

INSTALACIONES II

Apuntes de clases

2018

ACÚSTICA

La acústica es la parte de la física que estudia la acción, propagación, formación y propiedades del sonido.

Sonido

Es la oscilación molecular alrededor de su posición de equilibrio, es una sensación que incita al órgano del oído, mediante movimientos vibratorios de los medios elásticos. En el campo fisiológico es una sensación originada por una vibración acústica. En el campo de la física es una vibración acústica capaz de orientar una sensación auditiva. El sonido tiene una causa, la vibración, y un efecto, la sensación fisiológica.

Representaciones gráficas del sonido

Si representamos gráficamente el sonido en un sistema cartesiano, el mismo correspondería a una función trigonométrica de una senoide, donde la presión acústica es la diferencia entre la presión atmosférica y la presión del aire en presencia de ondas acústicas.

Características físicas y psicofísicas del sonido

Físicas

- La velocidad de propagación: el sonido se propaga en el aire a aproximadamente 340m por segundo.
- La longitud de onda es la distancia que separa dos zonas de compresión o depresión sucesivas, se expresa en metros.
- Presión acústica: las oscilaciones de las ondas sonoras provocan fenómenos de condensación y enrarecimiento del aire. Estos desplazamientos cambiantes generan las llamadas "presión sonora". La presión sonora es, por tanto, una de las medidas de la fuerza del sonido, y se indica en microbares.
- La frecuencia del sonido: es el número de oscilaciones o ciclos por segundo que describe una molécula, en una unidad de tiempo. Se mide en ciclos por segundo y se lo conoce con el nombre de HERTZ (Hz). Los sonidos agudos son de alta frecuencia, los graves son de baja frecuencia

Cualidades del sonido

Un sonido se caracteriza por su altura, intensidad y el timbre.

Altura: Cuando se habla de música se identifica frecuentemente los sonidos altos o agudos y bajos o graves, ¿Que significan estos adjetivos? Si el número de vibraciones en un segundo

es decir su frecuencia es elevada, al sonido se le dice agudo, si el número de vibraciones es bajo, se lo denomina grave.

Intensidad. Solemos decir simplemente, que los sonidos pueden ser fuertes o débiles. En lenguaje técnico, la medida de la fuerza de los sonidos se llama intensidad. Un sonido es tanto más intenso cuanto más amplias son las vibraciones.

Timbre. Es la propiedad que permite distinguirlos diversos orígenes de los sonidos que tienen la misma altura e intensidad.

Espectro audible

Es el rango de frecuencias sonoras que es capaz de captar el oído humano. Por encima (ultrasonido) o por debajo (infrasonido) el oído es insensible. El oído no percibe sonidos de frecuencias sonoras inferiores a los 20 Hz y los superiores a 20.000Hz. Entre estos dos valores estaría comprendido el campo auditivo, aunque a veces es menor, dependiendo entre otra cosa de la edad del auditor, a mayor edad, menor espectro.

Decibel

Es la unidad relativa empleada en Acústica para expresar la relación entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

El decibelio, símbolo dB, es una unidad logarítmica. En realidad, decibelio es un submúltiplo de la verdadera unidad, el belio, que es el logaritmo de la relación entre la magnitud de interés y la de referencia, pero no se utiliza por ser demasiado grande en la práctica, y por eso se utiliza el decibelio, la décima parte de un belio. El belio recibió este nombre en honor de Alexander Graham Bell, tradicionalmente considerado como inventor del teléfono.

Un (1) belio, la unidad original, equivale a 10 decibelios y representa un aumento de potencia de 10 veces (1 es el logaritmo decimal de 10) sobre la magnitud de referencia. Cero belios es el valor de la magnitud de referencia. (0 es el logaritmo de 1). Así, dos belios representan un aumento de cien veces (2 es el logaritmo decimal de 100) en la potencia.

3 belios equivalen a un aumento de mil veces (3 es el logaritmo decimal de 1.000), y así sucesivamente.

El decibelio es la principal unidad de medida utilizada para el nivel de potencia o nivel de intensidad del sonido. En esta aplicación la escala termina hacia los 140dB, donde se llega al umbral de dolor.

Se utiliza una escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. Por ello el belio (B) y su submúltiplo el decibelio (dB), resultan adecuados para valorar la percepción de los sonidos por un oyente. Se define como la comparación (relación) entre dos sonidos porque en los estudios sobre acústica fisiológica se vio que un oyente al que se le hace escuchar un solo sonido no puede dar una indicación fiable de su intensidad, mientras que, si se le hace escuchar dos sonidos diferentes, es capaz de distinguir la diferencia de intensidad. Normalmente una diferencia de 3 decibelios, que representa el doble de señal, es

la mínima diferencia apreciable por un oído humano sano. Una diferencia de 3 decibelios es aparentemente el doble de señal, aunque la diferencia de sonoridad sea de diez veces.

Para el cálculo de la sensación recibida por un oyente, a partir de las fuente cuyo sonido esté en el umbral de audición, por la fórmula siguiente:

$$L_W = 10 \times \log \frac{W_1}{W_0}$$

en donde W1 es la potencia a estudiar, en vatios, y W0 es la potencia de audición, que expresada en unidades del SI equivale a 10^{-12} vatios.

Las ondas de sonido - producen un aumento de presión en el aire, luego otra manera de medir físicamente el sonido es en unidades de presión (pascuales). Y puede definirse el Nivel de presión, LP, que también se mide en decibelios.

$$L_P = 20 \times \log \frac{P_1}{P_0} \text{ (db)}$$

en donde P1 es la presión del sonido a estudiar, y P0 es la presión umbral de audición, que expresada en unidades del SI, equivale a 2×10^{-5} Pa.

Decibelio Ponderado

El oído humano no percibe igual las distintas frecuencias y alcanza el máximo de percepción en las medias, de ahí que, para aproximar más la unidad a la realidad auditiva, se ponderen las unidades (para ello se utilizan las llamadas curvas isofónicas).

Características Psicofísicas del sonido

El nivel de presión sonora es una magnitud física del sonido y no está basado en las características de la audición.

El sonido audible abarca, tal como se mencionó anteriormente una presión de aire entre unos 0,0002 microbares y unos 1000 microbares.

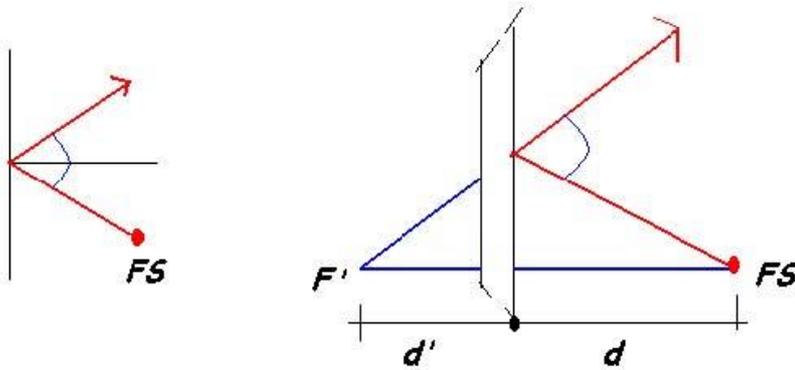
Suma de niveles sonoros

Cualquiera de las expresiones vistas como definición del nivel sonoro y su unidad, el decibel, nos da una idea de que los niveles sonoros cualesquiera NO PUEDEN SUMARSE ARITMÉTICAMENTE, sino LOGARÍTMICAMENTE, dado que nuestro oído trabaja de forma logarítmica

La suma de dos niveles sonoros iguales da por resultado **3 decibeles** más que el de los sumandos.

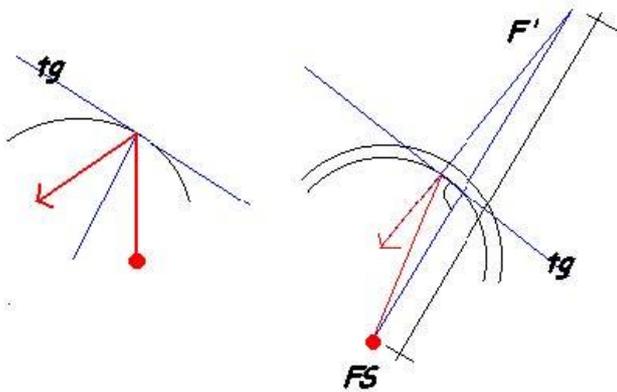
Método de las imágenes acústicas o acústica geométrica

Es la representación en forma vectorial de las ondas acústicas cuando éstas inciden sobre distintas superficies. Pared plana La onda reflejada, lo hará con el mismo ángulo de incidencia



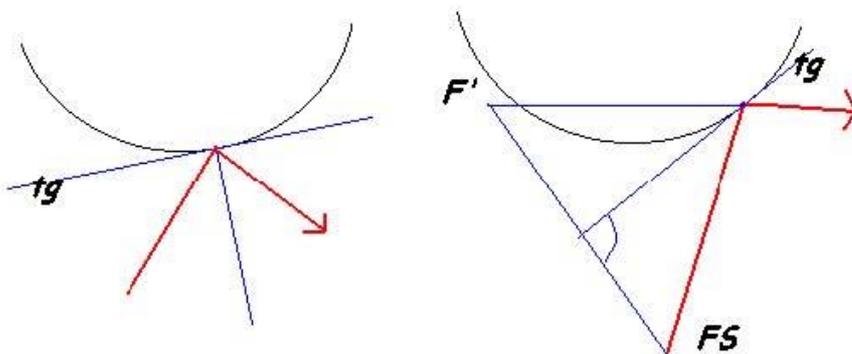
PARED CÓNCAVA

En este caso se produce una concentración del sonido



PARED CONVEXA

En este caso el sonido tiende a dispersarse



La reverberación

Para examinar de qué forma se emite la energía sonora y como se atenúa hasta apagarse, la representamos a través de diagramas cartesianos tenemos un sonido continuo

y breve, supondremos, como su extremo de simplificación que, al ser emitidos, su intensidad no varía.

La reverberación no debe confundirse con el eco, éste es una reflexión única, que determina una repetición única poco deformada y distinta de la original. El eco repite un sonido. La reverberación lo prolonga. La duración de la reverberación es el tiempo que separa el instante de la detención de la fuente, de aquél en que la intensidad media del sonido se reduce en 60db.

Tiempo de reverberación aconsejado

Volumen y forma de la sala

Está dado por la relación: volumen de la sala, dividido por el número de localidades.

Según WEISSE:

Salas pequeñas3 a 5 m³ por asiento

Salas medias.....4 a 5 m³ por asiento

Salas grandes.....5 a 10 m³ por asiento

En salas rectangulares pueden utilizarse las siguientes proporciones:

Ancho.....módulo base

Largo.....entre 1y 2 anchos

Altos..... entre 1/3 y 2/3 del ancho

Diversos autores han estudiado en forma comparativa, el tiempo de reverberación de muchos locales destinados a diferentes actividades, así tomando como punto de referencia, locales para la música, por medio de análisis estadísticos, han trazado curvas del tiempo de reverberación recomendadas, en función del volumen del recinto. En un auditorio hay por lo general cuatro espejos que tienen que ser evitados, las dos paredes laterales próximas al escenario, el fondo de la sala y el frente de la platea alta, una forma de evitar éstos espejos es utilizando materiales absorbentes.

Aplicación del método de las imágenes

El método de las imágenes acústicas cobra importancia para:

- Determinaren forma simple la distribución directa y reflejada del sonido en su fuente.
- Ubicar correctamente los materiales absorbentes del sonido y dejar ciertas zonas con material altamente reflexivo para reforzar el sonido en zonas que lo requieren como el fondo de la sala.

- Ubicar convenientemente la fuente sonora.

LEYES FUNDAMENTALES DE LA ACUSTICA

Ley de la distancia:

Los ruidos aéreos que se emiten y se propagan en el aire, cuando no hay obstáculos, se propagan en línea recta a partir de la fuente, si ésta es semi direccional, dicha propagación es uniforme en todas direcciones y las ondas de expansión y compresión son esféricas, con una velocidad constante, que para el aire es de 340 m/seg. A medida que el sonido se va alejando de la fuente, éste se va debilitando. Cada vez que la distancia a la fuente sonora aumenta el doble, el nivel sonoro disminuye en 6db

Ley de frecuencia

Las paredes constituyen un verdadero freno a las ondas sonoras, éstas tienen una frecuencia determinada dependiendo de la constitución, sin embargo, se puede decir que para una misma pared y una misma intensidad sonora, a mayor frecuencia o sea a sonidos más agudos, el aislamiento es mayor que en las menores frecuencias sonidos bajos o graves, siendo, en éstos, menor el aislamiento. Conclusión:

El debilitamiento acústico medio de una pared aumenta 4db cuando la masa se multiplica por 2 y disminuye en 4db si se divide por 2. Cuando la frecuencia se duplica el índice de debilitamiento disminuye en 4db y viceversa, si se divide por 2 aumenta en 4db.

Ley de masa:

La insonoridad de un cerramiento depende de su peso o densidad superficial (kg/m^2). Cada vez que el peso se duplica, la insonoridad se incrementa en 4db.

ABSORBENTES

Son materiales utilizados en el acondicionamiento acústico de los recintos, por su capacidad de absorberla mayor parte de la energía que reciben. Por tanto, al reflejar un porcentaje muy pequeño del sonido incidente, se evitan reflexiones indeseadas, que pueden perjudicarla acústica del local, al introducir distorsiones, etc.

En el campo profesional, la capacidad de absorción de estos materiales habrá sido calculada en laboratorios y en las especificaciones técnicas de cada material, vendrá dado su coeficiente de absorción y la frecuencia crítica para cada espesor determinado

Tipos de materiales en cuanto a su absorción

1. Materiales resonantes, que presentan la máxima absorción a una frecuencia determinada: la propia frecuencia del material.

2. Materiales porosos, que absorben más sonido a medida que aumenta la frecuencia. Es decir, absorben con mayor eficacia las altas frecuencias (los agudos). Cuanto más poroso es el material, mayores la absorción. Cuanto más denso es este material, igualmente es mayor la absorción, hasta cierto límite donde pasaría a comportarse como reflexivo, las densidades medias de estos materiales oscilan en torno a 80kg/m³. Otro factor a considerar es el espesor empleado, que cuanto mayor es, resulta efectiva la absorción a menor frecuencia (teóricamente un absorbente poroso empieza a ser efectivo a la frecuencia que 1/4 de su longitud de onda coincide con el espesor del mismo). Incluso su colocación, al separarlo de la superficie rígida (pared) donde se sitúa, mejora su absorción a más baja frecuencia. Los materiales porosos más comunes son las lanas minerales (de roca y de vidrio).

3. Absorbentes en forma de panel o membrana: absorben con mayor eficacia las bajas frecuencias (los graves), que las altas.

4. Absorbente Helmholtz: Es un tipo de absorbente creado artificialmente que elimina (absorbe) específicamente un determinado margen de frecuencias.

Una fuente de sonidos envía cierta cantidad de energía sonora contra una pared. La pared refleja una parte de ella y absorbe el resto

La proporción de la energía absorbida sobre la energía incidente es el coeficiente de absorción de la pared. la designamos con la letra α

Es un simple coeficiente que se expresa independientemente de los sistemas de unidades.

Existen tres elementos básicos que permiten llevar a cabo el acondicionamiento acústico de una sala: absorbentes, resonadores y difusores.

Absorbentes: Son materiales porosos que disipan la energía acústica transformándola en energía calorífica por rozamiento de su estructura interna. Suelen estar compuestos por fibras textiles, fibras vegetales, fibras minerales (fibra de vidrio, fibra de roca volcánica) o por espumas sintéticas (poliuretano, resina de melamina). Son muy efectivos para absorber frecuencias altas, pero su capacidad de absorción empeora conforme se reduce la frecuencia

Resonadores: Son dispositivos que utilizan una cavidad resonante (de ahí su nombre) para disipar la energía acústica. Se emplean para controlar las frecuencias más bajas. Como sólo son efectivos en un margen de frecuencias relativamente estrecho resultan muy útiles para controlar los modos propios de resonancia de las salas.

Difusores

Estos dispositivos son de gran utilidad las salas de pequeño tamaño tales como las que componen habitualmente el ambiente doméstico, ya que crean un campo acústico muy homogéneo. Tienen la propiedad de reflejar el sonido en todas direcciones independientemente del ángulo de incidencia del sonido (a diferencia de una pared plana que refleja el sonido especularmente, es decir, con un ángulo de reflexión igual al de incidencia).

AISLACION

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio, o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida.

Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico:

Factor másico. El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayores la atenuación. Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico.

Factor multicapa. Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, y que por lo tanto, tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda. Factor de disipación. También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente. Estos materiales suelen ser de poca densidad y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos. Así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos.

La reflexión del sonido puede atenuarse también colocando una capa de material absorbente en los paramentos de los elementos constructivos.

Resumiendo: el aislamiento del sonido consiste en impedir la propagación de este por medio de obstáculos más o menos reflectores, en cambio absorción es la disipación de energía en el interior del medio de propagación. Es pues muy importante distinguir entre el aislamiento y acondicionamiento acústico.

Hay que diferenciar entre aislamiento acústico y absorción acústica:

El aislamiento acústico permite proporcionar una protección al recinto contra la penetración del ruido, al tiempo, que evita que el sonido salga hacia el exterior.

En cambio, la absorción acústica, lo que pretende es mejorar la propia acústica del recinto, controlando el tiempo de reverberación, etc.

Por ello, los materiales aislantes son, generalmente, malos absorbentes. Es un hecho lógico, la misión de un aislante, si está colocado en el interior puede ser absorber el sonido que le llega, no obstante, colocado en el exterior, tendrá como misión reflejar la mayor cantidad de energía sonora que reciba, para impedir que penetre en el recinto.

Ahora bien, si nos referimos a estructuras, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos.

Para conseguir un buen aislamiento acústico son necesarios materiales que sean duros, pesado, no porosos, y, si es posible,

flexibles. Es decir, es preferibles que los materiales aislantes sean materiales pesados y blandos al mismo tiempo.

El plomo es el mejor aislante de todos ya que aísla del sonido y de las vibraciones.

Otros materiales aislantes son materiales tales como hormigón, terrazo, acero, etc. son lo suficientemente rígidos y no porosos como para ser buenos aislantes.

También actúan como un gran y eficaz aislante acústico, las cámaras de aire (un espacio de aire hermético) entre paredes. Si se agrega, además, material absorbente en el espacio entre los tabiques (por ejemplo, lana de vidrio), el aislamiento mejora todavía más.

También debemos considerar que el aislamiento acústico consiste en conseguir que la energía que atraviesa una barrera sea lo más baja posible, lo que supone el instalar materiales que tengan una impedancia lo más diferente posible a la del medio que conduce el sonido.

Así, si la transmisión se realiza a través del aire, las barreras deberán ser de materiales densos y pesados.

El aislamiento de un elemento constructivo es función de sus propiedades mecánicas y de la denominada Ley de Masas, por la cual, al aumentar de masa al doble, supone un incremento de 6dB (A) en el aislamiento acústico.

Cuando las ondas sonoras entran en contacto directo con la estructura del edificio, transmitiendo la excitación a esta, se habla de ruido estructural o de impacto. Estos serán

ruidos generados por el impacto entre sólidos tales como la caída de objetos al suelo, pisadas, etc.

Cuando las ondas sonoras entran en contacto directo con la estructura del edificio, transmitiendo la excitación a esta, se habla de ruido estructural o de impacto. Estos serán ruidos generados por el impacto entre sólidos tales como la caída de objetos al suelo, pisadas, etc.

Acústica en espacios abiertos

FALTA FOTO TATRO GRIEGO!

Esquema de teatro griego

En los espacios abiertos el fenómeno preponderante es la difusión del sonido. Las ondas sonoras son ondas tridimensionales, es decir, se propagan en tres dimensiones y sus frentes de ondas son esferas radiales que salen de la fuente de perturbación en todas las direcciones. Habrá de tener esto en cuenta, para intentar mejorar el acondicionamiento de los enclaves de los escenarios para aprovechar al máximo sus posibilidades y mirar como redirigir el sonido, focalizándolo en el lugar donde se ubique a los espectadores.

Los griegos construyeron sus teatros, donde las obras dramáticas y las actuaciones musicales, en espacios al aire libre (espacios abiertos) y aprovecharon las propias gradas en donde se ubicaban los espectadores (gradas escalonadas con paredes verticales) como reflectores, logrando así que el sonido reflejado reforzase el directo, de modo que llegaban a cuadruplicarla sonoridad del espacio que quedaba protegido por las gradas.

El tamaño de los teatros griegos, alguno de los cuales, gracias a sus propiedades acústicas, llegó a tener capacidad para 15.000 espectadores, no ha sido igualado.

Teatro moderno al aire libre

Los romanos utilizaron una técnica parecida, no obstante, la pared de las gradas no era plana, sino curva, lo que permitía que se perdiese

Menor cantidad de sonido y lo focalizaban mejor hacia un mismo punto (Planteamiento similar al del reflector parabólico). Sin embargo, los más grandes entre los romanos solamente tenían capacidad para unos 5.000 espectadores.

La pérdida de las condiciones se debió en gran parte a que la orchestra, que el teatro griego servía para reflejar el sonido, en Roma fue el lugar que ocupaban los senadores y otros cargos, con lo que empeoraron las condiciones.

Actualmente, se aprovechan los conocimientos que la cultura clásica nos ha legado y los recintos abiertos, se construyen con paredes curvas abombadas en forma de concha o caparazón.

Los materiales utilizados tienen propiedades reflectoras para facilitar el encaminamiento del sonido hacia donde se ubican los espectadores.

El problema es que no hay una respuesta en frecuencia no es uniforme y los graves llegan con mayor dificultad hasta el auditorio que los agudos.

Acústica en espacios cerrados

En los espacios cerrados, el fenómeno preponderante que se ha de tener en cuenta es la reflexión. Al público le va a llegar tanto el sonido directo como el reflejado, que si van en diferentes fases pueden producir refuerzos y en caso extremos falta de sonido.

Además, en el interior se ha de lograr la calidad óptima del sonido, controlando la reverberación y el tiempo de reverberación, a través, de la colocación de materiales absorbentes y reflectores acústicos.

Características acústicas de los estudios

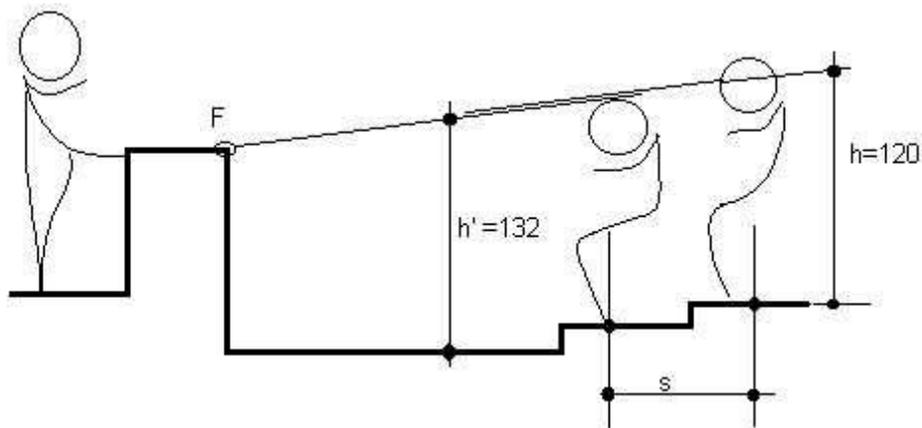
Las características acústicas de cada sala serán específicas para el uso que se le vaya a dar. Es importante que el campo sonoro de la sala sea difuso. Con ese fin, se podrán difusores, absorbentes, aislantes que permitan redistribuir uniformemente el sonido y aproximarse al campo difuso ideal.

CURVA DE PISO

Se refiere al diseño del perfil longitudinal de las plateas, según principios que aseguren que aseguren la buena visión y favorezcan accesoriamente la claridad de audición, ya que ésta depende en buena parte del hecho de que la fuente sonora pueda actuar directamente sobre los oyentes, sin interposición de obstrucciones.

Idealmente, desde todo asiento de una platea debería gozarse de una visión suficientemente libre, y además en el mismo grado desde cualquiera de ellos. De no existir entre los espectadores diferencias de altura debidas a la edad el sexo, tipo físico y posturas en la butaca, se lograría diseñado el perfil de la platea en forma tal que la visual desde cualquiera

de ellos hasta el punto de visión más difícil resultara rasante a la coronilla del espectador que está adelante.



Pese a que dicha igualdad física no existe, puede admitirse que se logran condiciones muy aceptables suponiendo que fuera siempre $h= 120$ cm. y $h'= 132$ cm, y diseñando el perfil en consecuencia, en realidad, lo que resulta determinante de la forma del perfil más que éstos valores, es la diferencia entre ellos: $h'-h= 12$ cm.

Aulas de demostración

La primera fila: La altura posible de un adulto sentado es $h= 120$ cm, de modo que el desnivel entre la superficie de la mesa y el piso de la primera fila, no debe superar ese valor. Idealmente debería ser menor, para que las visuales no resultaran rasantes.

La tarima: el máximo alto que puede darse a un aula de demostración será la diferencia entre 120cm y el alto de la mesa, es decir unos 30 cm.

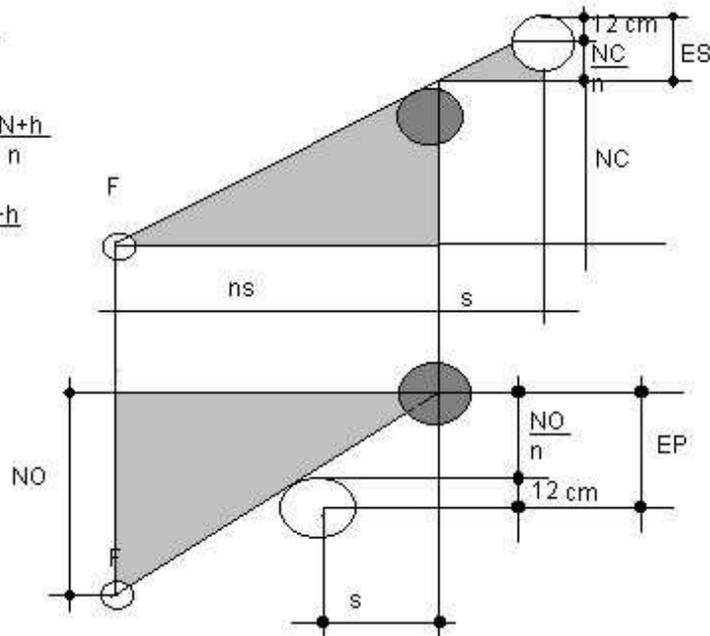
Desnivel entre filas consecutivas: Si el nivel de una fila con respecto al foco es N , y su distancia es n separaciones, tal como se indica en la figura de la página precedente, la altura EP del escalón que la precede, la altura ES del escalón que la sigue y la diferencia entre ambos valores, responden a las siguientes fórmulas.

N = Nivel de la fila al foco
 n = Distancia " " " "

$$ES = 12 \text{ cm} + \frac{NC}{n} = 12 \text{ cm} + \frac{N+h}{n}$$

$$EP = 12 \text{ cm} + \frac{NO}{n} = 12 \text{ cm} + \frac{N+h}{n}$$

$$ES - EP = \frac{h'-h}{n} = \frac{12 \text{ cm}}{n}$$



Perfil longitudinal del piso

La construcción del perfil por medios gráficos presenta diversos inconvenientes prácticos, por eso de entre los procedimientos parciales o totalmente analítico, basado en las relaciones anteriores, preciso, flexible, comparativamente rápido y fácil es el método de los incrementos. En éste los redondeo se deben hacer sobre los incrementos y no sobre los redondeos, para no acumular errores, en algunos casos los escalones resultan de hasta medio centímetro menos que el correcto, que es tanto como decir que algunas filas ($h'-h$) valdrán 11,5cm en lugar de 12 cm, si esto resultara inaceptable, la manera de proceder es calcular inicialmente la platea para una diferencia de 12,5cm.

Tampoco es ventajoso hacer redondeo por exceso, pues los excesos acumulados van elevando el nivel de las filas, con los valores originales ya no es correcto sino insuficiente.

Pisos de pendiente uniforme

Es de práctica corriente, llegado el momento de los planos definitivos, la de conservar el desnivel calculado, pero rectificando el perfil cóncavo previamente determinado. Sin embargo, al hacerlo, casi todos los escalones resultan de altura insuficiente: los superiores por efectiva reducción y los intermedios, porque, a causa de la rectificación, hay un ascenso de las correspondientes filas.

El desnivel resulta casi duplicado, sin que ello resulte ventajoso para las últimas filas.

Teatros

El problema del desnivel El caso de la sala teatral es semejante al aula de demostración, en cuanto al desnivel entre los pisos de la escena y el de la primera fila no puede superarlos 120cm, pero se diferencia en cuanto la máxima profundidad aceptable de un teatro (del orden de los 25m) es doble que la de un aula, y por lo tanto el desnivel entre filas extremas puede

resultar considerable, especialmente si se ubica el foco en las candilejas y la primera fila inmediatamente a su lado.

Este desnivel tan grande resulta a menudo inconveniente por diversas razones y en particular y excluyente la posibilidad de una platea alta, de modo que el perfil con un valor bajo de $h'-h$ del orden de los 6 a 8 cm, arguyendo que si se alterna en planta la disposición de las butacas, cada espectador puede ver por entre las cabezas de la fila inmediatamente anterior, y solo resulta obstruido por las de las siguientes.

Pero este procedimiento debería descartarse, pues la presunción acerca de la visión entre cabezas es más bien ilusoria, la alternación de butacas no elimina, ni siquiera reduce la obstrucción ya que solo cambian de ubicación en la planta de la sala las butacas privilegiadas, que siempre existen, desde las cuales no resulta obstruida la visual al centro del escenario.

La solución recomendada:

Manteniendo $h'-h = 12$ cm, pero desplazando el foco unos 3m hacia el interior del escenario y elevándolo 30 a 40cm, se obtienen en general para diversas profundidades de salas y diversas distancias a la primera fila desniveles del mismo orden que manteniendo el foco en las candilejas y utilizando el valor ilusorio $h'-h = 6$ cm, pero el perfil resulta de mayor concavidad, lo cual, a costa de un empeoramiento imperceptible en las condiciones de las primeras filas, produce una mejora considerable en las últimas, la supresión de las filas más cercanas a las candilejas es un medio eficaz para reducir el desnivel,

Así como también bajar tanto como sea posible el piso de la primera fila. La eliminación filas (por ejemplo, eliminar una sobre un total de 25) puede compensarse con una pequeña reducción del ancho de las butacas el descenso de la primera fila, por su parte puede justificarse especulando con la pendiente de la escena que permite una visión rasante pese a que el desnivel respecto del borde sea algo superior a los 120cm.

Cines y microcines

A diferencia de lo que ocurre en los teatros y aulas de demostración, la superficie que se mira aquí es vertical en vez de horizontal, de modo que ya no es necesario que los ojos del primer espectador estén a nivel del foco o más arriba, puede estar más abajo, sin otra limitación que la incomodidad que representa tener que mirar prolongadamente hacia arriba sobre un ángulo demasiado pronunciado.

Además, ya no es deseable acercar al máximo a los espectadores al foco, sino que la necesidad de abarcar visualmente toda la pantalla exige una distancia apreciable entre ella y las primeras filas

Los dos factores señalados, especialmente que la costumbre ha hecho aceptable que una parte del piso tenga pendiente negativa, son decir ascendente hacia la pantalla, elimina el problema de los grandes desniveles, tan importante y a veces molesto en el proyecto de teatros.

En el caso de los micro cines, salas cuya profundidad no supera los 25 m, y la capacidad no es superior a los 250 asientos, se ha considerado que, al desaparecer el problema del desnivel y por tratarse de locales pequeños los pisos planos horizontales o inclinados son alternativas quizás discutibles, pero no descartables.

Con respecto al problema del espacio perdido entre la pantalla y primera fila o de la incomodidad de los primeros espectadores, si el propietario insiste en ocupar la zona que debería estar libre, debemos tener en cuenta que el problema se agudiza cuanto más grande (alta) es la pantalla que se piensa instalar, de modo que conviene definir el punto en una etapa del proyecto tan temprana como sea posible, probablemente la altura de la pantalla adoptada resulte estar comprendida entre $1/5$ y $1/10$ de la profundidad de la sala.

Aulas comunes

El problema es aquí semejante al del cine, en cuanto se trata de mirar una superficie vertical (el pizarrón) pero se agrega una cantidad de variables: edad de los alumnos, especialmente muy diversos, asientos fijos o móviles (bancos frente a mesas corridas, sillas pupitres etc., uso más o menos intensivo del pizarrón posición más o menos del tronco del alumno que tomas notas, según el tipo de asiento y apoyo y otros.

Por ello, parece que la única recomendación básica que cabe al proyectista es no olvidar el problema de la visión libre de obstrucciones y proceder de acuerdo al criterio según las circunstancias.

LUMINOTECNIA

Magnitudes y unidades fundamentales

Magnitud	Símb	Unidad	Definición	Relación
Flujo luminoso	F Φ	Lumen lm	Flujo emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente luminosa de una candela	$\phi = I \cdot \omega$ $F = E \cdot S$ $F = B \cdot s$
Intensidad luminosa	I	Candela cd	1/60 de la intensidad luminosa x cm ² del cuerpo negro a temp. de fusión del platino	$I = \frac{\phi}{\omega}$ $I = E \cdot D^2$
Iluminancia	E	Lux lx	Flujo luminoso de un lumen que recibe una sup. de 1 m ²	$E = \frac{\phi}{S}$ Ley inversa del cuadrado Ley del coseno
Luminancia	L B	Candela . m ² Candela .cm ²	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie	$B = \frac{I}{S}$

LEY INVERSA DEL CUADRADO

Para un mismo manantial luminoso, las iluminancias en diferentes superficies situadas perpendicularmente a la dirección de la radiación son directamente proporcionales a la intensidad luminosa del foco, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa del mismo.

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

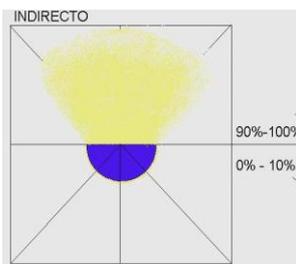
LEY DEL COSENO

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

$$E = \frac{I}{D^2} \times \cos. \alpha$$

SISTEMAS DE ILUMINACION

Se clasifican de acuerdo con la distribución del flujo luminoso vertical.



En el sistema indirecto del 90% al 100% del rendimiento de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, prácticamente toda la luz efectiva, en el plano de trabajo, va hacia abajo desde el

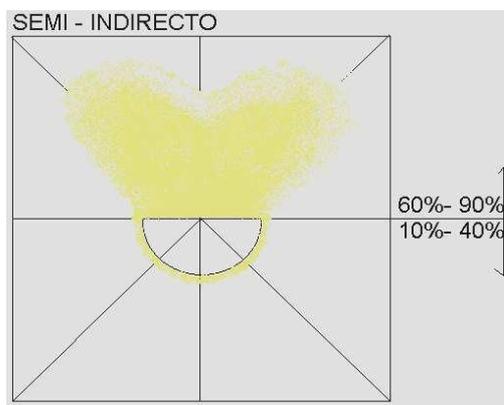
techo y en menor medida desde las paredes laterales y por último de la que procede directamente de la fuente.

Como el techo es la fuente de luz, la iluminación producida es bastante difusa, no genera sombras acentuadas, es suave y con pocos efectos de relieve sobre los objetos iluminados, creando una atmósfera íntima.

Desde el punto de vista cuantitativo, este sistema no es eficaz, pero la distribución sencilla, con ausencias de sombras y de brillo lo hace muy aplicable a oficinas, áreas particularizadas, debiendo tener en cuenta que como en este sistema la iluminación se da por reflexión, es importante que dichas superficies sean claras y se mantengan limpias y renovadas, con un acabado mate para evitarla imagen reflejada de la fuente de luz.

Las luminarias más recomendadas para este tipo de iluminación son las translúcidas porque la silueta se recorta menos contra el techo relativamente brillante, también este tipo de iluminación indirecta puede alcanzarse mediante molduras arquitectónicas, la longitud de suspensión de la luminaria o las proporciones de la moldura han de ser cuidadosamente seleccionadas para proporcionar una iluminación uniforme en el techo, al mismo tiempo que impide el brillo excesivo del mismo.

SISTEMA SEMI -INDIRECTO



Del 60% al 90% de la emisión luminosa de la luminaria se dirige hacia el techo en ángulos por encima de la horizontal, mientras que el resto se dirige hacia abajo.

Este sistema tiene las ventajas del sistema indirecto, pero es ligeramente más eficaz se prefiere a veces para lograr una mejor relación del brillo entre el techo y la luminaria en instalaciones de alto nivel luminoso, el medio difusor empleado en esta luminaria es vidrio

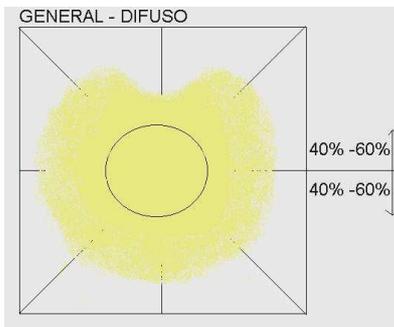
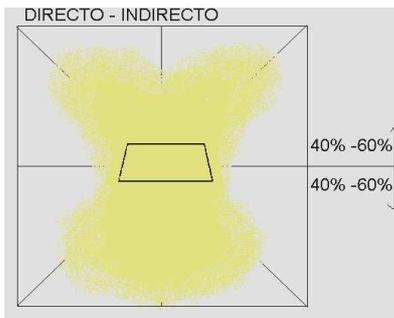
o plástico de densidad más baja que los empleados en el sistema anterior.

SISTEMA DIRECTO - INDIRECTO

En este caso del 40% al 60% de la luz se dirige hacia abajo en ángulos por encima de la horizontal.

La cantidad de iluminación existente sobre el plano de trabajo es resultado de la luz proveniente directamente de la luminaria, una cantidad importante se dirige hacia el techo y las paredes, si estas son de color claro la luz proporciona un fondo también claro, contra la que resalta la luminaria proporcionando una componente indirecta, que complementa de una manera material el carácter difuso de la iluminación.

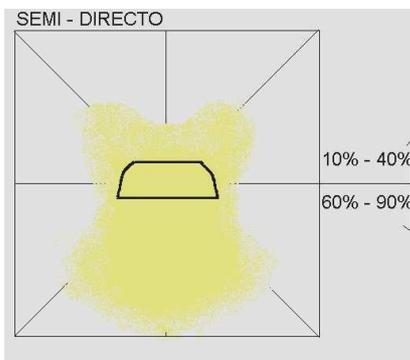
SISTEMA GENERAL DIFUSO



La diferencia entre la iluminación general difusa y la directa-indirecta, es la cantidad de luz producida en la dirección horizontal.

La iluminación general-difusa se caracteriza por el globo envolvente que distribuye la luz casi uniformemente en todas direcciones, mientras que la directa-indirecta produce muy poca luz en forma horizontal, debido a la opacidad de sus paneles laterales generalmente este tipo de luminarias presentan una protección en la parte inferior, paneles plásticos, de vidrio, celdillas, etc.

SISTEMA SEMI -DIRECTO

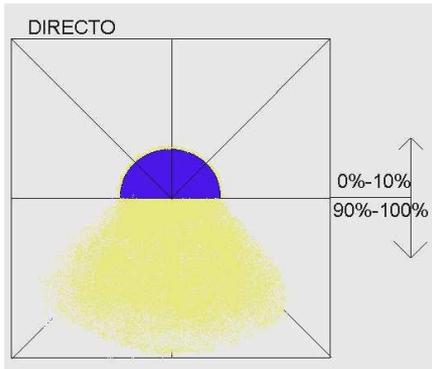


Del 60% al 90% de la luz es dirigida en estas luminarias hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal, el nivel de iluminación sobre el plano de trabajo es fundamentalmente la luz proveniente de la luminaria.

La porción de luz dirigida hacia el techo en una componente indirecta, es relativamente pequeña, y su función es la de hacer más brillante el área del techo alrededor de la luminaria, con el resultado de bajar o disminuir el contraste de brillos.

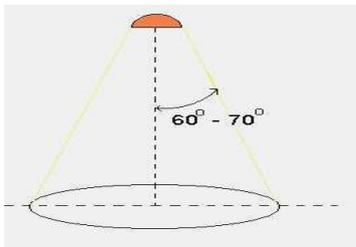
Un ejemplo de este tipo de iluminación la dan las luminarias fluorescentes con protectores cilíndricos de vidrio, o las pantallas de vidrio, de base abierta, para lámparas fluorescentes.

SISTEMA DIRECTO

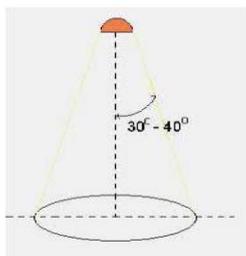
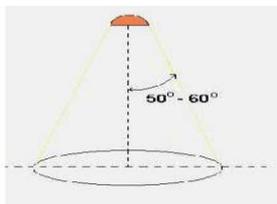


Del 90% al 100% de luz se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal, este sistema es el más eficaz productor de luz desde un punto de vista cuantitativo, porque no existe absorción en el techo, y muy poca en las paredes.

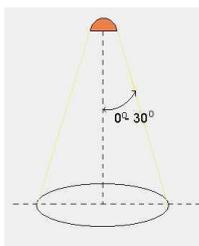
LAS LUMINARIAS PUEDEN CLASIFICARSE COMO EXTENSIVAS,



SEMIEXTENSIVAS



SEMI-INTENSIVAS



INTENSIVAS,

Correspondiendo a las primeras una curva de distribución que es más ancha en sentido horizontal que lo que es en sentido vertical, y, la última a una curva bien estrecha donde el ángulo que forma el eje y la curva, no supere los 30° .

La selección de esta forma de distribuirla luz por medio de la luminaria, se debe exclusivamente a la altura del local.

En locales de hasta 4 m. de alto la distribución debería ser extensiva, de 4m a 6m semi-extensiva, de 6m a 8m semi-intensiva, y en locales de más de 10m, intensiva, la razón es que a medida que el local se va haciendo más alto la iluminación en las partes altas de las paredes no es necesaria, por lo que la apertura del ángulo se va estrechando a medida que la altura del local aumenta, también se recomiendan usar el tipo intensivo cuando es necesario proporcionar iluminación dentro de un área relativamente estrecha.

Se obtienen iluminaciones adicionales cuando por encima de las fuentes se colocan superficies reflectoras, y se controla la iluminación directa de la fuente, mediante difusores acrílicos que se añaden a la luminaria.

Tipos de lámparas

Las lámparas cuyo origen es la TERMORRADIACIÓN, irradian calor y luz, dentro de ellas se encuentran las incandescentes, como las comunes, de ampolla clara, las dicroicas, argentas, cuarzo-yodo, etc. y las que su origen es la LUMINISCENCIA, funcionan bajo el principio de descarga eléctrica en el seno de un gas, y corresponden a las fluorescentes, de vapores metálicos (sodio, mercurio,) y dulux, entre otras.

Las del primer grupo tienen un bajo rendimiento luminoso, entre un 3% a un 10% según tipo y potencia, como compensación su

construcción es sencilla, su funcionamiento simple, sin necesidad de accesorios de conexión, también tienen encendido y reencendido instantáneo a pleno flujo luminoso, pueden utilizarse como dimmers, las más económicas del mercado, aumentando el rendimiento con la potencia, todas las lámparas están sometidas a un envejecimiento natural, debido a la evaporación del filamento incandescente, su duración media es de 1.000hs.

En las del segundo grupo la vida útil de éstas lámparas son de 5.000 hs a 7.000hs, según los tipos, si el tiempo de funcionamiento es de seis horas, aumenta un 20%, y si su funcionamiento alcanza las 12hs, el aumento es de hasta un 60%. El flujo luminoso de éstas lámparas, o sea la cantidad de luz que emiten es para 40W, de la variedad blanco frío es de 3.200lm, una lámpara incandescente standard, de 100 W de potencia, tiene un flujo luminoso de 1.380lm.

Deslumbramiento

El deslumbramiento es un fenómeno fisiológico que reduce la capacidad visual, debido a un exceso de luminancia a la que el ojo no puede adaptarse, produciendo molestias, interferencias en la visión o Fatiga visual.

Puede producirse directamente, cuando la propia fuente de luz se encuentra dentro del campo visual, o indirectamente, cuando se halla fuera del campo visual, pero su luz la recibe el ojo reflejada por superficies que poseen un alto grado de reflexión.

El deslumbramiento excesivo, se puede evitar utilizando difusores que no permitan la visión directa de las lámparas que estén dentro del ángulo de visión.

El color

Todas las fuentes de luz artificial tienen un espectro de emisión de luz, que es distinta de la que emite el sol, como el color de un objeto depende de su forma de reflejar, pero también de la luz que incide sobre él; distintos tipos de lámparas pueden producir sobre un mismo elemento diferentes impresiones de color

Para compararlas características cromáticas de las fuentes luminosas se utiliza un índice que se denomina rendimiento del color, o Ra

Si el índice Ra de la lámpara vale 100 quiere decir que la reproducción cromática es lo más parecida a la luz diurna, si es menor, es distinta, tanto más diferente como el valor del índice Ra, cuanto mayor sea este índice, mejor será su reproducción cromática, las variables dependerán de las actividades que se van a desarrollar en el local que se quiere iluminar.

LUMINARIAS

Las luminarias son los aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas, y conectarlas al circuito de alimentación.

Las luminarias se clasifican de acuerdo a la simetría con que distribuyen el flujo luminoso emitido. Así encontramos

a) Luminarias de distribución simétrica

En éstas el flujo luminoso, se reparte simétricamente respecto al eje de simetría y la distribución espacial de las intensidades luminosas, pueden representarse con una sola curva fotométrica.

b) Luminarias de distribución asimétrica.

En ellas el reparto del flujo luminoso no se hace en forma simétrica, y la distribución espacial de las intensidades luminosas puede expresarse mediante un sólido fotométrico.

¿Qué es un sólido fotométrico? Y ¿qué es una curva de distribución luminosa?

El conjunto de las intensidades luminosas de una fuente de luz, en todas direcciones, se denomina distribución luminosa.

Las fuentes de luz, o luminarias tienen una superficie más o menos grande, cuya intensidad depende exclusivamente de la construcción de la luminaria, presentando valores diversos en las diferentes direcciones.

Se pueden medir con aparatos especiales los valores de intensidad luminosa en todas las direcciones del espacio con respecto a un eje vertical.

Si representamos por medio de vectores la intensidad luminosa de un manantial en diferentes direcciones del espacio, obtendríamos un cuerpo llamado —sólido fotométrico“.

Haciendo pasar un plano por el eje de simetría del cuerpo luminoso, se obtiene una sección, limitada por una curva, que se denomina curva de distribución luminosa, o curva fotométrica

Mediante esta curva de distribución luminosa se puede conocer con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, dato muy útil para algunos cálculos de iluminación.

¿Cuáles serían las consideraciones que deberíamos tener en cuenta para no ser simples operadores de un programa informático?

Fundamentalmente debemos proyectar lumínicamente el local a considerar, esto es tomar decisiones en cuanto a cuál es el objetivo que procuramos lograr, que no siempre se refiere a la cantidad de luz, sino a las intenciones que queremos lograr: climas especiales, escenografías, atraer al cliente, lograr su permanencia, o por el contrario apurar su decisión y lograr fluidez en la circulación de posibles compradores, en el caso de un comercio por ejemplo.

Conociendo las pautas que nos fijamos en el proyecto, siendo claros con los objetivos propuestos lograremos con simples cálculos matemáticos arribar a las soluciones buscadas.

Cuando los cálculos se realizan en forma manual deberemos tener en cuenta el factor de conservación, que es la pérdida del flujo luminoso, debido al envejecimiento natural como al polvo o suciedad que puede depositarse en ellas ya la pérdida de reflexión o transmisión de la luminaria por los mismos motivos.

Este oscila entre 0,50y0,80, correspondiendo el valor más alto a instalaciones situadas en locales limpios, con luminarias cerradas y lámparas de baja depreciación luminosa, en donde se efectúan limpiezas frecuentes, reposiciones de lámparas en forma grupal o total, una vez cumplida su vida útil, mientras que el valor más bajo corresponde a locales polvorientos o sucios con un eficiente mantenimiento de toda la instalación.

Otro elemento que debemos tener en cuenta es la altura a la que se deben suspenderlas luminarias, en el caso que no sean empotradas.

Estas alturas dependen de las luminarias que necesiten destacarse o no, no es lo mismo una luminaria con una lámpara fluorescente, que una con un globo opalino, evidentemente en ésta última el diseño de la luminaria también es un elemento decorativo además del funcional, por lo que además deberá tenerse en cuenta las superficies reflectantes, techo, paredes próximas al techo o cielorraso:

La altura mínima $h = \frac{2}{3} h'$

La altura aconsejable $h = \frac{3}{4} h'$

La altura óptima $h = \frac{4}{5} h'$

Donde h es la altura desde el plano de trabajo a un plano por donde pasan las luminarias que coinciden si son empotradas, y h' es la altura desde el plano de trabajo al techo, cobrando importancia cuando el tipo de distribución es indirecto o semi-indirecta por la reflectancia de éste

Los valores que se hallan deben redondearse en un número entero, para facilitar la tarea de colocación y exactitud del corte de cables de suspensión.

Las distancias entre luminarias también deben tenerse en cuenta sobre todo si la actividad visual es importante, para que en el lugar situado debajo de dos de ellas se tenga aproximadamente la misma cantidad de iluminación sobre el plano de trabajo, y siempre y cuando la necesidad sea la uniformidad en la iluminación.

Según la abertura del haz de la luminaria deberá ser

- Para locales de hasta 4mt : extensiva
- Para locales de más de 4mt hasta 6mt: semi-extensiva.
- Para locales de más de 6mt hasta 10mt: semi-intensiva.
- Para locales de más de 10mt: intensiva.

La razón de esto es, que a medida que el local se va haciendo más alto, mayor deberá ser la concentración del haz para iluminar el plano de trabajo (que no debe superar el metro), y no desperdiciar iluminación en los planos superiores del recinto a iluminar, donde no se necesita, y que significa en definitiva una pérdida, tanto de flujo luminoso, como económico.