

ILUMINACIÓN INTERIOR

Acondicionamiento Lumínico

farq | uy



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA

URUGUAY

Equipo docente:

Arq. Juan C. Fabra (G4)
Arq. Susana Colmegna (G3)
Arq. Daniel De los Santos (G2)
Arq. Alejandro Ferreiro (G1)
Arq. Soledad Suanes (G1)
Bach. Leslie Novick.
Bach. Micaela Machiavello

PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN

- ❖ nivel de iluminación: variable en espacio y tiempo
- ❖ distribución de luminancias: en área de tareas y entorno
- ❖ deslumbramiento: fisiológico y psicológico, directo (luminarias y ventanas) e indirecto
- ❖ modelado: distribución espacial de la luz
- ❖ color: apariencia de color (TCC) y capacidad de reproducción de color (CRI)

SELECCIÓN DEL NIVEL LUMÍNICO

CATEGORÍA	RANGO DE ILUMINANCIA [Lx]	ACTIVIDAD TÍPICA
A	20 - 30 - 50	Áreas públicas con alrededores oscuros
B	50 - 75 - 100	Iluminación de orientación con poca permanencia (corredores, depósitos)
C	100 - 150 - 200	Espacios donde la tarea se desarrolla ocasionalmente (recepción, central telefónica)
D	200 - 300 - 500	Trabajos con gran contraste o con elementos de gran tamaño (lectura de impresos, escritura con máquina, trabajo industrial grueso)
E	500 - 750 - 1.000	Trabajos con contrastes medios o con elementos de tamaño mediano (escritura con lápiz, trabajo industrial mediano)
F	1.000 - 1.500 - 2.000	Trabajos con contrastes pequeños o con elementos de tamaño pequeño (escritura con lápiz duro, trabajo industrial dificultoso)
G	2.000 - 3.000 - 5.000	Trabajos con elementos muy finos o de exposición prolongada
H	5.000 - 10.000	Trabajo prolongado con detalles finos
I	10.000 - 20.000	Idem. Pero especialmente dificultoso (salas de cirugía, costuras muy finas)

FACTORES DE EVALUACIÓN			
TRABAJO Y USUARIO	FACTOR		
	-1	0	1
Promedio de edad	< 40	40 - 55	> 55
Velocidad y precisión	no importa	importa	crítico
Reflectancia del fondo	> 0,7	0,3 - 0,7	< 0,3

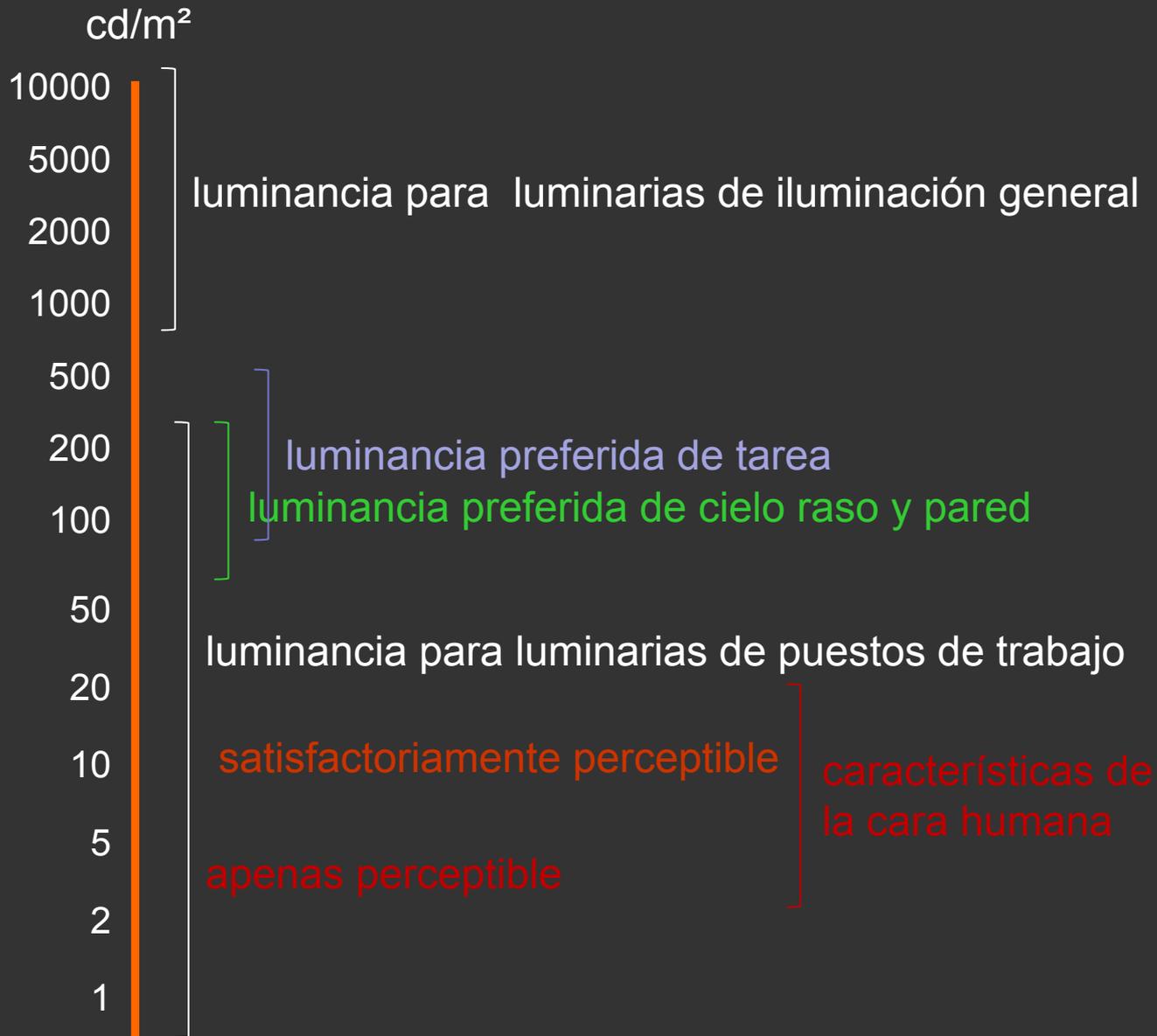
Para las categorías D a I se seleccionan los factores de la tabla precedente y de acuerdo con la suma total de los mismos se escoge:

- Suma = -2 o -3: se toma el nivel menor
- Suma = -1, 0 o 1: se toma el nivel medio
- Suma = +2 o +3: se toma el nivel mayor

Para las categorías A, B y C se toma en cuenta solo la edad promedio

DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS

LUMINANCIAS PARA ILUMINACIÓN
INTERIOR



DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS

Para mejorar la capacidad visual en una tarea deben respetarse las siguientes relaciones de luminancias:

❖ $L_o/L_f \Rightarrow 1 \text{ a } 3$

❖ $L_o/L \text{ entorno inmediato} \Rightarrow 1 \text{ a } 10$

❖ $L_o/L \text{ entorno mediato} \Rightarrow 1 \text{ a } 20$

DESLUMBRAMIENTO

fenómeno que produce molestia o dificultad para distinguir objetos o realizar una tarea debido a diferencias grandes de luminancias entre superficies del campo visual



FUENTES:

LUMINARIAS

VENTANAS



OBJETOS/SUPERFICIES DE ALTA LUMINANCIA

REFLEXIONES DE VELO (imagen reflejada en forma especular desde superficies brillantes o pulidas)

DESLUMBRAMIENTO

	fuelle	Luminancia (cd/cm ²)
fuentes naturales	sol	150.000
	cielo despejado	0,3 a 4,a
	cielo cubierto	0,03 a 0,1
	vela	1
	luna	0,25
fuentes artificiales	lámpara incandescente clara	10 a 20
	lámpara fluorescente	0,75
	lámpara de halogenuros metálicos 400w	700

DEPENDE DE:

- ❖ dimensiones de la fuente de luz
- ❖ posición de la fuente con el ángulo visual
- ❖ tiempo de exposición

LUMINANCIAS MÁXIMAS	
ángulo con la horizontal	cd/m ²
45°	7.710
35°	5.500
25°	3.860
15°	2.570
5°	1.700

TIPOS DE DESLUMBRAMIENTO

FISIOLOGICO



Cuando se produce una disminución más o menos persistente en la capacidad de percibir detalles

PSICOLOGICO



Cuando sólo se experimentan molestias o perturbaciones visuales sin afectación de la visión

TIPOS DE DESLUMBRAMIENTO



DIRECTO



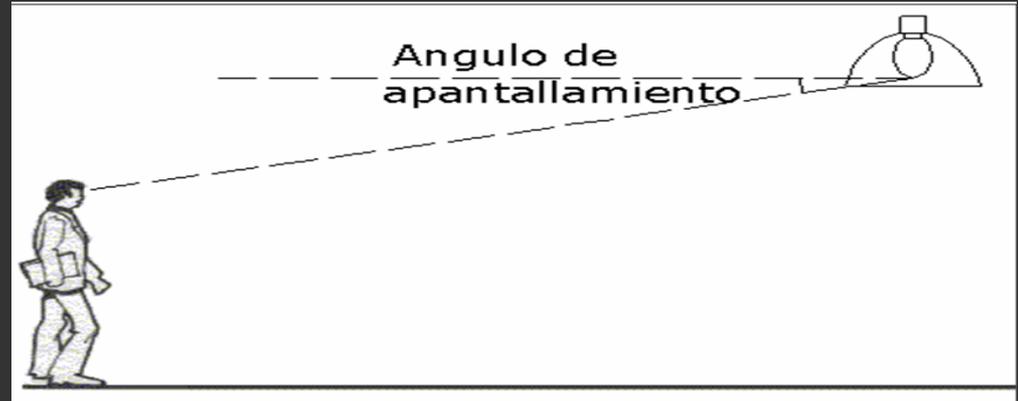
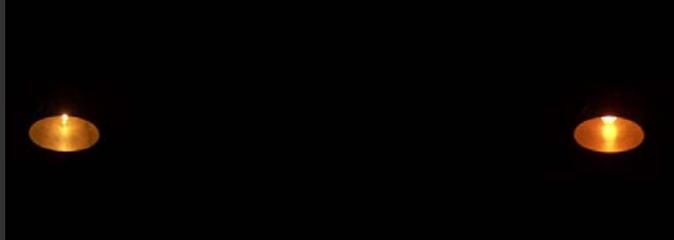
REFLEJADO EN PLANOS HORIZONTALES



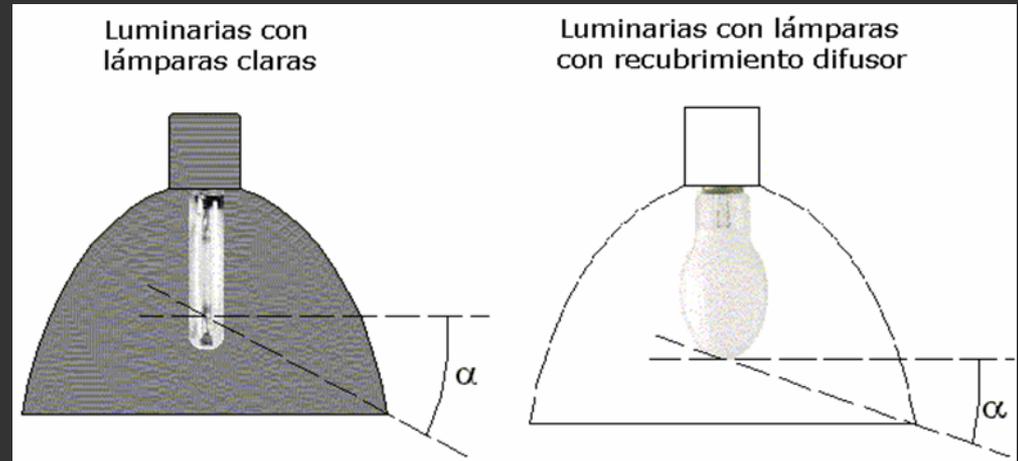
REFLEJADO EN PLANOS VERTICALES

DESLUMBRAMIENTO DE LUMINARIAS

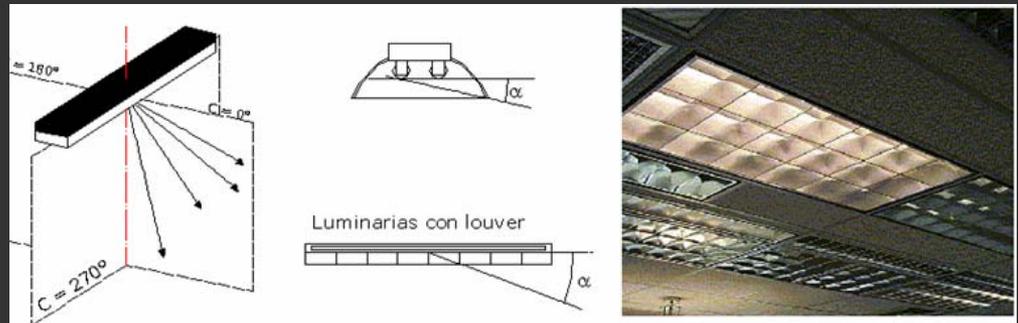
APANTALLAMIENTO



LUMINARIA CON CERRAMIENTO INFERIOR

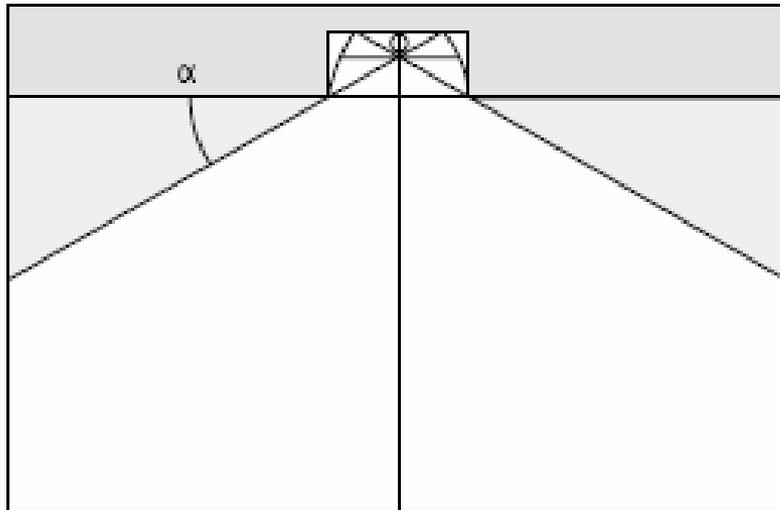


LOUVERS



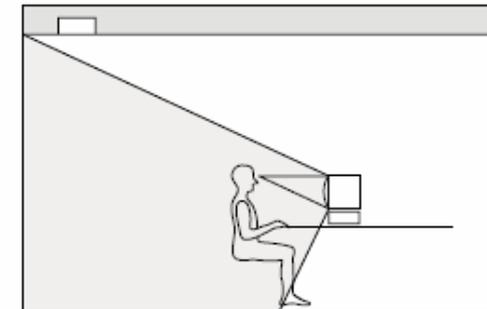
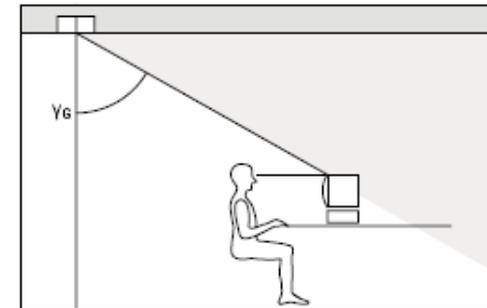
DESLUMBRAMIENTO DE LUMINARIAS

APANTALLAMIENTO



Limitación del deslumbramiento en puestos de trabajo con pantalla: para espacios de estas características se recomienda un ángulo mínimo de apantallamiento α de 30°.

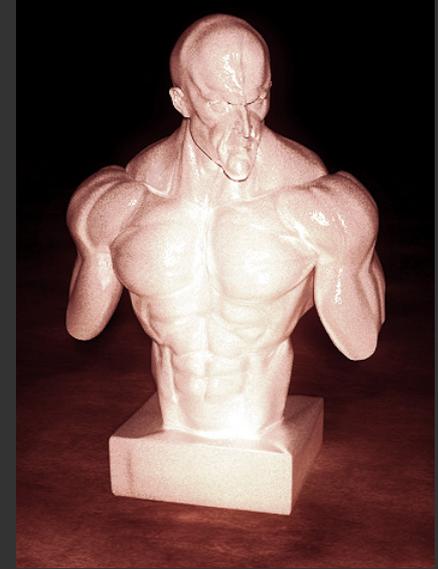
Las luminarias que se reflejan sobre pantallas convencionales no deben tener luminancias superiores a 200 cd/m^2 por encima del límite del ángulo de irradiación γ_g . Los valores normales para γ_g se encuentran entre 50° y 60°.



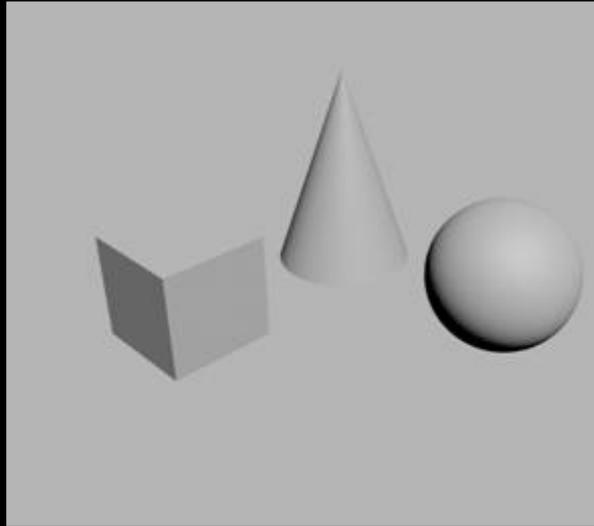
Las luminancias de paredes que se reflejan en la pantalla no deberían ser superiores a 200 cd/m^2 de promedio y no deberían sobrepasar 400 cd/m^2 . El reflejo de ventanas en la pantalla se debería evitar siempre.

MODELADO

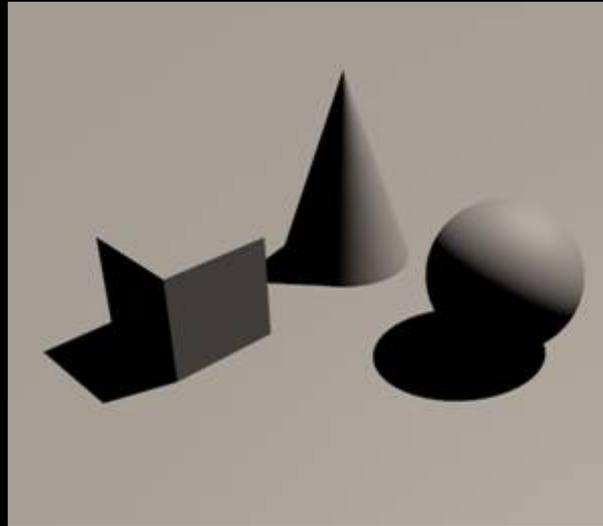
habilidad de la luz para revelar la textura y forma tridimensional de un objeto creando juegos de luces y sombras.



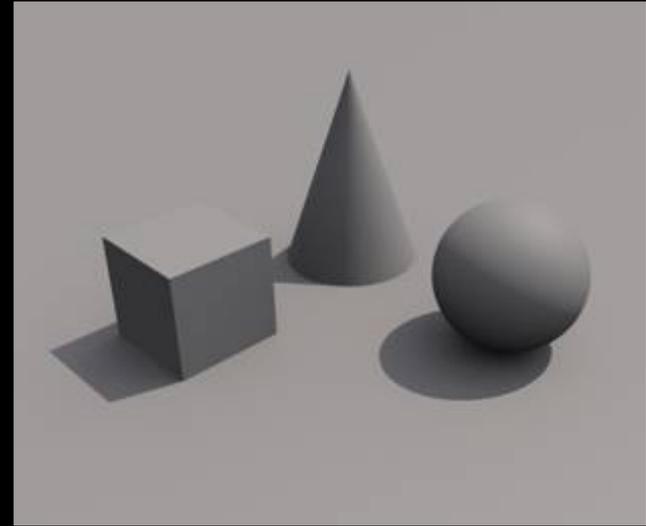
MODELADO



La luz difusa no produce sombras. Formas y estructuras de la superficie se reconocen con dificultad.



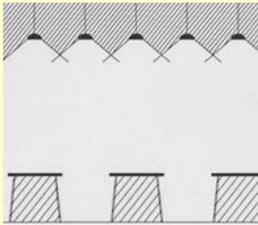
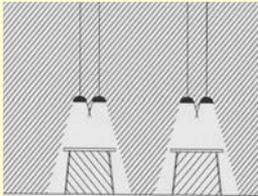
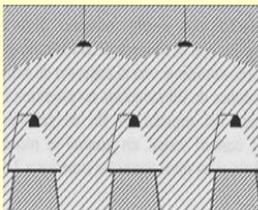
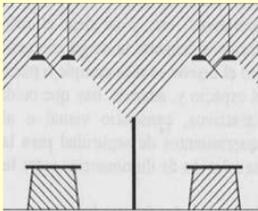
La luz dirigida produce sombras marcadas y una fuerte modelación, acentuando formas y estructuras de la superficie pero se cubren detalles mediante sombras sobrepuestas.



La luz difusa-dirigida produce sombras suaves. Se reconocen claramente formas y estructuras de la superficie pero no se originan molestas sombras sobrepuestas.

ETAPAS DE PROYECTO

1. DETERMINAR QUÉ / QUIEN / CUÁNDO / DÓNDE ILUMINAR
2. RELEVAR Y ANALIZAR CONDICIONANTES DE DISEÑO
3. DETERMINAR ALCANCES Y LIMITACIONES
4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DE DISEÑO (DISEÑO CONCEPTUAL)
5. DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO
6. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS (DISEÑO DETALLADO)
7. EJECUCIÓN DE TRABAJOS

SISTEMA DE ILUMINACIÓN	DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS	EFECTOS LUMINOTÉCNICOS	EFECTOS VISUALES		COORDINACIÓN CON ÁREAS DE TRABAJO	CONSUMO ENERGÉTICO
			SOBRE EL ESPACIO	SOBRE PERSONAS Y OBJETOS		
 <p>GENERAL</p>	Uniforme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Altas iluminancias ■ Gran uniformidad ■ Reducción de contrastes y brillos ■ Minimización de sombras 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sensación de amplitud y orden ■ Atmósfera monótona y condiciones para trabajos de alta concentración 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelados blandos ■ Aplana texturas ■ Oculta detalles ■ Minimiza efectos de reflejos especulares ■ Apaga intensidad de los colores 	No requiere	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elevado ■ No permite reducción individual de los niveles de iluminación
 <p>LOCALIZADO</p>	Irregular	<ul style="list-style-type: none"> ■ Altas iluminancias en áreas de interés ■ Uniformidad general baja ■ Realza contrastes ■ Puede causar importantes sombras 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sensación de reducción del espacio ■ Atmósferas dramáticas, estimulantes y distractivas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelados duros ■ Realza texturas y detalles ■ Colores más intensos ■ Ideal para crear efectos luminosos 	Muy importante	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reducido ■ Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente
 <p>GENERAL Y LOCALIZADO</p>	Uniforme: general Irregular: localizado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Iluminancia general reducida ■ Uniformidad general baja ■ Contrastes realzados ■ Puede causar importantes sombras 	Un balance adecuado compensa sensación de reducción de espacio y crea condiciones propicias para el trabajo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Con balance adecuado el modelado resulta casi natural ■ Buena apariencia de textura y detalles 	Muy importante para sistema localizado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intermedio entre alumbrado general y localizado ■ Adecuado para control de niveles individualmente
 <p>MODULARIZADO</p>	Uniforme por sectores	<ul style="list-style-type: none"> ■ Iluminancia media elevada ■ Gran uniformidad ■ Reducidos contrastes y sombras 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sensación de amplitud y orden ■ Atmósfera de monotonía y condiciones para trabajos de alta concentración 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelados blandos ■ Aplana texturas ■ Oculta detalles ■ Minimiza efectos de reflejos especulares ■ Apaga intensidad de los colores 	Importante para determinar el arreglo de luminarias	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elevado ■ Requiere sectorización de los circuitos ■ Permite reducción de iluminancias por sectores





VERSATILIDAD ESCÉNICA



DEFINICIÓN DEL TIPO LÁMPARA

CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS	FACTORES A CONSIDERAR
Rendimiento luminoso: μ (lm/w)	<ul style="list-style-type: none">▪ tiempo diario de funcionamiento▪ uso racional de energía
Temperatura color: CCT (°K)	<ul style="list-style-type: none">▪ necesidades de ambientación▪ requisitos psicológicos
Índice de reproducción cromática: CRI	<ul style="list-style-type: none">▪ requisitos estéticos▪ reproducción cromática▪ apariencia de objetos
Vida útil (horas)	<ul style="list-style-type: none">▪ tiempo diario de funcionamiento▪ frecuencia encendido-apagado▪ requerimientos de mantenimiento
Tiempo de encendido	<ul style="list-style-type: none">▪ tiempo de puesta en servicio de la instalación▪ demandas de seguridad

SELECCIÓN DE LUMINARIAS

❖ TIPO DE DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ:

directa, semi directa, general difusa, semi indirecta, indirecta

❖ TIPO DE EMISIÓN DE LA LUZ:

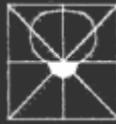
abierta – cerrada, simétrica – asimétrica

❖ CONDICIONES DE INSTALACIÓN:

temperatura de funcionamiento, sollicitaciones mecánicas, hermeticidad, tipo de ambiente

❖ EFECTO VISUAL DESEADO:

forma, color, textura

TIPO DE LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO	CARACTERÍSTICAS
DIRECTA	 $\frac{0-10}{90-100}$	<p>Alta eficiencia energética</p> <p>Buena uniformidad y balance de claridades</p> <p>El cielo raso o la cavidad sobre el plano de montaje pueden resultar poco iluminados</p> <p>En gral. requiere control de luminancias para minimizar deslumbramientos</p>
SEMI DIRECTA	 $\frac{10-40}{60-90}$	<p>Menor eficiencia energética que tipo directo</p> <p>Reduce contraste de luminancias con el cielo raso</p> <p>La luz reflejada suaviza sombras y mejora las relaciones de claridad</p> <p>No deben instalarse demasiado cerca del cielo raso para evitar áreas de alta luminancia</p>
DIFUSA	 $\frac{40-60}{40-60}$	<p>Menor eficiencia energética que los tipos directa y semi directa</p> <p>Buenas relaciones de claridad y suavizado de sombras</p> <p>Requiere altas reflectancias de paredes y cielo raso</p>
DIRECTA - INDIRECTA	 $\frac{40-60}{40-60}$	<p>Eficiencia energética mayor a la difusa</p> <p>Emiten poco flujo en ángulos próximos a la horizontal reduciendo luminancias en zona de deslumbramiento directo</p>
SEMI INDIRECTA	 $\frac{60-90}{10-40}$	<p>Menor eficiencia energética que las de tipo semi directo</p> <p>Las superficies del local deben tener alta reflectancia</p> <p>Baja componente directa reduciendo luminancias deslumbrantes y contraste con el cielo raso</p>
INDIRECTA	 $\frac{90-100}{0-10}$	<p>Elimina sombras y deslumbramiento directo y reflejado</p> <p>Baja eficiencia energética</p> <p>Requiere altas reflectancias de paredes y cielo raso</p>

GRADO DE PROTECCION

De acuerdo a la Norma UNE las luminarias se clasifican en función de la protección contra el polvo, los líquidos y los golpes derivada de sus elementos constructivos. En esta clasificación las luminarias se designan por las letras **IP** seguidas de tres dígitos:



primer dígito	características
0	Sin protección
1	Protección contra cuerpos mayores a 50 mm
2	Protección contra cuerpos mayores a 12 mm
3	Protección contra cuerpos mayores a 2.5 mm
4	Protección contra cuerpos mayores a 1 mm
5	Protección contra el polvo
6	Completa protección contra el polvo

GRADO DE PROTECCION

segundo dígito	característica
0	Sin protección
1	Protección contra las gotas en caída vertical
2	Protección contra las caídas de agua con una inclinación vertical de 15°
3	Protección contra el agua en forma de lluvia
4	Protección contra las proyecciones de agua
5	Protección contra los chorros de agua en baja presión
6	Protección contra los chorros de agua en alta presión
7	Protección contra los efectos de inmersión temporal en agua
8	Protección contra los efectos de inmersión prolongada en agua

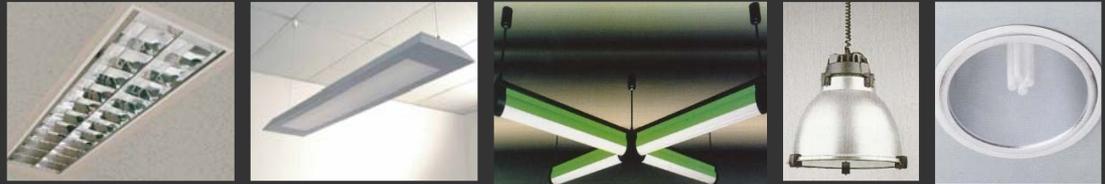
Tercer dígito	característica
0, 1, 3, 5, 7 y 9	Protección frente a daños mecánicos, es decir contra impactos. Se definen 6 niveles, a mayor numeración mayor es la resistencia frente a un impacto

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	TIPO DE LUMINARIA	EJEMPLO
USO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alumbrado general ▪ Alumbrado localizado ▪ Alumbrado decorativo ▪ Señalización y emergencia ▪ Especiales 	Fluorescentes (lineales o compactas), campanas Lámparas de mesa, spots Luminarias de estilo, colgantes, apliques Letreros luminosos, indicadores, luces de emergencia Estancas (sumergibles), capsuladas (amb. explosivos)
TIPO DE FUENTE DE LUZ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incandescente ▪ Fluorescente ▪ Descarga en gas ▪ Conductores de luz 	Luminarias de mesa, spots, apliques y colgantes Plafones y colgantes, downlights, uplights, bañadores Proyectoros, campanas Fibras ópticas, lumiductos
DIMENSIONES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puntual { embutido, aplicado, ▪ Extensa { suspendido 	Spots Fluorescentes lineales
TIPO DE MONTAJE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fijo estructuras modulares integrados a la arquitectura ▪ Móvil de enfoque libre desplazables 	Módulos lineales fluorescentes integrados Cielorrasos luminosos, gargantas y molduras Proyectoros Luminarias para rieles electrificados
CERRAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sin cerramiento ▪ Difusor opalino o prismático ▪ Louver 	Plafones y colgantes abiertos, campanas Plafones y colgantes cerrados Plafones y colgantes, downlights
SUPERFICIE REFLECTORA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Difusora ▪ Especular 	Luminarias fluorescentes Luminarias fluorescentes, downlights, proyectoros

USO

TIPO DE LUMINARIA

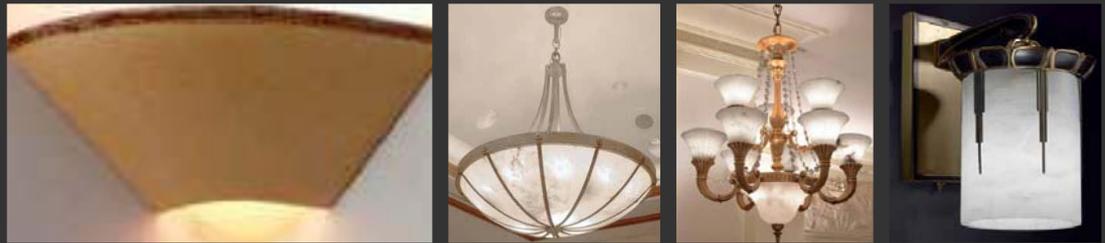
general



localizado



decorativo



señalización y
emergencia



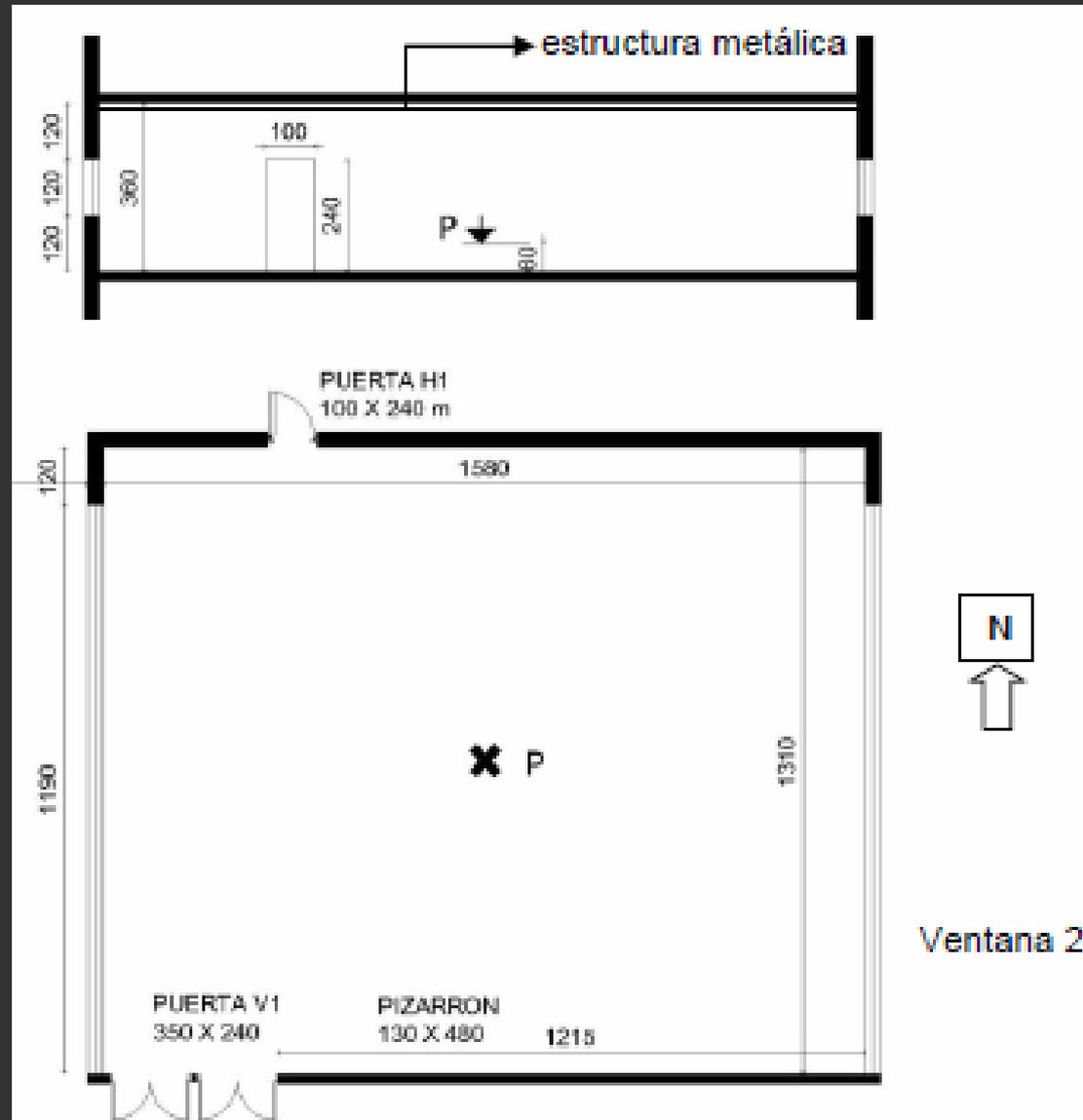
especial



EJERCICIO

Realizar el proyecto de iluminación artificial del salón de clase de uso universitario definiendo:

- luminarias, ubicación y distribución
- lámparas y potencia
- forma de encendido



DESARROLLO

CONDICIONANTES DE DISEÑO:

- Destino
- Tipo de usuario
- Condicionantes arquitectónicas
- Reproducción de colores
- Montaje

DEFINIR CRITERIOS DE DISEÑO:

- Nivel de iluminación
- Sistema (general/localizado)
- Tipo de iluminación (directa/indirecta)
- Integración iluminación natural - artificial

DISEÑO DETALLADO:

- Definición de luminarias
- Definición de lámparas
- Definición de aspectos de montaje
- Definición de elementos de comando

FUENTE PUNTUAL



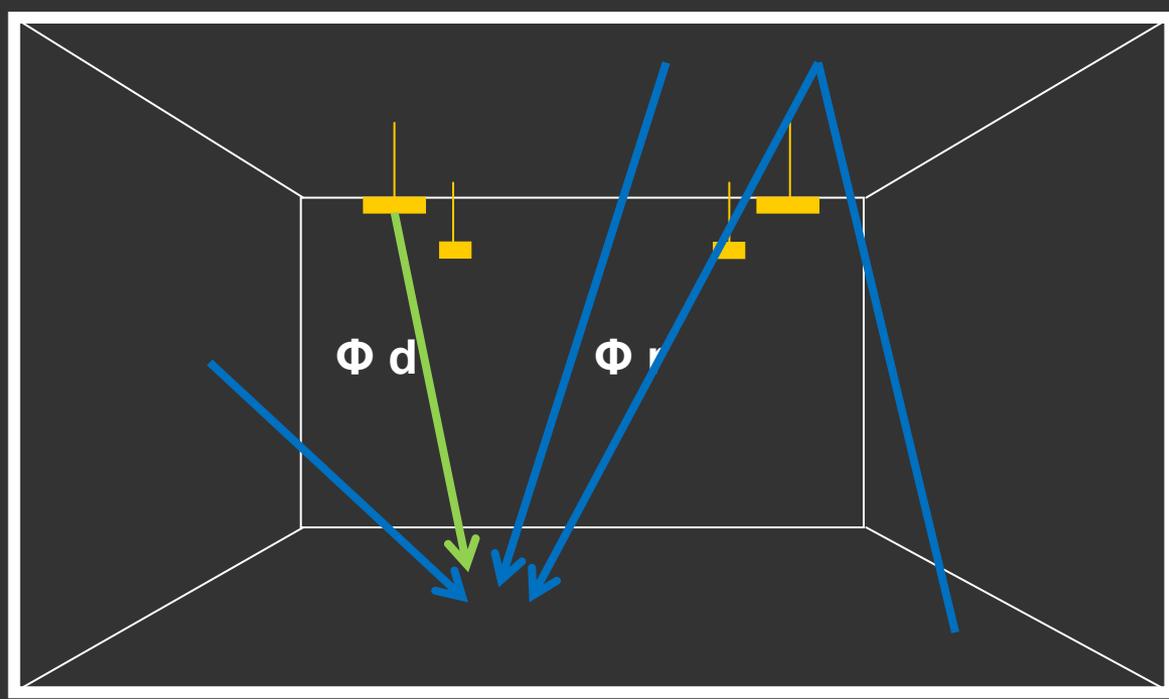
FUENTE LINEAL



FUENTE SUPERFICIAL



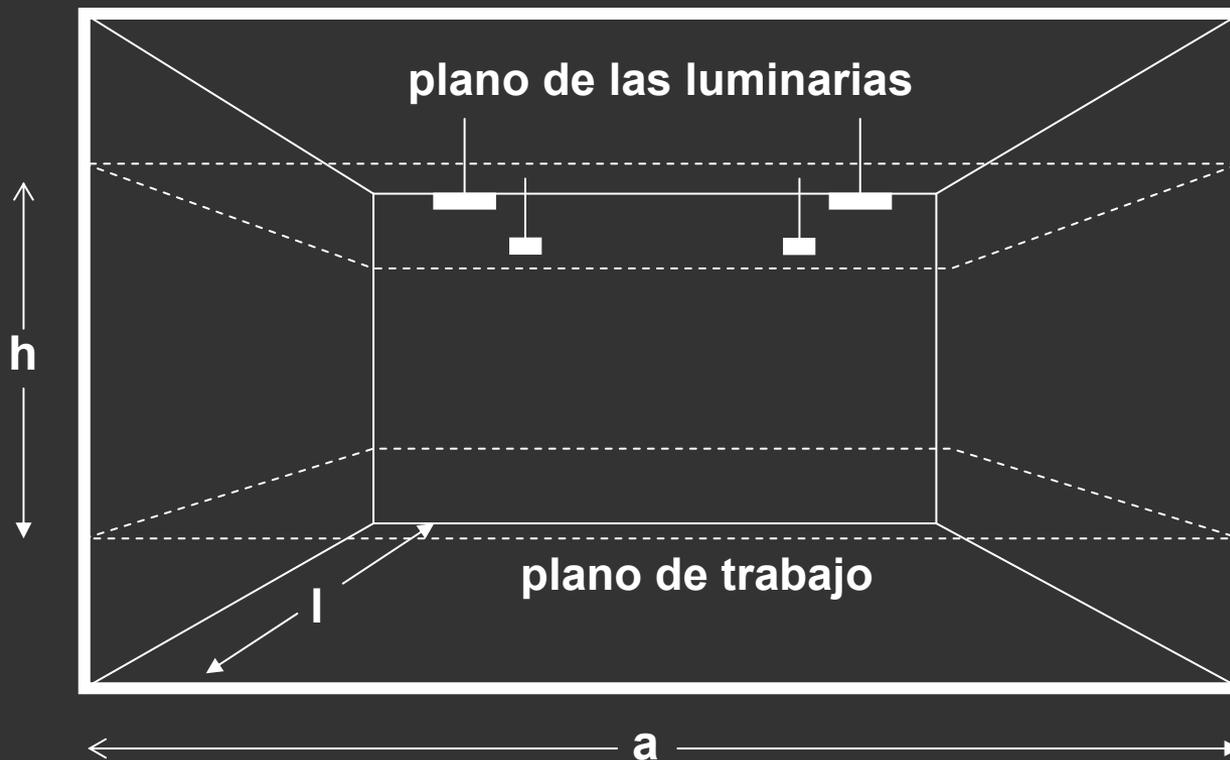
$$E_{\text{total}} = E_{\text{directa}} + E_{\text{indirecta}}$$



ILUMINACIÓN GENERAL

CONDICIONES DE APLICACIÓN:

- Local paralelepípedo
- Las superficies se comportan como perfectos difusores
- Distribución uniforme de luminarias
- Local libre de obstrucciones



NIVEL DE ILUMINACIÓN

$$E = \frac{\Phi \times fu}{\text{Área plano de trabajo}}$$

Siendo:

E: nivel de iluminación medio total del plano de trabajo

Φ : flujo de todas las lámparas

fu: factor de utilización

fu considera:

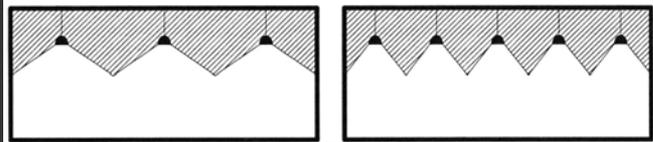
- la geometría del local
- los coeficientes de reflexión del local
- la fotometría de la luminaria
- la depreciación del flujo luminoso (por envejecimiento de la lámpara, por suciedad de la luminaria y de las superficies del local)

Para cálculos estimativos:

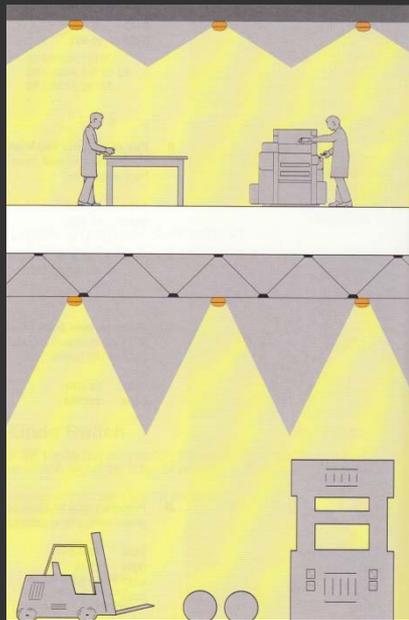
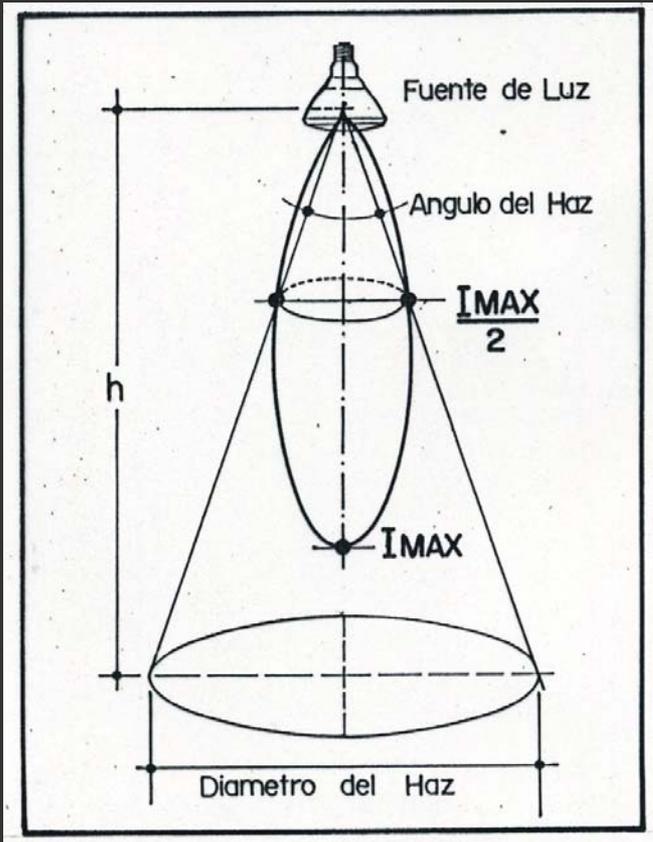
- fu = 0,2 para luminarias semidirectas con superficies difusora
- fu = 0,3 para iluminación directa con luminaria abierta

UNIFORMIDAD

SEPARACIÓN



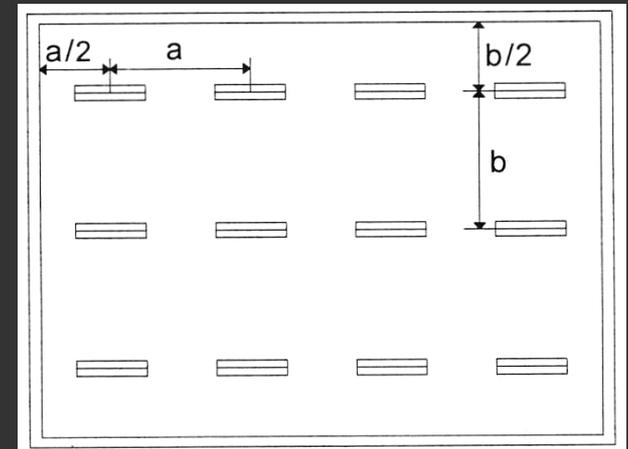
El ángulo de concentración del haz corresponde a aquel en el cual la intensidad de foco alcanza la mitad del valor máximo



DISTRIBUCIÓN

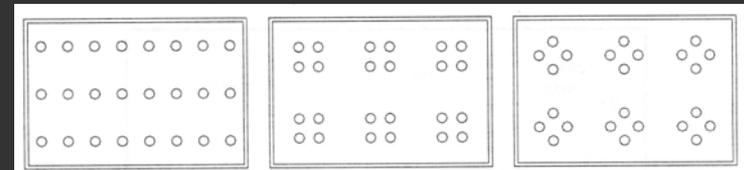
$$a \leq s.\text{m}\acute{\text{a}}\text{x.}$$

$$b \leq s.\text{m}\acute{\text{a}}\text{x.}$$



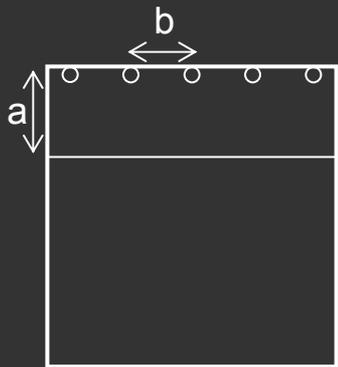
distribución uniforme

distribución uniforme modularizada



FUENTES SUPERFICIALES

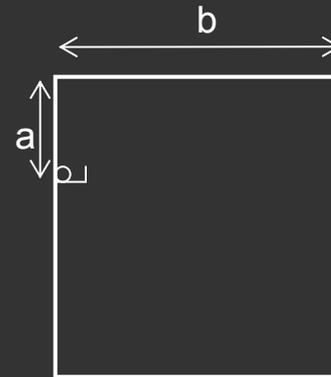
CIELORRASO LUMINOSO



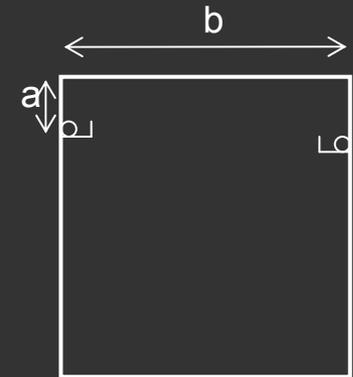
$a > b$
material cielorraso:
 $\rho = 0,4$
 $\zeta = 0,5$



GARGANTA



$a \geq b/3$
Iluminación unilateral



$a \geq b/6$
Iluminación bilateral



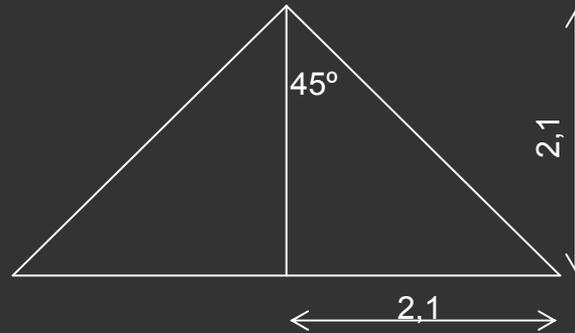
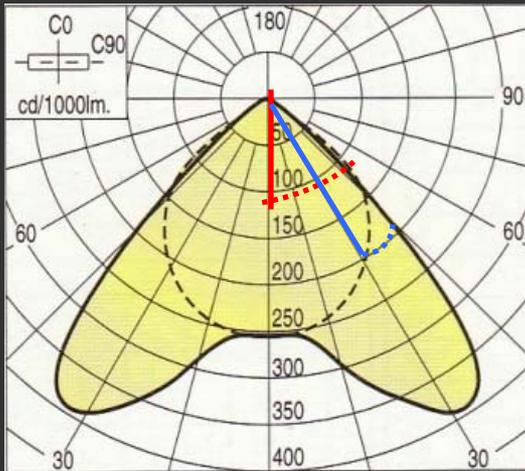
▪ Cálculo de la cantidad de LÁMPARAS para el nivel solicitado

$$E = \frac{\Phi \times fu}{A}$$

$$\Phi = \frac{300 \times 15,8 \times 13,1}{0,3} = 206980 \text{ lm}$$

$$N^{\circ} \text{ de tubos} = \frac{206980}{36 \times 79} = 73 \rightarrow 36 \text{ luminarias c/2 tubos c/u} \rightarrow \begin{pmatrix} 18 \times 2 \\ 6 \times 6 \\ 9 \times 4 \end{pmatrix}$$

▪ Cálculo de la cantidad de LUMINARIAS para obtener un nivel uniforme

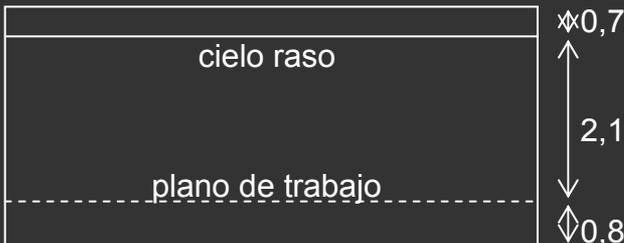


separación máxima
entre luminarias: 4,2

mínimo N° de luminarias:

$$15,8/4,2 = 3,76 \rightarrow 4$$

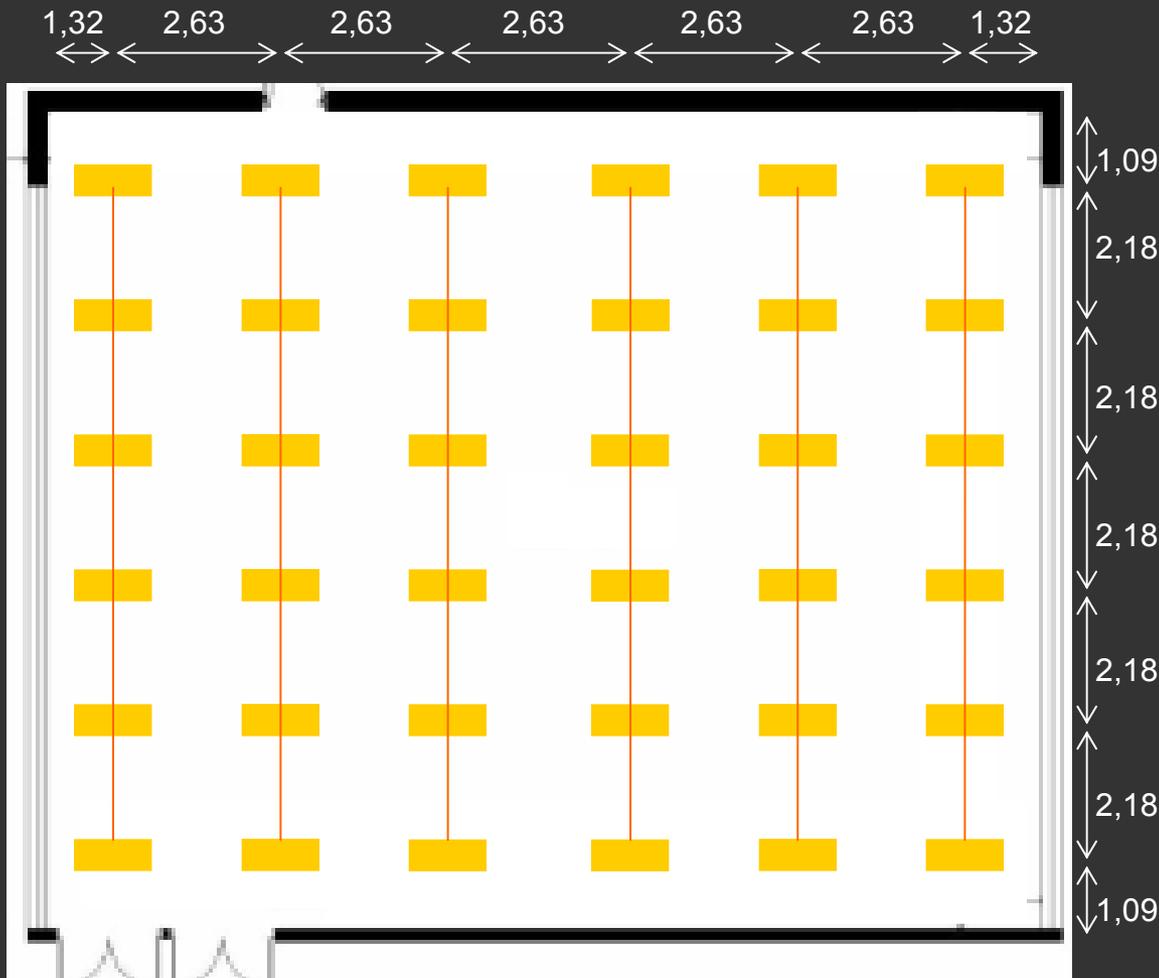
$$13,1/4,2 = 3,12 \rightarrow 4$$



separación entre luminarias:

$$S1: 15,8/6 = 2,63$$

$$S2: 13,1/6 = 2,18$$



VERIFICACIÓN:

$$E = \frac{36 \times 79 \times 2 \times 36 \times 0,3}{15,8 \times 13,1} = 298 \text{ lx}$$

SOLUCIÓN:

36 luminarias con 2 tubos c/u de 36 w y $\mu = 79 \text{ l/w}$

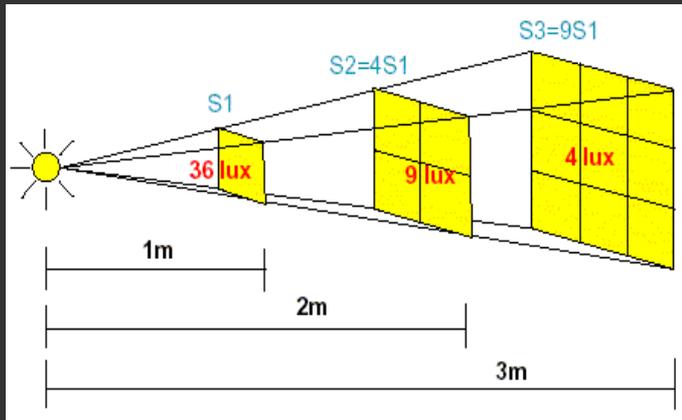
SOLUCIONES ALTERNATIVAS (usando la misma lámpara):

- 24 luminarias con 3 tubos c/u
- 20 luminarias con 4 tubos c/u

LEYES FUNDAMENTALES

LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA:

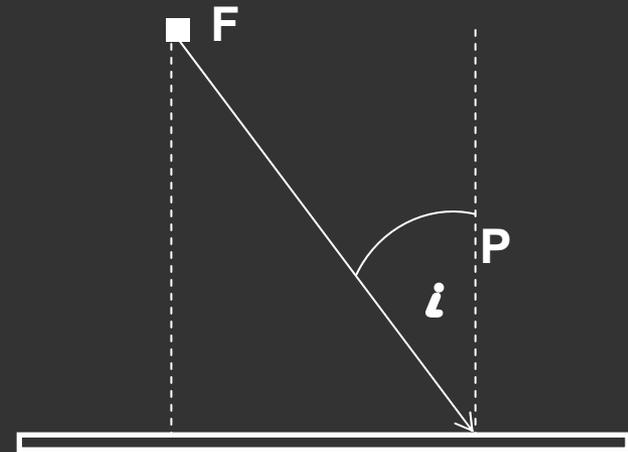
“las iluminancias en distintas superficies situadas perpendicularmente a la dirección de la radiación son directamente proporcionales a la intensidad luminosa e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que los separa del mismo”.



$$E = I / d^2$$

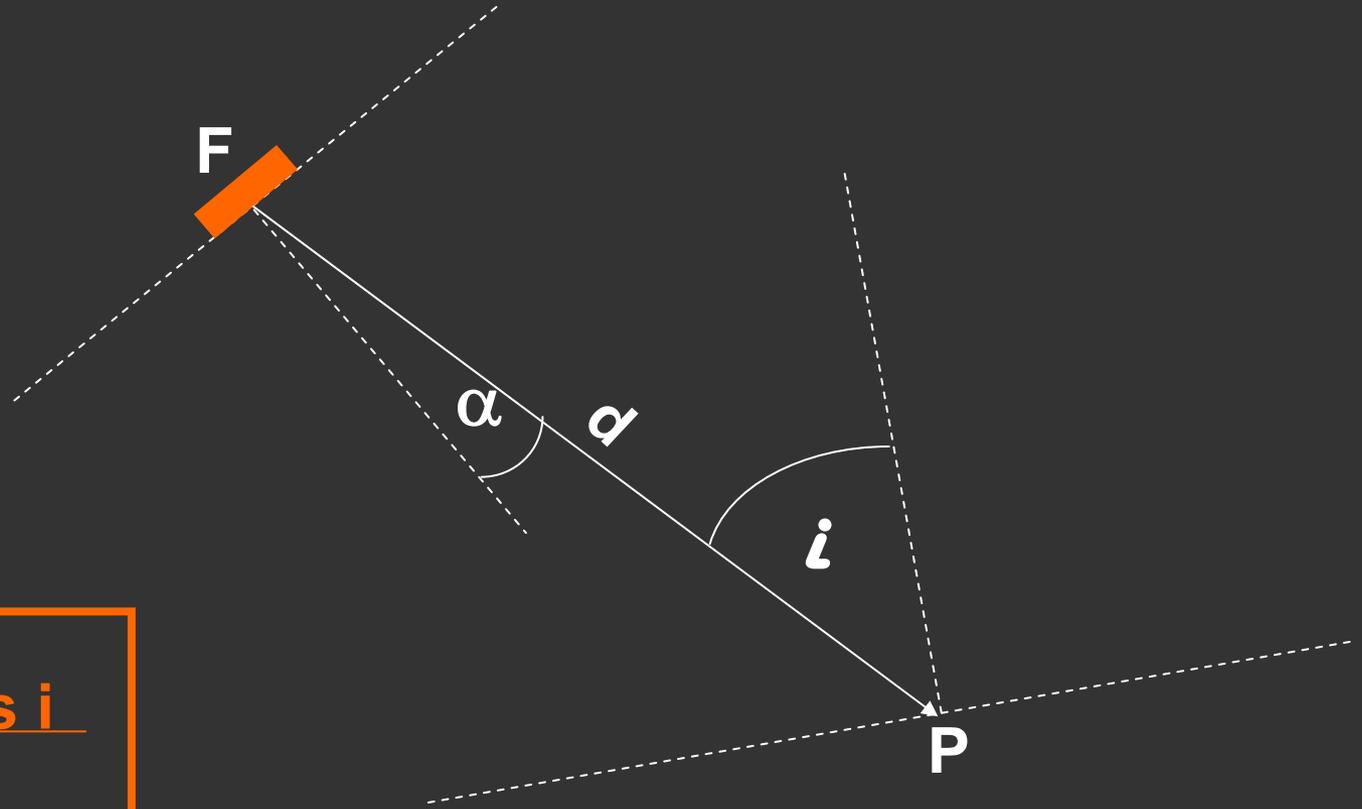
LEY DEL COSENO:

“la iluminancia de un punto cualquiera de una superficie es proporcional al coseno del ángulo de incidencia de los rayos luminosos en el punto iluminado”.

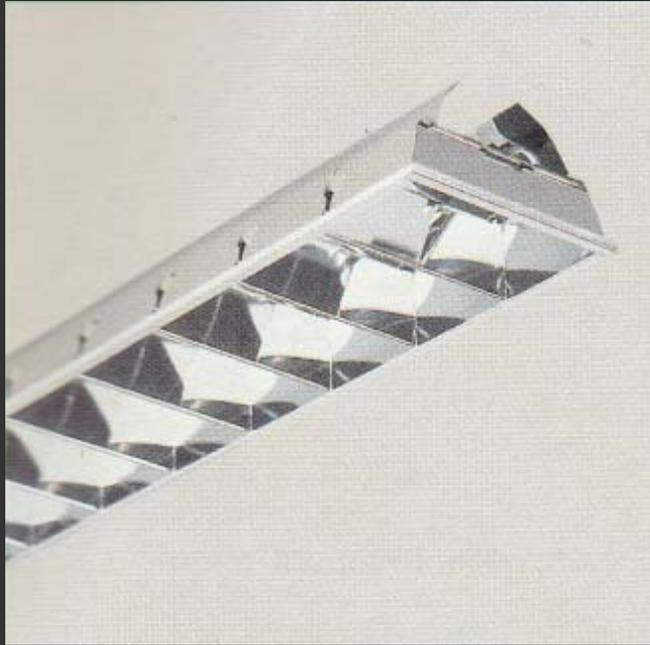


$$E = \frac{I \times \cos i}{d^2}$$

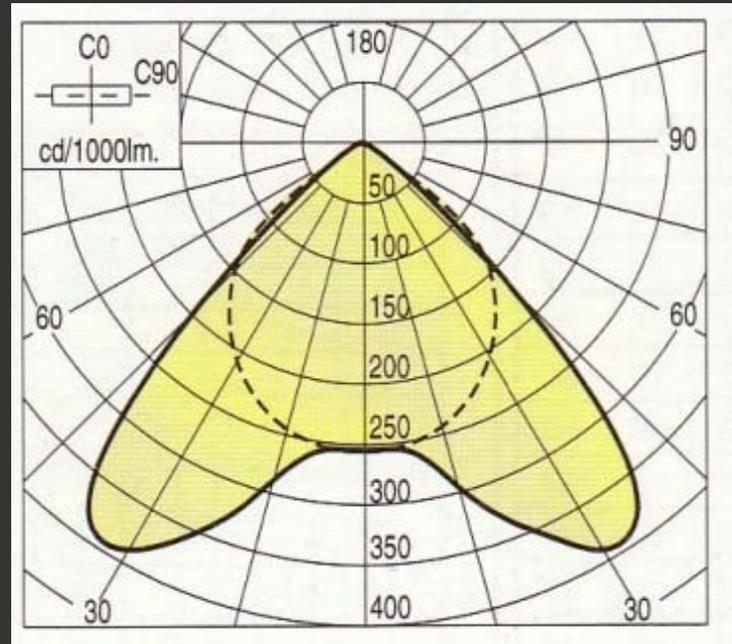
FUENTE PUNTUAL



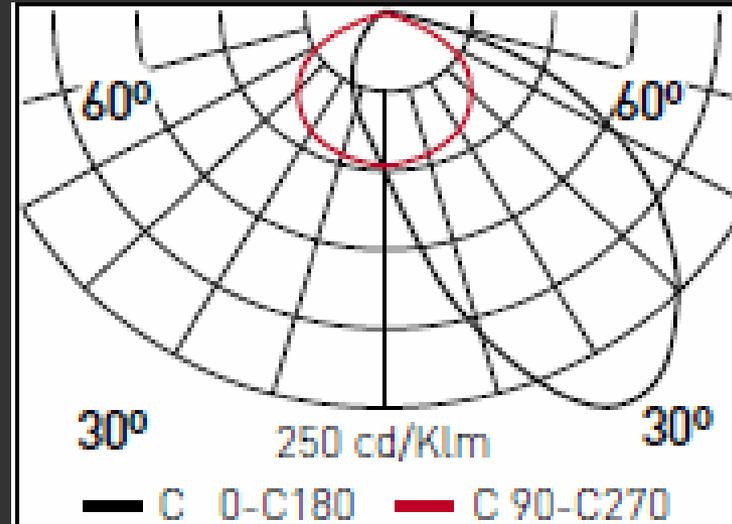
$$E = \frac{I \alpha \times \cos i}{d^2}$$



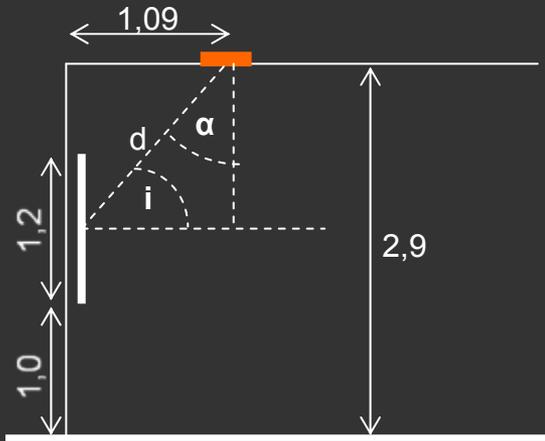
LUMINARIA PARA ILUMINACIÓN GENERAL



LUMINARIA PARA ILUMINACIÓN COMPLEMENTARIA



■ Cálculo de la iluminancia directa en el centro del pizarrón



$$I_{40} = 300 \text{ cd}$$

$$300 \text{ cd} \rightarrow 1000 \text{ lm}$$

$$X \rightarrow 79 \times 36 \times 2$$

$$X = 1706 \text{ cd}$$

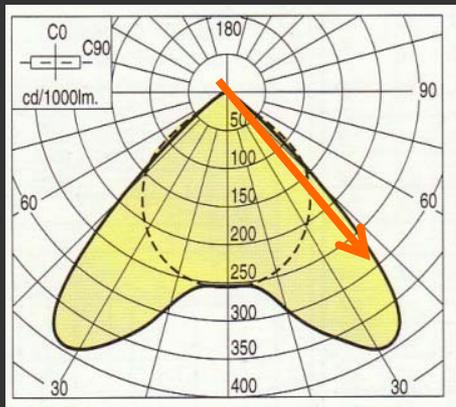
$$E_P = \frac{1706 \times \cos 50}{2,88} = 381 \text{ lx}$$

$$E_P = \frac{I_{\alpha} \times \cos i}{d^2}$$

$$\alpha = \text{Arctg} (1,09/1,3) = 40^{\circ}$$

$$i = 90^{\circ} - 40^{\circ} = 50^{\circ}$$

$$d^2 = 1,09^2 + 1,3^2 = 2,88$$



$$E \text{ complementaria} = 500 - 381$$

$$119 = \frac{I_{40'} \times \cos 50}{2,88} \rightarrow I_{40'} = 533 \text{ cd}$$

$$275 \text{ cd} \rightarrow 1000 \text{ lm}$$

$$533 \text{ cd} \rightarrow X = 1938 \text{ lm}$$

$$\frac{1938 \text{ lm}}{79 \text{ l/w}} = 24 \text{ w}$$

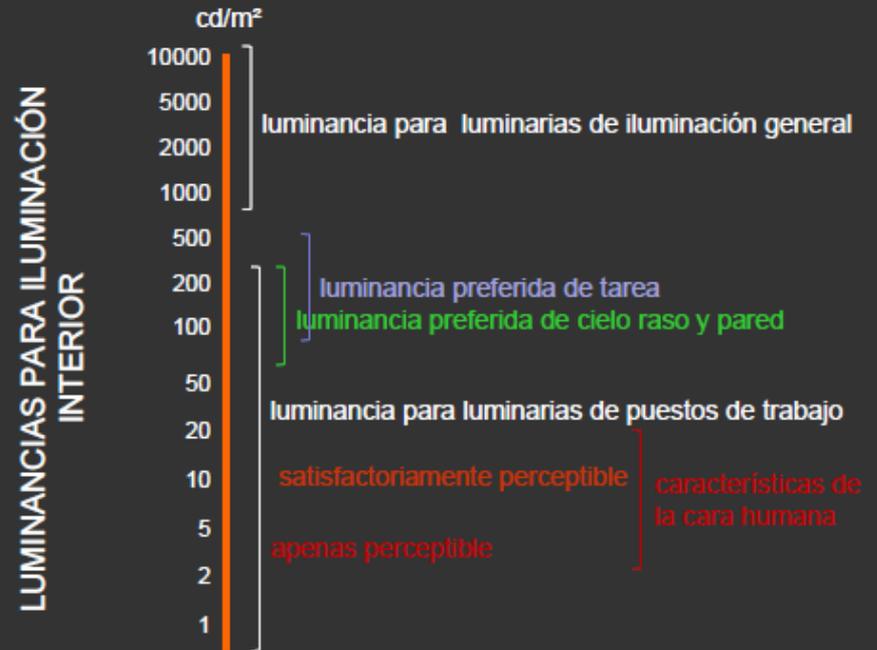
SOLUCIÓN: complemento con luminaria asimétrica con 1 tubo c/u de 24 w y $\mu = 79 \text{ l/w}$

RELACIONES DE LUMINANCIAS

- ❖ $L_o/L_f \Rightarrow 1$ a 3
- ❖ L_o/L entorno inmediato $\Rightarrow 1$ a 10
- ❖ L_o/L entorno mediato $\Rightarrow 1$ a 20

$$L = \frac{\rho \times E}{\pi}$$

DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS



superficie	ρ	iluminancia	luminancia
pizarrón	0,8	500	127
muro hormigón	0,3	381	36
muro cartón yeso	0,7	381	85
plano trabajo	0,7	300	67