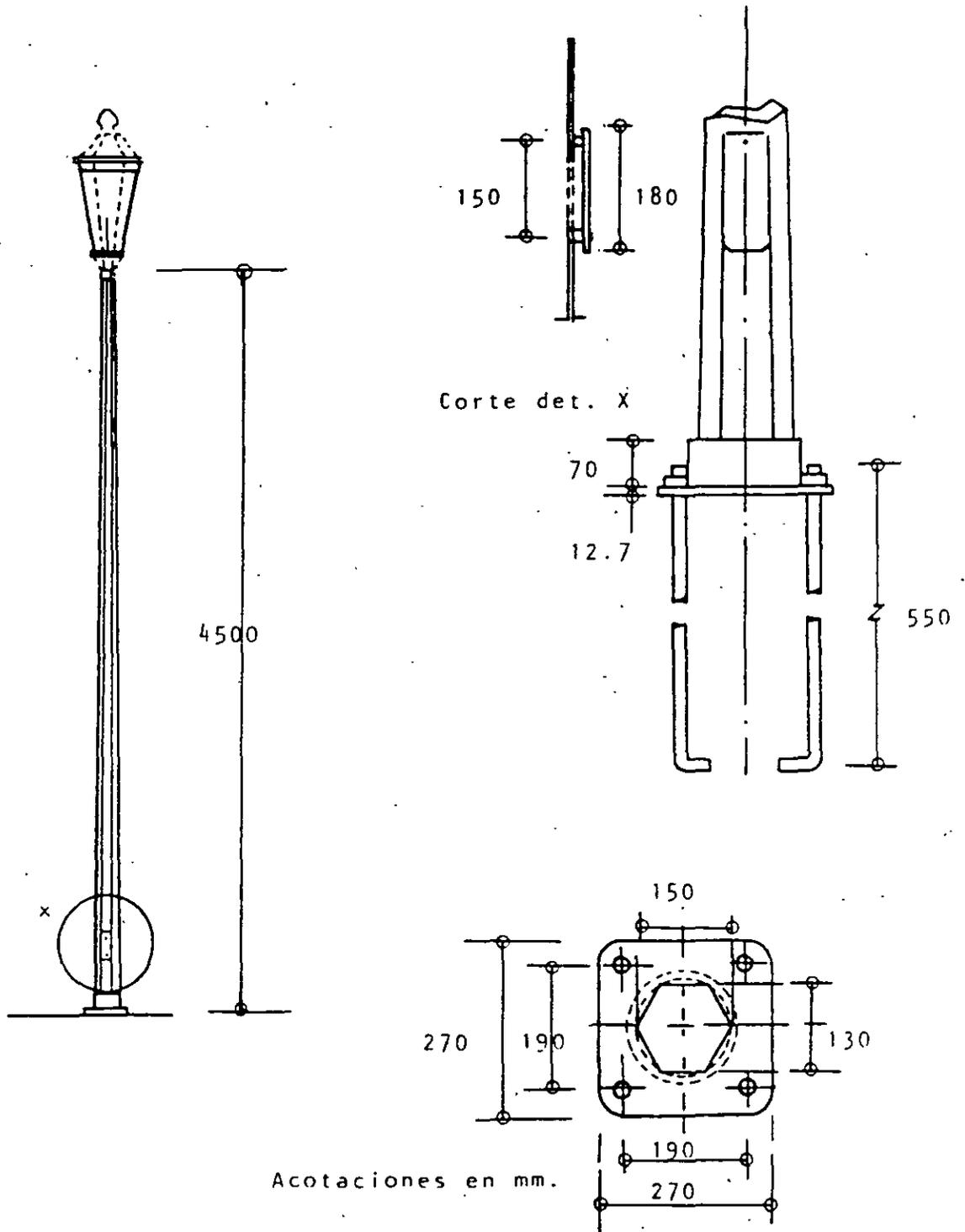
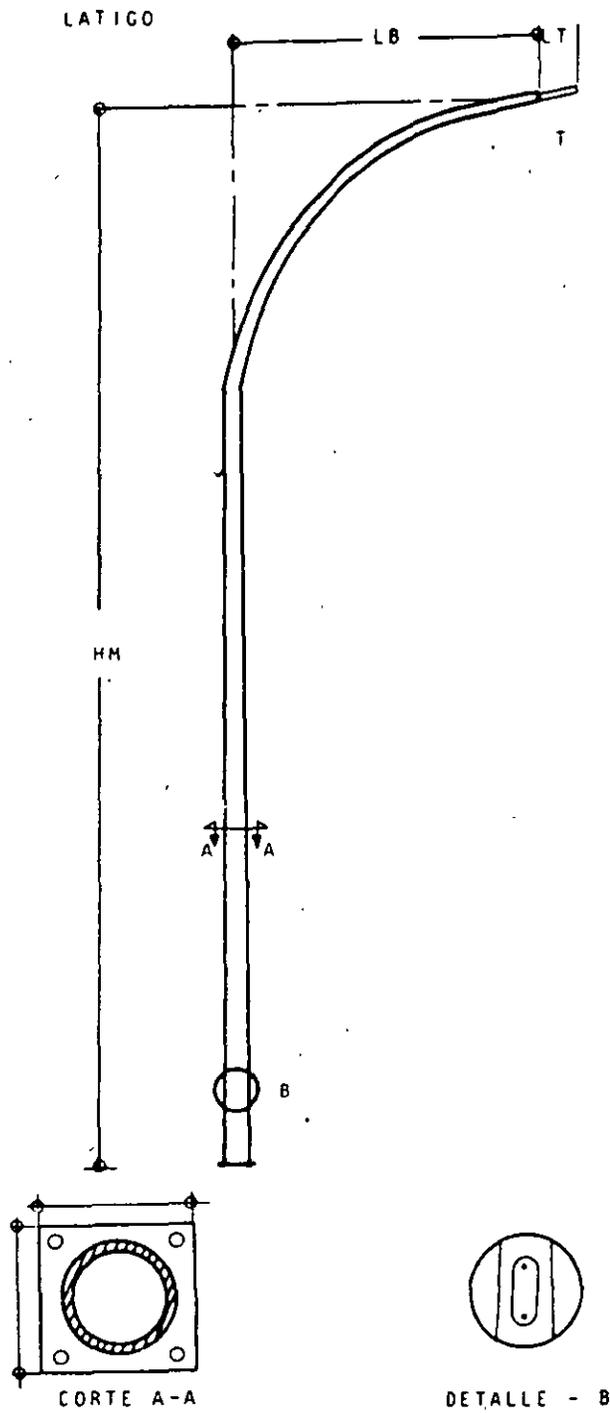


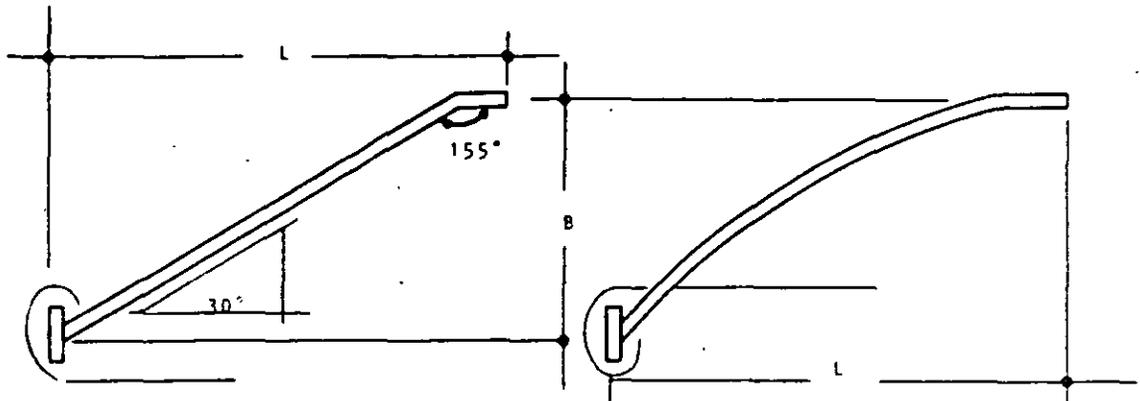
Figura III-64



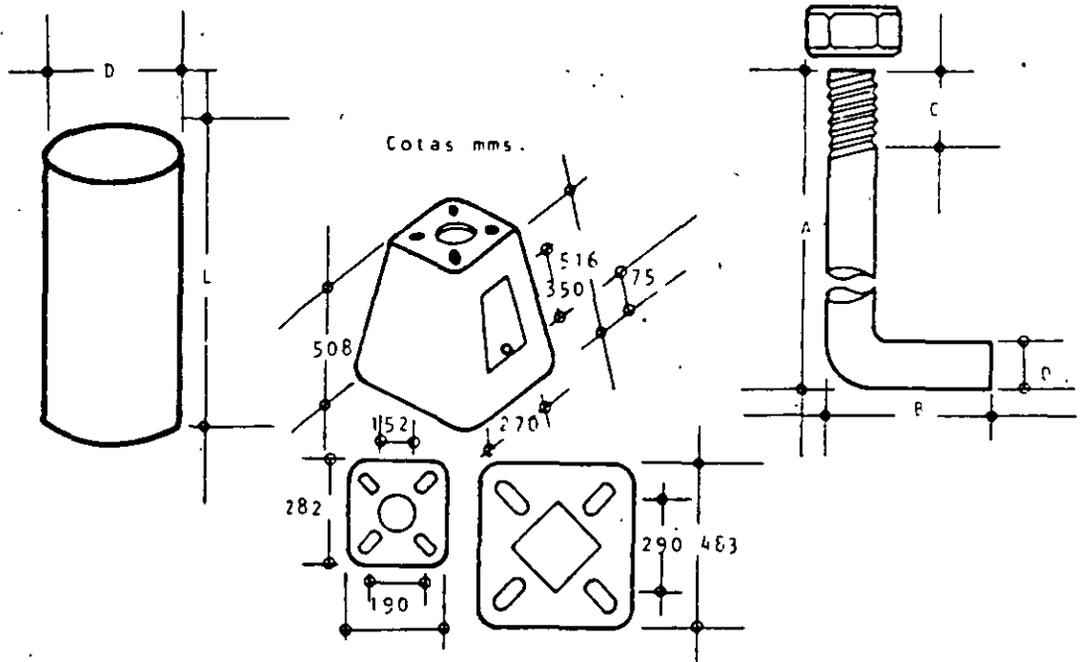
117

Figura III-65

Brazos metálicos



118



BASE PARA POSTE

Figura III-66

soportar diferentes tipos de brazo. En ambos casos, pueden soportar una o más luminarias.

Longitud

Varía de los 3 a los 30 metros; es necesario hacer resaltar que la longitud del poste no necesariamente corresponde a la altura de montaje, ya que se debe de combinar con el brazo y en algunos casos con la longitud de poste que se empotra en el terreno para su montaje. Los fabricantes los ofrecen rectos o curvados (látigo).



Sección transversal

Es costumbre definirla por la forma, el material y el espesor del mismo, pero es recomendable especificarla por los esfuerzos a que estará sometido el poste, tales como: empuje del viento, impactos, flexión, peso originado por la luminaria y el brazo, etc. Las formas más comunes en el mercado son: circular, cuadrada, exagonal y octogonal.

Características estéticas

En el párrafo III.1.5.2.8, se menciona la necesidad de adecuar la luminaria al paisaje urbano, tanto diurno como nocturno. El poste deberá ser seleccionado en forma tal que armonice con dicho paisaje urbano.

En la *tabla III-13* se resumen los tipos de poste (con sus nombres comerciales) ofrecidos por los fabricantes y que puede servir como una guía inicial para su selección.

1.5.4.3 *Postes de la red eléctrica*

Tanto desde el punto de vista económico como estético, es conveniente usar los postes de la red eléctrica para soportar luminarias para alumbrado público.

Desde el punto de vista estético, al disminuir el número de postes se reducen los obstáculos al paisaje urbano.

Desde el punto de vista económico, la inversión inicial disminuye por:

1. No se requiere de postes ni de su instalación.
2. No se requiere la red subterránea ni la obra civil (excavaciones, ductos, registros, bases, etc.).
3. En caso de instalarse una red aérea de alimentación exclusiva para el servicio de alumbrado público, el costo de los conductores se reduce al usarse desnudos y de longitud menor.

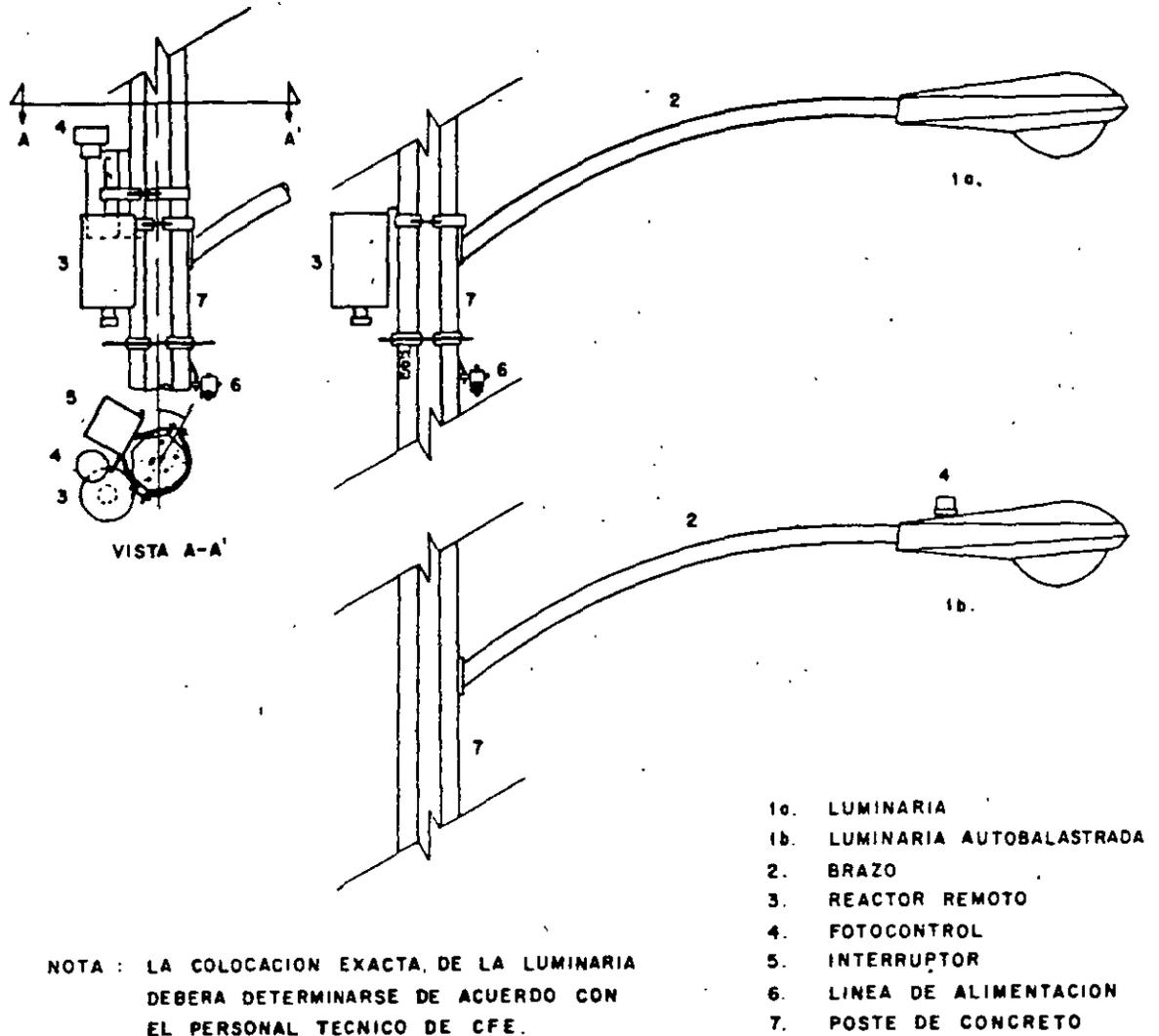
Por otra parte, la inversión aumenta por:

1. La posibilidad de instalar controles de encendido y apagado para cada lámpara.
2. La posibilidad de requerir que algunas operaciones de montaje y/o mantenimiento tengan que ser realizadas por la empresa suministradora.

Obviamente, esta solución sólo se puede considerar en aquellos casos en que la red eléctrica sea del tipo aéreo.

Deberá consultarse la oficina más próxima de la CFE, a fin de elaborar el proyecto en forma conjunta, ya que las alturas de montaje permitidas en este caso, así como la distancia interpostal, están definidas por la geometría de la red eléctrica.

La *figura III-67* muestra una instalación típica en poste de la red eléctrica.



120

NOTA : LA COLOCACION EXACTA, DE LA LUMINARIA DEBERA DETERMINARSE DE ACUERDO CON EL PERSONAL TECNICO DE CFE.

- 1a. LUMINARIA
- 1b. LUMINARIA AUTOBALASTRADA
- 2. BRAZO
- 3. REACTOR REMOTO
- 4. FOTOCONTROL
- 5. INTERRUPTOR
- 6. LINEA DE ALIMENTACION
- 7. POSTE DE CONCRETO

FIGURA III - 67

- a) MONTAJE DE LUMINARIA CON BALASTRO Y FOTOCONTROL REMOTOS EN POSTE DE CFE
- b) MONTAJE DE LUMINARIA AUTOBALASTRADA EN POSTE DE CFE

Figura III-67

Tabla III-13 POSTES

| TIPO | MODELO | MATERIAL | ALTURA (m) | DIAMETRO BASE (cm) | DIAMETRO CORONA (cm) | MONTAJE | LONGITUD BRAZO (m) | ALTURA MONTAJE (m) | |
|----------------|--------------------------------------|-------------------|------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------------|--|
| CUADRADO | Cónico | Lámina de acero | 4 y 4.5 | 12 | 6.35 | Subrepuesto | 1.8 a 2.5 | 5.2 y 5.7 | |
| | | Lámina de acero | 5 a 7 | 15.24 | 7.62 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 6.2 a 7.2 | |
| | | Lámina de acero | 7.5 a 9.5 | 18.73 | 8.9 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 8.7 a 10.7 | |
| | | Lámina de acero | 10 a 15 | 24.13 a 30.5 | 10.16 a 14 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 11.2 a 16.2 | |
| | Con base metálica | Concreto (ligero) | 6 y 7.5 | 15 y 16.3 | 10 | Con pedestal | 2.4 | 7 y 8.5 | |
| | | Concreto (normal) | 7 a 13 | 23.1 a 30 | 15 | Con pedestal | 2.4 | 8 a 14 | |
| | Para empotrarse | Concreto (ligero) | 6 y 7.5 | 15 y 16.3 | 10 | Empotrado | 2.4 | 7 y 8.5 | |
| | | Concreto (normal) | 7 a 13 | 23.1 a 30 | 15 | Empotrado | 2.4 | 8 a 14 | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| PUNTA DE POSTE | Tipo de jardín Circular | Lámina de acero | 7 | 15.2 | 5.1 | Sobrepuesto | Sin | 7 | |
| | | Lámina de acero | 4 a 7.5 | 15.25 | 10.16 | Sobrepuesto | Sin | 4 a 7.5 | |
| | | Lámina de acero | 8 a 12 | 16.51 a 26.67 | 10.6 a 15.25 | Sobrepuesto | Sin | 8 a 12 | |
| | | Lámina de acero | 3 a 8 | 15 | 5 | Sobrepuesto | Sin | 3 a 8 | |
| | Alameda para 1 bombillo | Lámina de acero | 5 a 7 | 15.24 | 7.62 | Sobrepuesto | Sin | 5 a 7 | |
| | | Lámina de acero | 7.5 a 9 | 18.73 | 8.9 | Sobrepuesto | Sin | 7.5 a 9 | |
| | San Angel | Lámina de acero | 4.5 | 13 | 5.1 | Sobrepuesto | Sin | 4.5 | |
| | | Lámina de acero | 12 | 28 | 10 | Sobrepuesto | Sin | 12 | |
| | Recto hexagonal | Lámina de acero | 4.5 y 5 | N R. | N R. | Con pedestal | Sin | 5.6 y 6.1 | |
| | | Lámina de acero | 4 a 5 | 7.62 | 7.62 | Sobrepuesto | Sin | 4 a 5 | |
| | Tubo recto para niple sin registro | Lámina de acero | 5.5 a 6.5 | 10.16 | 10.16 | Sobrepuesto | Sin | 5.5 a 6.5 | |
| | | | | | | | | | |
| OCTAGONAL | Cónico para niple con y sin registro | Lámina de acero | 4 y 4.5 | 11.8 | 6.35 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 5.2 y 5.7 | |
| | | Lámina de acero | 5 a 7 | 15.6 | 7.62 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 6.2 a 8.2 | |
| | | Lámina de acero | 7.5 a 9.5 | 19 | 8.9 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 8.7 a 10.7 | |
| | | Lámina de acero | 10 y 10.5 | 23.1 | 10.16 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 11.2 y 11.7 | |
| | Tipo Insurgente | Lámina de acero | 6 a 9 | 27.7 | N R. | Con pedestal | 1.8 y 2.4 | 6.5 a 9.5 | |
| | | Lámina de acero | 6 a 7 | 15.6 | 7.62 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 7.2 a 8.2 | |
| | | Lámina de acero | 7.5 a 9.5 | 19 | 8.9 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 8.7 a 10.7 | |
| | | Lámina de acero | 10 y 10.5 | 23.1 | 10.16 | Sobrepuesto | 1.8 a 2.5 | 11.2 y 11.7 | |
| | Recto con y sin pedestal | Lámina de acero | 7 a 8 | N R. | N R. | Con pedestal | 2.4 | 7.6 a 8.6 | |
| | | Lámina de acero | 7 a 8 | 19 | 10 | Sobrepuesto | 1.8 y 2.5 | 8 a 9 | |
| | | Concreto (ligero) | 8.5 y 10.5 | 21 y 24.5 | 13.5 | Con pedestal | 2.4 | 9.5 y 11.5 | |
| | | Concreto (normal) | 7 a 13 | 25 a 35 | 15 | Con pedestal | 2.4 | 8 a 14 | |
| | | Concreto (ligero) | 8.5 y 10.5 | 21 y 24.5 | 13.5 | Empotrado | 2.4 | 9.5 y 11.5 | |
| | | Concreto (normal) | 7 a 13 | 25 a 35 | 15 | Empotrado | 2.4 | 8 a 14 | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |



Tabla III-17 (Continuación)

| TIPO | MODELO | MATERIAL | ALTURA (m) | DIAMETRO BASE (cm) | DIAMETRO CORONA (cm) | MONTAJE | LONGITUD BRAZO (m) | ALTURA MONTAJE (m) | |
|--|---|------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------------|-------|
| CIRCULAR | Cónico tipo churubusco Ligero para reflectores | Lámina de acero | N R | 19 | N R | Con pedestal | 18 y 24 | N R | |
| | | Lámina de acero | 6 a 10.5 | 19 | 9 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 6 a 10.5 | |
| | Pesado para reflectores | Lámina de acero | 12 a 21 | 25 a 40 | 10 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 12 a 21 | |
| | | Lámina de acero | 12 a 18 | 30 a 36 | 16 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 12 a 18 | |
| | Tronónico | Lámina de acero | 24 y 30 | 40 y 48 | 30 | Sobrepuesto | 18 y 24 | 24 y 30 | |
| | | Lámina de acero | 10.3 a 14.7 | 25.8 a 32.7 | 12 | Empotrado | 18 y 24 | N R | |
| | Recto sin pedestal | Lámina de acero | 6.5 a 8 | N R | N R | Sobrepuesto | 24 | 7.5 a 8.8 | |
| | Recto con pedestal | Lámina de acero | 6.5 a 8 | N R | N R | Con pedestal | 24 | 8 a 9.1 | |
| | Redondo para sobreponer sin pedestal | Lámina de acero | 4 a 5.5 | N R | N R | Sobrepuesto | 24 | 4.5 a 6 | |
| | Redondo para sobreponer con pedestal | Lámina de acero | 4 a 5.5 | N R | N R | Sobrepuesto | 24 | 6.5 a 8 | |
| | Cónico | Lámina de acero | 6 a 7.5 | N R | N R | Con pedestal | 24 | 5 a 6.5 | |
| | | Lámina de acero | 6 a 7.5 | N R | N R | Con pedestal | 24 | 7 a 8.5 | |
| | Cónico para un brazo sin registro | Lámina de acero | 7 a 8 | 19 | 10 | Sobrepuesto | 18 y 25 | 8 a 9 | |
| | Cónico para niple | Lámina de acero | 5 a 9.5 | 15.6 a 19 | 7.6 a 8.9 | Sobrepuesto | 18 a 25 | 6.2 a 10.7 | |
| | | Lámina de acero | 10 y 10.5 | 23.1 | 10.1 | Sobrepuesto | 18 a 25 | 11.2 a 11.7 | |
| | LÁTIGO | Forma parabólica | Lámina de acero | 6 a 8 | N R | N R | Sobrepuesto | 18 a 28 | 6 a 8 |
| | | Circular tipo olimpico | Lámina de acero | 5.3 a 7.3 | 15 | 4.5 a 6.9 | Con pedestal | 16 a 21.5 | 7 a 9 |
| Circular sin pedestal | | Lámina de acero | 7 a 8 | N R | N R | Sobrepuesto | 18 y 24 | 7 a 8 | |
| Cónico circular para 1 brazo sin registro | | Lámina de acero | 7 a 9.5 | 15.6 a 19 | 7.6 a 8.9 | Sobrepuesto | 18 a 25 | 8.2 a 10.7 | |
| Cónico circular para niple sin registro | | Lámina de acero | 10.5 a 12 | 23.1 | 10.16 | Sobrepuesto | 18 a 25 | 11.7 a 13.2 | |
| HEXAGONAL | Cuadrado tipo olimpico | Lámina de acero | 4 a 7 | 11.8 a 15.6 | 6.35 a 7.6 | Sobrepuesto | 18 a 25 | 5.2 a 8.2 | |
| | Octagonal sin pedestal | Lámina de acero | 7.5 a 9.5 | 19 | 8.9 | Sobrepuesto | 18 a 25 | 8.7 a 10.7 | |
| | Cónico para niple | Lámina de acero | 10 a 15 | 23.1 a 30 | 10.16 a 13.4 | Sobrepuesto | 18 a 25 | 11.2 a 16.2 | |
| | | Lámina de acero | 5.3 a 7.3 | 27 | 4.5 a 6.9 | Con pedestal | 18 y 24 | 7 a 9 | |
| | Octagonal sin pedestal | Lámina de acero | 7 a 8 | N R | N R | Sobrepuesto | 18 y 24 | 7 a 8 | |
| HEXAGONAL | Cónico para niple | Lámina de acero | 4 y 4.5 | 11.43 | 6.35 | Sobrepuesto | 18 y 25 | 5.2 y 5.7 | |
| | | Lámina de acero | 5 a 6 | 15.24 | 7.62 | Sobrepuesto | 18 y 25 | 6.2 a 7.2 | |

Altura de montaje = Altura del poste más longitud del brazo, de acuerdo al ángulo en que se fabrica el mismo.

N R = No reportado por el fabricante.

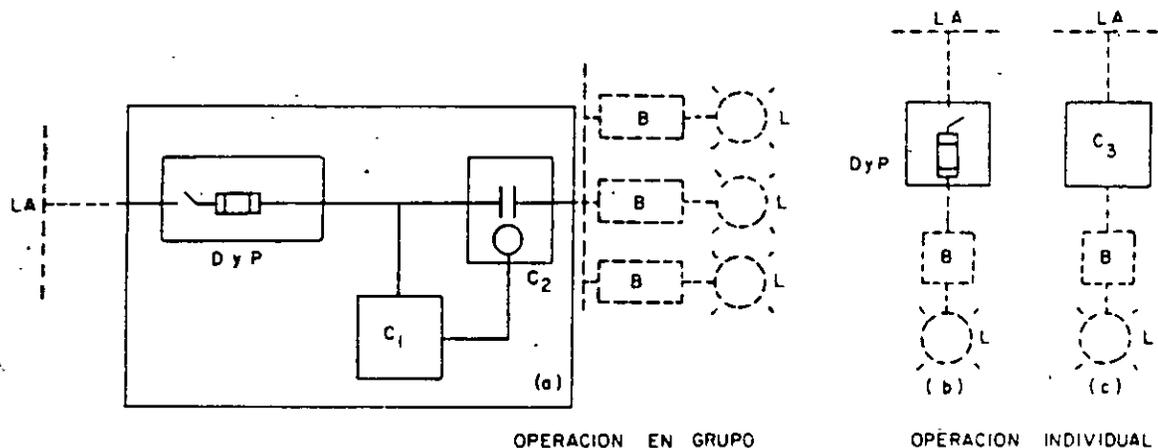




1.5.5 Equipos de control y protección

El control y la protección de los sistemas de alumbrado público puede ser individual o en grupo, manual o automático y se analiza en detalle en la sección III-2.1.

Los equipos que intervienen en las funciones de control y protección se muestran en la figura III-68.



- D Desconexión de la red (interruptor de cuchillas o termomagnético)
- P Protección contra cortocircuito (y sobrecarga si se desea)
- C₁ Sensor del control (fotocontrol, reloj, apagador manual, etc.)
- C₂ Control del encendido y apagado (relevador o contactor)
- C₃ Fotocontrol con fusible para operación y control de una lámpara
- B Balastro
- L Lámpara
- LA Línea de alimentación

Figura III-68

1.5.5.1 Fotocontroles

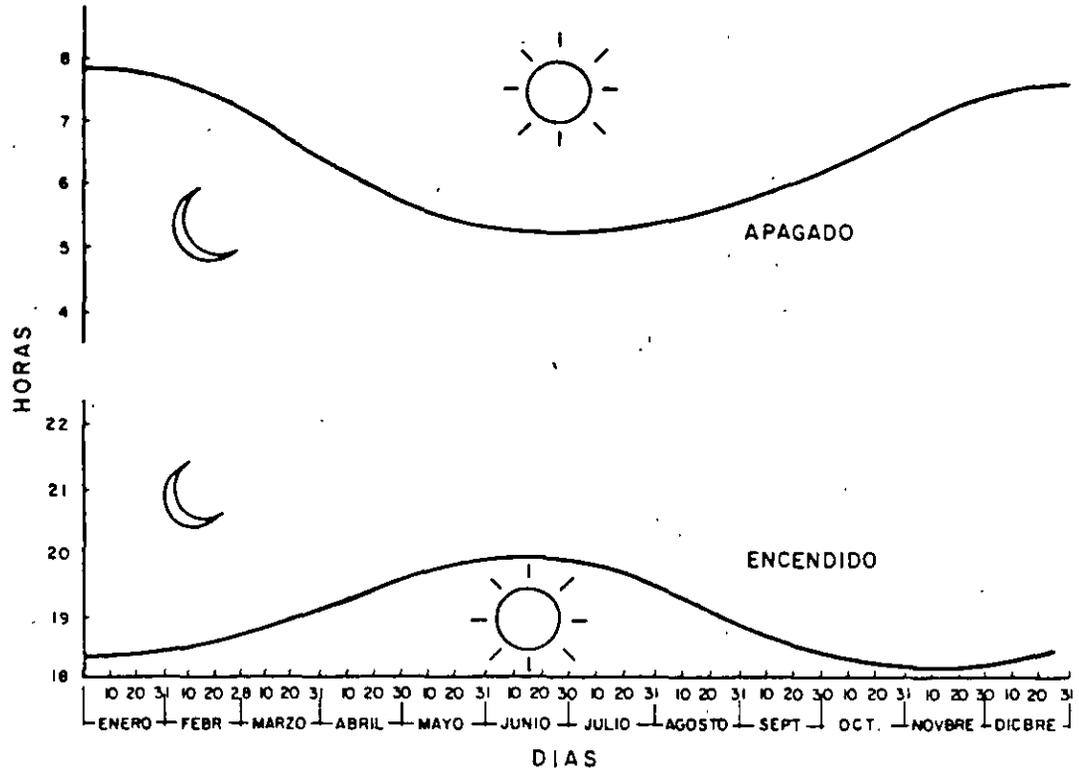
Son dispositivos sensibles a la luz natural, por lo que permiten encender y apagar las lámparas de un sistema de alumbrado público cuando se alcanza un nivel de iluminación natural prefijado. El fotocontrol puede tener incorporados circuitos o elementos que le permitan complementar su operación:

- Ajuste de los límites de operación en función de la iluminación natural.
- Retardos en la operación para evitar operaciones indebidas por la influencia de la luz proveniente de fanales de automóviles, rayos, oscurecimiento temporal por nubes espesas, etc.

Funcionamiento

A fin de familiarizar al lector con el funcionamiento de los fotocontroles, es conveniente explicar la llamada curva astronómica (Figura III-69).

El fotocontrol se ajusta a un valor tal que opere a valores cercanos a los obtenidos para el trazo de la curva astronómica del lugar.



CURVAS ASTRONOMICAS

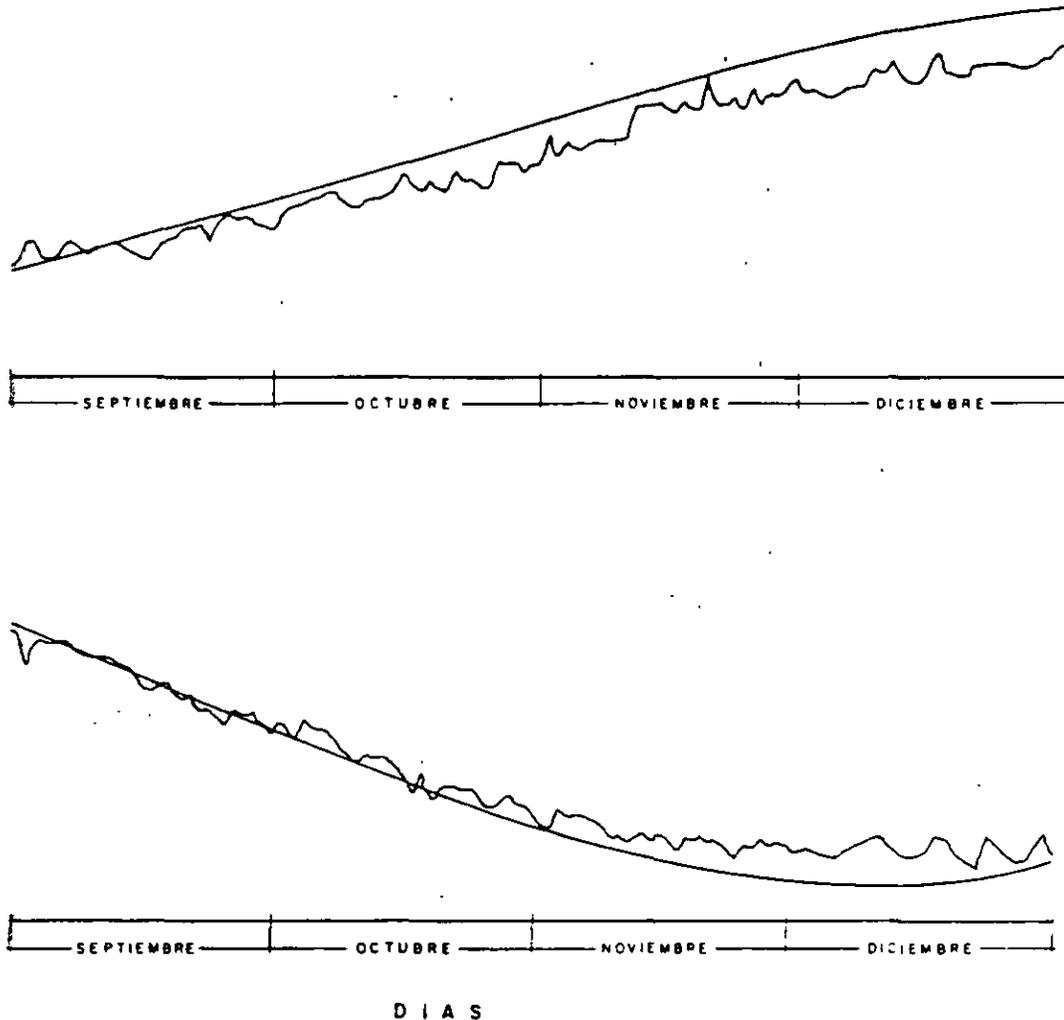
Figura III-69

La luz del sol no empieza en el momento mismo de salir el sol ni se apaga súbitamente cuando se pone. Así, al orto y ocaso del sol precede y antepone una iluminación variable por momentos, denominada crepúsculo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede trazar la curva de este comportamiento durante el año; a esto se le denomina curva astronómica.

En la figura III-70 Electricité de France graficó el comportamiento de un fotocontrol comparado con la curva horaria, correspondiente a la Ciudad de París. Se observa que el fotocontrol tiene una respuesta muy aproximada a las necesidades de encendido-apagado, por lo que es el medio más adecuado para control de sistemas de alumbrado público.

Existen tres tipos de fotocontroles: fotoconductores, que funcionan por el efecto de la luz



EJEMPLO COMPARATIVO DEL ENCENDIDO SEGUN CELULA FOTOELECTRICA Y
SEGUN CURVA ASTRONOMICA

Figura III-70

sobre el valor de la resistencia de determinados elementos, como el selenio y el sulfuro de cadmio; autogeneradores, en los cuales se produce una pequeña diferencia de potencial entre sus bornes cuando el elemento sensible es iluminado, como el selenio y óxido de cobre; los fotoemisores, en los cuales el cátodo emite electrones al iluminarse, utilizando para ello litio o sodio.

Todos los fotocontroles tienen el inconveniente de que con el transcurso del tiempo se van insensibilizando, por lo cual deben sustituirse o regularse periódicamente (este período puede estar comprendido entre dos y cinco años, lo que depende del fabricante).

El fotocontrol se debe situar normalmente en el centro de mando de la instalación, en tal

forma que sólo pueda recibir luz diurna; orientado hacia el norte, cuidando que no incida sobre él la luz producida por las lámparas que controla o alguna otra fuente. El fotocontrol también puede instalarse en la parte superior de la luminaria si ésta está diseñada para dicho objetivo.

Es necesario hacer resaltar que dada la velocidad con que varía la iluminancia en los momentos en que se enciende o apaga el alumbrado, no tiene importancia decisiva la localización del fotocontrol, siempre que se tomen las medidas necesarias para que no incida sobre él luz artificial.

Un mismo fotocontrol puede accionar diversos centros de mando, aunque es conveniente que los circuitos correspondan a características similares.

En la *figura III-71* se representa físicamente un fotocontrol y en la *figura III-72* un esquema típico. La *tabla III-14* presenta los diferentes valores característicos disponibles en el mercado.

FOTOCONTROL

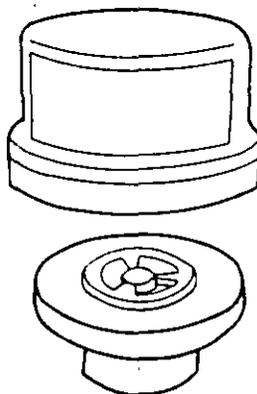


DIAGRAMA BASICO DE CONEXION

Figura III-71

CARACTERISTICAS DE SELECCION

1. Contactos.

Deberán estar protegidos en el interior del fotocontrol, se suministran para una potencia entre 1,000 y 2,000 W, dependiendo de la utilización, con acción instantánea de cierre para evitar cualquier posibilidad de cebado del arco o chisporroteo.



2. Tiempo de retardo.

Deberá tener un tiempo de retardo entre 10 y 50 segundos en el accionamiento del fotocontrol, con el fin de evitar que éste funcione debido a una luz momentánea o a un ensombrecimiento.

3. Orientación direccional.

Para que la máxima respuesta se alcance colocando el fotocontrol hacia el norte (no todas las fotoceldas la requieren).

4. Nivel de ajuste.

Los fotocontroles se suministran con el ajuste realizado en fábrica, que puede variar entre 10 y 45 luxes al encender, pero lo importante es verificar que conserven la relación entre el encendido y apagado de 1 a 3.

- 1 - CHISPEADOR
- 2 - RDV (REGULADOR DE VOLTAJE)
- 3 - RESISTENCIA LIMITADA
- 4 - FOTOCELULA
- 5 - BOBINA RELEVADOR
- 6 - CONTACTO DE OPERACION
- 7 - TERMINALES EXTERNAS

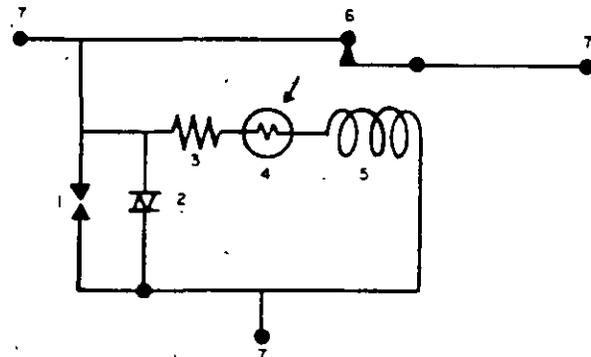


Figura III-72

Calibración nominal, relación encendido-apagado y consumo propio de los fotocontroles nacionales

| Tensión de operación, en volts | Calibración nominal, en luxes | Relación encendido apagado | Consumo propio, en watts |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 127 | 10.767 | 1:3 | 1.5 |
| 127 | 15 ± 20% | < 1:5 | 0.6 |
| 220 | 10.767 | 1:3 | 1.5 |
| 220 | 15 ± 20% | < 1:5 | 1.5 |
| 105 - 130 | 45 | 1:3 | s/d |
| 100 - 280 | 15 ± 20% | < 1:5 | s/d |
| 105 - 285 | 21.5 | s/d | 0.3 |
| 208 - 277 | 45 | 1:3 | s/d |
| 440 | 10.767 | 1:3 | 1.5 |

Tabla III-14



1.5.6 Relojes

El contactor puede ser accionado por medio de relojes de diversas características.

En el alumbrado público se deben utilizar los de operación eléctrica, con reglaje astronómico y escape de áncora.

Los interruptores horarios con reglaje astronómico varían diariamente, en forma automática y continua, la hora en que efectúan el anclaje y desenganche del alumbrado, realizando esta operación a lo largo del año en el momento en que se indica en la curva astronómica correspondiente.

En los interruptores horarios sin reglaje astronómico es necesario ajustar a las curvas astronómicas la hora a la cual accionan el apagado y encendido de la instalación de alumbrado; este ajuste debe efectuarse en períodos comprendidos entre 10 y 20 días como máximo, lo que hace resaltar el problema y costo de esta operación y justifica ampliamente que no se utilicen en alumbrado público los interruptores horarios sin reglaje astronómico.

Cuando se interrumpe la corriente, es necesario que el reloj continúe funcionando, lo que se logra con un dispositivo de resorte para mantener el control. El resorte reserva debe enrollar eléctrica y automáticamente al retornar la corriente, sin necesidad de enrollamiento manual.

128

1.5.7 Combinaciones para alumbrado

Integran en una unidad dos elementos básicos para la protección y el control de circuitos de alumbrado público.

1.5.7.1 Aplicación

Cuando se requiera proteger y controlar desde un punto, uno o varios circuitos de alumbrado, en combinación con algún dispositivo de operación: fotocontrol, reloj, interruptor manual, etc.

1.5.7.2 Características

La figura III-73 muestra los diagramas de conexión típicos de las combinaciones usadas. Las características eléctricas son:

| <u>Corriente (Amperes)</u> | <u>No. de Polos</u> | <u>Tensión Volts C. A.</u> |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 30 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 60 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 100 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 200 | 2 a 4 | 120 a 600 |
| 300 | 2 a 4 | 120 a 600 |



La capacidad del interruptor termomagnético y de los contactos del contactor está dimensionada para soportar una corriente de arranque de 150 % de la corriente nominal.

La bobina de operación del contactor, generalmente opera a 127 V C.A. y puede estar conectada por medio de una clavija en la parte superior de la caja al fotocontrol.

En ocasiones se ofrecen algunos accesorios opcionales, tales como, contactos auxiliares normalmente abiertos o cerrados, apartarrayos, tablillas de conexión, etc.

También se pueden usar contactores para cargas de motores, teniendo la precaución de no sobrepasar su capacidad y se originen daños en los contactos.

1.5.7.3 Construcción

El conjunto interruptor-contactor debe alojarse en una caja metálica para uso intemperie y a prueba de lluvia (NEMA 3R), son dispositivos para su montaje en poste y si se especifica, con el fotocontrol montado en su parte superior. Debe ser suficientemente robusto para soportar los esfuerzos que le transmita la vibración que se produzca en el poste por efecto de impactos o la acción del viento.

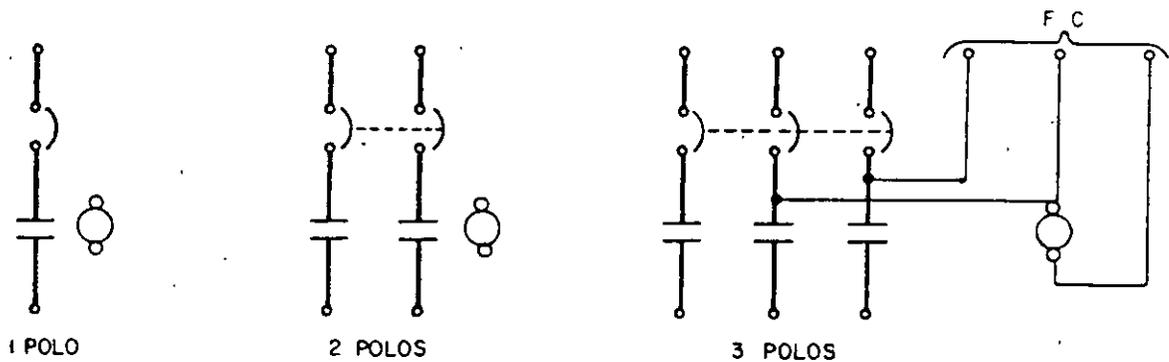


Figura III-73

1.5.8 Interruptores

Los interruptores son aparatos que sirven para interrumpir una corriente eléctrica, con objeto de proteger los equipos que se instalan a continuación de ellos, de sobrecorrientes que pudieran presentarse en las líneas de alimentación.

Para alumbrado público, se utilizan interruptores de navajas con fusibles, o termomagnéticos.

Al encontrarse normalmente a la intemperie, se utilizan cajas o gabinetes con denominación NEMA 3R, los cuales son a prueba de lluvia, ya que fueron diseñados para usarse en exteriores y para proteger al equipo que encierran contra precipitaciones pluviales; al mismo tiempo son resistentes a la corrosión ocasionada por la humedad.

*a) Interruptores de navajas con fusibles (Figura III-74).*

Las capacidades en las que se fabrica este tipo de interruptor son:

| <u>Capacidad, en amperes</u> | <u>Fusible tipo</u> | <u>Número de polos</u> | <u>Tensión, en C.A.</u> | <u>Gabinete Nema</u> |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 30 | Tapón | 2 | 240 | 3R |
| 30 | Tapón | 3 | 240 | 3R |
| 30 | Tapón | 2 | 240 | 3R |
| 30 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |
| 60 | Cartucho | 2 | 240 | 3R |
| 60 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |
| 100 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |
| 200 | Cartucho | 3 | 240 | 3R |

b) Interruptores termomagnéticos en gabinete (Figura III-75).

Se pueden conseguir de las siguientes capacidades:

130

| <u>Capacidad, en amperes</u> | <u>Número de polos</u> | <u>Tensión, en C. A.</u> | <u>Gabinete Nema</u> |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 15 | 1 | 120 | 3R |
| 15 | 2 | 240 | 3R |
| 15 | 3 | 240 | 3R |
| 15 | 3 | 600 | 3R |
| 20 | 1 | 120 | 3R |
| 20 | 2 | 240 | 3R |
| 20 | 3 | 240 | 3R |
| 20 | 3 | 600 | 3R |
| 30 | 1 | 120 | 3R |
| 30 | 2 | 240 | 3R |
| 30 | 3 | 240 | 3R |
| 30 | 3 | 600 | 3R |
| 40 | 1 | 120 | 3R |
| 40 | 2 | 240 | 3R |
| 40 | 3 | 240 | 3R |
| 40 | 3 | 600 | 3R |
| 50 | 1 | 120 | 3R |
| 50 | 2 | 240 | 3R |
| 50 | 3 | 240 | 3R |
| 50 | 3 | 600 | 3R |
| 70 | 2 | 240 | 3R |
| 70 | 3 | 240 | 3R |
| 70 | 3 | 600 | 3R |
| 100 | 2 | 240 | 3R |
| 100 | 3 | 240 | 3R |
| 100 | 3 | 600 | 3R |



INTERRUPTOR
TERMOMAGNETICO
EN GABINETE

INTERRUPTOR
DE NAVAJAS
CON FUSIBLES

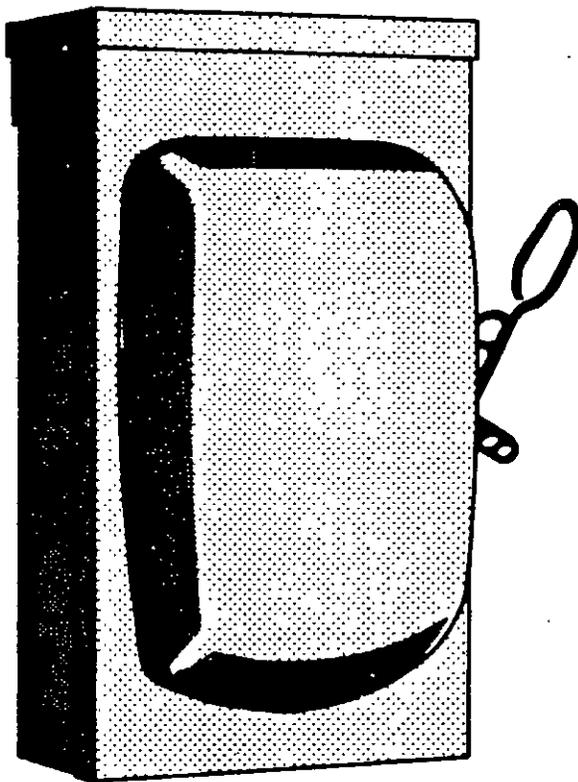


Figura III-74

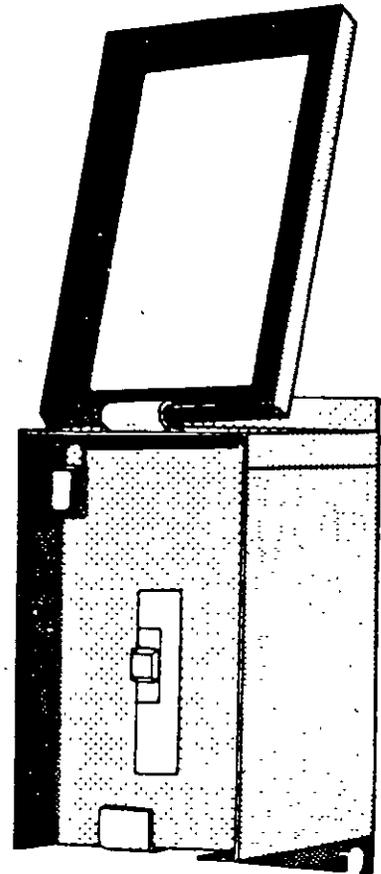


Figura III-75

CALCULO DE CONDUCTORES

Se va a iluminar una calle donde la compañía suministradora de energía eléctrica proporciona una línea trifásica de 13,200V, tipo aérea, con transformadores monofásicos de 10 KVA.

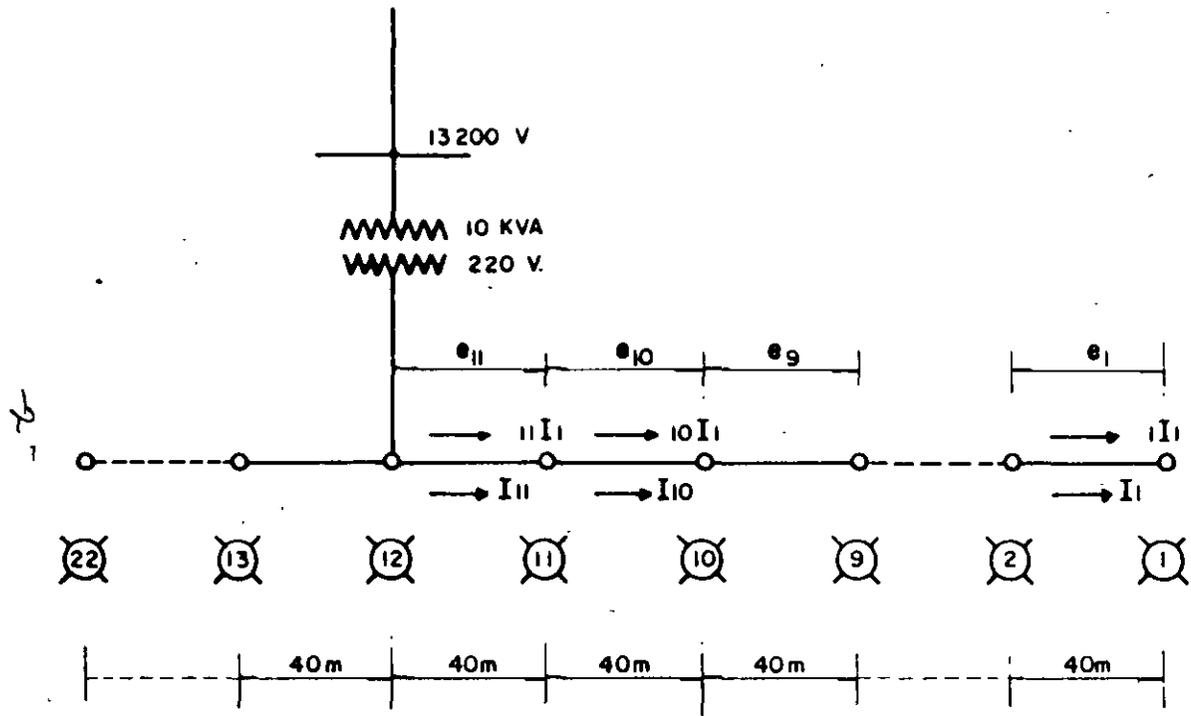
Los luminarios se instalarán en los mismos postes de la compañía suministradora, los cuales están espaciados regularmente a 40m, por lo tanto; se tiene un arreglo lateral y se colocará una luminaria por poste. El control y la alimentación se hará por grupo para un máximo de 23 luminarios.

DATOS:

| | |
|----------------------------------|-------------|
| No. de luminarios - - - - - | 198 |
| Tipo de lámpara - - - - - | Sodio A.P. |
| Potencia - - - - - | 250 W |
| Pérdidas - - - - - | 50 W |
| Factor de potencia - - - - - | 0.9 (-) |
| Balastro autorregulado - - - - - | 60 Hz, 220V |

DESARROLLO:

- 1°. Verificar si un transformador de 10 KVA, puede llevar la carga de 23 luminarios.



67

$$\frac{(\text{No. luminarios}) \times (\text{Potencia del luminario})}{\text{FACTOR DE POTENCIA}} = \frac{(23) (300)}{0.9} = 7.66 \text{ KVA.}$$

2°. Determinar el No. de transformadores requeridos.

$$\frac{198 \text{ Luminarios}}{23 \text{ LUM/TRANSFORMADOR}} = 8.6$$

$$\text{No. de transformadores} = 9$$

3°. Reagrupar el No. de luminarios por transformador.

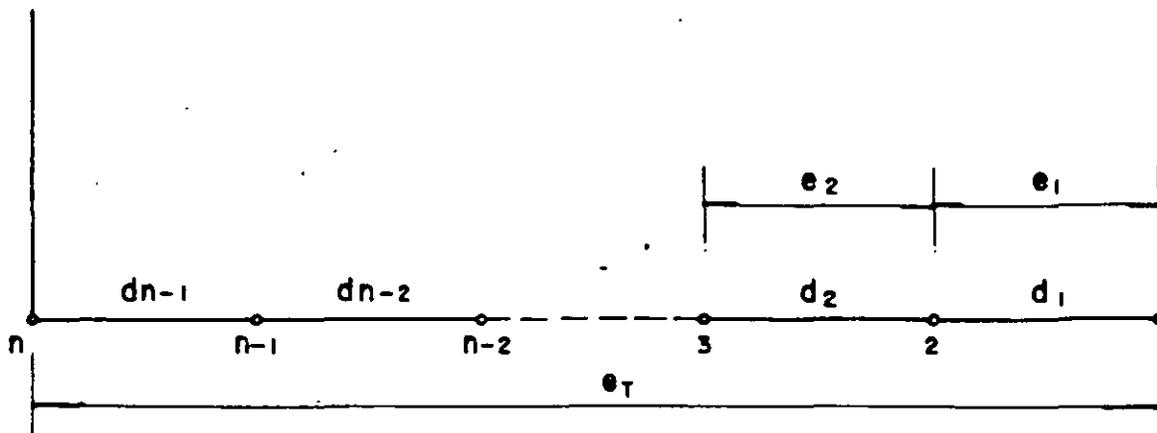
$$\frac{198 \text{ Luminarios}}{9 \text{ Transformadores}} = 22 \text{ Luminarios/Transformador}$$

4°. Localización de transformadores.

La localización del transformador se hará al centro de cada grupo de 22 postes. La alimentación a cada luminario se hará de acuerdo al siguiente arreglo.

5ª CALCULO APROXIMADO DE CONDUCTORES.

6⁹



CONSIDERANDO LA MISMA POTENCIA PARA TODAS LAS LAMPARAS :

$$e_2 = \frac{e_1 d_2}{d_1} + e_1 \frac{d_2}{d_1} = 2e_1 \frac{d_2}{d_1}$$

$$e_3 = 3e_1 \frac{d_3}{d_1}$$

$$e_n = ne_1 \frac{d_n}{d_1}$$

$$e_T = \sum_{i=1}^n e_i = \sum_{j=1}^n \frac{je_1 dj}{d_1} = \frac{e_1}{d_1} \sum_{j=1}^n j dj \quad \dots$$

$$\frac{e_T d_1}{\sum_{j=1}^n j dj} = e_1 \quad A_1 = f(e_1, I_1, V, d_1)$$

Si $d_1 = d_2 = \dots = d_n \quad \dots$

$$e_T = \frac{e_1}{d_1} \sum_{j=1}^n j dj = e_1 \sum_{j=1}^n j = e_1 \frac{n(n+1)}{2}$$

- 4 -

$$e_1 = \frac{(e_T)(2)}{(n)(n+1)}$$

PARA NUESTRO CASO EN QUE LA DISTANCIA INTERPOSTAL ES LA MISMA, TENEMOS:

$$e_1 = \frac{2 e_T}{n(n+1)}$$

e_T = MAXIMA CAIDA DE TENSION PERMITIDA A LO LARGO DE LAS 11 LUMINARIAS.

$$e_T = 5 \%$$

$$e_n = \frac{10}{11(12)} = 0.07575 \%$$

$$e_n = n e_1 \frac{dn}{dl} \dots$$

$$e_{11} = 11 e_1 \frac{40}{40} \dots$$

$$e_{11} = 0.833 \%$$

PARA CALCULAR LA SECCION DE UN CONDUCTOR QUE NOS PERMITA LAS CAIDAS DE TENSION ESPECIFICADAS, PARA CADA TRAMO DE ALIMENTACION DE LUMINARIAS, SE PUEDEN APLICAR DIFERENTES METODOS ENTRE ELLOS :

$$A = \frac{4 I L}{V_n e} \text{ PARA CIRCUITOS MONFASICOS 2 HILOS.}$$

DONDE : A = AREA DEL CONDUCTOR EN mm²

I = CORRIENTE NOMINAL EN EL TRAMO QUE SE ANALIZA.

L = LONGITUD DEL TRAMO DE CONDUCTOR QUE SE ANALIZA

V_n = VOLTAJE NOMINAL DE LA LAMPARA.

e = PORCIENTO DE CAIDA DE TENSION DEL TRAMO QUE SE ANALIZA.

71

O BIEN APLICANDO EL FACTOR DE CAIDA DE TENSION UNITARIA

$$F_c = \frac{e \times 10 \times V}{L \times I}$$

DONDE :

- F_c = FACTOR DE CAIDA DE TENSION UNITARIA
- e = PORCIENTO DE CAIDA DE TENSION PERMITIDA EN EL TRAMO QUE SE ANALIZA
- V = TENSION DE LA LAMPARA
- L = LONGITUD INTERPOSTAL DEL TRAMO QUE SE ANALIZA
- I = CORRIENTE QUE PASA POR EL TRAMO QUE SE ANALIZA

PARA DESARROLLAR CUALQUIERA DE LAS FORMULAS ANTERIORES, ES NECESARIO CONOCER LAS CORRIENTES EN CADA TRAMO ..

$$I_1 = \frac{\text{POTENCIA DE LAMPARA + PERDIDAS EN BALASTRO}}{\text{VOLTAJE NOMINAL DE LUMINARIO POR FACTOR DE POT. DEL LUM.}}$$

$$I_1 = \frac{250 + 50}{(220)(0.9)} = 1.515 \text{ A.}$$

$$I_n = n I_1$$

$$I_{11} = 11(1.515) = 16.66 \text{ A}$$

$$\text{SI } A = \frac{4 I L}{V n e} \quad \therefore$$

$$\text{PARA EL LUMINARIO 1 TENEMOS : } A_1 = \frac{4 I_1 L_1}{V n e_1} \quad \therefore$$

$$A = \frac{4(1.515)(40)}{220(0.07575)} = 14.5 \text{ mm}^2.$$

DE TABLA 1.4 TENEMOS QUE EL CONDUCTOR QUE SELECCIONADO SERA EL No. 4 AWG.

PARA EL LUMINARIO No. II TENEMOS :

$$A = \frac{4(11)(1.515)(40)}{220(0.833)} = 14.5 \text{ mm}^2$$

APLICANDO LA FORMULA DE FACTOR DE CAIDA DE TENSION UNITARIA TENEMOS:

PARA EL LUMINARIO I

$$F_c = \frac{e_1 \times 10 \times V}{L_1 \times I_1} = \frac{(0.07575)(10)(220)}{(40)(1.515)} = 2.75$$

CONSULTANDO LA TABLA "A" TENEMOS UN CONDUCTOR CALIBRE No. 4 AWG.

PARA EL LUMINARIO II

$$F_c = \frac{10 e_{II} \times V}{L_{II} \times I_{II}} = \frac{10(0.833)(220)}{40(16.66)} = 2.75$$

SI CONSIDERAMOS EL CONDUCTOR CALIBRE 4 AWG., SE CALCULA EL PORCENTAJE DE CAIDA DE TENSION REAL EN CADA TRAMO.

$$e_1 = \frac{F_c L_1 I_1}{10 V} = \frac{1.919 \times 40 \times 1.515}{(10)(220)} = 0.0528$$

$$e_T = \frac{n(n+1)}{2} e_1 = 3.488 \%$$

ESTOS METODOS SON MUY APROXIMADOS, SI SE DESEA TENER CALCULOS MAS EXACTOS, SE PARTE DE ESTE CONDUCTOR PARA APLICAR LA SIGUIENTE FORMULA

$$e = I (R \cos \theta + X \sin \theta) \times 2$$

$$e_1 = 2 I_1 (R_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta)$$

$$R_1 = ? = 0.04037 \ \Omega$$

$$X_1 = ?$$

$$\theta = ?$$

DE TABLA 1.4 $R = 0.83 \ \Omega / \text{Km}$ a 20°C

ENTRE EL LUMINARIO 1 y 2 HAY UN TRAMO DE 40 m.

$$R_1 = 0.83 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times \frac{1 \text{ Km}}{1000 \text{ m}} \times 40 \text{ m}$$

$$R_1 = 0.0332 \ \Omega \text{ a } 20^\circ \text{C}$$

CORRIGIENDO A 75°C

$$R_{1N} = R_1 \frac{T_N + 234.5}{T + 234.5}$$

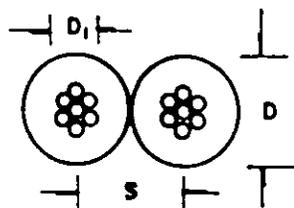
$$R_{1N} = 0.0332 \frac{75 + 234.5}{20 + 234.5}$$

$$R_{1N} = 0.04037 \ \Omega$$

$X = 2\pi f L$ PERO L DE TABLA B TENEMOS

$$L = 2 \times 10^{-4} L_n \frac{\text{DMG}}{\text{RMG}}$$

ARREGLO DE CONDUCTORES.



$S = \text{DMG} = \text{DISTANCIA MEDIA GEOMETRICA}$

$D = \text{DIAMETRO EXT. DEL CONDUCTOR C/AISLAMIENTO}$

$D_1 = \text{DIAMETRO EXT. DEL CONDUCTOR S/AISLAM}$

$$D = 9.4 \text{ mm.}$$

$$D_1 = 5.41 \text{ mm.}$$

$$S = D = 9.4 \text{ mm. (DE TABLA B)}$$

r = RADIO DEL CONDUCTOR

$$r = \frac{D_1}{2} = \frac{5.41}{2} = 2.705 \text{ mm.}$$

DE TABLA D.

$$RMG = 0.726 r = 0.726 \times 2.705 = 1.9638 \text{ mm.}$$

APLICANDO LA FORMULA

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{9.4}{1.9638}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln 4.7866 \frac{\text{HENRIOS}}{\text{KM.}}$$

$$\text{PARA } 40 \text{ m TENEMOS: } L = 2 \times 10^{-4} \ln 4.7866 \frac{\text{H}}{\text{KM}} \frac{1 \text{ KM}}{1000 \text{ M}} \times 40 \text{ m}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln 4.7866 \times 0.04 \text{ H}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \times 1.5658 \times 0.04 \text{ H}$$

$$L = 0.2526 \times 10^{-5} \text{ H}$$

$$X = 2 \pi f L = 2 (3.1416) (60) (1.2526 \times 10^{-5})$$

$$X = 472.219 \times 10^{-5}$$

$$X = 0.00472219 \ \Omega$$

CALCULO DEL ANGULO DE DEFASAMIENTO

FACTOR DE POTENCIA DE LUMINARIO = 0.9

ANG. $\cos (0.9) = \theta = 25.84^\circ \therefore$

$\cos \theta = 0.9$

$\text{sen } \theta = 0.4358$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACION

$e_i = 2 I_l (R \cos \theta + X \text{sen } \theta)$

$e_i = 2 (1.515) (0.04037 \times 0.9 + 0.00472219 \times 0.4358)$

$e_i = 0.116 \text{ VOLTS}$

$e_T = \frac{n(n+1)}{2} e_i = 7.66 \text{ V.}$

$e_T (\%) = \frac{7.66}{220} \times 100 = 3.48\%$

TABLA B CASO I

FORMULAS DE CALCULO DE LA INDUCTANCIA TOTAL (H/Km)

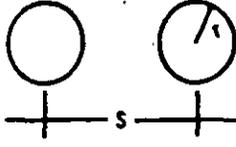
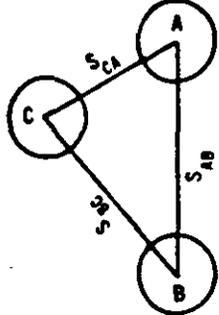
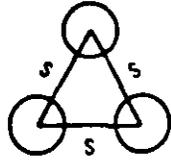
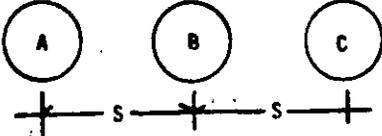
| | |
|---|---|
|  $L_m = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{S}{RMG} \quad (6.3)$ |  <p>El valor medio de la inductancia total del sistema es:</p> $L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} \quad (6.5)$ <p>donde DMG es la distancia media geométrica y queda definida como:</p> $DMG = \sqrt[3]{S_{AB} \times S_{BC} \times S_{CA}} \quad (6.5')$ <p>$S_{AB} \neq S_{BC} \neq S_{CA}$ Formación triangular</p> |
| <p>Formación triangular equidistante</p>  <p>$L = L_A = L_B = L_C$</p> $L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{S}{RMG} \quad (6.4)$ | <p>Formación plana</p>  <p>El valor medio de la inductancia total es:</p> $L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} \quad (6.6)$ <p>donde $DMG = \sqrt[3]{2} \times S$</p> |

TABLA C

CONSTRUCCIONES PREFERENTES DE CABLE DE COBRE CON CABLEADO REDONDO COMPACTO

| Designación mm ² | AWG o MCM | Area de la sección transversal, mm ² | Número de alambres | Diámetro exterior nominal, mm | Peso nominal kg/km |
|--------------------------------|--------------|--|-----------------------|----------------------------------|--------------------------|
| — | 8 | 8.37 | 7 | 3.40 | 75.9 |
| — | 6 | 13.30 | 7 | 4.29 | 120.7 |
| — | 4 | 21.15 | 7 | 5.41 | 191.9 |
| — | 2 | 33.6 | 7 | 6.81 | 305 |
| — | 1 | 42.4 | 19 | 7.59 | 385 |
| 50 | — | 48.3 | 19 | 8.33 | 438 |
| — | 1/0 | 53.5 | 19 | 8.53 | 485 |
| — | 2/0 | 67.4 | 19 | 9.55 | 612 |
| 70 | — | 69.0 | 19 | 9.78 | 626 |
| — | 3/0 | 85.0 | 19 | 10.74 | 771 |
| — | 4/0 | 107.2 | 19 | 12.06 | 972 |
| — | 250 | 126.7 | 37 | 13.21 | 1149 |
| 150 | — | 147.1 | 37 | 14.42 | 1334 |
| — | 300 | 152.0 | 37 | 14.48 | 1379 |
| — | 350 | 177.3 | 37 | 15.65 | 1609 |
| — | 400 | 203 | 37 | 16.74 | 1839 |
| 240 | — | 239 | 37 | 18.26 | 2200 |
| — | 500 | 253 | 37 | 18.69 | 2300 |
| — | 600 | 304 | 61 | 20.6 | 2760 |
| — | 750 | 380 | 61 | 23.1 | 3450 |
| — | 800 | 405 | 61 | 23.8 | 3680 |
| — | 1000 | 507 | 61 | 26.9 | 4590 |

78

77

TABLA D

RADIO MEDIO GEOMETRICO DE CONDUCTORES USUALES

| Construcción del conductor | RMG |
|----------------------------|--------|
| Alambre sólido | 0.779r |
| Cable de un solo material | |
| 7 hilos | 0.726r |
| 19 hilos | 0.758r |
| 37 hilos | 0.768r |
| 61 hilos | 0.772r |
| 91 hilos | 0.774r |
| 127 hilos | 0.776r |

r = Radio del conductor

TABLA I.4

RESISTENCIA ELECTRICA DE CONDUCTORES DE COBRE

| | CALIBRE AWG MCM | AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL (mm ²) | NUMERO DE HILOS | RESISTENCIA ELECTRICA C. D. 20°C (OHMS/KM) |
|--------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|---|
| A L A M B R E S | 18 | 0.823 | - | 21.0 |
| | 16 | 1.308 | - | 13.2 |
| | 14 | 2.08 | - | 8.27 |
| | 12 | 3.31 | - | 5.22 |
| | 10 | 5.26 | - | 3.28 |
| C A B L E S | 18 | 0.823 | 7 | 21.3 |
| | 16 | 1.308 | 7 | 13.42 |
| | 14 | 2.08 | 7 | 8.45 |
| | 12 | 3.31 | 7 | 5.32 |
| | 10 | 5.26 | 7 | 3.35 |
| | 8 | 8.37 | 7 | 2.10 |
| | 6 | 13.30 | 7 | 1.322 |
| | 4 | 21.15 | 7 | 0.830 |
| | 2 | 33.6 | 7 | 0.523 |
| | 1/0 | 53.5 | 19 | 0.329 |
| E S | 2/0 | 67.4 | 19 | 0.261 |
| | 3/0 | 85.0 | 19 | 0.207 |
| | 4/0 | 107.2 | 19 | 0.1640 |
| | 250 | 126.7 | 37 | 0.1390 |
| S | 300 | 152.0 | 37 | 0.1157 |
| | 350 | 177.4 | 37 | 0.0991 |
| | 400 | 202.7 | 37 | 0.0867 |
| | 500 | 253.3 | 37 | 0.0685 |
| | 600 | 304.1 | 61 | 0.0578 |
| | 750 | 380.0 | 61 | 0.0463 |
| | 1000 | 506.7 | 61 | 0.0348 |
| | 1250 | 633.3 | 91 | 0.0278 |
| | 1500 | 760.1 | 91 | 0.0232 |