



LABORATORIO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

NÚMERO	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
1	LUXÓMETRO
2	FLUJO LUMINOSO E INTENSIDAD LUMINOSA
3	MÉTODO LUMEN
4	CURVA FOTOMÉTRICA
5	LEY DE LA INVERSA DE LOS CUADRADOS
6	MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS
7	ENCENDIDO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN POR CONTACTOR



SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

Reglas básicas de seguridad para estudiantes y profesores dentro del laboratorio de Ingeniería Eléctrica:

1. Identifique la ubicación del botiquín de primeros auxilios.
2. Verifique las condiciones del área de trabajo, equipos eléctricos y peligros presentes.
3. Por protección propia, nunca confíe de los dispositivos de seguridad como fusibles, termomagnéticos, relevadores y sistemas de trabajo.
4. Revisar la conexión a tierra de las consolas y equipos eléctricos.
5. Nunca trabaje sobre una mesa desordenada o revuelta.
6. No trabaje sobre pisos mojados.
7. No trabaje solo.
8. Trabaje con una sola mano, mientras que la otra se encuentra detrás de usted o metida en el bolsillo.
9. Nunca distraiga a los compañeros que están haciendo conexiones.
10. Muévase con cierta lentitud siempre concentrado en su actividad.
11. Tenga cuidado de no tocar los dispositivos o equipos eléctricos mientras están en operación.
12. Nunca realice bromas mientras trabaja.
13. Si no sabe, pregunte al profesor.

PRÁCTICA 1 “LUXÓMETRO”

OBJETIVOS

- El alumno identificará las diferentes partes que componen un luxómetro.
- El alumno aprenderá la operación del luxómetro digital para la toma de medidas instantáneas de iluminación.

INTRODUCCIÓN

El luxómetro es un aparato que permite medir rápidamente y de forma sencilla la cantidad de flujo luminoso que se emite en cada unidad de área. La luz es captada por una célula fotovoltaica que la convierte en impulsos eléctricos. Dichos impulsos son interpretados y expresados en términos de *luxes* o foot-candle unidades de medidas de los luxómetros. Estas unidades se reflejan en una pantalla.

Un luxómetro capta la luz por una celda fotovoltaica conectada a un circuito integrado. La cantidad de luz, o fotones, que recibe el circuito integrado son interpretados y convertidos en señales eléctricas. La señal eléctrica producida genera el movimiento de una aguja, el encendido de una luz o la aparición de una cantidad en un display, dependiendo del modelo y tipo de luxómetro que se utilice.

Los luxómetros tienen amplias aplicaciones; por ejemplo, se utilizan para medir el brillo reflejado en los actores para que las cámaras los puedan captar correctamente, los museos adecuan el nivel de iluminación para no dañar las piezas exhibidas, en invernaderos o en actividades ecologistas miden la cantidad de contaminación lumínica, entre otros.

MATERIAL

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
- Fuente de Luz (Luminario HID de 175 W)
- Mesa de trabajo
- Cinta métrica



DESARROLLO

1.- Revisar los principales componentes del Luxómetro Amprobe LM-200LED que se utiliza para el desarrollo de la práctica. Identifique el sensor de luz, pantalla, interruptor de encendido, unidades, escalas, botones especiales. En la figura 1 se muestran las principales partes del luxómetro.



2.- De lectura y comente las especificaciones técnicas del luxómetro Amprobe LM-200LED que a continuación se listan:

Especificaciones generales

Display 2000 count LCD

Sensor Silicon photodiode and filter.

Environment Indoor operation

Altitude Up to 2000 m

LED Light Measurement 3½ digits, 1999 readings

Range 200, 2,000, 20,000, 200,000 lux, 20, 200, 2,000, 20,000, 200,000 Foot-candle

Accuracy ±3%(calibrated to standard incandescent lamp 2858°K) and corrected LED day while-light spectrum. ±8% other visible light sources

Temperature / Humidity Operating -10 °C to 40 °C (14°F to 104°F), 0 to 80 %RH.

Storage -10 °C to 50 °C (14°F to 122°F), 0 to 70 % RH

Power Supply 9V NEDA 1604, IEC 6F22, JIS 006P battery.

Battery life 200 hours Auto Power Off approx. 6 min

Dimension (Base) 130 x 63 x 38 mm (5.1 x 2.5 x 1.5")

Dimension (Sensor) 80 x 55 x 29 mm (3.2 x 2.2 x 1.1")

Weight 220 g (.48 lb.) include battery

Included Accessories User's Manual, 9 volt battery, carrying case

3.- Preparación del luxómetro.

Accionar el botón amarillo de encendido, el display debe mostrar lecturas en pantalla.

Retirar la tapa que cubre el sensor de luz, posicionar las lecturas en luxes con la tecla Lx/Fc y medir la iluminación del lugar de trabajo. Si la lectura indica OL es porque está fuera de rango y se debe de buscar la escala correcta.

$$E = \text{_____} \text{ lx}$$

Posicionar las lecturas en foot candles con la tecla Lx/Fc y medir la iluminación del lugar de trabajo.

$$E = \text{_____} \text{ fc}$$

Pulsando la tecla D-H consigue congelar el valor actual en la pantalla. Pulse nuevamente la tecla para proseguir con la medición.

Si desea registrar el valor máximo, pulse la tecla M-H.



- ① Light sensor
- ② Display(LCD)
- ③ Lux / foot candles
- ④ MAX HOLD
- ⑤ Power Button: ON/OFF
- ⑥ Manual range selection
- ⑦ DATA HOLD button

Figura 1

4.- Coloque la fuente de luz (Luminario HID de 175 W) sobre la mesa de trabajo como muestra la figura 2. La tensión de alimentación del luminario es 220 V. Con ayuda de la cinta métrica mida la iluminación local a 2 m de distancia de la fuente de luz sobre la mesa. Utilice los diferentes valores de escala para medir en luxes y registre sus valores en la tabla 1.

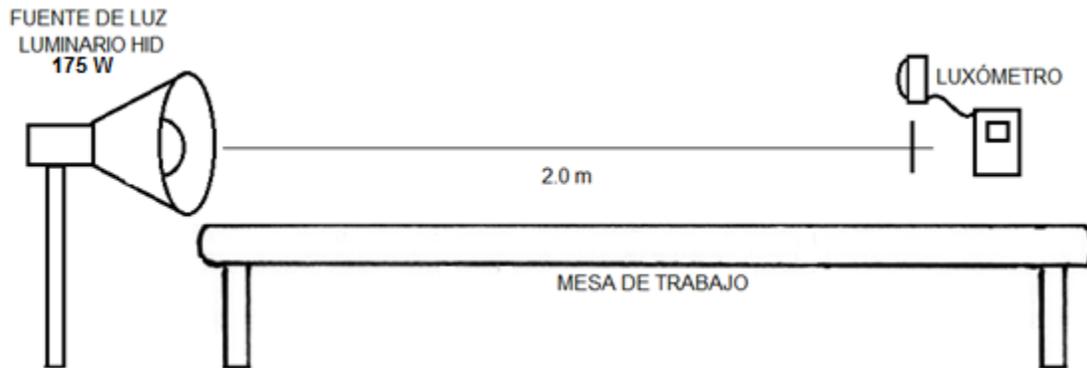


Figura 2

Escala LUX	Lectura
200	
2000	
20000	
200000	

Tabla 1. Medición en luxes

Escala FC	Lectura
20	
200	
2000	
20000	

Tabla 2. Medición en foot-candles



Posicionar las lecturas en foot-candle, repita el inciso anterior y registre sus valores en la tabla 2.

5.- Posicione el luxómetro sobre la mesa de trabajo para medir la iluminación en luxes a 1 m de distancia de la fuente de luz. Anote el resultado:

$$E = \text{_____ lx}$$

Posicione el luxómetro sobre la mesa de trabajo para medir la iluminación en foot candles a 1 pie (0.3048 m) de distancia de la fuente de luz. Anote el resultado:

$$E = \text{_____ fc}$$

Son aproximadamente iguales los niveles de iluminación en luxes y foot candles: _____. Si consideramos que los niveles de iluminación son iguales, determine el factor de conversión entre las unidades lux y foot-candle.

$$1 \text{ [fc]} = \text{_____ [lx]}$$

6.- Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué factores afectan la toma de lecturas?
2. Menciona algunas aplicaciones del Luxómetro.
3. ¿Qué significan las letras OL en el display y que se debe hacer para solucionarlo?
4. ¿Por qué en las escalas más altas registran lecturas en cero?
5. Explique cómo funciona el sensor de luz.
6. Escriba los factores de conversión entre luxes y foot candles.
7. Desarrolle los conceptos de flujo luminoso, intensidad luminosa e iluminación.

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PRÁCTICA 2

“FLUJO LUMINOSO E INTENSIDAD LUMINOSA”

OBJETIVOS

- El alumno aprenderá los conceptos de flujo luminoso e intensidad luminosa de una fuente de luz.
- El alumno diferenciará las características que existen entre el flujo luminoso e intensidad luminosa de una fuente de luz.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las fuentes de luz emiten energía electromagnética distribuida en múltiples longitudes de onda. Esta energía radiante por unidad de tiempo emitida por las fuentes se llama potencia radiante o flujo radiante. Sólo una pequeña porción de esta potencia se encuentra en la región visible (entre los 380 y 780 nm). Todo lo que se puede ver por el sentido de la vista depende solamente de la energía radiada visible o luminosa por unidad de tiempo.

Flujo luminoso (ϕ).- Es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista. Dicho de otra forma, es la radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. La unidad de medida del flujo luminoso, luz o radiación visible en el sistema internacional e inglés es el lumen (lm). El lumen es el flujo luminoso o potencia radiante visible emitido desde una abertura de $1/60 \text{ cm}^2$ de una fuente patrón e incluido dentro de un ángulo sólido de 1 sr (estereorradián). Otra definición es que un lumen equivale a $1/680 \text{ W}$ de luz verde-amarilla de 555 nm de longitud de onda.



Figura 1.- Flujo luminoso

La figura 1 muestra el flujo luminoso de una lámpara incandescente, en la cual aproximadamente solo el 10 % de la energía radiante es luminosa. La mayor parte es energía radiante infrarroja (calor).

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente luminosa, pero necesitamos conocer cómo se distribuye en cada dirección del espacio y para eso se define el concepto de intensidad luminosa. El flujo luminoso



de la lámpara de la figura 1 viaja radialmente hacia afuera en líneas rectas. Para conocer su distribución en cierta dirección se considera el flujo luminoso incluido en un ángulo sólido. El ángulo sólido Ω puede imaginarse como la abertura del extremo de un cono subtendido por un segmento de área S sobre la superficie esférica. Ver figura 2. La unidad de medición de los ángulos sólidos es el estereorradián (sr). El estereorradián se define como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera. En la figura 2, si $S = r^2$, entonces el ángulo sólido vale un estereorradián.

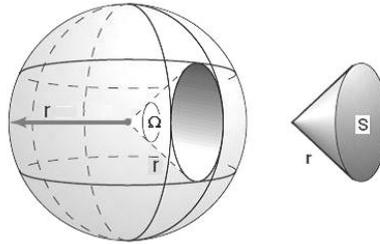


Figura 2. Ángulo sólido

En general, el ángulo sólido en estereorradianes es:

$$\Omega = \frac{S}{r^2} \text{ [sr]}$$

La Intensidad luminosa es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Ver figura 3. Su símbolo es I y su unidad es el lumen por estereorradián (lm/sr) llamada candela (cd).

$$I = \frac{\phi}{\Omega} \text{ [cd]}$$

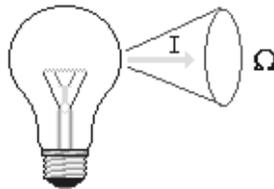


Figura 3.- Intensidad luminosa

MATERIAL

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
- Fuente de Luz (Lámpara HID de 400 W)
- Reflector cónico de luminario
- Mesa de trabajo
- Cinta métrica



DESARROLLO

- 1.- Encienda la lámpara de alta intensidad de descarga de 400 W y déjala durante unos minutos hasta que la radiación luminosa que está produciendo se estabilice.
- 2.- Con apoyo de la cinta métrica, use el luxómetro para medir la iluminación en luxes a un metro de distancia en diez diferentes direcciones sobre la cavidad luminosa de la lámpara, como lo muestra la figura 4. Incluya la dirección vertical. Registre las mediciones en la tabla 1.
- 3.- De los datos de la tabla 1, obtenga el valor medio y regístrelo en la tabla 2.
- 4.- Si consideramos la fuente de luz como isotrópica que irradia luz uniformemente sobre todo el espacio esférico que rodea la lámpara y sabiendo que a un metro de distancia la iluminación en luxes es igual a la intensidad luminosa en candelas, el flujo luminoso aproximado que produce la lámpara está dado por:

$$\phi = I(4\pi) \text{ [lm]}$$

Donde $\phi = 4\pi$ es el ángulo sólido de la esfera que rodea la lámpara e I es la iluminación promedio en luxes a un metro de distancia.

Registre los resultados:

Intensidad luminosa promedio $I =$ _____ (cd)

Flujo luminoso $\phi =$ _____ (lm)

Medición	Iluminación (lx)	Iluminación (fc)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabla 1. Mediciones luxes y foot.candle

Valor medio de iluminación (lx) según las mediciones en luxes	Valor medio de iluminación (fc) según las mediciones en foot-candles

Tabla 2. Valor medio de iluminación.

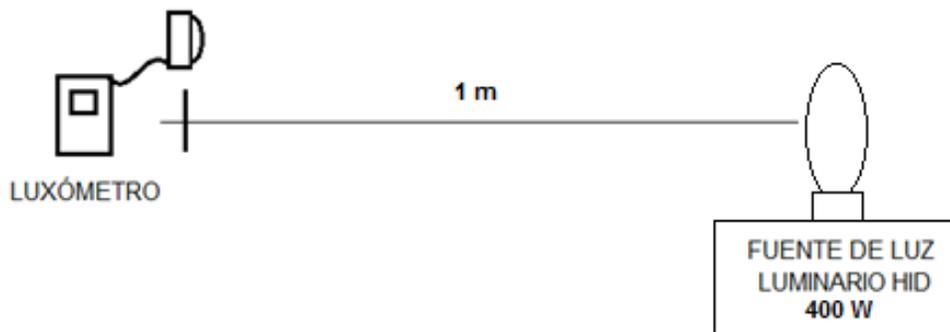


Figura 4. Medición de iluminación a 1 m en diferentes direcciones.

Recuerde que a un metro de distancia de la fuente de luz la iluminación en luxes es igual a la intensidad luminosa y a un pie de distancia de la fuente de luz la iluminación en foot-candles es igual a la intensidad luminosa.

5.- Con ayuda de la cinta métrica, use el luxómetro para medir la iluminación en foot-candles a un pie (0.3048 m) de distancia en diez diferentes direcciones sobre la cavidad luminosa de la lámpara, como lo muestra la figura 4. Incluya la dirección vertical. Registre las mediciones en la tabla 1 y 2. Repita los puntos 3 y 4.

Registre los resultados:

Intensidad luminosa promedio $I =$ _____ (cd)

Flujo luminoso $\phi =$ _____ (lm)

6.- Coloque el reflector cónico sobre la lámpara según lo muestra la figura 5. Tome la medición de iluminación a un pie (0.3048 m) sobre la vertical en unidades foot-candles. Registre el resultado:

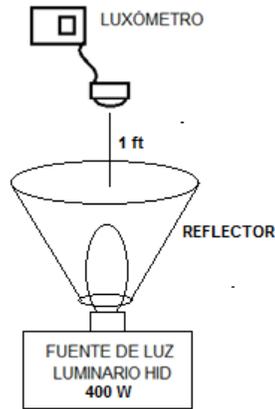


Figura 5. Reflector sobre la lámpara.

$$E = \text{_____} \text{ fc}$$

Es igual este resultado al obtenido en la tabla 1? _____ Explique porque:

7.- Coloque la fuente de luz (Luminario HID de 400 W) sobre la mesa de trabajo como muestra la figura 6. La tensión de alimentación del luminario es 220 V. Con ayuda de la cinta métrica mida la iluminación local a 1 m de distancia de la fuente de luz sobre la mesa. Anote el resultado:

$$E = \text{_____} \text{ lx}$$

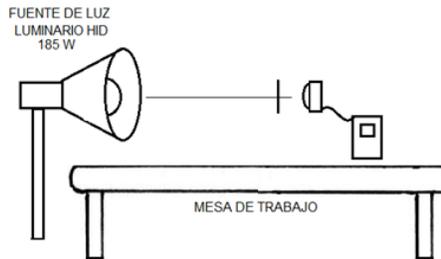


Figura 6. Luminario de 400 W HID

Repita el punto anterior, posicionando el luxómetro sobre la mesa de trabajo para medir la iluminación en foot candles a 1 pie (0.3048 m) de distancia de la fuente de luz. Anote el resultado:

$$E = \text{_____} \text{ fc}$$

Son aproximadamente iguales los niveles de iluminación en luxes y foot candles: _____ porqué? _____



8.- Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

CUESTIONARIO

1. Demuestre que a 1 m de distancia la iluminación en lux es igual a la intensidad luminosa de la fuente de luz.
2. Demuestre que a 1 pie de distancia la iluminación en foot-candle es igual a la intensidad luminosa de la fuente de luz.
3. Explique lo que es fuente de luz isotrópica.
4. Demuestre que el ángulo sólido de una fuente isotrópica es 4π .
5. ¿Qué entiende por flujo luminoso?.
6. ¿Qué entiende por intensidad luminosa?.
7. ¿Cuál es la diferencia entre flujo luminoso e intensidad luminosa?.
8. Mencione las ventajas que ofrecen los reflectores sobre las fuentes de luz.
9. Mencione algunos procesos naturales que producen flujo luminoso.

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



PRÁCTICA 3

“MÉTODO LUMEN”

OBJETIVOS

- El alumno obtendrá la iluminación promedio del laboratorio utilizando el método de lumen.
- Aprenderá a utilizar el método de lumen para realizar diseños de iluminación.

INTRODUCCIÓN

Derivado de un buen diseño de iluminación se pueden crear ambientes agradables y confortables de nuestro entorno, sin por ello olvidar que las instalaciones de iluminación sean energéticamente sostenibles.

La finalidad del método de lumen es calcular el valor medio de la iluminación o iluminancia en un local con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en proyectos de iluminación. Este método determina el flujo promedio que incide sobre la superficie de trabajo. Conociendo este flujo promedio y el flujo que emite un luminario en particular se puede determinar la cantidad de luminarios para el proyecto.

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Φ .-Flujo luminoso total deseado (lm)
 E .-Nivel de iluminación deseado (lx)
 S .-Superficie del local (m²)

$$\Phi = E \cdot S$$

¿El flujo luminoso que emite la fuente de luz llega completamente a la superficie de trabajo?

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{u \cdot m}$$

Causas que disminuyen el flujo luminoso incidente sobre la superficie:

μ - Factor de Utilización

- Eficacia de la fuente de luz
- Distribución del flujo
- Altura de la fuente
- Dimensiones de la superficie
- Reflectancias de techo, paredes y pisos

m - Factor de Mantenimiento

- Depreciación de reflectores, refractores y difusores de la luminaria
- Envejecimiento de las partes
- Adición de suciedad y polvos

Método de Flujo Total. Procedimiento de cálculo:

1. Características físicas y actividades del local o recinto.
2. Niveles de iluminación.
3. Superficie del local.
4. Coeficientes de reflexión del techo y las paredes.
5. Factor de utilización.
6. Tipo de luminaria
7. Factor de mantenimiento.
8. Flujo total.
9. Número de lámparas.
10. Potencia eléctrica y calibre de conductores.

MATERIAL Y EQUIPO

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
- Mesa de trabajo
- Flexómetro (cinta métrica)
- Gises

DESARROLLO

1.- Encender los luminarios del laboratorio para utilizarlos como fuentes de luz que iluminen la mesa de trabajo que es posicionada sobre el centro del local como se muestra en la figura 1. La mitad de la mesa debe quedar dentro del cuarto oscuro.

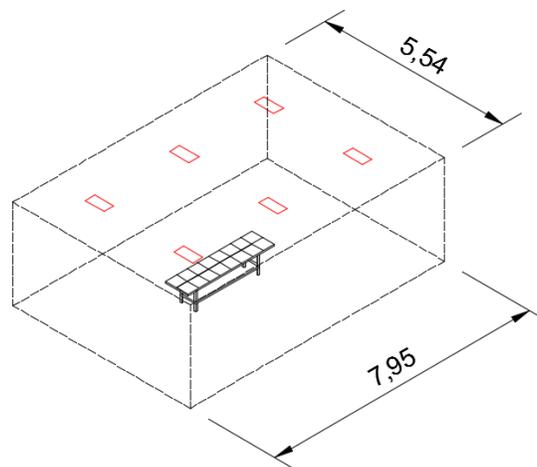


Figura 1. Laboratorio de iluminación

2.- Usando la escala de 2000 lx ubicar el luxómetro en dieciséis puntos distribuidos geoméricamente en la superficie de la mesa de trabajo. Ver figura 2. Al centro de cada cuadrícula tomar las medidas correspondientes con el luxómetro y registrarlas en la siguiente tabla 1.

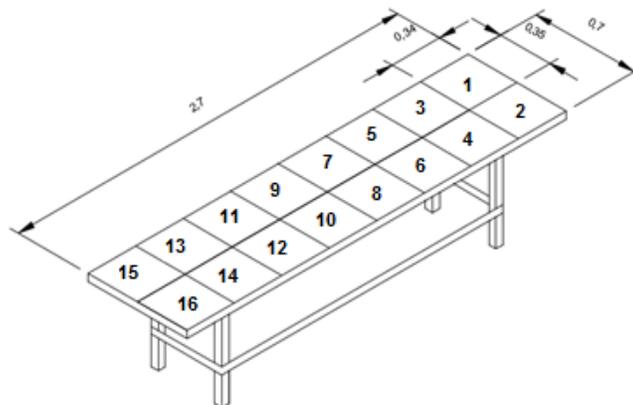


Figura 2. Posicionamiento de puntos de medición.



Son aproximadamente iguales las mediciones de iluminación de los dieciséis puntos? _____, ¿Explique porque? _____

Lecturas	E (lux)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Tabla 1. Mediciones de iluminación

3.- Con los datos obtenidos en la tabla 1, calcular la media y la desviación estándar para evaluar el nivel de iluminación de la mesa de trabajo.

Valor medio: $E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$, $E_m = \underline{\hspace{2cm}}$ lx

Desviación estándar: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_m - E_i)^2}{n-1}}$, $\sigma = \underline{\hspace{2cm}}$ lx

Dónde:

E_m es el valor medio de las mediciones

E_i es el valor i de las mediciones



n es el número de mediciones
 σ es la desviación estándar de las mediciones

Si la desviación estándar es menor al 5% de la media de las mediciones, se puede utilizar este valor como medida de iluminación promedio del lugar de trabajo.

5% del valor medio: _____ lx Cumple: _____

Explique los motivos de la respuesta del punto anterior.

4.- Para el nivel de iluminación promedio obtenido sobre la mesa de trabajo y considerando un factor de mantenimiento regular de 0.75, determine el factor de utilización del sistema de iluminación:

$$\mu = \underline{\hspace{2cm}}$$

5.- En la tabla 2 establezca las características de las fuentes de luz, lugar de trabajo y luminarios.

a)	Dimensiones del local.	
b)	Número de lámparas y luminarios.	
c)	Estado de conservación de los luminarios (nivel de mantenimiento).	
d)	Estado de conservación del local (nivel de mantenimiento).	
e)	Color de piso y reflectancia aprox.	
f)	Color de techo y reflectancia aprox.	
g)	Color de paredes y reflectancia aprox.	
h)	Actividad del local.	
i)	Nivel de iluminación normalizado.	
j)	Condiciones del clima.	
k)	Personas expuestas a la iluminación	

Tabla 2. Condiciones del lugar de trabajo.

6.- Dependiendo de la clasificación y cumplimiento de la iluminación obtenida, propone algunas recomendaciones para el laboratorio con base en los conocimientos aprendidos.

7.- Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

CUESTIONARIO

- ¿Qué factores influyen para disminuir el flujo luminoso que va a la superficie de trabajo?
- Explique lo que entiende por factor de utilización y de que depende.



3. Explique lo que entiende por factor de mantenimiento y de que depende.
4. ¿Por qué es importante seleccionar reflectancias adecuadas para los sistemas de iluminación?
5. De las características indicadas en la Tabla 2, indique otras que afecten la iluminación sobre la mesa de trabajo.
6. ¿Por qué es importante conocer el flujo luminoso producido por un luminario?
7. ¿Qué color produce los factores de reflectancia más bajos?
8. ¿Qué color produce los factores de reflectancia más altos?

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

PRÁCTICA 4

“CURVA FOTOMÉTRICA”

OBJETIVOS

- El alumno obtendrá la curva de distribución fotométrica de una luminaria.
- Aprenderá como se utilizan la curva de distribución fotométrica de una lámpara.

INTRODUCCIÓN

La luz emitida por un aparato de iluminación se puede representar a través de un sistema gráfico llamado curvas fotométricas. Las mismas son la unión de los puntos de coincidencia entre las varias intensidades luminosas, que se emiten en todas las direcciones en el espacio desde la fuente luminosa, y que forman el sólido fotométrico, como el que se muestra en la figura 1. Por intersección del sólido con planos se obtienen las curvas fotométricas. Cuando estos planos se describen a través de coordenadas polares en las cuales el centro corresponde al centro del aparato, se tienen curvas fotométricas polares. Estos planos se pueden hacer girar alrededor de un eje para explorar en cada punto del sólido fotométrico.

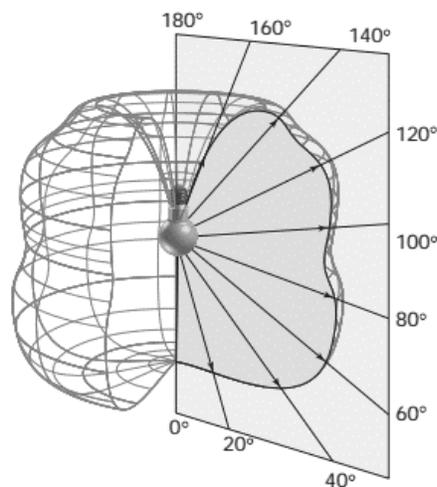


Figura 2 Sólido fotométrico de una lámpara incandescente.

En este diagrama los valores de los ángulos están ubicados en la abscisa con el cero en el centro del gráfico mientras que los valores de la intensidad están en la ordenada. Los dos planos que normalmente se representan son el transversal y el longitudinal que en el sistema CIE corresponden a los planos C0-C180 (línea continua) y C90-C270 (línea de trazos) respectivamente, ver figura 2.

Como es complicado trabajar en tres dimensiones, para simplificar el trabajo se realizan cortes al sólido fotométrico de modo que se obtiene una curva en dos dimensiones, conocida como curva de distribución luminosa o curva fotométrica, ver figura 3, mucho más sencilla de comprender.

La curva fotométrica de una fuente de luz nos permite conocer con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, lo cual resulta de mucha utilidad al realizar diseños de iluminación.

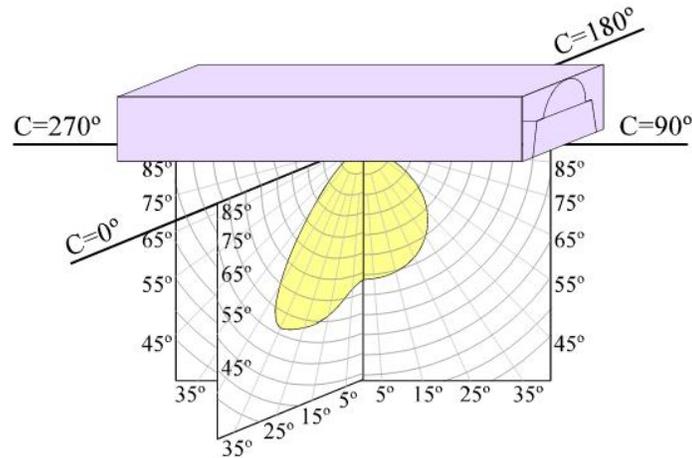


Figura 2. Planos de sólidos fotométricos

18W / 26W [42,9%]

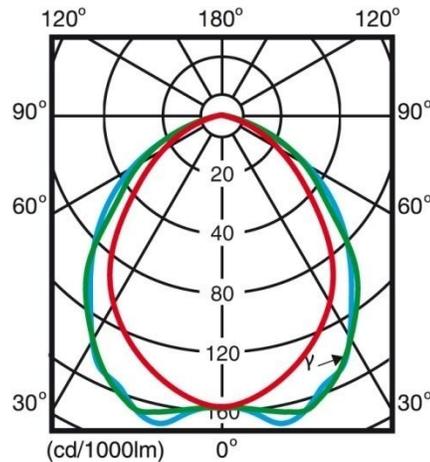


Figura 3. Curva fotométrica en dos dimensiones

MATERIAL

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
- Fuente de Luz (Luminario HID de 175 W)
- Mesa de trabajo
- Cinta métrica



DESARROLLO

1. Colocar la lámpara del luminario a un metro de distancia del luxómetro, según lo muestra la figura 4. Seleccionar la escala en luxes del luxómetro para medir la intensidad luminosa y mantenerlo fijo durante el experimento.
2. Sobre la vertical del luminario y con ayuda del transportador marcar sobre el piso ángulos de 10° hasta cumplir la circunferencia completa.
3. Encender el luminario de alta intensidad de descarga de 175 W y esperar unos minutos hasta que alcance estabilidad lumínica.
4. Con el luxómetro realizar la primera medición en 0° a la distancia de 1 m, como lo muestra la figura 5.
5. Continuar con la toma de mediciones hasta cumplir con los 180° . Registrar los resultados en la tabla 1.

Como el luminario tiene distribución simétrica de luminosidad, son suficientes las lecturas de los primero 180° .

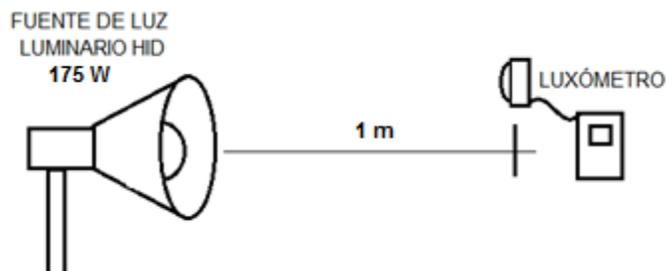


Figura 4. Posicionamiento del luminario y el luxómetro.

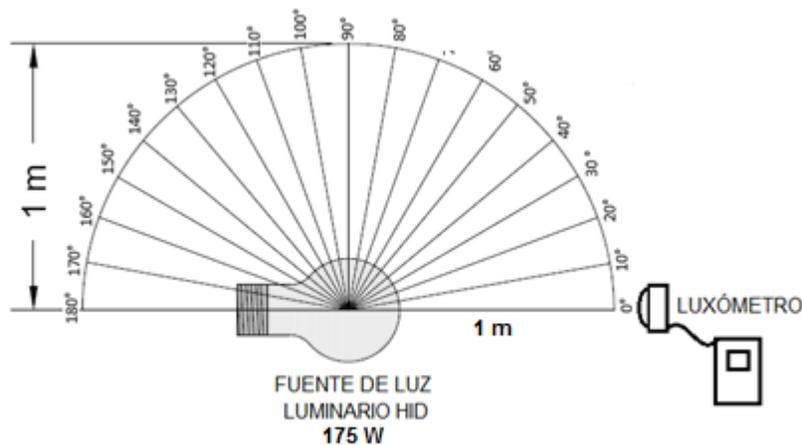


Figura 5. Ángulos sobre el piso teniendo como centro la vertical del luminario..



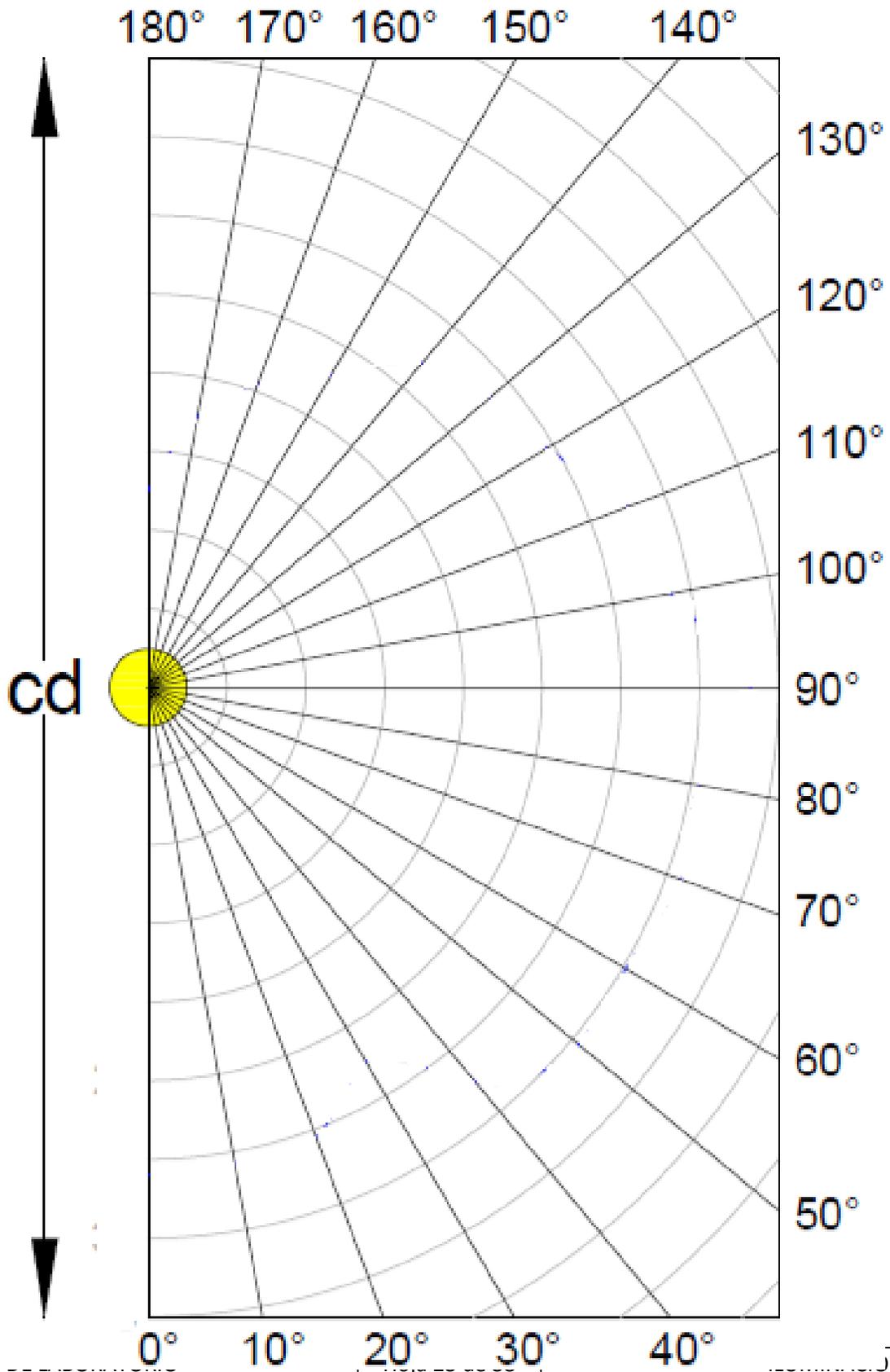
Grados	E (lx)	I (cd)
0°		
10°		
20°		
30°		
40°		
50°		
60°		
70°		
80°		
90°		
100°		
110°		
120°		
130°		
140°		
150°		
160°		
170°		
180°		

Tabla 1. Medicines

6.- Calcular la intensidad usando la siguiente formula.

$$I = Ed^2$$

7.- Dibujar en el diagrama polar las coordenadas de ángulo e intensidad luminosa para construir la curva fotométrica del luminario utilizado.





8.- Investigue las especificaciones técnicas del luminario de 175 W utilizado en el experimento y registrarlos en la tabla 2.

Especificaciones	
Fabricante del Luminario	
Potencia	
Tensión de Trabajo	
Corriente de trabajo	
Tipo de Uso	
No. De Lámparas	
Temperatura de trabajo	
Fabricante de la lámpara	
Tipo de lámpara	
Temperatura de Color	
IRC	
Vida Útil	
Flujo Luminoso	

9.- Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

CUESTIONARIO

1. ¿Para qué sirve la curva fotométrica de un luminario?
2. ¿Qué es un sólido fotométrico?
3. ¿Cuándo se dice que una curva fotométrica es simétrica?
4. Menciona un tipo de luminario que no tienen una curva fotométrica simétrica.
5. ¿Explicar para qué es el fotogoniómetro?
6. ¿Porqué en el experimento la distancia entre la fuente de luz y el luxómetro debe ser de un metro?
7. ¿Si el luxómetro se ajusta en la escala de foot.candle cual debe ser la distancia de separación entre la fuente de luz y el luxómetro?

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

PRÁCTICA 5

“LEY DE LA INVERSA DE LOS CUADRADOS”

OBJETIVOS

- El alumno comprobará la validez de la ley de la inversa de los cuadrados de la iluminación.

INTRODUCCIÓN

La ley de la inversa de los cuadrados se refiere a aquellos fenómenos físicos ondulatorios, como la luz y el sonido, cuya intensidad disminuye de forma inversa al cuadrado de la distancia al centro que la se origina.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Esta ley se aplica naturalmente a la luz visible y proyectos de iluminación. La ley de la inversa del cuadrado nos dice que la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie iluminada. La figura 1 muestra como disminuye la iluminación cuando aumenta la distancia.

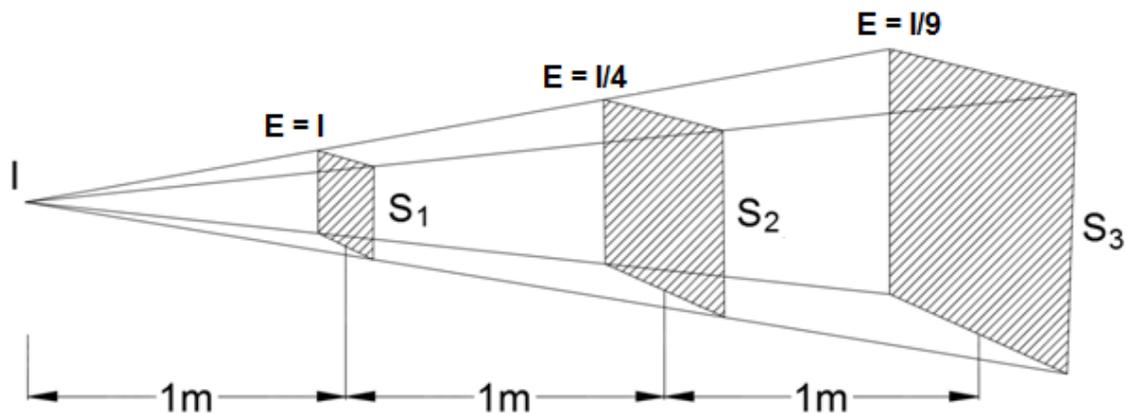


Figura 1. Ley de la Inversa del Cuadrado.

Entonces

$$E_{s1} = \frac{I}{1^2}; \quad E = I$$

$$E_{s2} = \frac{I}{2^2}; \quad E = \frac{I}{4}$$

$$E_{s3} = \frac{I}{3^2}; \quad E = \frac{I}{9}$$

MATERIAL

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
- Fuente de Luz (Luminario HID de 400 W)
- Mesa de trabajo
- Cinta métrica



DESARROLLO

1. Encender el luminario de alta intensidad de descarga de 400 W y esperar unos minutos hasta que se estabilice la radiación lumínica.
2. Colocar el luxómetro enfrente de la fuente de luz a una distancia de 0.10 m como lo muestra la figura 2.

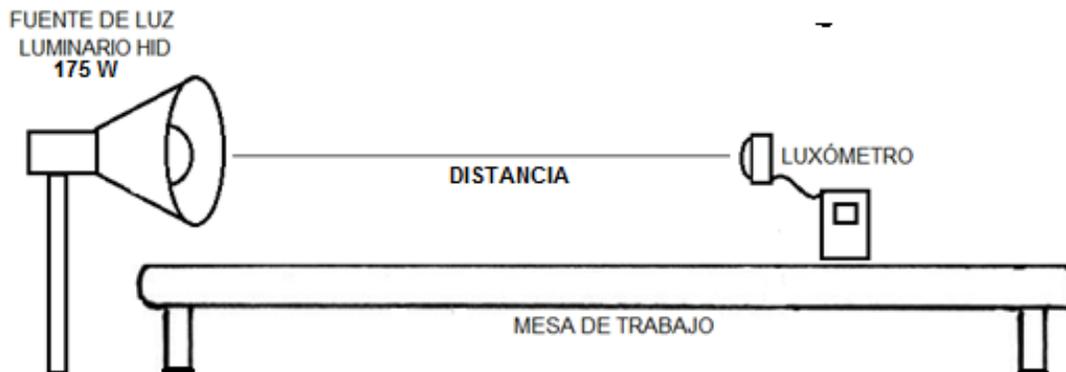


Figura 2. Posicionamiento del luminario y el luxómetro.

3. Preparar el luxómetro para la toma de mediciones en lux. Recuerda utilizar la escala correcta para que tu medición sea más precisa.
4. Realizar las mediciones para las distancias que se indican en la tabla 1. Registrar los resultados en la tabla 1.
5. Conocida la distancia y la iluminación, aplique la Ley de la Inversa del Cuadrado para calcular la intensidad luminosa en cada medición. Registre los resultados en la tabla 1.
6. Una vez completados los datos de la tabla 1, realizar las gráficas de distancia contra iluminación y distancia contra intensidad luminosa, según se muestra en la figura 3.



d (m)	E (lx)	I (cd)
0.20		
0.40		
0.60		
0.80		
1.00		
1.20		
1.40		
1.60		
1.80		
2.00		

Tabla 1. Registro de mediciones

7.- Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

CUESTIONARIO

- 1.- De acuerdo a la definición de la ley de la inversa del cuadrado, ¿Cuánto vale la iluminación si la distancia fuese infinita?
- 2.- Si la distancia fuera de cero, ¿Cuál es el valor de la iluminación?
- 3.- ¿Los valores de la intensidad son iguales? _____ ¿explica por qué?
- 4.- Menciona algunos ejemplos donde es importante tomar en cuenta la ley inversa del cuadrado.
- 5.- a) Determine el valor de la intensidad luminosa de una fuente de luz isotrópica que produce 22,000 lm.
b) ¿Cuál es el valor de la iluminación a un metro de distancia?

CONCLUSIONES

PRÁCTICA 6

“MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS”

OBJETIVOS

- El alumno aprenderá y comprobará el método de los nueve puntos para determinar la iluminación promedio y el coeficiente de uniformidad de un proyecto de iluminación exterior.

INTRODUCCIÓN

Muchas veces no es necesario calcular la iluminancia en todos los puntos de la calzada para tener una idea exacta de la distribución luminosa, sino que basta con hacerlo en unos cuantos puntos representativos llamados nodos. Para ello, dividiremos la zona a estudiar en pequeñas superficies llamadas dominios, cada una con su correspondiente nodo, en las cuales supondremos la iluminancia uniforme. La iluminancia total de la calzada se calculará como una media ponderada de las iluminancias de cada dominio.

El número de particiones que hagamos dependerá de la precisión que queramos obtener. En nuestro caso trabajaremos con el criterio de los nueve puntos que es el más sencillo, aunque la mecánica de trabajo es la misma siempre independientemente del número de dominios que tengamos. (Método de los 9 puntos según NOM-013-ENER).

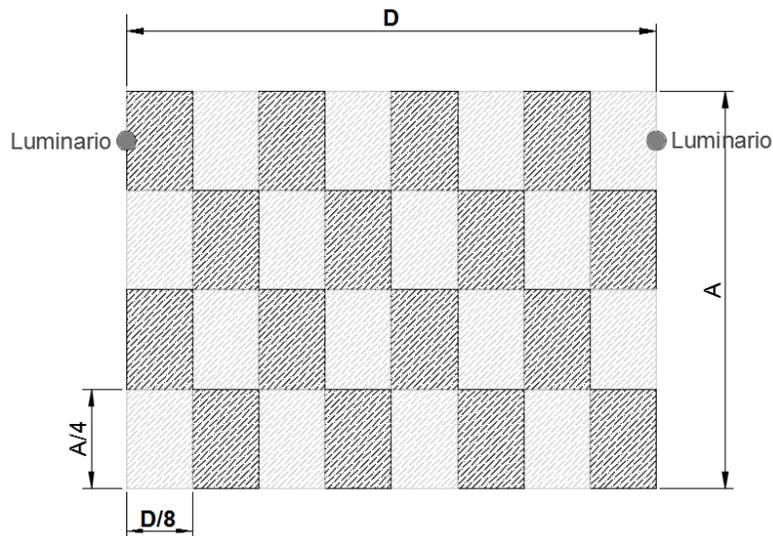


Figura 1. Cuadrantes en zona interpostal.

El método de los nueve puntos es una simplificación que permite de forma relativamente rápida, obtener una idea de la iluminancia media de la vía, así como

de su nivel de uniformidad. El primer paso es dividir el área interpostal en cuadrantes iguales como se muestra en la figura 1.

Dividiremos la distancia interpostal entre dos puesto que a la mitad la iluminación es simétrica. Esto se muestra en la figura 2.

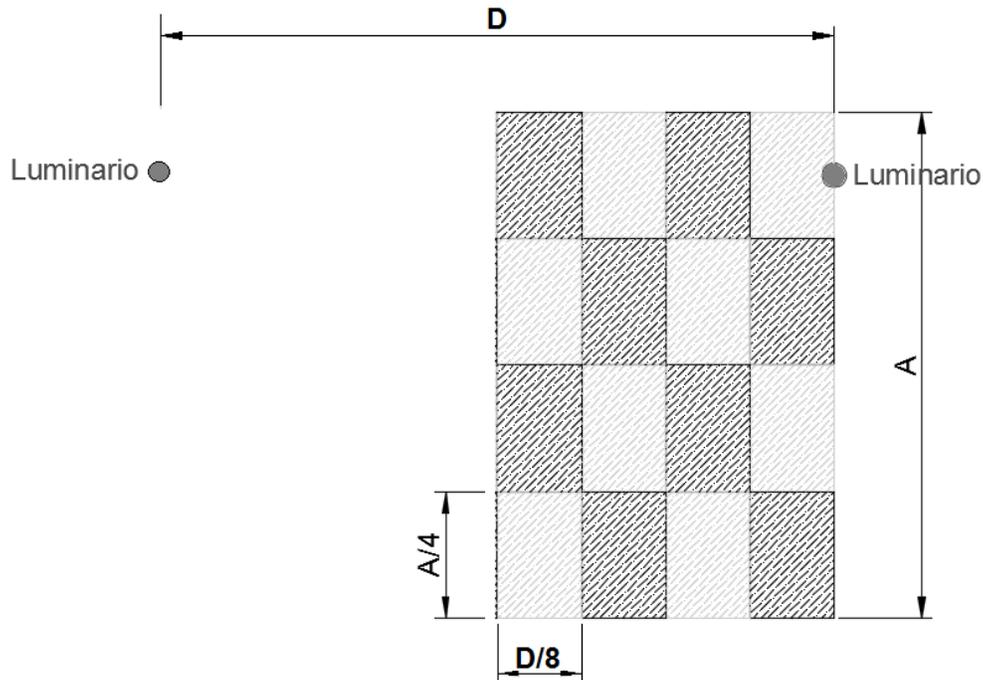


Figura 2. Simetría de cuadrantes en zona interpostal.

Dividiremos las superficies en puntos representativos por lo que nos dará como resultado 9 superficies que se muestran en la figura 3.

Y según el teorema de **Varignon**

$$E_m S_T = \sum E_i S_i$$

Despejando la iluminación media

$$E_m = \frac{\sum E_i S_i}{S_T}$$

$$E_m = \frac{E_1 S_1 + E_2 S_2 + E_3 S_3 + E_4 S_4 + E_5 S_5 + E_6 S_6 + E_7 S_7 + E_8 S_8 + E_9 S_9}{S_T}$$

Comparado las áreas de las superficies

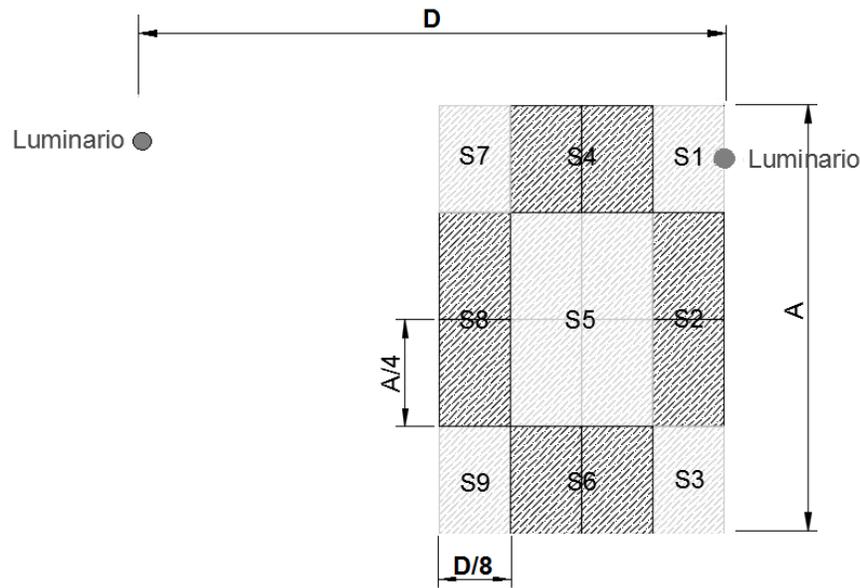


Figura 3. Nueve puntos o superficies de medición.

$$S_1 = S_3 = S_7 = S_9 = \left(\frac{D}{8}\right) \left(\frac{A}{4}\right) = \frac{AD}{32} = S_1$$

$$S_2 = S_8 = \left(\frac{D}{8}\right) \left(\frac{A}{2}\right) = \frac{AD}{16} = 2S_1$$

$$S_4 = S_6 = \left(\frac{D}{4}\right) \left(\frac{A}{4}\right) = \frac{AD}{16} = 2S_1$$

$$S_5 = \left(\frac{D}{4}\right) \left(\frac{A}{2}\right) = \frac{AD}{8} = 4S_1$$

Sustituyendo en la ecuación de iluminación media

$$E_m = \frac{E_1 S_1 + E_2 2S_1 + E_3 S_1 + E_4 2S_1 + E_5 4S_1 + E_6 2S_1 + E_7 S_1 + E_8 2S_1 + E_9 S_1}{16S_1}$$

Agrupando términos semejantes

$$E_m = \frac{S_1 [E_1 + E_3 + E_7 + E_9] + 2S_1 [E_2 + E_4 + E_6 + E_8] + 4S_1 E_5}{16S_1}$$

Factorizando S_1

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

Una vez definida la ecuación de iluminación media, únicamente queda medir los niveles de iluminación con ayuda de un luxómetro al centro de cada superficie previamente divididos.

Además de E_m se puede calcular los coeficientes de uniformidad media y extrema de las iluminancias:

$$\text{Uniformidad media} = E_{\min} / E_m$$

$$\text{Uniformidad extrema} = E_{\min} / E_{\max}$$

Los niveles mínimos de iluminación recomendados en vías públicas exigen iluminancias superiores a 20 lux, con una uniformidad media superior a 0,40. En túneles y zonas de alta ocupación estos valores pueden aumentarse hasta el doble.

MATERIAL

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
- Fuente de Luz (Luminario exterior LED 60 W)
- Lugar de trabajo
- Cinta métrica



DESARROLLO

1.- Para realizar el mínimo número de medidas, y que estas sean representativas del lugar se deben de llevar a cabo divisiones o cuadrantes del mismo tamaño sobre el piso, según se muestra en la figura 4. El lugar recomendado para realizar esta práctica es el piso del cuarto oscuro del laboratorio de iluminación. Dada la cuadrícula del piso es fácilmente divisible en partes pequeñas e iguales. Por lo tanto, se procede a la división, por simetría, hasta alcanzar la parte representativa del método de los 9 puntos. Con ayuda del profesor identifique las 9 superficies sobre el piso.

2.- Se realiza la medición de la iluminación en cada superficie Si.

3.- Los valores de iluminación se deben realizar sin que haya tránsito de personas o vehículos que interfieran en la medición.

$$E_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ lx} \quad E_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ lx} \quad E_7 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ lx}$$

$E_2 =$ _____ lx $E_5 =$ _____ lx $E_8 =$ _____ lx

 $E_3 =$ _____ lx $E_6 =$ _____ lx $E_9 =$ _____ lx

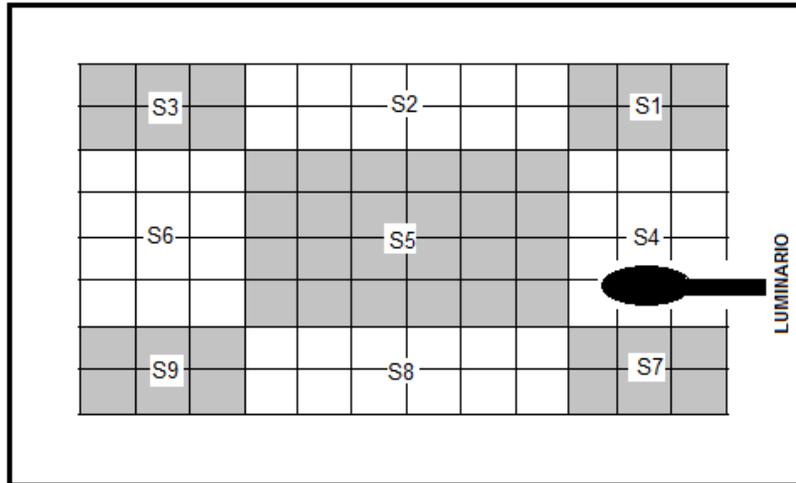


Figura 4. Cuadrantes sobre el piso del laboratorio.

4.- El cálculo de iluminación media se obtiene aplicando la siguiente expresión a los valores obtenidos:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

$E_m =$ _____ lx

5.- Calcular la uniformidad media y la uniformidad extrema utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{uniformidad media} = \frac{E_{min}}{E_m}$$

$$\text{uniformidad extrema} = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

Uniformidad media = _____

Uniformidad extrema = _____



6.- Una vez obtenidos los valores de iluminación media y uniformidad media del lugar de trabajo, con ayuda de la tabla 1 “Valores de iluminación mínima promedio y valores máximos de uniformidad promedio para pavimentos R2 y R3”, según Norma Oficial 013-ENER-2013, determine la clasificación de vialidad a que da cumplimiento.

Clasificación de Vialidad	Iluminancia mínima promedio [lx]	Relación de uniformidad promedio máxima E_{prom}/E_{min}
Autopistas y carreteras	6	3 a 1
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14	3 a 1
Vías principales y ejes viales	17	3 a 1
Vías primarias y colectoras	12	4 a 1
Vías secundarias residencial Tipo A	9	6 a 1
Vías secundarias residencial Tipo B	7	6 a 1
Vías secundarias industrial Tipo C	4	6 a 1

Tabla 1. Valores de iluminación mínima promedio y valores máximos de uniformidad promedio para pavimentos R2 y R3.

Cumple para las vialidades: _____

CUESTIONARIO

1. ¿Por qué el método sugiere nueve puntos?
2. ¿Qué representa el coeficiente de uniformidad?
3. ¿Qué indica el valor de la iluminación obtenida por el método de los nueve puntos?
4. ¿El método de los nueve puntos aplica para calcular la iluminación media en cualquier disposición de luminarios, unilateral, tresbolillo y bilateral pareada?

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

PRÁCTICA 7

“ENCENDIDO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN POR CONTACTOR”

OBJETIVOS

- El alumno aprenderá a diseñar y construir el diagrama de encendido de un sistema de iluminación usando contactores.

INTRODUCCIÓN

La iluminación se lleva a cabo a través de luminarios compuestos por lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes o lámparas de alta intensidad de descarga que producen radiación visible.

Cuando se necesita alimentar grandes sistemas de iluminación compuestos por trenes de luminarios que consumen alta cantidad de corriente es necesario integrar elementos que sean capaces de soportar dicha corriente, como el contactor.

Los contactores de iluminación están diseñados para proporcionar medios seguros y convenientes para la conmutación local o remota de sistemas de iluminación compuestos por varios luminarios. Los contactores proporcionan versatilidad sin precedentes en relación a la aplicación, simplicidad, rendimiento operativo y aguante de altas corrientes en la conmutación. La figura 1 muestra un circuito con contactor para el encendido de un sistema de iluminación.

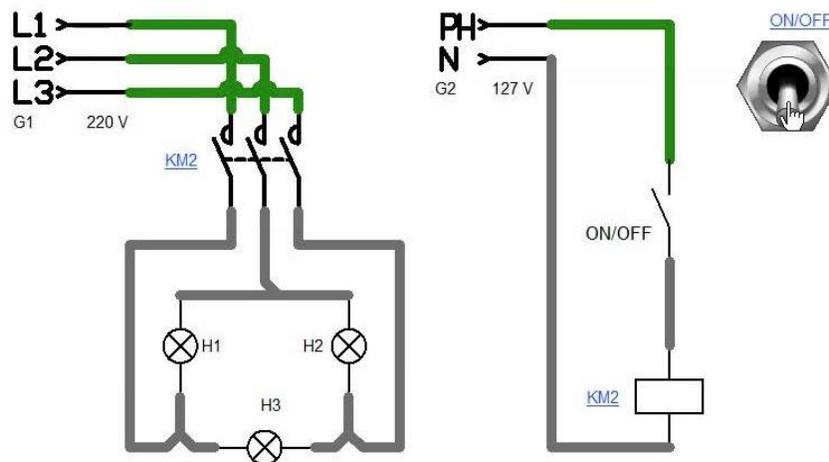


Figura 1. Diagrama de encendido por contactor.

MATERIAL

- Fuente de alimentación de corriente alterna.
- Módulo de control electromecánico.
- 3 luminarios de alta intensidad de descarga (HID).
- Cables de conexiones.
- Amperímetro de gancho.



DESARROLLO

1.- Alambre el circuito de la figura 1. Realice el enlace con la bobina del contactor "K". Presione el botón de encendido para energizar los luminarios. Integrar lámpara indicadora color verde que señalice el sistema en condición de encendido y lámpara indicadora color rojo que señalice el sistema en condición de apagado.

2.- Encender los 3 luminarios de alta intensidad de descarga dejándolos varios minutos hasta alcanzar la estabilidad lumínica. El voltaje de alimentación de los luminarios es 220 Vca.

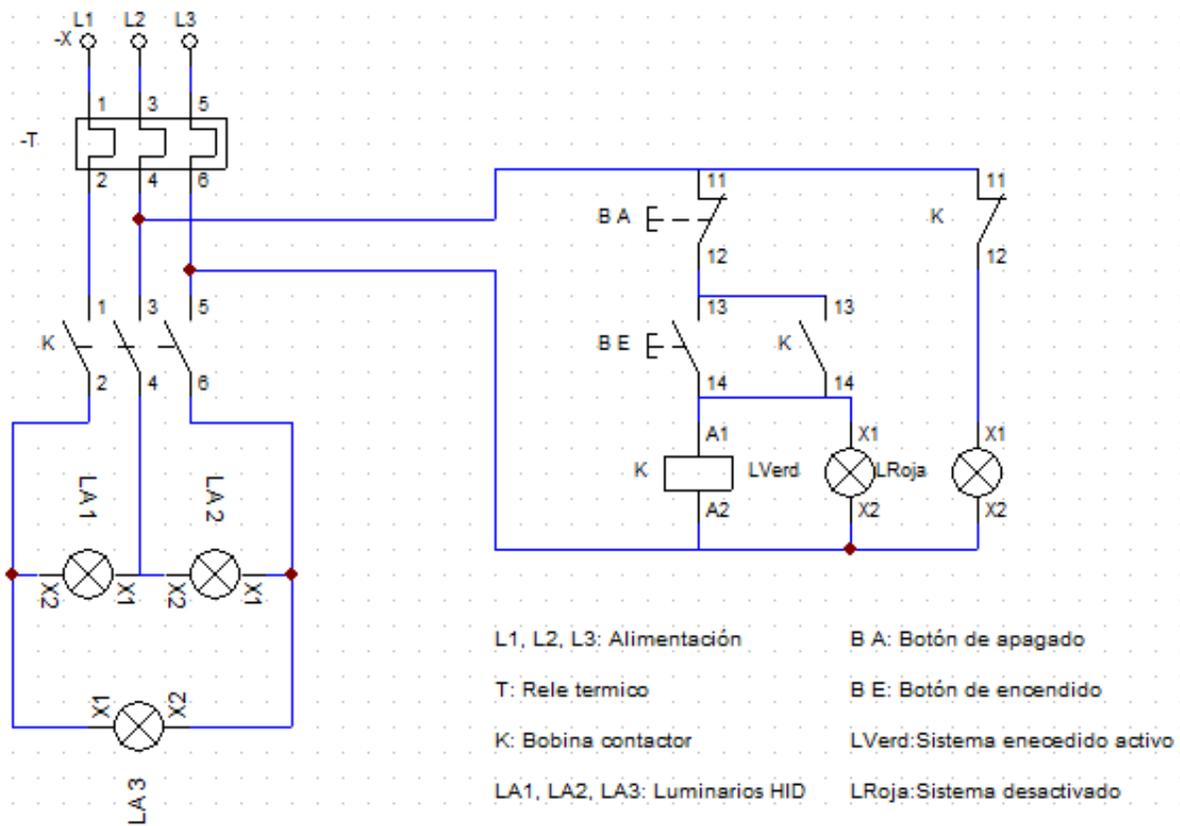


Figura 1. Diagrama de encendido de un sistema de iluminación por contactores.



7.- Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

CUESTIONARIO

1. ¿Por qué en la industria se utilizan contactores para arrancar sistemas de iluminación con luminarios (HID)?
2. Explique las características de un contactor.
3. Explique lo que entiende por enclavamiento
4. Identifique la capacidad de corriente de los contactos principales del contactor.
5. ¿Puede ser la corriente de cada fase del sistema de iluminación mayor que la capacidad de corriente del contactor? ¿Por qué?
6. ¿Por qué es importante señalar con lámparas indicadoras el estado del sistema de iluminación?
7. ¿Qué sucede con la corriente si se utilizan luminarios tipo LED?
8. Mencione las principales diferencias del circuito de control y del circuito de fuerza del sistema de iluminación.

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS