



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

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

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

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

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

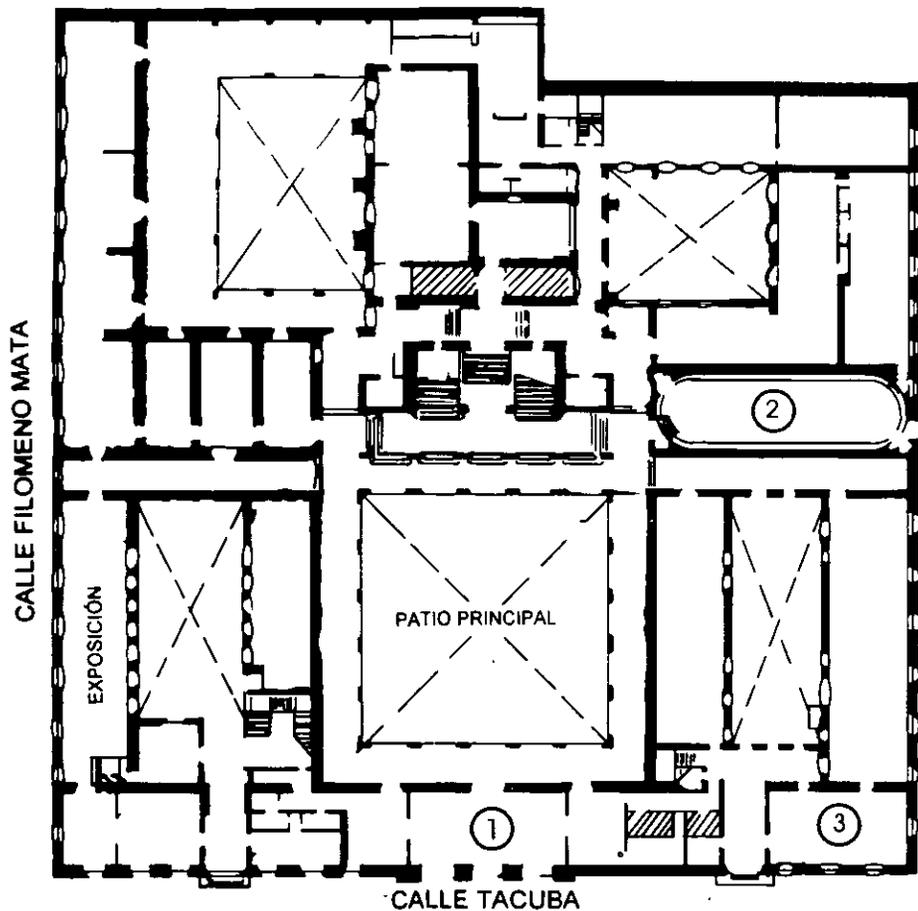
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

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

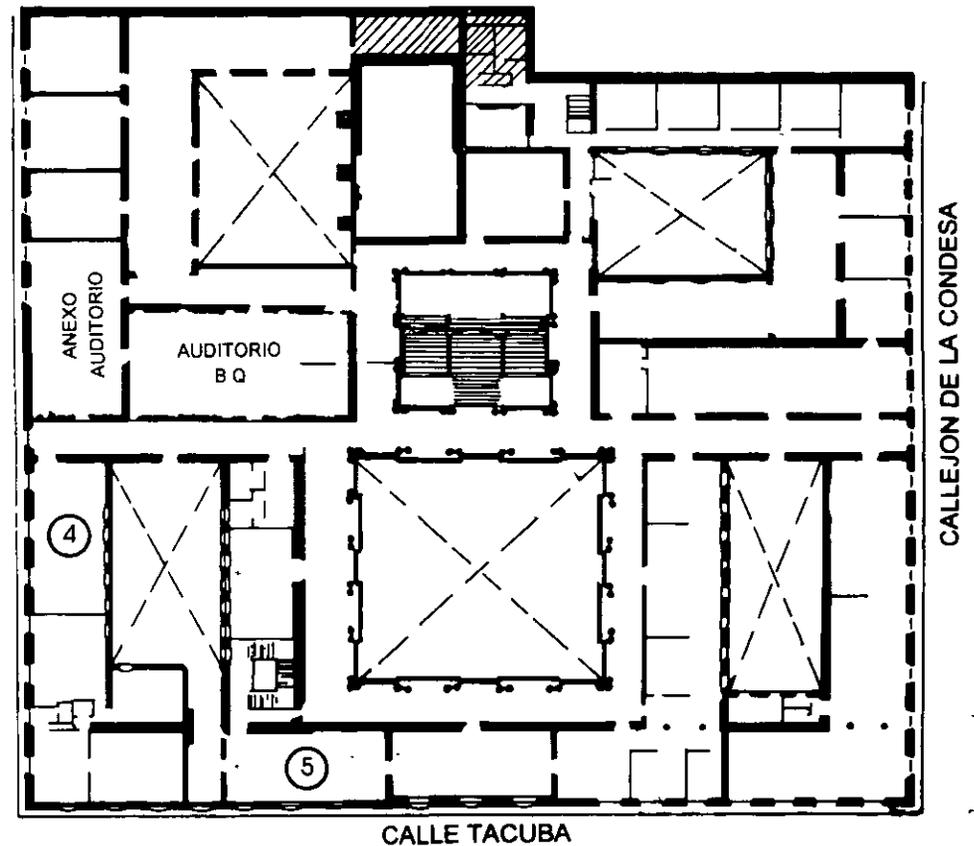
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

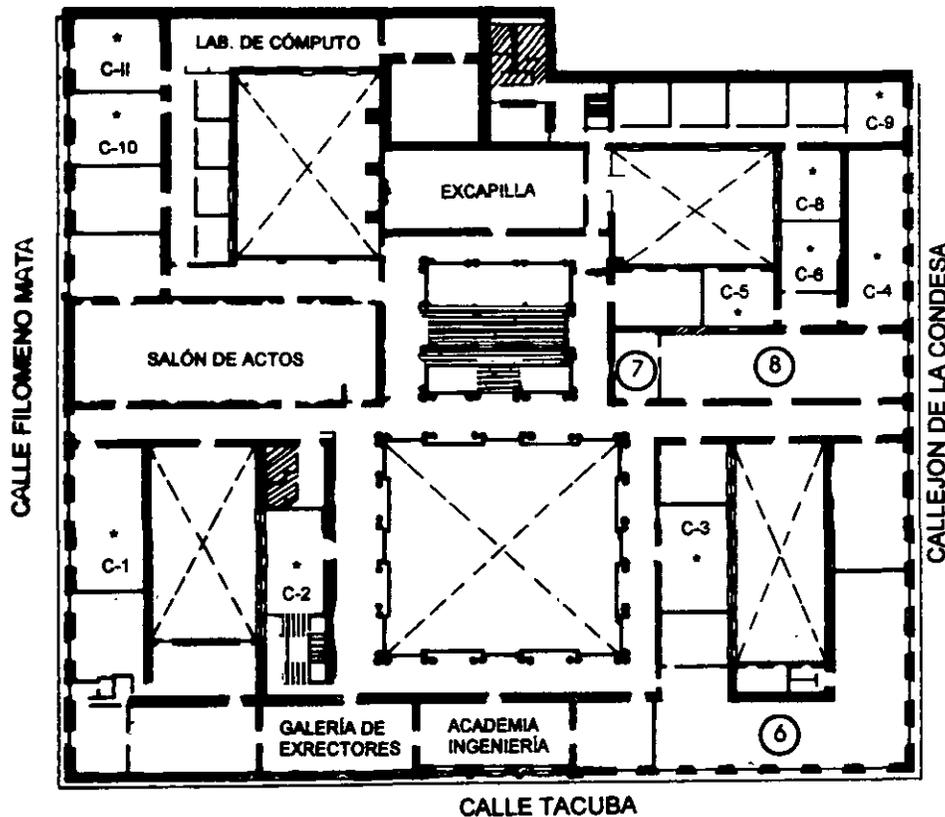


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

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

SANITARIOS

* AULAS

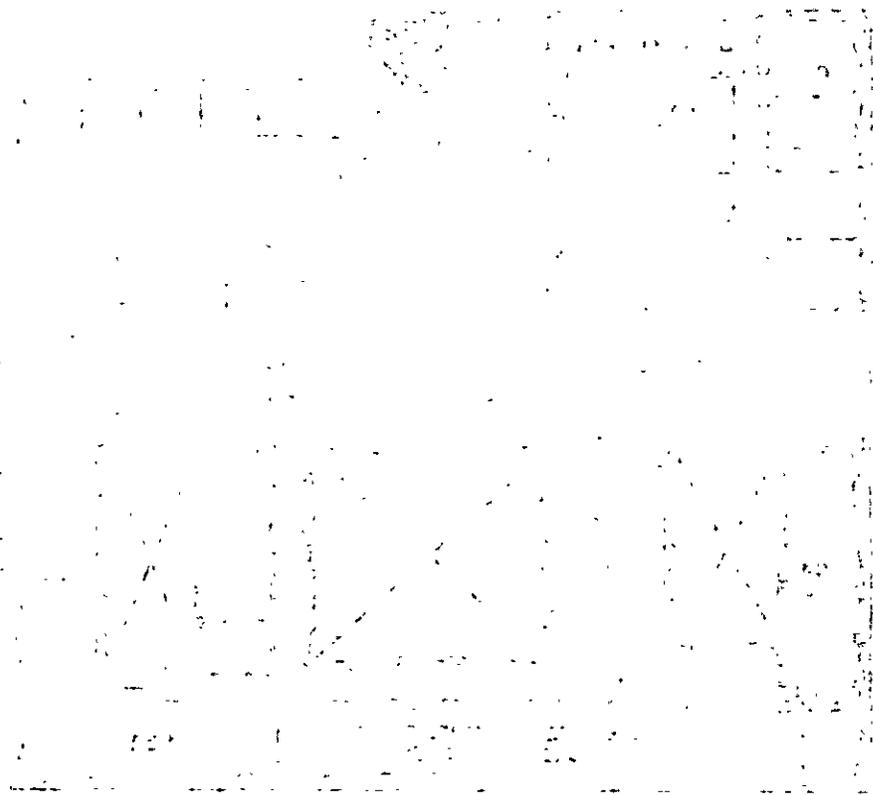
1er. PISO



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

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA







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

CURSOS INSTITUCIONALES

**SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS URBANOS
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL**

**DISEÑO PÚBLICO DE ILUMINACIÓN
(DISEÑO DE ALUMBRADO PÚBLICO).**

Del 3 al 7 de Julio del 2000.

APUNTES GENERALES

**Ing. Silvano Juan Pérez
Gobierno del Distrito Federal
Julio/2000**

DISEÑO DE ALUMBRADO PÚBLICO.

El diseño del alumbrado público comprende las siguientes consideraciones:

Características de la iluminación.-

- definición de parámetros que intervienen.
- Tipos de lámparas que se utilizan
- Niveles de iluminación recomendables.
- Ahorro de energía. –

Sistemas de distribución de la energía.

- distribución en serie.
- distribución en cascada.
- distribución múltiple o paralelo
- distribución serie y paralelo.

sistemas de control y sistemas de protección.

Evaluación económica

Todos los aspectos considerados deberán evaluarse económicamente, lo que comprende los costos de inversión y costos de operación, lo que dará como resultado una selección adecuada de iluminación para alumbrado público.

Ing. Silvano Juan Pérez

Alumbrado público.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 define al Alumbrado Público como: Sistema de iluminación de lugares o zonas públicas con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o zonas oscuras.

Características de la iluminación.

Fotometría.- es la parte de la ingeniería de la iluminación que se ocupa de las mediciones de la luz, y la comparación de las diferentes fuentes luminosas.

Intensidad luminosa (CP).- es la cantidad de luz que se emite por una fuente; la unidad básica internacional que en la práctica se utiliza es la *candela o bujía*, una bujía (vela) ordinaria, tiene una intensidad de luz en una dirección aproximadamente de una candela. La Ley Federal de Metrología y Normalización define la bujía decimal que es igual a 1/20 del patrón violle, siendo este la intensidad luminosa irradiada normalmente por una superficie de un centímetro cuadrado de platino o la temperatura de solidificación.

Flujo luminoso.- según Steinmetz es la cantidad de energía radiante total emitida por una fuente de luz medida de acuerdo con la sensación visual que produce, la unidad básica es el lumen, que es el flujo emitido en un ángulo sólido unitario por una fuente de luz cuya potencia e esférica medida es igual a una bujía. También se define como el flujo incidente sobre una superficie unidad, cuyos puntos estén todos a la distancia unidad de una fuente de luz de una bujía. La Ley Federal sobre Metrología y Normalización lo define como una bujía decimal en el ángulo sólido igual a la unidad.

Ángulo sólido unitario.- es aquel cuyo vértice se encuentra en el centro de una esfera con un radio unitario y circunscrito en un área unidad en la superficie de la esfera o bien en el área igual al cuadrado del radio.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE 1999. define los parámetros Iluminancia (iluminosidad) y Luminancia (L).

Iluminancia (luminosidad) (E). La iluminancia en un punto de una superficie, se define como el flujo luminoso que fluye hacia el exterior de un elemento de la superficie, dividido por el área de ese elemento.

Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el LUX (lx).

Luminancia (L). La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m²).

Se consideran algunas otras unidades que influyen en la característica real de la iluminación como incide en la vista del ser humano, ya que realmente una vez que se establece la iluminación es la vista la que percibe su intensidad en calidad y confort por esta razón se introduce la influencia de las superficies en que incide la iluminación y que da un concepto que se llama brillantez (luminance).

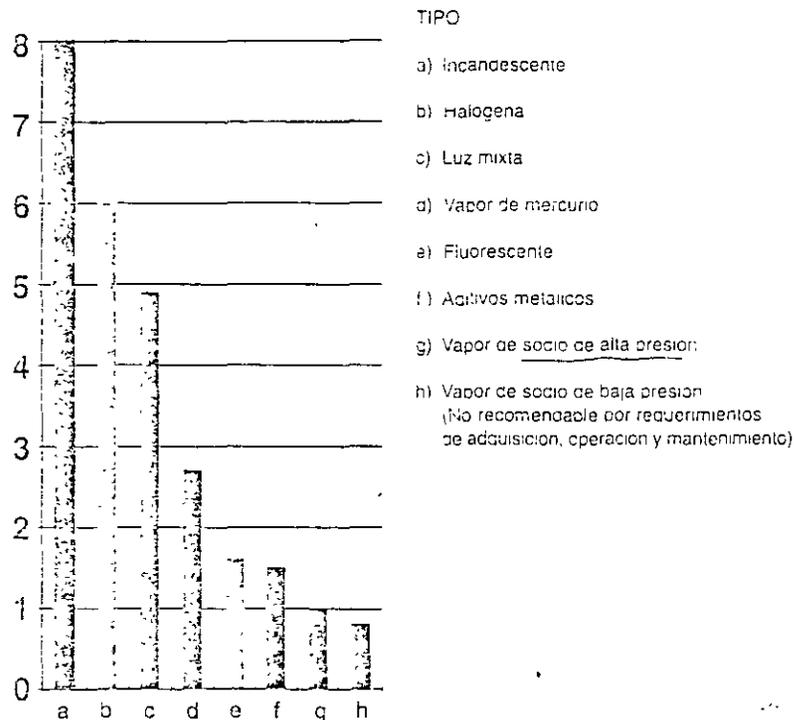
dispositivo de iluminación.- los dispositivos de iluminación que se utilizan para alumbrado público comprenden: la lámpara, la luminaria, el balastro y el control.

Tipos de lámparas.

Actualmete se usan los siguientes tipos.

TIPO	USO	EFICIENCIA
Incandescentes	sólo se justifican en poblaciones aisladas, en forma provisional o en casos especiales; no es recomendable.	BAJA
Fluorescentes	Recomendado ocasionalmente para pasos a desnivel y túneles, uso limitado a áreas abiertas	MEDIA/ALTA
descarga de alta intensidad: intensidad: -sodio de alta presión	Alumbrados exteriores, ocasionalmente en locales interiores grandes; si es recomendable	ALTA

INDICE DEL COSTO DE OPERACION UNITARIO
PARA UN MISMO NIVEL DE ILUMINACION



Lámparas incandescentes.- son las más comunes y como sabemos producen la luz al calentarse un filamento por el paso de la corriente eléctrica a través de él todo ello sometido en un vacío o en una atmósfera de gas inerte dentro de una cápsula de vidrio.

Lámparas fluorescentes.- las lámparas fluorescentes fueron las primeras lámparas de descarga que se fabricaron y que consisten en un bulbo tubular con electrodos en sus terminales cuya luz es producida predominantemente por la fosforescencia de fósforo activado por la energía ultra violeta de arco de mercurio, las paredes interiores de estos bulbos se encuentran impregnados con sustancias fluorescentes, Estas unidades tienen su encendido por medio de un alto voltaje generado por una unidad que se llama *balasto*.

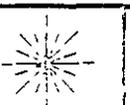
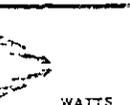
Lámparas de vapor de mercurio y lámparas de vapor de sodio. Tanto la lámpara de mercurio como la lámpara de sodio son conocidas como lámparas de descarga de alta intensidad debido a que se produce la luz al pasar la descarga de la corriente eléctrica a través de vapor o gas y que se produce a través de electrodos localizados en dos terminales extremas de la lámpara, este gas es producido por medio de una descarga de alta tensión que se produce a través de un dispositivo que se llama balastro y que genere esta alta tensión inicialmente.

Soporte de las unidades de iluminación.- existe una gran variedad de soportes para las unidades de iluminación que se acaban de describir cuya selección depende del lugar en el que se utilicen, y también de la unidad que se selecciona, se utilizan desde los postes sencillos de las zonas rurales hasta los postes con cuidado arquitectónico para las áreas de las grandes ciudades.

Niveles de iluminación .recomendables

Como habíamos dicho con anterioridad las unidades que se definieron dan los parámetros de medición para diseñar tanto la cantidad de luz, su calidad y su confort para una determinada calle.

La clasificación comercial de las lámparas incluyen el voltaje y el flujo luminoso que genera como se puede observar en las siguientes tablas que muestran las características de iluminación tipo "cut-off" con lámparas de sodio de alta presión.

CUT-OFF												
	CATALOGO	WATTS	TIPO	LUMENS	VOLT.	CONSUMO TOTAL	PESO	No. LISTA				
BCF 250 AFS	250	V.S.	30,000	220	260	14	140					
BCF 400 AFS	400	V.S.	50,000	220	435	15	141					
BCF 250 AF	250	V.M.	12,750	220	274	14						
BCF 250 AR	250	V.M.	12,750	220	295	15						
BCF 400 AF	400	V.M.	22,500	220	426	14	142					
BCF 400 AR	400	V.M.	22,500	220	455	17	143					
BCF 400 ARM	400	M.A.	32,000	220	453	17	146					

Curvas de distribución.

La definición y concepto mencionado son aplicables en las características comerciales de las iluminaciones que se utilizan en el alumbrado público; por lo cual se desarrollan los diversos tipos de curvas de distribución.

Una unidad luminosa se considera envuelta por un espacio esférico y se divide esta superficie en la bóveda inferior con ángulo de 0 a 90° y en la bóveda superior con ángulo de 90 a 180°.

La superficie de la esfera de 0 a 180° es $4\pi r^2$ como factor $4\pi=12.57$ para un valor unitario de r , por lo que una fuente emitiendo una candela uniforme en todas las direcciones produce un total de 12.57 lumens.

Los valores y la gráfica que se indican en la figura son el resultado de graficar la distribución de la luminancia (luxes) es en equivalente americano foot candle, $\text{lux}=0.0929 \text{ foot candle}$.

Correspondiente a una lámpara incandescente de 300 watts de 6000 lumens emitiendo en la bóveda inferior de 8% del flujo luminoso 479 lumens en la bóveda superior 76% del flujo luminoso 4563 lumens. La eficiencia de la lámpara es $479+4563/6000 \times 100$, o sea 84%.

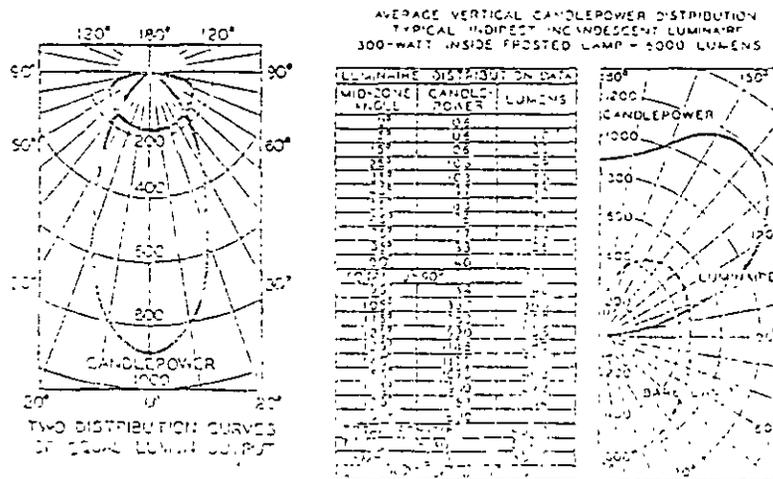
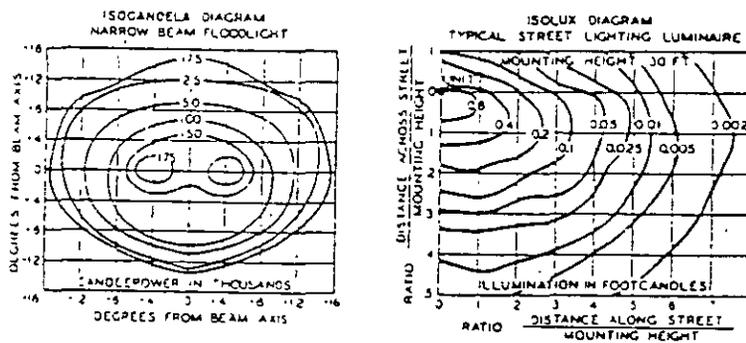


Diagrama isolux o isofoot candle.

Las curvas de distribución mencionadas dan la característica básica de una unidad de iluminación, permitiendo graficar la distribución del flujo luminoso en toda la superficie esférica a partir de la potencia luminosa, lo que permite la evaluación de la lámpara y la iluminación; sin embargo lo que se utiliza en el diseño de la iluminación es lo que se recibe en las superficies de estudio, para tal objeto se utilizan las curvas isolux o isofoot candle.

Las curvas isolux se trazan en las coordenadas rectilíneas permitiendo graficar la iluminación en la superficie de uso; para lo anterior se utilizan puntos diferentes de la esfera lo que da las curvas con valores iguales de iluminancia. Obteniéndose curvas como las siguientes.



Unidades recomendables.

Para la vía pública los luminarios se clasifican con respecto a la 3 características siguientes.

- 1.-Distribución vertical existiendo 3 categorías que dependen de la altura de montaje: corto, medio y largo.
- 2.-Distribución lateral que depende del lugar de utilización de la vía pública y puede ser: central o lateral.

3.-control de la distribución de la máxima intensidad luminosa pudiendo ser de 3 categorías que dependen, la distribución de la potencia luminosa clasificándose en cutoff, semicutoff y no cutoff

La gráfica siguiente muestra la proyección de la máxima intensidad luminosa y la máxima isocandela en la esfera y su proyección, para unidad de uso en la lateral de una calle

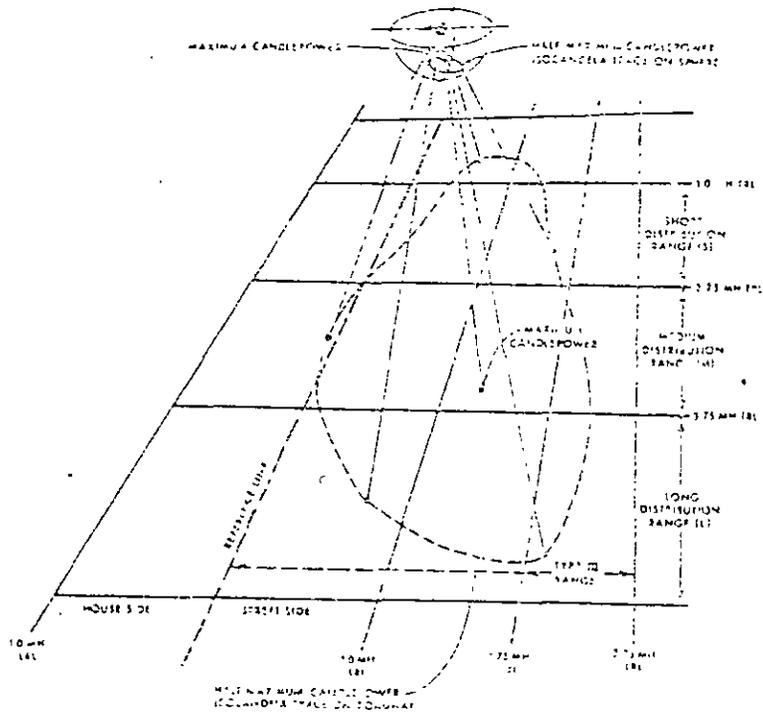
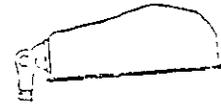


Figure 2. Diagram showing projection of maximum candlepower and half maximum candlepower isocandela trace from a luminaire having a Type III - Medium distribution, on the imaginary sphere and the isocandela sinusoidal curve for an angle was represented on the sphere. It also shows the maximum candlepower and the minimum candlepower isocandela trace.

Una gráfica comercial se obtiene en seguida.

CUT-OFF

CATALOGO BCF



**CURVA ISOLUX
ILUMINACION HORIZONTAL**



INDEPENDENT TESTING LABORATORIES, INC.

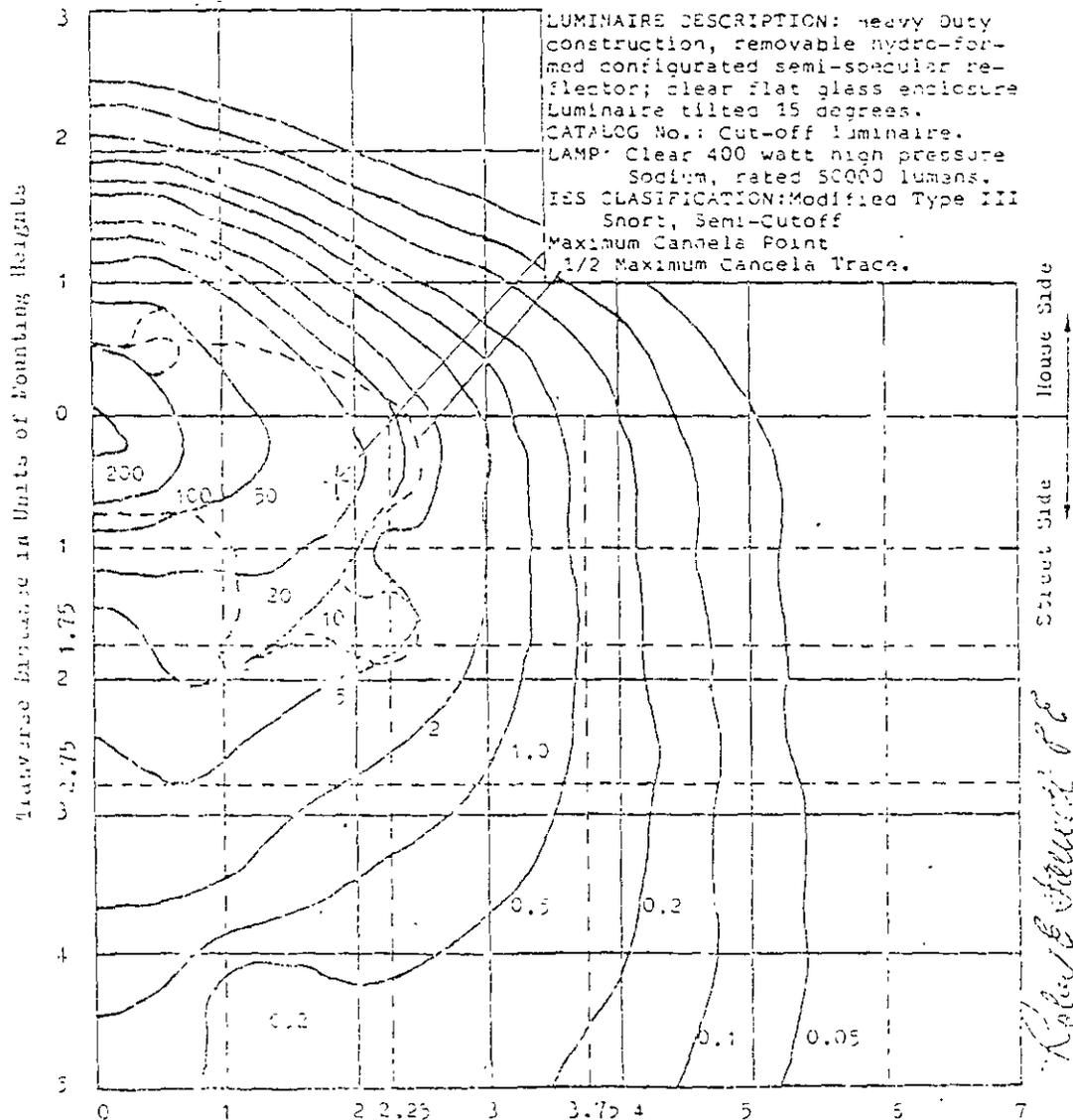
3386 Langhorn Road, Boulder, Colorado 80302

Phone 442-1255, Area Code 303

Report No. 25462 - 15
Date: 10/29/80

ISOLUX LINES OF HORIZONTAL ILLUMINATION
Values based on 3 Meters mounting height

Prepared for: BEKOLITE INTERNATIONAL, S.A.



Robert E. Stewart & Co.

Valores recomendables de iluminación para diferentes características de vías

Table 1. Recommended maintained luminance and illuminance values for roadways

(a) Maintained luminance values

Road and Area Classification	Average Luminance L_{avg} (cd/m ²)	Luminance Uniformity		Veiling Luminance Ratio (maximum) $\frac{L_{max}}{L_{avg}}$	
		L_{avg} to L_{min}	L_{max} to L_{min}		
Freeway Class A	0.6	3.5 to 1	5 to 1	0.3 to 1	
Freeway Class B	0.4	3.5 to 1	5 to 1	0.3 to 1	
Expressway	Commercial	1.0	3 to 1	5 to 1	0.3 to 1
	Intermediate	0.6	3 to 1	5 to 1	
	Residential	0.6	3.5 to 1	6 to 1	
Major	Commercial	1.2	3 to 1	5 to 1	0.3 to 1
	Intermediate	0.9	3 to 1	5 to 1	
	Residential	0.6	3.5 to 1	6 to 1	
Collector	Commercial	0.8	3 to 1	5 to 1	0.4 to 1
	Intermediate	0.6	3.5 to 1	5 to 1	
	Residential	0.4	4 to 1	8 to 1	
Local	Commercial	0.6	6 to 1	10 to 1	0.4 to 1
	Intermediate	0.5	5 to 1	10 to 1	
	Residential	0.3	5 to 1	10 to 1	

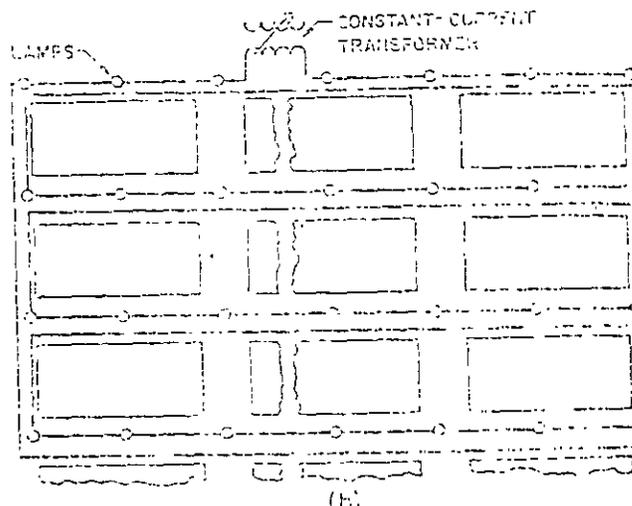
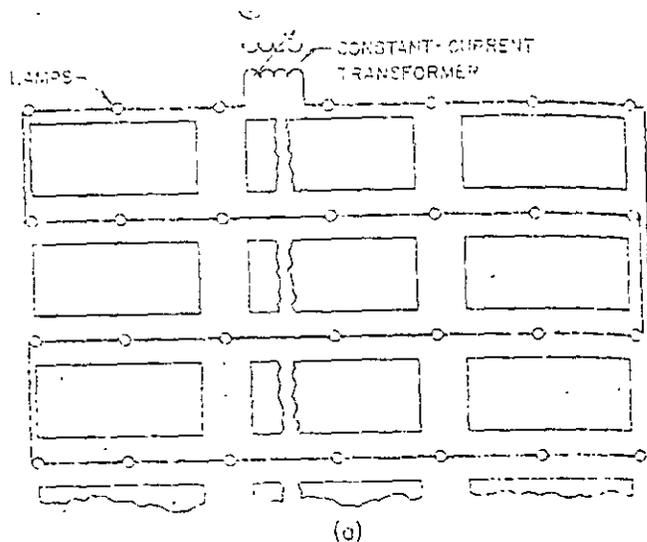
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA.

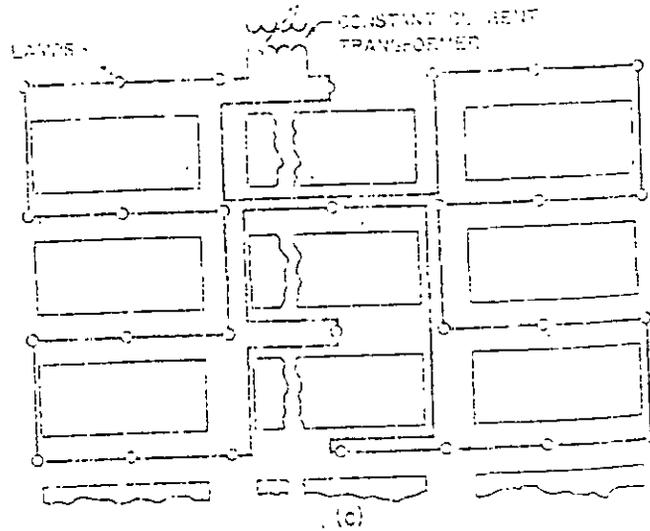
Los sistemas de distribución de la energía que se utilizan son:

- sistemas de distribución en serie.
- sistemas de distribución en cascada.
- sistemas de distribución múltiple o en paralelo.
- sistemas serie paralelo.

Sistemas de distribución en serie.

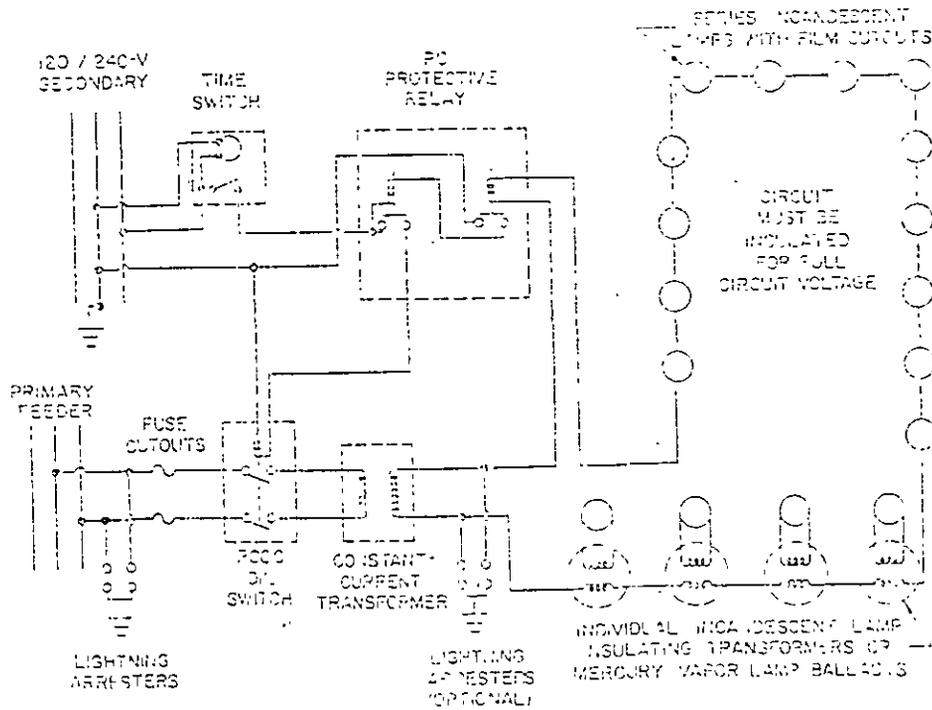
Consiste en suministrar la energía a través de un transformador con corriente constante, por lo que la caída de voltaje en cada una de las lámparas deberá ser del valor del voltaje para cada lámpara. El voltaje que se aplica en las terminales en todo el circuito es aproximadamente de 4500 volts y con el circuito abierto alcanza hasta 6000 volts. En las siguientes figuras se pueden apreciar tres diferentes disposiciones de circuitos de estas características, en la primera disposición se puede tener una longitud mínima de cables en la disposición B la máxima longitud y en la disposición C un valor intermedio.





Componente de un sistema serie.

En la siguiente figura se indican los componentes de un sistema serie.



Transformador de corriente constante.- es alimentado se una red primaria de voltaje constante, diseñados en tal forma que un devanado secundario se regula para mantener una corriente constante. Los voltajes más comunes de alimentación son 2.4kv y 13.2kv y corrientes constantes de 3.3, 6.6, 15 y 20 amperes.

Lámparas.- se pueden observar las lámparas incandescentes que se conectan en forma directa en los portalámparas se utilizan dispositivos de protección (film cuntouts) para el caso de falla de una lámpara, evitando que se abra el circuito en dicho punto lo que ocasionaría la falla de todo el circuito. También se indican las conexiones de lámparas incandescentes de vapor de mercurio por medio de un transformador de aislamiento lo que facilita la operación de este circuito y de las lámparas correspondientes.

Apartarrayos.- se pueden observar los apartarrayos que protejan contra descargas atmosféricas el circuito de alimentación de la lámpara, así como a las equipos de la alimentación de la línea eléctrica.

Equipos de conexión del transformador.- para la conexión del transformador de corriente constante se pueden observar un juego de fusibles y el interruptor en aceite, los que le da protección por cada circuito u descarga.

Circuitos de control.- el que indica es alimentado por un sistema paralelo de 120 volts o 240 volts es excitado por un relevador que se opera por un interruptor temporizado también podrá ser por una celda fotoeléctrica; tiene un permisivo que al controlar con el circuito de las lámparas serie esto une la protección de este circuito para que en caso de una apertura, el transformador de corriente constante se conecte, evitando un lato voltaje en las terminales que se abran

En la siguiente figura se presenta el circuito de control con algunos detalles.

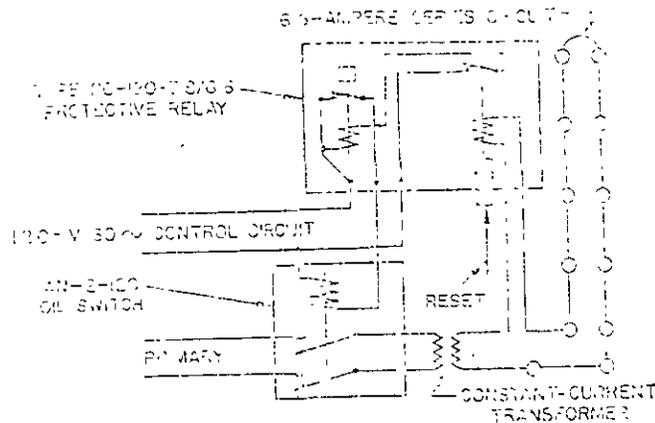
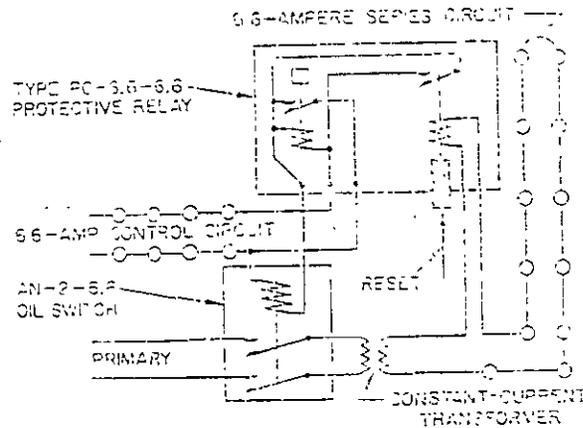


Fig. 21—Connections for type PC-120-3.8 5.6 protective relay with 120-volt, 60-cycle control circuit rating and 3.8/5.6-ampere series protected circuit rating.

Conductores.- los tipos y conductores se obtienen de acuerdo a la norma que se tiene al respecto, regularmente se usan conductores de cobre entre el número 8 y el número 6 que se instalan en bancos de ductos, tipo subterráneo siguiendo las normas de instalaciones de este tipo. Asimismo se utilizan cables aéreos. También se utilizan cables enterrados en forma directa pero que últimamente se han ido desechando.

Circuitos de cascada.- estos circuitos tienen la particularidad de que después del primer circuito serie el relevador que controla la siguiente circuito es de corriente constante igual que las lámparas que están en serie y por lo tanto cuando arranca el primer circuito se conecta el siguiente o los otros que estén en cascada; en las figuras siguientes se puede observar este tipo de relevador operando en un circuito en cascada.



Su operación es similar que el control alimentada por 120 volts, la diferencia es que la bobina de control del interruptor en aceite opera con corriente constante. El interruptor de arranque del sistema es uno cada, que se coloca al principio de los circuitos.

Conexión a tierra.- es necesario que todas las cubiertas de los equipos como con los tanques, los depósitos, los postes metálicos, los neutros de los sistemas y los blindajes de los cables sean conectados a tierra, los conductores se relacionando acuerdo con los procedimientos y normas correspondientes, generalmente son del número 8 o del número 4 de acuerdo a la norma aplicable en su caso

11

1111

1111
1111
1111
1111
1111

Distribución múltiple o paralelo.- este sistema consiste en instalar las lámparas de alumbrado público en circuito de distribución paralelo en una red que puede ser de 120 volts ó de 220 volts que pueden alimentarse de un transformador de distribución con voltaje secundario de los valores mencionados de tipo monofásico con tres cables, o del tipo trifásico conexión estrella con neutro a tierra de acuerdo con las normas que se apliquen y en donde la alimentación primaria puede ser de los voltajes de acuerdo con las normas de distribución vigentes en donde se dispone de 23kv y 13.2kv principalmente y regularmente con conexión en delta.

Este sistema está sustituyendo a los sistemas series por las múltiples ventajas que tiene entre las que se puede mencionar:

La utilización de los mismos transformadores de distribución de las redes locales con un aumento de capacidad para el alumbrado.

La utilización de las lámparas de vapor de mercurio y de sodio, sin requerimientos adicionales como en el caso de los circuitos serie. La facilidad para corregir el factor de potencia cuando este tiene valores.

Componentes del sistema de distribución múltiple o paralelo, en la siguiente figura se puede apreciar los componentes de este sistema.

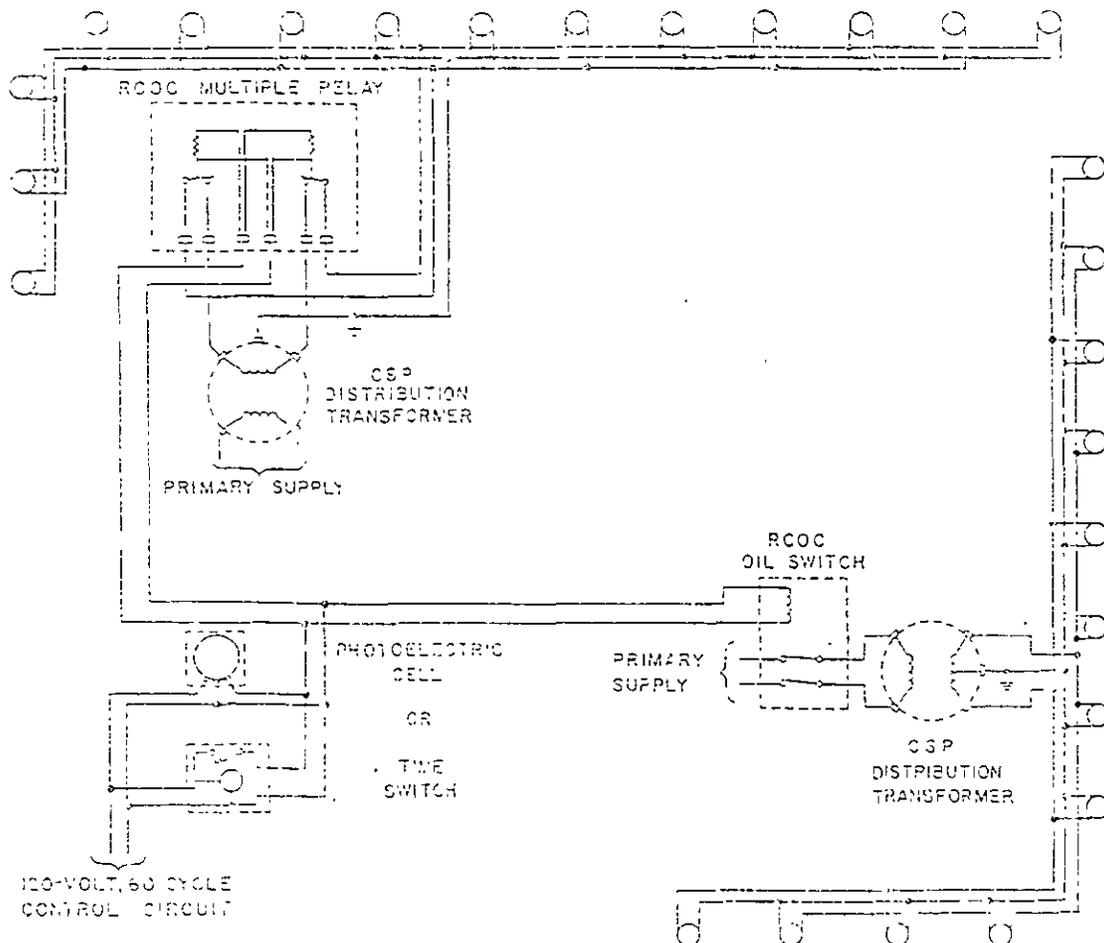


Fig. 22—Two different methods of wiring multiple street lighting circuits. In one method the switching is accomplished on the high-voltage side of the distribution transformer, and in the other the switching is performed at low voltage.

Transformadores.- en la figura se puede observar un transformador monobásico, 3 conductores, 120 volts, 240 volts con cable neutro conectado a tierra con voltaje primario de acuerdo con la disponibilidad de este circuito en el lugar; estos transformadores son los normalizados de distribución.

Equipos de conexión de transformador.- los equipos de conexión del transformador pueden ser los tipos que se utilizan en el sistema de distribución que corresponda en un gran número de casos, consiste en cuchillas fusibles y para tal circunstancia se utiliza el control de alumbrado en el lado de baja tensión. Para los casos en que el transformador se conecte a través de un interruptor que puede ser en aceite, el circuito de control de alumbrado puede realizarse a través de este interruptor.

Circuitos de control.- como se dijo anteriormente este circuito puede ser el lado secundario del transformador o en el lado primario como se indica en la figura, su operación se controla a través de un relevador que es excitado por una celda fotoeléctrica o por un interruptor temporalizado como se puede observar el circuito es sencillo y no requiere de ningún permisivo ya que no existe el peligro de alta tensión en el circuito secundario.

Lámparas.- la conexión de las lámparas es también en forma directa ya sea que se utilicen los de tipo incandescente o los de vapor de mercurio o sodio.

Conductores.- los conductores que se utilizan pueden instalarse en bancos de ductos subterráneos o en forma aérea, en cada uno de los casos su selección y cálculo se hará de acuerdo con las normas vigentes.

Protección.- la protección del alumbrado se realiza por medio de interruptores termomagnéticos y fusibles que permiten la protección por corto circuito y de sobre carga.