



# LUMINOTECNIA

Cálculo Método de Lúmenes

# Introducción

- ➔ **Una buena iluminación** puede llegar a conseguir que los lugares en los que vivimos y trabajamos se conviertan **en algo más que un simple lugar de trabajo u ocio.**



# Introducción


- ➔ Gracias a un buen **diseño lumínico se pueden crear ambientes más que agradables, casi mágicos**, sin por ello nunca olvidar que las instalaciones lumínicas sean **energéticamente sostenibles.**



# Introducción

- Los parámetros que definen **la calidad de una iluminación dependen de la finalidad de la misma** (iglesias, teatros, sala de conciertos, aulas, museos, etc.) pero en todo caso han de responder a ciertas exigencias comunes1 [...]






# Parámetros que definen la calidad de una iluminación

1. Nivel de iluminación: iluminancias que se necesitan (niveles de flujo luminoso (lux) que inciden en una superficie)
2. Distribución de luminancias en el campo visual.
3. Limitación del deslumbramiento.
4. Modelado: limitación del contraste de luces y sombras creado por el sistema de iluminación.
5. Color: color de la luz y la reproducción cromática
6. Estética: selección del tipo de iluminación, de las lámparas y de las luminarias.



# Un buen Diseño de Iluminación

- ▶ Si se siguen todos estos parámetros se conseguirá un buen diseño lumínico, sin olvidar nunca que la elección adecuada de cantidad y calidad de la iluminación va en función del espacio que se va a iluminar y de la actividad que él se realizará.
- ▶ **Comprobar en un determinado espacio si el nivel de iluminación es adecuado o no, se convierte en una tarea fundamental del arquitecto** si quiere conseguir espacios grandiosos lumínicamente hablando.



# Elementos básicos que forman parte de un sistema de iluminación

1. La fuente de luz o tipo de lámpara utilizada: incandescente, fluorescente, descarga en gas...etc.
2. La luminaria. Controla el flujo luminoso emitido por la fuente y, en su caso, evita o minimiza el deslumbramiento.
3. Los sistemas de control y regulación de la luminaria.

# Magnitudes fundamentales en luminotecnia

1. Flujo luminoso
2. La intensidad luminosa
3. La iluminancia
4. La luminancia

MAGNITUD	UNIDAD	SIMBOLO
Flujo luminoso	Lumen	$\phi$
Nivel de iluminación Iluminancia	Lumen / m <sup>2</sup> = Lux	E
Intensidad luminosa	Candela	I
Luminancia	Candela / m <sup>2</sup>	L

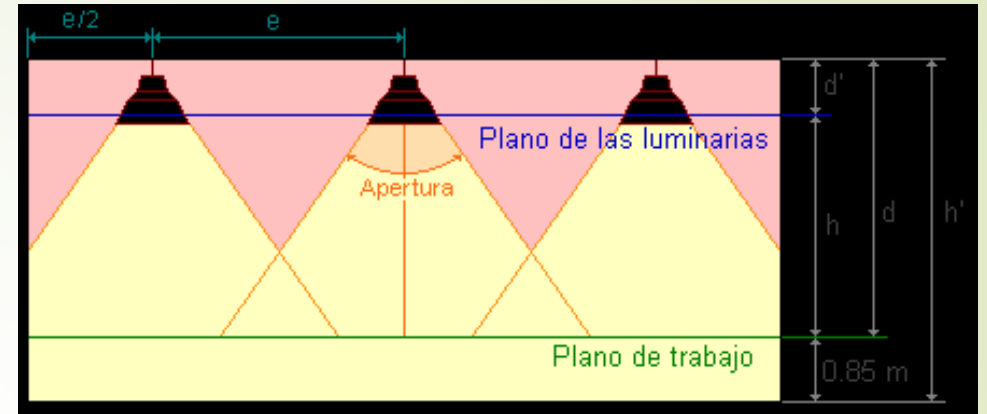


# Métodos para cálculo de iluminación

- **Método de los Lúmenes**

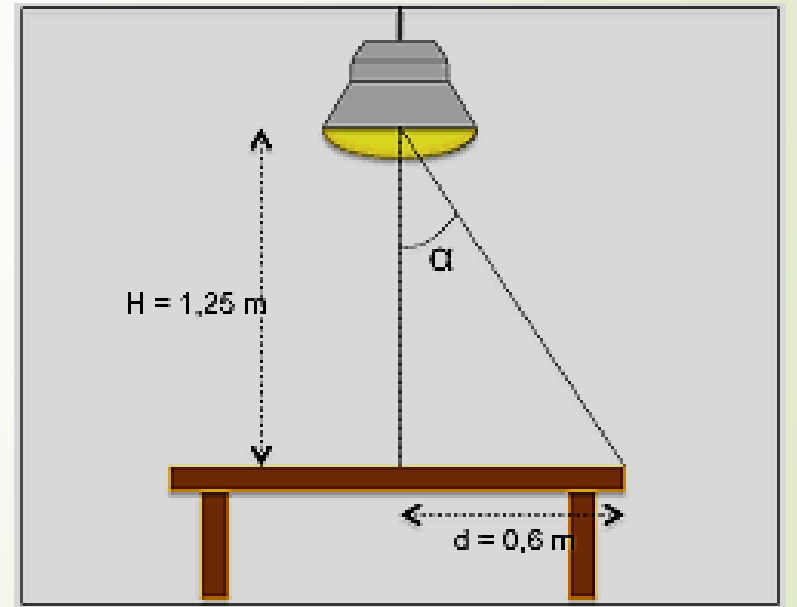
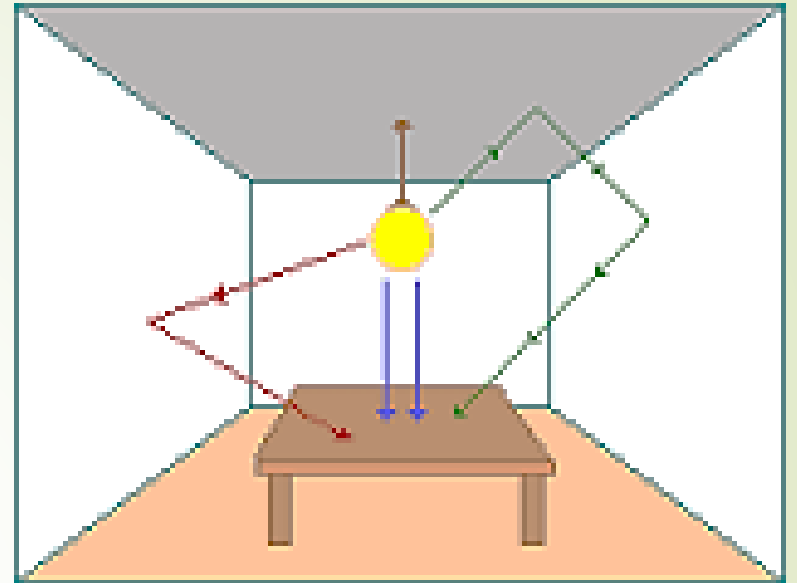
- **Sistema General o Método del Factor de utilización:**

- El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general.
- Proporciona una iluminancia media con un error de  $\pm 5\%$  y nos da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación.



# Métodos para cálculo de iluminación

- ➔ **Método del punto por punto (o de iluminancias puntuales):** Este método se utiliza si lo que deseas es conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.





# El Método de los Lúmenes

- Se utilizará para **obtener una iluminación general y uniforme** de un determinado espacio.
- Gracias a él también, establecida una zona o local, podrás saber qué **cantidad de luminarias necesitas y cómo han de estar situadas en ese espacio.**

# Cálculo del flujo luminoso total necesario

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

*Ecuación 1. Definición del flujo luminoso que un determinado local o zona necesita.*

Donde:

- $E_m$  = nivel de iluminación medio (en LUX)
- $\Phi_T$  = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)
- $S$  = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>).

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (CU) y de mantenimiento (Cm), que se definen a continuación:

- $C_u$  = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa.
- Lo proporciona el fabricante de la luminaria.
- $C_m$  = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.

# Cálculo del número de luminarias

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

*Ecuación 2. Definición del número de luminarias* (El valor de  $NL$  se redondea por exceso)

- $NL$  = número de luminarias
- $T \Phi$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local
- $L \Phi$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)
- $n$  = número de lámparas que tiene la luminaria

La finalidad de este método es calcular el valor medio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general.

# Método de cálculo

## 1º. CALCULAR EL FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO ( $\Phi_T$ ).

### 1.1. Fijar los datos de entrada:

- a) Dimensiones del local. (a, b y H)
- b) Altura del plano de trabajo. (h')
- c) Nivel de iluminancia media. ( $E_m$ )
- d) Elección del tipo de lámpara.
- e) Elección del tipo de luminaria (catálogos comerciales) y su altura de suspensión.

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

# Método de cálculo

- 1.2.** DETERMINAR EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (Cu). Según datos del fabricante de la luminaria a partir de coeficientes de reflexión y el índice k del local.
- 1.3.** DETERMINAR EL COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO (Cm). Según el tipo de local.
- 2°.** ESTABLECER EL NÚMERO DE LUMINARIAS. Ecuación 2.
- 3°.** PRECISAR EL EMPLAZAMIENTO DE LAS LUMINARIAS.
- 4°.** COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS. (Nivel de iluminación medio superior al de tablas)

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

# Ejemplo de cálculo



- ▶ Iluminar un aula de 4 m. de ancho por 6 m. de largo por 2,6 m. de alto con luminarias tipo **downlight** con dos lámparas fluorescentes. (Los datos del tipo de luminaria y de lámpara los encontrarás adjuntados en el ejemplo).
- ▶ Los acabados de dicha aula son paredes de yeso blanco, suelo de terrazo gris oscuro y plafon de placas de cartón-yeso acústicas perforadas.
- ▶ **Determina el número de luminarias que necesitas y cómo has de colocarlas para obtener un nivel adecuado de iluminación uniforme.**



# Ejemplo de cálculo

Objetivos del ejercicio:

- 1º. Calcular el flujo luminoso total necesario para el espacio.
- 2º. Determinar el número de luminarias precisas para alcanzar el nivel de iluminación adecuado.
- 3º. Establecer el emplazamiento de las luminarias, es decir, la distancia a la que se deben instalar para iluminarlo uniformemente.
- 4º. Evaluar si el número de luminarias que has determinado es el correcto.



# 1. Empieza calculando el flujo luminoso total que necesitas en el aula:

- ▶ Lógicamente, si quieres averiguar el **flujo luminoso** que necesitas que aporten las lámparas que vas a colocar, es importante que antes, analices el **tipo de aula que tienes**.
- ▶ **Su forma y sus acabados** influyen notoriamente en cómo **reflexiona la luz** en ese determinado espacio.



Para calcular el flujo luminoso, sigue los siguientes pasos:

**1.1. Datos de entrada (del local, lámparas y luminarias):**

Examina el local y los elementos que tienes. No olvides apuntar los datos que vayas averiguando:

**1.1.1. Analiza las dimensiones del local** o zona a iluminar:

$a = \text{ancho (en m)} = 4\text{m}$

$b = \text{largo (en m)} = 6\text{ m}$

$H = \text{alto (en m)} = 2,6\text{ m}$

# 1.1. Datos de entrada (del local, lámparas y luminarias):

1.1.2. Fija la altura del plano de trabajo ( $h'$ ):

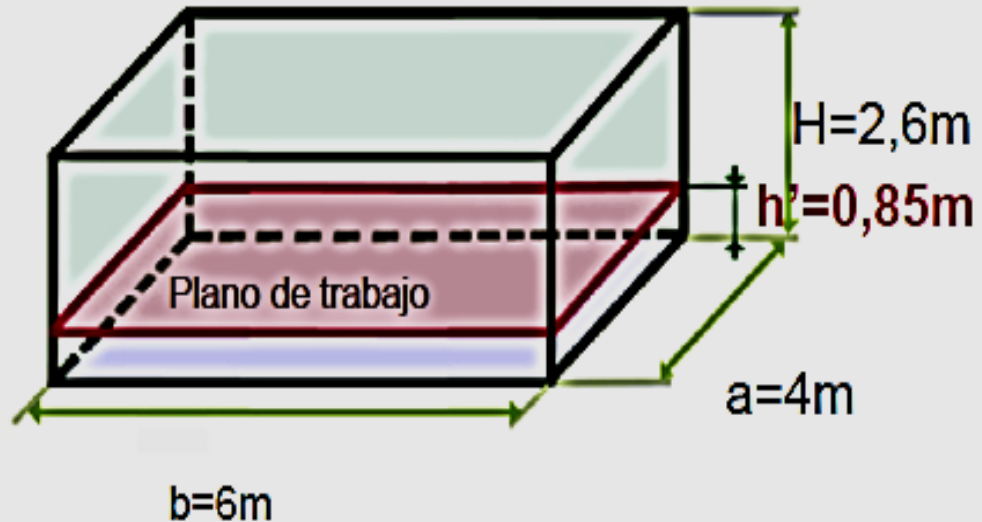
Ahora fíjate en el tipo de actividad que se va a realizar en el aula. En el aula normalmente se dará clase y los alumnos estarán sentados en mesabancos. Es en esas donde tienes que verificar si se cumplen los niveles adecuados de iluminación.

Es por tanto importante que fijes la altura del plano de trabajo que siempre dependerá del tipo de actividad que se realice en esa zona determinada.

Generalmente, se considera la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo, normalmente de 0,85 m.

En casos como pasillos, vestíbulos, halls, etc. se considera que la altura del plano de trabajo es cero.

## 1.1. Datos de entrada (del local, lámparas y luminarias):



*Figura 1. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo*

En tu caso, como tienes un aula donde se va a dar clase, considera:  $h' = 0,85\text{ m}$ .



## 1.1. Datos de entrada (del local, lámparas y luminarias):

1.1.3. Determina el nivel de iluminancia media ( $E_m$ ) que ha de tener el aula.

Este valor depende del tipo de actividad que se va realizar en el local.

Los valores del nivel de iluminancia media los puedes encontrar tabulados en la **NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008**.  
Iluminación de los lugares de trabajo.

Parte I: Lugares de trabajo en interior. Esta norma define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades. Sus recomendaciones, en términos de cantidad y calidad del alumbrado, contribuyen a diseñar sistemas de iluminación que cumplen las condiciones de calidad y confort visual, y permiten crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones.



## 1.1. Datos de entrada (del local, lámparas y luminarias):

<b>area Visual del Puesto de Trabajo</b>	<b>Area de Trabajo</b>	<b>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</b>
Distinción moderada de detalles:ensamble simple, trabajo medio enbanco y máquina, inspección simple,empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble,aulas y oficinas.	300

# 1.1. Datos de entrada (del local, lámparas y luminarias):

## 6.2 Edificios educativos

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
6.2.1	Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.2	Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.3	Sala de lectura	500	19	80	La iluminación debería ser controlable





## 1.1.4. Identifica el tipo de lámpara que vas a utilizar

En este caso, la lámpara del ejemplo es una fluorescente.

Se ha elegido porque tiene una aceptable reproducción de color y es más eficiente, energéticamente hablando, que las incandescentes.

## 1.1.4. Identifica el tipo de lámpara que vas a utilizar

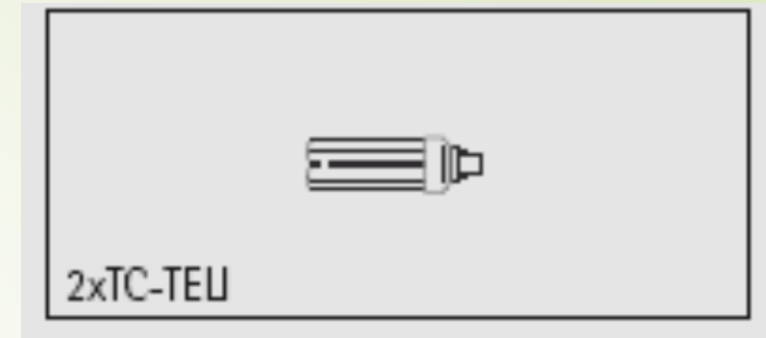



Figura 3. Datos e imagen de la lámpara

Recuerda: En este ejemplo, el tipo de lámpara se te proporciona como dato.

Si no es así, tendrías tú que escoger el tipo de lámpara (incandescente halógena, fluorescente, halogenuros metálicos,...) más adecuada al tipo de actividad a realizar.



## 1.1.5. Identifica el tipo de luminaria que vas a utilizar.

- No olvides que también tendrías que elegir la luminaria más apropiada a cada caso concreto.
- Para ello habrías de consultar los catálogos online de los distintos fabricantes de luminarias técnicas.



## 1.1.5. Identifica el tipo de luminaria que vas a utilizar.

- Toda la información que necesitas la puedes buscar allí.
- No tienes más remedio que recurrir a ellos ya que cada luminaria, según como esté fabricada, modifica el flujo de la lámpara que lleva dentro.
- En tu caso, si te fijas en el enunciado del ejemplo, la luminaria se ha establecido de antemano, es un downlight.

## 1.1.5. Identifica el tipo de luminaria que vas a utilizar.



Figura 4. Imagen de la luminaria

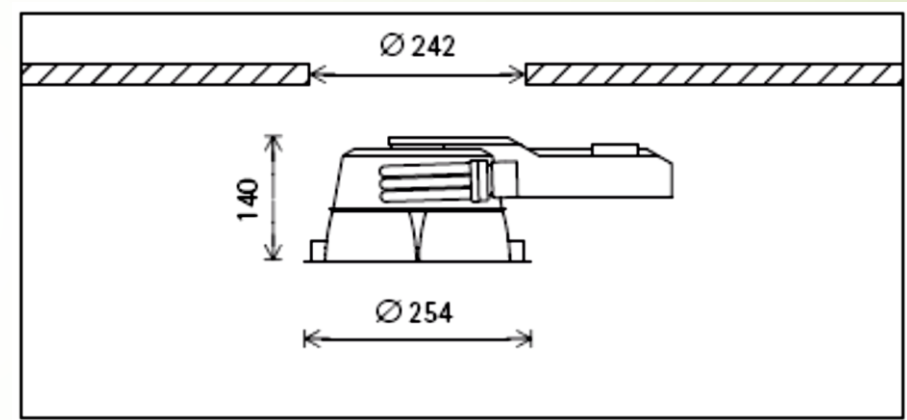


Figura 5. Dimensiones de la luminaria

**22264.000** Reflector plateado

**2** x TCTELI 32W GX24q3 **2400 lm** RE

→ Tipo de lámpara

## 1.1.5. Identifica el tipo de luminaria que vas a utilizar.

- ▶ Presta atención a los datos extraídos de la información del fabricante de la luminaria. Para saber el flujo que tiene la lámpara, recuerda que el flujo siempre viene expresado en lúmenes (lm), por tanto, busca un valor que acabe en lm.
- ▶ Fíjate en que la luminaria tiene 2 lámparas cada una de ellas con un flujo de 2.400 lúmenes. En total, el flujo de las lámparas de cada luminaria es de:  $2 \times 2.400 = 4.800$  lúmenes

22264.000 Reflector plateado

2 x TCTELI 32W GX24q3 2400 lm RE

Tipo de lámpara

## 1.1.6. Determina la altura de suspensión a la que vas a colocar las luminarias.

Generalmente, como es tu caso, la altura de suspensión de las luminarias para locales de altura normal será aquella que resulte de colocar las luminarias lo más alto posible:

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles

*Tabla 1. Altura de las luminarias en locales de altura normal<sup>6</sup>*

## 1.1.6. Determina la altura de suspensión a la que vas a colocar las luminarias.

- Sin embargo, puedes tener otras situaciones, como pueden ser locales de altura elevada, en ese caso, si quieres determinar esa altura de suspensión puedes utilizar la siguiente tabla:

	Mínimo:	Óptimo:
Locales con iluminación <b>directa, semidirecta y difusa</b>	$h = \frac{2}{3} \cdot (H - h')$	$h = \frac{4}{5} \cdot (H - h')$
Locales con iluminación <b>indirecta</b>	$d' \approx \frac{1}{5} \cdot (H - h')$	$h \approx \frac{3}{4} \cdot (H - h')$

*Tabla 2. Altura de suspensión de las luminarias en locales de altura elevada<sup>7</sup>.*



## 1.1.6. Determina la altura de suspensión a la que vas a colocar las luminarias.

- ▶ En este caso, el local es de altura normal por lo tanto intentarás colocar tus luminarias lo más altas posibles tal y como lo indica en la *Tabla 1*. Es más, si observas la *Figura 4*, verás en la imagen que tu luminaria va empotrada en el techo.
- ▶ Hazte ahora un esquema con las distintas alturas a las que tienes los elementos en el aula. Sería un esquema como el que tienes a continuación en la *Figura 6*.

## 1.1.6. Determina la altura de suspensión a la que vas a colocar las luminarias.

Cálculo método de los lúmenes.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

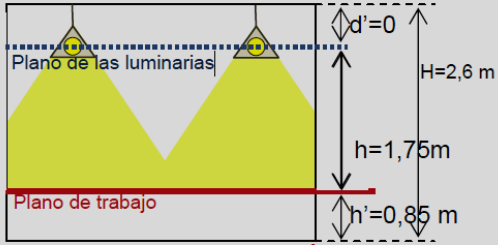
Inicio Herramientas Manual de ILUMIN... Cálculo método de ... x

Iniciar sesión

6 / 10 125%

En tu caso, tu local es de altura normal por lo tanto intentarás colocar tus luminarias lo más altas posibles tal y como lo indica en la *Tabla 1*. Es más, si observas la *Figura 4*, verás en la imagen que tu luminaria va empotrada en el techo.

Hazte ahora un esquema con las distintas alturas a las que tienes los elementos en el aula. Sería un esquema como el que tienes a continuación en la *Figura 6*.



$d' = 0$  m

$H = 2,6$  m

$h = 1,75$  m

$h' = 0,85$  m

Plano de las luminarias

Plano de trabajo

$d'$  = altura entre el plano de las luminarias y el techo.

$h$  = altura entre el plano de trabajo y el plano de trabajo de las luminarias

$h'$  = altura del plano de trabajo al suelo

$H$  = altura del local

*Figura 6. Esquema de alturas del local<sup>8</sup>*

1.2. Calcula el coeficiente de utilización (Cu)


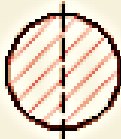
210 x 297 mm

## 1.2. Calcula el coeficiente de utilización (Cu)

- ▶ El coeficiente de utilización, **nos indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo.** [...] los fabricantes de luminarias proporcionan para cada modelo unas tablas [...], que son las denominadas tablas del factor de utilización.
- ▶ Este coeficiente será tanto más grande **cuanto mayores sean los coeficientes de reflexión, mayores la altura y longitud y menor la altura del plano de trabajo.**
- ▶ También, lógicamente, **influirá si el alumbrado es directo** o no, pues **una distribución concentrada dirigirá la luz unitariamente hacia abajo, originando que una menor proporción de luz incida en las paredes y techos, obteniendo así una considerable mejora en el rendimiento** de las instalaciones.

## 1.2. Calcula el coeficiente de utilización (Cu)

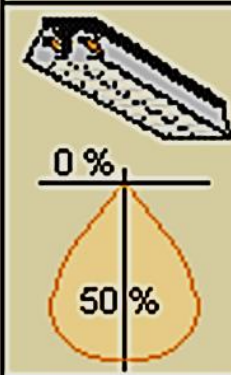
- El coeficiente de utilización, por tanto, se encuentra tabulado y es un dato que te lo debe facilitar el fabricante (las casas comerciales más importantes habitualmente nos proporcionarán tablas, a través de su página web).

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (??)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
 	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	

Ejemplo de tabla del factor de utilización

# 1.2. Calcula el coeficiente de utilización (Cu)

**Luminaria 5 (Fluorescente directo con rejilla)**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8			0.7			0.5			0.3			0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.27	.24	.21	.27	.23	.21	.27	.23	.21	.23	.21	.20	
	0.8	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.32	.28	.26	.28	.26	.25	
	1.0	.36	.33	.30	.36	.33	.30	.35	.32	.30	.32	.30	.29	
	1.25	.40	.36	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.34	.36	.34	.33	
	1.5	.42	.39	.37	.42	.39	.37	.41	.38	.36	.38	.36	.35	
	2.0	.45	.42	.40	.44	.42	.40	.44	.42	.40	.41	.40	.39	
	2.5	.47	.44	.43	.46	.44	.42	.45	.44	.42	.43	.42	.41	
	3.0	.48	.46	.44	.47	.46	.44	.47	.45	.44	.44	.43	.42	
	$D_{max} = 0.8 H_m$	4.0	.50	.48	.46	.49	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45	.44
	$f_m$ .65 .70 .75	5.0	.50	.49	.48	.50	.49	.48	.49	.48	.47	.47	.46	.45

$H_m$ : altura luminaria-plano de trabajo

## 1.2. Calcula el coeficiente de utilización ( $C_u$ )

- ▶ En esas tablas encontrarás, para cada tipo de luminaria, los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.
- ▶ Si no se pueden obtener los factores por lectura directa en la tabla será necesario que interpoles.
- ▶ Como para deducir el coeficiente de utilización has de averiguar antes el índice del local y los coeficientes de reflexión de las superficies del aula, tendrás que calcularlos antes:

# Cálculo del índice del local (k)

- El índice del local (k) se averigua a partir de la geometría de este.
- Utiliza los datos que están en el ejemplo sobre las dimensiones del local.

➤ **a = ancho**                      **b = largo**                      **h = altura**

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + h') \cdot (a + b)}$

Tabla 3. Cálculo del índice del local<sup>10</sup>

## Cálculo del índice del local ( $k$ )

- En este caso, si observas, por el tipo de luminaria que tienes, puedes advertir que lo que te dará es una iluminación directa (hacia abajo).
- Elige, pues, la fórmula que hace referencia a una iluminación directa (la que está marcada en rojo) y sustituye en ella los valores de tu local:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{4 \cdot 6}{1,75 \cdot (4 + 6)} = 1,37$$





# Cálculo de los coeficientes de reflexión

- ▶ La reflexión de la luz depende el **tipo de material** o superficie en el que incide, por tanto, no es lo mismo que los acabados de tu local sean de un material u otro en cuanto a la luz se refiere.
- ▶ Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se encuentran normalmente **tabulados** para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado.

# Cálculo de los coeficientes de reflexión

PINTURA/COLOR	COEF. REFL.	MATERIAL	COEF. REFL.
BLANCO	0.70-0.85	MORTERO CLARO	0.35-0.55
TECHO ACUSTICO BLANCO (según orificios)	0.50-0.65	MORTERO OSCURO	0.20-0.30
GRIS CLARO	0.40-0.50	HORMIGON CLARO	0.30-0.50
GRIS OSCURO	0.10-0.20	HORMIGON OSCURO	0.15-0.25
NEGRO	0.03-0.07	ARENISCA CLARA	0.30-0.40
CREMA, AMARILLO CLARO	0.50-0.75	ARENISCA OSCURA	0.15-0.25
MARRON CLARO	0.30-0.40	LADRILLO CLARO	0.30-0.40
MARRON OSCURO	0.10-0.20	LADRILLO OSCURO	0.15-0.25
ROSA	0.45-0.55	MARMOL BLANCO	0.60-0.70
ROJO CLARO	0.30-0.50	GRANITO	0.15-0.25
ROJO OSCURO	0.10-0.20	MADERA CLARA	0.30-0.50
VERDE CLARO	0.45-0.65	MADERA OSCURA	0.10-0.25
VERDE OSCURO	0.10-0.20	ESPEJO DE VIDRIO PLATEADO	0.80-0.90
AZUL CLARO	0.40-0.55	ALUMINIO MATE	0.55-0.60
AZUL OSCURO	0.05-0.15	ALUMINIO ANODIZADO Y ABRILLANTADO	0.80-0.85
		ACERO PULIDO	0.55-0.65

*Tabla 4. Ejemplos de coeficientes de reflexión*



# Cálculo de los coeficientes de reflexión

Si te falta algún coeficiente, en su defecto puedes tomar:

- 0.5 para el techo
- 0.3 para las paredes
- 0.1 para el suelo

# Cálculo de los coeficientes de reflexión

Si se sustituyen los materiales que teníamos en el ejemplo en la *Tabla 4*, los coeficientes de reflexión son:

- Techo (acústico blanco)=0,5-0.65
- Paredes (blanco)= 0.7-0.85
- Suelo (gris oscuro)=0.1-0.20

# Cálculo de los coeficientes de reflexión

- ▶ En este momento, ya se ha establecido el índice del local ( $k=1,37$ ) y los coeficientes de reflexión de las superficies del aula, por tanto, ya puedes averiguar el **coeficiente de utilización ( $C_u$ )**.



# Cálculo de los coeficientes de reflexión

- Busca la tabla que te tiene que proporcionar el fabricante en la que estén esos valores:

La lectura directa no es posible, así que has de interpolar:  
 $(100+116+91+77)/4=384/4=96$ .

Como este valor es un porcentaje, en realidad, estamos hablando de:  $C_u= 0,96$

**Tabla de corrección**

Techo	0.70	0.70	0.70	0.50	0	
Pared	0.70	0.50	0.20	0.20	0	
Suelo	0.50	0.20	0.20	0.10	0	
k	0.6	77	58	49	48	45
k	1.0	100	77	69	67	63
k	1.5	116	91	84	80	77
k	2.5	129	100	95	90	86
k	3.0	133	103	99	93	89

*Tabla 5. Cálculo del coeficiente de utilización<sup>11</sup>*

# Coeficiente de mantenimiento (Cm) o conservación de la instalación:

- Este coeficiente hace referencia a la **influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas, el grado de limpieza de la luminaria.**
- Dependerá, por consiguiente, del **grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.**
- Para determinarlo, suponiendo una limpieza periódica anual, puedes tomar los siguientes valores:

# Coeficiente de mantenimiento (C<sub>m</sub>) o conservación de la instalación:

Ambiente	Coeficiente de mantenimiento (C <sub>m</sub> )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

*Tabla 6. Cálculo del coeficiente de mantenimiento<sup>12</sup>*

En el aula se supone un ambiente limpio por lo que toma:  $C_m = 0,8$



# Cálculo de flujo luminoso total necesario

- Para ello, aplica la fórmula vista anteriormente:

Para ello, aplica la fórmula vista anteriormente:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

*Ecuación 1. Definición del flujo luminoso que un determinado local o zona necesita.*

Sustituye los valores obtenidos:

$$\Phi_T = \frac{300 \cdot 4 \cdot 6}{0,97 \cdot 0,8} = \frac{7200}{0,776} = 9278,35 \text{ lúmenes}$$

El flujo luminoso total que necesitas en el aula es de 9.278,35 lúmenes.

## 2. Determina el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel de iluminación adecuado

El número de luminarias, lo has de calcular según la *Ecuación 2*, que has visto anteriormente:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad (\text{Valor que se redondea por exceso})$$

*Ecuación 2. Cálculo del número de luminarias.*

Recuerda que en el caso, tienes 2 lámparas por cada luminaria. Vuelve a la *Figura 4* para comprobarlo. De esta forma, si sustituyes en la ecuación anterior:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{9278,35}{2 \cdot 2400} = 1,93 \approx 2$$

Es decir, en el aula tienes que colocar 2 luminarias que tienen 2 lámparas cada una en su interior.

### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias.

- Una vez calculado el número mínimo de luminarias que se necesitan se tiene que proceder a distribuir las sobre la planta del aula, es decir, tendrás que averiguar la distancia a la que debes instalarlas para iluminarla uniformemente.
- En los locales de planta rectangular, como es este caso, si se quiere una iluminación uniforme las luminarias se reparten de forma proporcionada en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias.

a = ancho del local (en m)

b = largo del local (en m)

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{b} \cdot a}$$

*Ecuación 3.*

*Número de filas de luminarias a lo ancho (a) del local*

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \cdot \left(\frac{b}{a}\right)$$

*Ecuación 4.*

*Número de columnas de luminarias a lo largo (b) del local*



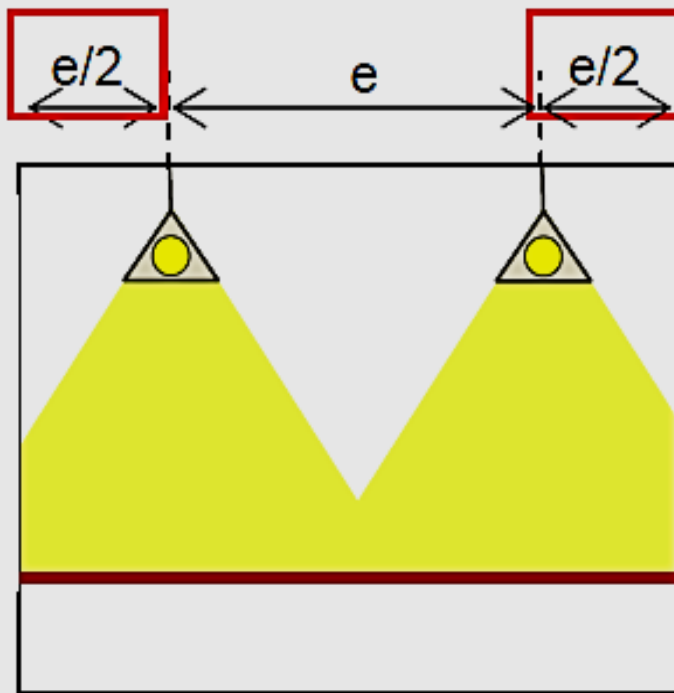
### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{1,93 \cdot 4}{6}} = 1,13 \approx 1 \longrightarrow \text{número de filas de luminarias que tienes a lo ancho del local}$$

$$N_{largo} = 1,13 \cdot \left(\frac{6}{4}\right) = 1,70 \approx 2 \longrightarrow \text{número de columnas de luminarias que tienes a lo largo del local}$$

### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias

No olvidemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia a la que coloques el resto).

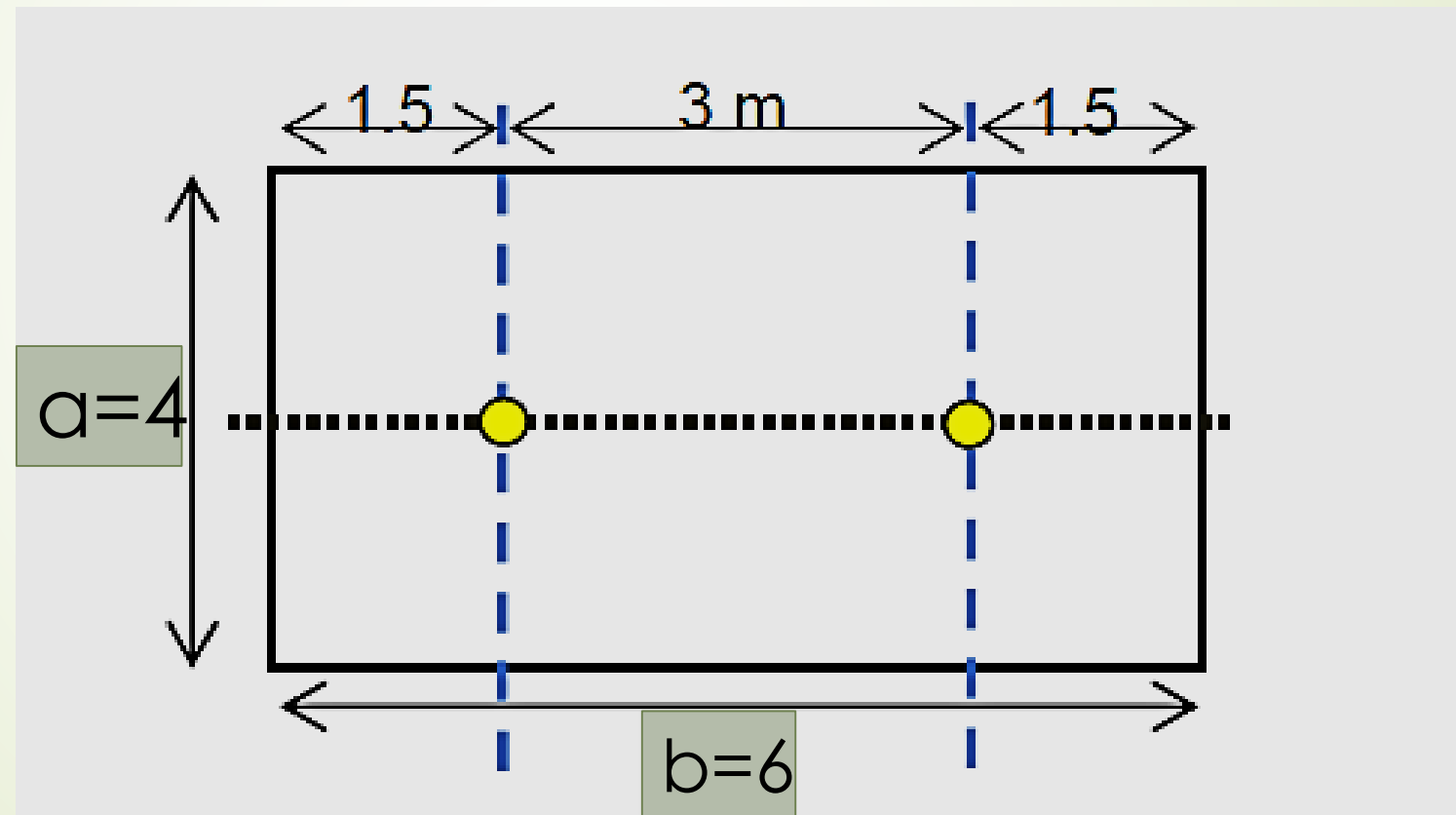


distancia pared-luminaria:  $e/2$

*Figura 8. Separación de las luminarias a las paredes*

### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias

- Por lo tanto, el esquema de colocación de las luminarias que tienes en el aula, es el siguiente:



*Figura 9. Distribución de luminarias en el aula*



### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias

- Un dato importante que no has de olvidar es que *la distancia máxima de **separación entre las luminarias dependerá del ángulo de la apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.***
- Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias se pueden resumir como sigue:

### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4 m$	$e \leq 1.6 h$

*Tabla 7. Relación entre la altura del local y la distancia máxima entre luminarias<sup>16</sup>*

### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias


En este caso:  $h=1,75$  m y  $e=3$  m.

►  $e \leq 1.6 h$  → Si sustituyes:  $3m \approx 2,8m$  →  
Por lo que lo consideramos aceptable.



### 3. Establece el emplazamiento de las luminarias

- Si después de calcular la posición de las luminarias te encuentras que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa que has obtenido no es del todo uniforme.
- Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas que has elegido al principio es excesiva.
- En esos casos, conviene que rehagas los cálculos y pruebes a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos



## 4. Evalúa si el número de luminarias que has determinado antes es el correcto o no, gracias los puntos anteriores.

- ▶ Por último, en este punto tienes que comprobar la validez de los resultados. Vuelve a la *Figura 2*. Recuerda que en ella se fijaba el nivel de iluminancia media que tenía que tener el aula.
- ▶ Comprobar los resultados significa comparar la iluminancia media que has obtenido en la instalación diseñada *Figura 9* con la recomendada en la *Figura 2* y establecer si es igual o superior.

## 4. Evalúa si el número de luminarias que has determinado antes es el correcto o no, gracias los puntos anteriores.

Sustituye los valores en la *Ecuación 5* y compáralos.

$$E_m = \frac{NL \cdot n \cdot \Phi_L \cdot C_u \cdot C_m}{S} \geq E_{tablas}$$

*Ecuación 5. Comprobación del nivel de iluminancia media*

$$E_m = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2400 \cdot 0,97 \cdot 0,8}{4 \cdot 6} = 310,40 \geq 300 \Rightarrow \text{Cumple}$$

Al cumplir el nivel de iluminancia media significa que el número de luminarias que has instalado es correcto.



# Ejercicio

- Con el mismo enunciado, mantén la luminaria. Cambia la altura del aula del local a 3,5 m. y el ancho a 10 m.
- Calcula el número de luminarias y determina si es aceptable o no.

# Solución al ejercicio planteado

- $\Phi T = 21.844,66 \text{ lm}$
- $NL = 5; \text{Nancho} = 3$
- $Nl \text{ argo} = 2$
- $Em = 329,6 \geq 300 \Rightarrow \text{Cumple}$