

Algunos datos sobre Luminotecnia

por Eduardo Carvajal, ingeniero

En nuestro artículo anterior sobre Luminotecnia, indicamos que la luz, tal como la produce una lámpara eléctrica, no es aprovechable racionalmente; puede ser considerada la luz así producida como un "producto en bruto" que precisa refinarse, evitando sus inconvenientes, y obtener su total aprovechamiento, modificando, si es preciso, sus características iniciales y procurando, en suma, adaptarlo al fin en que haya de utilizarse.

Los fenómenos de que la Luminotecnia se sirve para conseguir los fines antes indicados, son los de absorción, reflexión, refracción y difusión, fenómenos cuyas leyes generales son lo suficientemente conocidas para evitarnos insistirnos sobre ellas. Nos limitaremos, por tanto, a hacer resaltar algunas particularidades de interés íntimamente relacionadas con la Luminotecnia.

Absorción.—Además de variar con la naturaleza del objeto iluminado y su color, varía también con la calidad de la luz. El color a cuya radiación corresponde mayor longitud de onda, o sea, el rojo, es el que tiene mayor fuerza de penetración, siendo más refractario a dejarse absorber. Por tanto, todas las señales de alarma, salidas para caso de incendio, etc., deben hacerse con flechas o "letras rojas". El color rojo es visible a través del humo, la niebla y el polvo, lo que no ocurre con los colores de menor longitud de onda, que son absorbidos o reflejados total o parcialmente.

La absorción de luz por los diferentes colores tiene una importancia capital en decoración, ya que hasta

ahora, por regla general, los proyectos de líneas eléctricas para alimentación del alumbrado se vienen estudiando antes que los detalles de decoración estén ultimados. Si tenemos en cuenta que hay colores como el "rojo cardenal", que absorben hasta un 86 por 100 de luz blanca, se comprenderá lo necesario que es dar normas al instalador electricista, que puede encontrarse al final con que sus redes son insuficientes, o bien necesita calcular previamente, con un gran margen, lo que siempre es antieconómico. Para evitar las pérdidas de luz por absorción, precisa decorar en tonos muy claros el techo y los dos tercios superiores de las paredes, sea cualquiera la clase de alumbrado que se emplee.

Reflexión.—Conviene distinguir dos clases de reflexión: la producida por las superficies vitreas, porcelana, hierro esmaltado, etc., que no es "selectiva", esto es, que siendo casi igual al factor de reflexión para los diferentes colores, la luz reflejada no se altera, aunque los factores de reflexión correspondientes son bajos y los reflectores metálicos o de vidrio metalizado, que son selectivos, dando distinto factor de reflexión para distintas longitudes de onda y modificando, por tanto, la calidad de la luz reflejada. Es cuestión interesante que debe tenerse en cuenta al proyectar aparatos de alumbrado o efectos decorativos a base de luz y metal, actualmente muy en boga.

La plata es el metal que posee el factor de reflexión más elevado, llegando a un 90 o 92 por 100. Sólo reflejan mal las radiaciones violeta, no descomponiendo, por tanto, apenas la luz. De aquí el frecuente empleo de los reflectores de cristal plateado o azogado con preferencia a los reflectores vitreos, cuyo factor de reflexión es mucho menor.

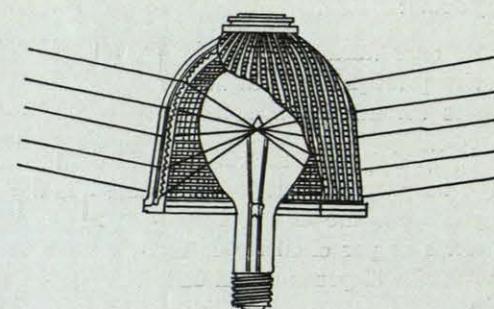
El oro o metales dorados reflejan bien el amarillo, naranja y rojo, y, por tanto, la luz reflejada es de tonos muy calientes. En Alemania actualmente se emplea mucho esta clase de reflectores para aparatos de alumbrado interior de carácter decorativo; dan un tono de luz que agrada extraordinariamente a las señoritas.

Después de la plata, deben colocarse el aluminio pulimentado (reflexión de 67 a 70 por 100), el metal cromado pulimentado (de 61 a 62 por 100).

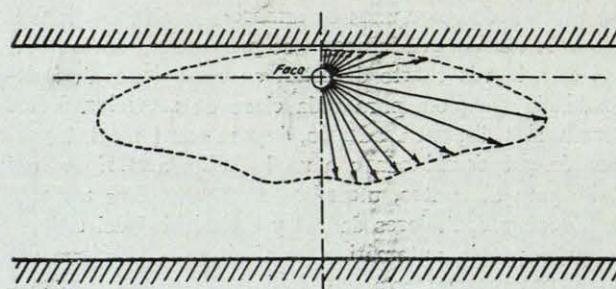
El elevado poder reflector de los metales desaparece casi por completo en cuanto están sucios, bien por acción química o simplemente empolvados.

En cuanto al poder reflector de los colores, puede variar desde un 84 por 100 para el blanco, hasta prácticamente cero para el negro de humo. En tonos muy claros, los grises, amarillos y verdes reflejan de un 63 a un 67 por 100, en tanto que los azules y rojos no pasan de un 50 por 100 en sus tonalidades más claras.

Refracción.—De las múltiples aplicaciones que de la refracción se hacen en Luminotecnia, daremos sólo unas ideas referentes a sus aplicaciones al alumbrado público, problema que entendemos debe interesar al arquitecto.



1. Aparato refractor para alumbrado público.



2. Curva asimétrica de distribución de luz.

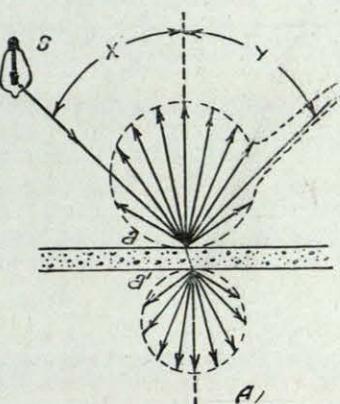
Hasta hace poco tiempo, en el alumbrado público se han venido empleando solamente aparatos con un eje de giro vertical que distribuyen, por tanto, la luz de modo simétrico en forma de cono luminoso, cuyo vértice está en el foco de luz, y cuyo ángulo es más o menos abierto según la curvatura del reflector. Fácilmente se comprende que con un aparato de esta clase colocado en el borde de una acera y con un cono luminoso de suficiente amplitud para que la luz llegue al centro de la calzada, se ha de perder gran cantidad de luz en alumbrar las fachadas de las casas próximas a los focos. Esta luz puede considerarse como perdida, ya que el objeto del alumbrado público es alumbrar el pavimento; pero además es perjudicial, porque destruye el efecto artístico del alumbrado de los escaparates y dificulta la visión del interior de los mismos, por los reflejos que la luz de la calle produce en las lunas.

Todos estos inconvenientes se evitan con los aparatos de distribución "asimétrica", fundados en la refracción, de los que damos un ejemplo en la figura primera. La lámpara se coloca en el interior de una doble campana de vidrio prensado, cuyo elemento interior es liso en la cara que da a la lámpara y lleva una serie de prismas horizontales en la cara opuesta; es evidente que según se disponga la orientación de estos prismas dirigirán los rayos luminosos en el sentido más conveniente. La parte exterior de la campana, igualmente de vidrio prensado, lleva interiormente una serie de prismas verticales, cuyo objeto es difundir la luz, y es lisa en su parte externa.

Con estos aparatos se pueden obtener distribuciones

ciudad de noche, sobre todo en sus grandes vías, es de un interés extraordinario y está supeditado única y exclusivamente al empleo que de la luz se haga.

No alcanzamos a comprender cómo el arquitecto se inhibe en este problema tan interesante. Parece lógico que tanto en el alumbrado público general, muy



5. Transmisión de la luz en cristal opalino.

especialmente en el de carácter ornamental y en el empleo de las muestras comerciales y letreros luminosos, cada vez más extendido, debiera tener intervención muy directa el arquitecto, ya que es un problema de armonía en el conjunto, esto es, un problema de composición.

En lo que a los letreros luminosos se refiere, parece natural que el tipo y forma de ellos habría de tener algún nexo de unión con el edificio en que aparecen, de modo que no destruyan el conjunto armónico del mismo, sino que, por el contrario, llegasen a ser un elemento decorativo más que valorase el conjunto. Esto no se podrá conseguir hasta que los arquitectos no se interesen por el problema, imponiendo normas que eviten que edificios de hermoso aspecto se transformen durante la noche en un conjunto abominable de letreros deslumbrantes, que enmascaran las líneas y la calidad de las fachadas, que con tanto cuidado fueron proyectadas.

Hay, por tanto, que preocuparse de esta cuestión y ver si se limita el mal gusto de los industriales que fabrican estos letreros y de los comerciantes que los adoptan, sin otra preocupación que su propio anuncio. Entendemos que el procedimiento para conseguirlo es muy sencillo: bastaría que el propietario de un inmueble, antes de conceder la autorización para colocar uno de estos letreros, consultase con su arquitecto.

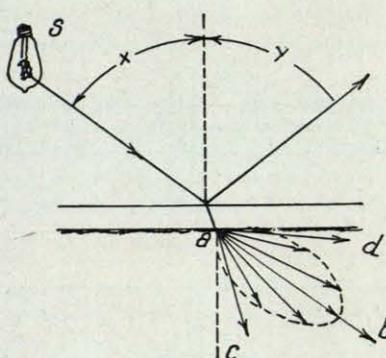
Difusión. Vidrios difusores.—En nuestro artículo anterior definimos como "brillo" de un cuerpo luminoso o iluminado, su intensidad lumínosa por centímetro cuadrado.

El ojo humano no puede tolerar, sin sentir las molestias del deslumbramiento, valores de brillos superiores a "media bujía" por centímetro cuadrado, y en el filamento de las lámparas de incandescencia modernas se llega a valores de "mil" bujías por centímetro cuadrado, que los ojos, naturalmente, no pueden soportar.

Mediante la difusión de la luz se disminuye la intensidad específica; suprimiendo el deslumbramiento y



3. Reflexión difusa.



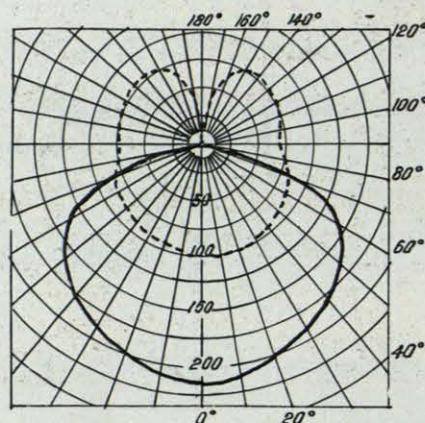
4. Transmisión de la luz en cristal deslustrado.

tan variadas como se precise, de las que es un ejemplo, en proyección horizontal, la figura segunda.

Decíamos al principio de este párrafo, que entendemos que el arquitecto debe interesarse en el problema del alumbrado público, que hoy creemos tiene abandonado por completo, ya que el aspecto de una

apoyándonos en sus leyes, es como únicamente podemos llegar a obtener efectos artísticos de la luz.

La difusión se puede obtener por reflexión simple o por reflexión y transmisión. La primera clase (figura tercera) es el fundamento de la iluminación indirecta. Si un rayo de luz incide sobre una superficie



6. Curva fotométrica de aparato simétrico.

opaca irregular y de poco poder absorbente, la reflexión se efectúa en la forma que indica la figura, descomponiéndose el rayo primario en otros varios de distinta orientación; la superficie reflectora (escayola, superficies pintadas al temple o al óleo mate, etc.), puede suponerse formada de pequeños planos de orientaciones distintas, cada uno de los cuales es un pequeño espejo que da nacimiento a un rayo secundario reflejado.

Si la superficie sobre la que cae el rayo primario es translúcida, hay luz reflejada y luz difundida por transmisión.

En esta segunda especie de difusión debemos distinguir dos tipos: difusión por vidrios "deslustrados" y por vidrios "opalinos".

En la primera clase (figura cuarta) el haz incide sobre la superficie lisa del vidrio, sufre parcialmente una reflexión normal primero, después se refracta, y por último, choca con la superficie rugosa, que está formada, lo mismo que decíamos antes, de planos diferentemente orientados, y queda finalmente descompuesto en los rayos secundarios. Como el espesor que se puede dar a la capa difusora es limitadísimo, bien se trate de vidrio deslustrado al ácido o esmerilado, es difícil evitar que algún rayo luminoso, como el "b", después de sufrir la refracción simple, salga al exterior en dirección paralela a la de incidencia, y mirando en esa dirección veremos el punto luminoso; inconveniente que destruye por completo cualquier efecto artístico y que se evita con el empleo de vidrios opalinos. El inconveniente que apuntamos se puede amortiguar, bien disminuyendo la intensidad unitaria de los puntos de luz y aumentándolos, lo que no es económico por el poco rendimiento de las lámparas pequeñas, o separando los puntos de luz de los cristales, cosa no siempre posible, ya que en la mayoría de los casos se dispone de poco espacio.

En resumen, las únicas ventajas que ofrece el vidrio deslustrado es su poca absorción de luz, que puede variar de 3 a 8 por 100, según su calidad, y ser más

barato que el opalino; pero el poderse ver a su través los puntos luminosos lo hace poco recomendable, salvo en casos muy excepcionales.

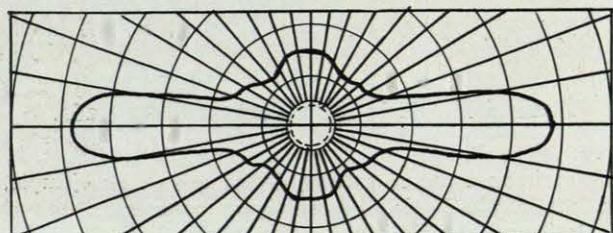
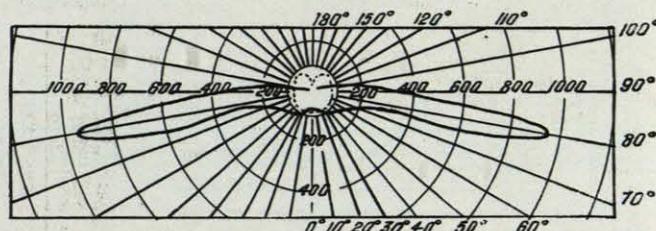
Los vidrios opalinos se obtienen incorporando a la masa del vidrio ordinaria en fusión algunas substancias, tales como cloruro, sulfatos, fosfatos y aluminatos de sodio y calcio, y sobre todo, actualmente, la "criolita", que es un fluoruro doble de aluminio y sodio; se obtienen determinados compuestos que se separan de la masa en el momento del enfriamiento, dejando el vidrio de ser translúcido para convertirse en opalino, quedando convertido en una mezcla de gránulos transparentes suspendidos en una masa también transparente, pero con distinto índice de refracción. Estos gránulos afectan generalmente la forma esférica, y su número y forma dependen de la manera de trabajar el vidrio, e influyen, naturalmente, en las condiciones difusoras del vidrio. La precipitación en forma de esferulitas es la que siempre se persigue, por estar demostrado que esta clase de vidrios absorben mucha menos luz.

El tamaño de estas esferulitas tiene también una importancia extraordinaria, pues de él depende que el vidrio sea selectivo, esto es, que obre de distinta manera para los distintos colores, circunstancia que conviene evitar, habiendo determinado por ensayos micrográficos que el mejor tamaño en las esferulitas es de 1,2 micrones.

La difusión en el vidrio opalino se efectúa, como muestra la figura quinta, sufriendo la luz primero una reflexión parcial difusa y una difusión perfecta después de atravesar el vidrio.

La difusión puede efectuarse perfectamente sin necesidad de que toda la masa del vidrio sea opal, bastando con una capa opalina delgadísima en una de las caras del vidrio ordinario; de esta forma se disminuye la absorción de luz. De la misma manera, los vidrios opalinos de color están formados por una capa coloreada en una de las caras de un vidrio opal.

En cuanto a la pérdida de luz por absorción, en un vidrio opalino blanco de 1,8 a 3 mm. de grueso, varía de 3 a 10 por 100, y en los de color para gruesos de 2 a 3 mm. son los siguientes: rojo, 29 a 34 por 100; na-



7. Curva fotométrica de aparato asimétrico (vertical y horizontal).

ranja, 22 a 31 por 100; amarillo, 20 a 23 por 100; verde, 30 a 31 por 100; azul, 30 a 32 por 100.

El empleo que en arquitectura se hace de estos vidrios en España es reducido en comparación con lo profusamente que se emplean en Holanda y Alemania, cunas de la arquitectura moderna. Achaquemos esta restricción al elevado precio a que nos llega de Alemania y Checoslovaquia, donde casi exclusivamente se fabrica; pero a pesar de todo, le auguramos un porvenir brillante, no solamente por su continua aplicación en el Extranjero, donde constituye la base de la llamada en Alemania "arquitectura luminosa", sino porque sus posibilidades son inagotables, sobre todo empleado en formas curvas o tratadas al chorro de arena, mediante el cual se hace desaparecer la capa opalina o de color, lo que se presta a combinaciones muy interesantes, permitiendo sacar un enorme partido de este vidrio como elemento de decoración. Estas operaciones de curvar el vidrio plano bajo cualquier radio y tratar al chorro de arena, se hace en España en la actualidad de modo perfecto.

Sistemas de alumbrado. — Resultado de las posibilidades de que disponemos para dirigir la luz, son las tres clases fundamentales de alumbrado interior: el directo, el semidirecto y el indirecto, cuyas denominaciones no precisan mayor aclaración.

El alumbrado directo es el más económico, propio, por tanto, para alumbrado público, grandes superficies cubiertas, fábricas, etc. Puede obtenerse con armaduras profundas o planas. Las primeras ocultan la lámpara en su interior, evitando el deslumbramiento; pero el cono de luz proyectado es muy cerrado, lo que precisa multiplicar los puntos luminosos. Este sistema, por tanto, es más adecuado para el alumbrado "individual", tableros de dibujo, máquinas herramientas, etc. Las armaduras abiertas o planas proyectan un cono de luz abierto cubriendo más espacio; el inconveniente del deslumbramiento se evita elevando los puntos de suspensión.

El alumbrado semidirecto, denominación no muy propia, es algo más caro, puesto que en él interviene la absorción del cuerpo transparente que interponemos entre la lámpara y el plano de utilización. Es el adecuado para oficinas, escuelas, etc.; en una palabra para todos aquellos lugares en que se somete a los ojos a un trabajo largo y penoso, como es la lectura continuada, contabilidad, etc. Hay que tener en cuenta que el trabajo sobre el papel blanco produce el deslumbramiento por reflexión, que es el más peligroso porque sus efectos son lentos, por lo que se diferencia del directo, en el que el haz luminoso produce un verdadero "impacto" sobre la retina, agotándola momentáneamente y produciendo una ceguera momentánea, de la que instintivamente nos defendemos en el acto. En el



Iluminación a base de cristal opalino.

(Nueva York: Irving Luchen Club.)

deslumbramiento producido por reflexión de la luz sobre el papel, por el contrario, los ojos se esfuerzan, la sensación de desagrado es soportable; pero el trabajo de la vista defectuoso, y prolongado este trabajo hasta más allá de ciertos límites, se producen disturbios en el organismo, generalmente fuertes neuraigias, que achaquemos generalmente a debilidad nerviosa por exceso de trabajo, cuando no son más que efecto de una luz inadecuada o mal distribuida.

El alumbrado indirecto no hay que decir que es el más caro; pero es el único que brinda al arquitecto amplio



Iluminación interior a base de cristal opalino.

(Escuela de Investigaciones Sociales.—N. Y.)



Publicidad luminosa. Luz indirecta.

Berlin.

campo para su arte. Precisa, sin embargo, en su empleo no olvidar las leyes básicas de la Luminotecnia.

Un alumbrado general indirecto tiende a suprimir las sombras, a unificar el brillo de los objetos, aplanándolos, y, por tanto, a destruir el efecto plástico; y de la misma manera que los pintores no eligen para pintar sus cuadros la hora del mediodía, en que el sol no proyecta apenas sombra, aunque la luz es muy intensa, creemos que el arquitecto, al enfocar un problema de alumbrado de una gran sala de lujo, no debe preocuparse, como lo haría el técnico, de la luz, de que todos y cada uno de sus rincones queden adecuadamente alumbrados, sino, por el contrario, buscar contrastes y combinar los efectos de luz y sombra, de modo que el efecto plástico valorice la decoración y la luz venga a ser un elemento decorativo más dentro de la armonía del conjunto. Una adecuada combinación de las diversas clases de alumbrado es, evidentemente, lo que en cada caso dará la mejor solución.

Curvas fotométricas. — La forma en que cada aparato distribuye la luz queda expresada por su curva fotométrica, que viene a ser, por decirlo así, el "retrato" del aparato en cuestión. Estas curvas expresan en coordenadas polares la intensidad correspondiente a un rayo luminoso que sale del aparato bajo un ángulo conocido.

En la figura 6.^a se representan: la curva llena, la distribución simétrica correspondiente a un reflector corriente de tipo abierto, y la de puntos, la que produciría la lámpara desnuda sin aparato reflector.

En la figura 7.^a reproducimos las curvas (vertical arriba y horizontal abajo), correspondientes a un reflector asimétrico de alumbrado urbano, propio para ser colocado en el eje de una calle, conviniendo, por tanto, que la distribución se haga en forma de curva alargada, para que las zonas luminosas de los distintos focos se enlanzen entre sí, y recogiendo, en cambio, el flujo luminoso lateralmente. Igualmente en la curva vertical de puntos se representa la correspondiente a la lámpara desnuda.

Estas curvas, indispensables para los cálculos, son de grandísimo interés y constante manejo entre todos los que se ocupan en cuestiones de luz.



Anuncios luminosos a base de cristal opalino.