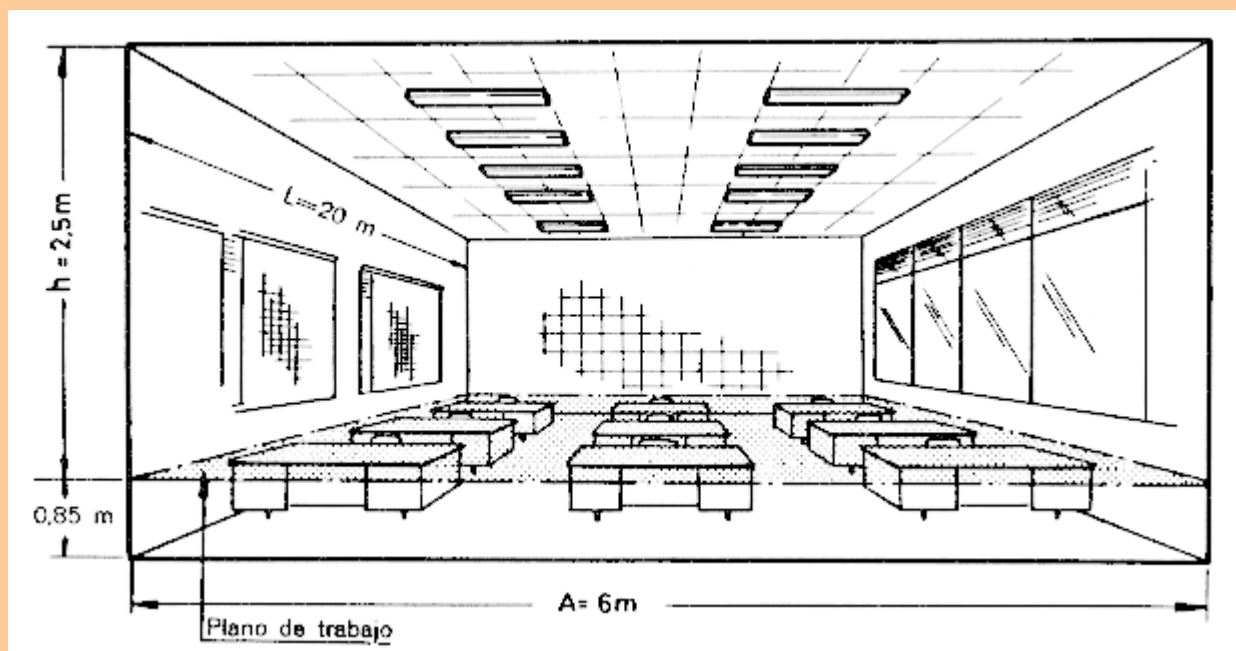


# INTRODUCCIÓN A LA LUMINOTECNIA

## PROYECTO PROFUNDIZA



# EJEMPLO PRÁCTICO PARA EL CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN DE UN LOCAL

## INTRODUCCIÓN

En este apartado vamos a exponer **el método de los lúmenes** para establecer el número de luminarias necesario en un determinado local que precise una iluminación uniforme.

Se debe conocer antes cuáles son las dimensiones del local, así como el tipo de lámpara y luminaria que se utiliza, de manera que no sólo se pueda calcular su número sino también evaluar si ofrecen el nivel de iluminancia adecuado o no.

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. 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.

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 comunes como las siguientes:

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.

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.

Después de tener claro el esquema, te proponemos un ejemplo que tienes que ir haciendo paso a paso. En él se desarrollan con más claridad los puntos anteriores.

## Ejemplo de cálculo:

---

Vamos a diseñar cómo iluminar correctamente el **aula de Tecnología** en la que nos encontramos.

Para simplificar los cálculos vamos a simplificar también la forma del local y sólo haremos los cálculos para la parte donde se emplazan las mesas, con forma rectangular.

Los acabados del aula: paredes, suelo y techo son los que están a la vista.

### **Determina el número de luminarias que necesitaremos y cómo has de colocarlas para obtener un nivel adecuado de iluminación uniforme.**

Cuando termines con este ejemplo vas a ser capaz de:

- x Calcular el flujo luminoso total necesario en un determinado espacio.
- x Determinar el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel de iluminación adecuado.
- x Establecer el emplazamiento de las luminarias, es decir, la distancia a la que debes instalar las luminarias para iluminarlo uniformemente.
- x Evaluar si el número de luminarias que has determinado antes es el correcta o no, gracias los puntos anteriores.

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

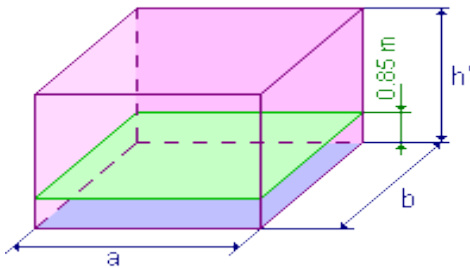
Lógicamente, si quieres averiguar en el flujo luminoso que necesitas que aporten las lámparas que vas a colocar, es importante que antes, analices el tipo de aula que tienes. Su forma y sus acabados influyen notoriamente en cómo reflexiona la luz en ese determinado espacio.

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 = ancho (en m) =

b = largo (en m) =

H = alto (en m) =

#### 1.1.2. Fija la altura del plano de trabajo :

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 mesas. Es en esas donde tienes que verificar si se cumplen los niveles adecuados de iluminación.

Es por tanto importante que fijas 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. (que es la medida estandar).

En casos como pasillos, vestíbulos, halls, etc. se considera que la altura del plano de trabajo es 0.

En nuestro caso, como tienes un aula donde se va a dar clase, pero también se harán actividades de tipo práctico, las mesas tienen una altura de  m, que será nuestra altura del plano de trabajo.

#### 1.1.3. Determina el nivel de iluminancia media (Em) que ha de tener el aula.

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

Los valores del nivel de iluminancia media se encuentran tabulados en las *Normas Europeas UNE* y otros reglamentos.

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

**Conclusión: Nivel de iluminancia media que pretendemos:**

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

En este caso, la lámpara escogida es una **fluorescente**.

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

Recuerda que a la hora de diseñar existen distintas opciones: incandescente halógena, fluorescente, halogenuros metálicos, led, etc. y en cada caso hay que elegir la 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, ponderando factores como la *eficiencia energética*, *deslumbramientos*, *estética* y *precio*. Para ello habrías de consultar los catálogos de los distintos fabricantes de luminarias técnicas.

Toda la información que necesitas la puedes buscar *online*. 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 nuestro caso son luminarias simples, con tubos a la vista, por ser más económicos, y los valores de flujo que tomemos serán los de las propias lámparas.

Presta atención a los datos extraídos de la información del fabricante de la luminaria (**tabla entregada**). Fíjate en que la luminaria tiene 2 lámparas cada una de ellas...

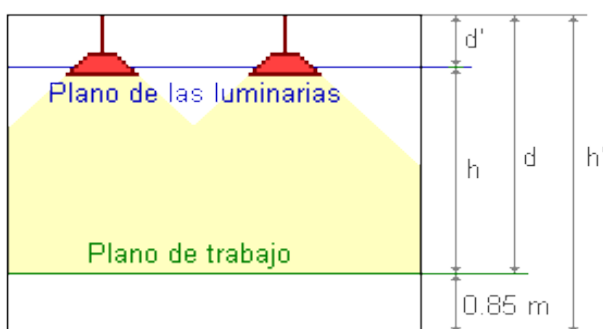
Flujo de cada lámpara:

Flujo de cada luminaria:

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

Generalmente, como es nuestro 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; para otros casos existen fórmulas, que ahora no vienen al caso.

Haríamos 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 nuestro caso:**

**h =**

### 1.2. Calcula el coeficiente o factor 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 prioritariamente 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*

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 interpolés. 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:

#### **a. Calcula el índice del local (k)**

El índice del local (k) se averigua a partir de la geometría de este.

Para iluminación **directa** como nuestro caso), **semidirecta**, **directa-indirecta** y **general difusa**

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

(existe otra fórmula distinta para iluminación indirecta y semiindirecta)

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$$

Donde  $k$  es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

**En nuestro caso el coeficiente del local será:**

$K =$

Donde  $k$  es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

**b. Calcula de los coeficientes de reflexión.**

Recuerda que 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 del 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. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla:

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
<b>Paredes</b>	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
<b>Suelo</b>	claro	0.3
	oscuro	0.1

En nuestro caso:

En este momento, ya has establecido el índice del local ( $k$ ) y los coeficientes de reflexión de las superficies del aula, por tanto, ya puedes averiguar el **coeficiente de utilización ( $C_u$ )**.

Busca en la tabla siguiente, en la que se ha depreciado la incidencia de la reflexión del suelo:

**Factor de Utilización de Algunas Luminarias**

Tipo de iluminación	Luminarias	Índice del local $K$	Techo							
			75 %		50 %			30 %		
			50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
<b>semidirecta</b>  25% 60%	zócalo solo o con cubierta difusora 	0,50 → 0,70	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17
		0,70 → 0,90	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24
		0,90 → 1,10	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27
		1,10 → 1,40	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30
		1,40 → 1,75	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33
		1,75 → 2,25	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38
		2,25 → 2,75	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44
		2,75 → 3,50	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47
		3,50 → 4,50	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52
4,50 → 6,50	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57		
<b>mixta</b>  40% 40%	<b>difusores</b> 	0,50 → 0,70	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17
		0,70 → 0,90	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21
		0,90 → 1,10	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24
		1,10 → 1,40	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26
		1,40 → 1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28
		1,75 → 2,25	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30
		2,25 → 2,75	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33
		2,75 → 3,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36
		3,50 → 4,50	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38
4,50 → 6,50	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41		
<b>directa</b>  80%	<b>reflectores de haz amplio</b> 	0,50 → 0,70	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28
		0,70 → 0,90	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38
		0,90 → 1,10	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43
		1,10 → 1,40	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47
		1,40 → 1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50
		1,75 → 2,25	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56
		2,25 → 2,75	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61
		2,75 → 3,50	0,63	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62
		3,50 → 4,50	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66
4,50 → 6,50	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67		
<b>directa</b>  70%	<b>reflectores de haz medio</b> 	0,50 → 0,70	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30
		0,70 → 0,90	0,43	0,39	0,37	0,42	0,39	0,37	0,39	0,37
		0,90 → 1,10	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,42	0,43	0,41
		1,10 → 1,40	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46
		1,40 → 1,75	0,57	0,53	0,50	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50
		1,75 → 2,25	0,61	0,57	0,55	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54
		2,25 → 2,75	0,66	0,61	0,59	0,62	0,60	0,58	0,59	0,57
		2,75 → 3,50	0,64	0,61	0,59	0,63	0,61	0,60	0,61	0,59
		3,50 → 4,50	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62
4,50 → 6,50	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66	0,64	0,65	0,63		

En nuestro caso el factor o coeficiente de utilización será

Cu =

1.3. **Determina el factor o coeficiente de mantenimiento (f<sub>m</sub>) o conservación** de la instalación:

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

**Ambiente Factor de mantenimiento (f<sub>m</sub>)**

Limpio 0.8

Sucio 0.6

En nuestro caso el coeficiente o factor de mantenimiento será

f<sub>m</sub> =

## Cálculos:

---

1.- Ahora sí, con todos los datos que has averiguado, ya puedes calcular el **flujo luminoso total necesario**:

Para ello, aplica la fórmula vista anteriormente:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

donde:

- Φ<sub>T</sub> es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo
- η es el factor de utilización
- f<sub>m</sub> es el factor de mantenimiento

**En nuestro caso, el flujo luminoso total será:**

Φ<sub>T</sub> =

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

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

donde:

- N es el número de luminarias
- Φ<sub>T</sub> es el flujo luminoso total
- Φ<sub>L</sub> es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

**En nuestro caso, y redondeando por exceso:**

N =

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

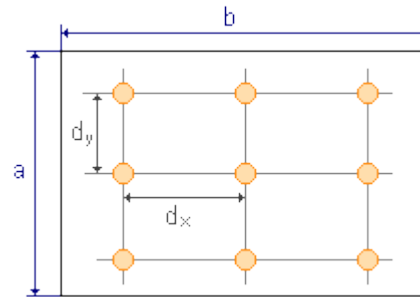
---

Una vez has calculado el número mínimo de luminarias que necesitas tiene que proceder a distribuir las sobre la planta del aula, es decir, tendrás que averiguar la distancia a la que debes instalarlas para iluminar local uniformemente.

En los locales de planta rectangular, si queremos una iluminación uniforme las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \cdot \left(\frac{ancho}{largo}\right)}$$

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



Es importante que no olvides que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente lamitad de la distancia a la que coloques el resto).

Por lo tanto, el esquema de colocación de las luminarias del aula, según los resultados obtenidos,es el siguiente (*hacer esquema aquí*):

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

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{tablas}$$

**Conclusión para nuestro caso:**

(Comparar con lo valores obtenidos en el apartado 1.1.3)

## 5. CONCLUSIÓN

---

En este ejercicio práctico has utilizado el **método de los lúmenes** para calcular el número de luminarias necesario en un determinado zona o local que precise una iluminación uniforme, y también has aprendido a cómo distribuir las. De esta manera, puedes evaluar, al final, si la luminaria y la lámpara que contiene proporcionan el nivel de iluminancia adecuado o no para el sitio previsto.

Tabla citada en el apartado 1.1.5

LAMPARAS FLUORESCENTES															
Colores del luz - Grupos			Luz día	Blanco frío	Blanco universal	Blanco cálido	Luz día	blanco	Blanco cálido	INTERNA	Luz día	Blanco	Blanco cálido	BIOLUX	
Equivalencias OSRAM			10	20	25	30	11	21	31	41	12	22	32	72	
Equivalencia PHILIPS			54	33	25	29	86	84	83	82	95	94	93		
equivalencia Sylvania			D	CW	UW	WW	DX18 6	CWX1 84	WWX183	XLX18 2		194	193		
Equivalencia Mazda			Luz Día	Blanca Ind.				Brillante	Incandia	Confort	Harmónia	Aurora	Solana		
tipo de Lámpara	Potencia	Ø mm	Lonf. mm	Flujo Luminoso, lúmenes			Flujo Luminoso, lúmenes			Flujo Luminoso, lúmenes					
L8 W/...		16	288			330				450	300		300		
L10 W/...		16	470			500				660					
L13 W/...		26	517			700				950		650			
L15 W/...		26	438			720		950	950	950	650	650			
L16 W/...		26	720			950			1300		1300			850	
L18 W/...		26	590	1050	1150	1050	1150	1300	1450	1450	1450	1000	1000	1000	1000
L30 W/...		26	895	1800		1800		2300	2400	2400	2400			1600	
L36 W/...		26	1200	2500	3000	2500	3000	3250	3450	3450	3450	2350	2350	2350	2300
L36 W/... -1		26	970			2300			3100		3100	2100			
L38 W/...		26	1047			2300			3200	3200					
L58 W/...		26	1500	4000	4800	4000	4800	5200	5400	5400	5400	3750	3750	3750	3700

**Sylvania**

