

VENTANAS

II

Por ENRIQUE LANTERO y
DAMIAN GALMES, Arquitectos

En la *Building Research Station*, H. Dufton ha desarrollado un sistema de ábacos que permiten la determinación rápida del factor de iluminación de un punto cualquiera del interior de un local iluminado por la ventana que sea.

Estos ábacos vienen montados sobre semicírculos, y se presentan en cinco series, que abarcan: una, los huecos sin cristal; otra, los huecos con cristal vertical; otra, huecos con cristal a sesenta grados; otra, a treinta, y, por fin, una para huecos con cristal horizontal. El empleo de estos ábacos se ilustra en la figura correspondiente. Este método ilustra claramente que la forma y tamaño de las ventanas, su situación respecto al punto cuya iluminación se estudia, así como los elementos que se interponen entre ella y la fuente luminosa, son decisivos para la iluminación que el punto recibe. Este método práctico y de aplicación rápida no resuelve el

caso de las ventanas que dan a patios, pues no tiene en cuenta la iluminación refleja.

Para el caso de locales con luces a patio recomendamos la aplicación del método analítico del coeficiente de rendimiento. Método de aplicación más engorrosa, pero el más exacto para estos casos.

El proyectista en posesión de estos métodos, que le permiten conocer el valor del factor de iluminación en cada punto del local que debe iluminar, tiene en sus manos los medios para comprobar si esta iluminación es buena o deficiente.

El fin que debe perseguir el proyectista es conseguir en los locales una iluminación uniforme, sin grandes diferencias de intensidad entre las diversas zonas, y evitar, en lo posible, los contrastes fuertes, que resultan en fatiga para el ojo.

Con los métodos descritos puede comprobarse la iluminación en cada punto; pero para conseguir la distribución deseada de luz dentro del local debe recurrirse al empleo de artificios que cambien, según nuestras necesidades, las características de la luz recibida. Estos artificios deben afectar a:

- La cantidad de luz que entra.
- Su dirección y zonas directamente iluminadas.
- La calidad de la luz (difusión y color).

Fig. 14.

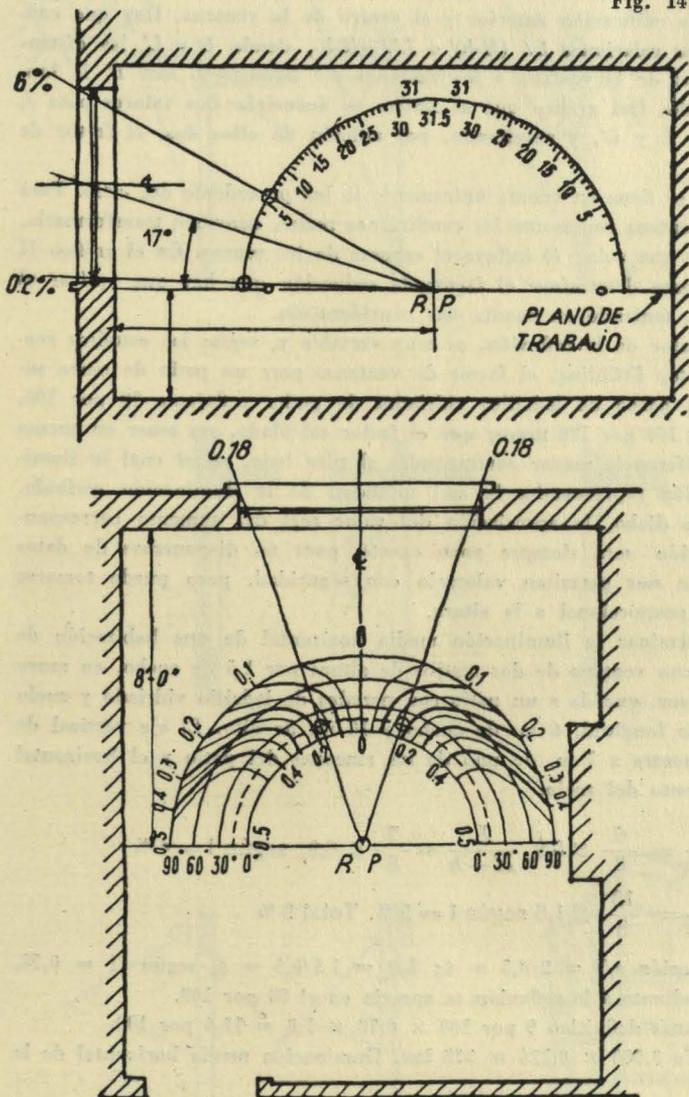


Figura 14.—Aplicación de los ábacos de Dufton. La figura muestra la planta y sección de la habitación que se va a estudiar. El estudio se refiere a un punto cualquiera situado en el plano de trabajo que llamamos Punto de Referencia (PR).

Se coloca el ábaco sobre la sección vertical con centro en PR, se trazan las líneas a los extremos superior e inferior de la ventana y a su centro y se determinan las lecturas de los radios extremos. Estas dos lecturas restadas nos dan el factor de iluminación que proporcionaría esta ventana en el punto de referencia en el caso ideal de que se prolongasen indefinidamente en sentido horizontal. Para corregir la lectura al ancho real de la ventana se coloca el otro ábaco sobre la planta horizontal con centro sobre el punto PR, y se toman las lecturas correspondientes a las líneas que desde este punto van a los extremos de la ventana, cuidando de hacerlas en la escala de altura debida. El valor de la altura que debe emplearse, y que determina la escala en la cual han de tomarse las lecturas, es el que nos daba en sección vertical el valor del ángulo en grados determinado por el centro de la ventana con relación al punto PR. El factor así obtenido se multiplica por el anterior y el resultado es el factor de iluminación en el punto PR.

Queda claro que en este factor intervienen las dimensiones de la ventana y la altura a que está colocada respecto al plano de trabajo que viene dada por el ángulo mencionado en último lugar.

Estos ábacos están calculados para cristal que absorbe el 10 por 100 de la luz, y, por tanto, en caso de suciedad del cristal pueden disminuirse estos valores del 10 al 20 por 100. En el caso de que la ventana tenga mucha barrería, habrá de descontarse de la superficie total el porcentaje oportuno.

Para tener en cuenta las obstrucciones exteriores que pueden oponerse al paso de la luz, es aconsejable trazar las líneas que determinan las lecturas a los extremos de los obstáculos mejor que a los límites de la ventana, siempre que estos obstáculos caigan dentro del ángulo de 45° trazado desde el Punto de Referencia.

$$1.^{\text{a}} \text{ Lectura, } 6 \text{ por } 100 - 0,2 \text{ por } 100 = 5,8 \text{ por } 100.$$

$$2.^{\text{a}} \text{ Lectura, } 0,18 + 0,18 = 0,36.$$

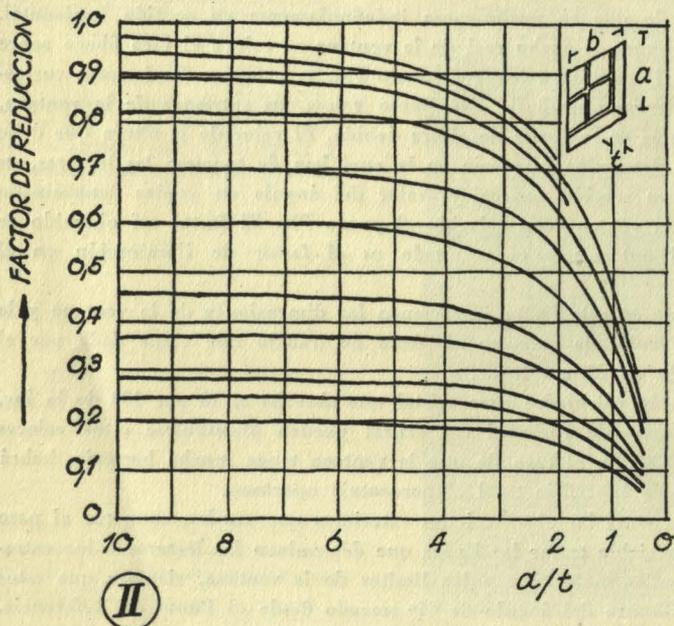
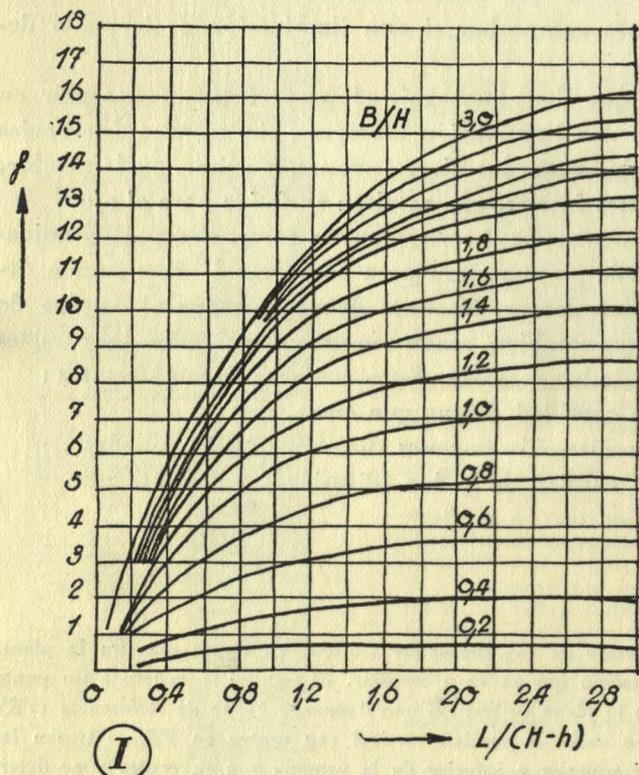
$$F. I. = 5,8 \times 0,36 = 2,08 \text{ por } 100.$$

En líneas generales se basan en tres sistemas :

- 1.º Obstrucción total o parcial de los rayos.
- 2.º Refracción con ayuda de espejos, lentes o prismas.
- 3.º Difusión pasando los rayos a través de medios traslúcidos o por reflexión sobre superficies mates.

La clase de luz que recibe una habitación depende esencialmente de la orientación del local y de la situación del edificio respecto a posibles obstrucciones. Depende también de la altura de la planta en que esté colocada la ventana que consideramos, pues a medida que se eleva disminuye la importancia de la luz reflejada en el suelo (en plantas bajas de patios claros la luz reflejada llega a tomar el valor del cien por cien de la iluminación total recibida). En tercer lugar, depende la iluminación de la situación de la ventana respecto al resto de la habitación, así como de sus dimensiones y forma. Y, por último, depende del tipo de cristal empleado y de la limpieza del cristal.

Fig. 15.



Todos estos factores hacen que el problema de una buena iluminación natural no se pueda enfocar de manera absoluta y con carácter general, pues los múltiples factores que influyen harán de cada caso uno particular.

Orientación.—Ella, de por sí, define la clase de luz que la ventana ha de recibir, y si es necesario o no emplear artificios, tales como toldos y persianas, para disminuir su intensidad, o emplear baldosas direccionales para aumentar su penetración, etc. Si debido al emplazamiento la luz recibida es deficiente, puede mejorarse el rendimiento de la ventana inclinándola hacia el cielo, de modo que disminuya el porcentaje de luz reflejada por el cristal. Este procedimiento

Figura 15.—En el caso de ventanas que dan a patios, tiene una gran importancia la iluminación proporcionada por la reflexión. Iluminación que en algunos casos puede llegar al 80 por 100, o más, de la iluminación total. Para estos casos la iluminación media horizontal del local puede calcularse por la fórmula

$$E = Ev \cdot n \cdot \frac{Sv}{Ss}$$

en que E es la iluminación media horizontal, Ev es la iluminación vertical en la ventana que equivale a la mitad de la iluminación horizontal al aire libre, n es el rendimiento del local que puede tomarse como un 40 por 100, Sv es la superficie de ventanas, Ss es la superficie del suelo y f es el factor de ventanas.

El cálculo del factor de ventanas viene dado por el cuadro I. Para entrar en él la relación $B/(H-h)$ representa la relación entre B , anchura del patio o distancia de la ventana a la pared de enfrente y la diferencia de nivel $H-h$ entre la cresta visible de la edificación anterior y el centro de la ventana. Hay que considerar, además, las relaciones $L/(H-h)$ o $L'/(H-h)$, siendo L y L' las distancias del eje vertical de la ventana a los rincones del patio, y L más L' la longitud total del patio. Del gráfico que se ilustra se deducirán dos valores para f , correspondientes a L y L' , y resultando, por adición de ellos dos, el factor de ventanas.

En este gráfico se tiene en cuenta únicamente la luz procedente del cielo. Para que el factor de ventanas represente las condiciones reales, conviene transformarlo, teniendo en cuenta que sobre él influye el espesor de los muros. En el gráfico II se dan los datos para determinar el factor de reducción que hay que aplicar al factor de ventanas, teniendo en cuenta esta consideración.

En cuanto al valor de la reflexión, es muy variable y, según los estudios realizados por el doctor Frühling, el factor de ventanas para un patio de cinco pisos de altura, con pared de ladrillos vidriados de poder reflejante 70 por 100, fué de un 10 a un 100 por 100 mayor que el factor calculado, sin tener en cuenta la reflexión. La diferencia mayor correspondía al piso bajo, en el cual la iluminación por reflexión representaba la casi totalidad de la iluminación recibida. Por lo que queda dicho, la apreciación del valor real del aumento correspondiente a la reflexión será siempre poco exacta, pues no disponemos de datos experimentales que nos permitan valorarlo con seguridad, pero puede tomarse para él un valor proporcional a la altura.

Ejemplo: Determinar la iluminación media horizontal de una habitación de 30 m. cuadrados, con ventana de dos metros de altura por 1,5 de ancho, en muro de 50 cm. de espesor, que da a un patio con paredes de ladrillo vidriado y suelo claro, de 20 m. de longitud, 6 m. de ancho y 10 m. de alto. El eje vertical de la ventana se encuentra a 7 m. de uno de los rincones del patio y el horizontal a 2 m. del pavimento del suelo.

$$\frac{B}{H-h} = \frac{6}{8} \approx 0,8, \quad \frac{L}{H-h} = \frac{7}{8} \approx 0,9, \quad \text{según I} = 4\%$$

$$\frac{L'}{H-h} = \frac{13}{8} \approx 1,6 \quad \text{según I} = 5\%. \quad \text{Total } 9\%$$

Factor de reducción $a/t = 2/0,5 = 4$; $b/t = 1,5/0,5 = 3$, según II = 0,78, aumento correspondiente a la reflexión se aprecia en el 80 por 100.

Factor de ventanas definitivo $9 \text{ por } 100 \times 0,78 \times 1,8 = 12,6 \text{ por } 100$.

Ea 3.000 lux, Ev $3.000 \times 0,126 = 378$ lux. Iluminación media horizontal de la habitación

$$E = 378 \times 0,4 \times \frac{3}{30} = 15,1 \text{ lux.}$$

to tiene la desventaja de que, en estas condiciones, la ventana no sólo es más difícil de limpiar, sino que acumula más polvo, con lo que la suciedad puede llegar a anular las ventajas de una mejor disposición.

Colocación.—La situación de la ventana respecto a los muros de la habitación tiene gran influencia en cuanto a las zonas de sombra que origina. Parece ser cierto que la mejor disposición es colocar las ventanas en el eje de la pared exterior, pues con ello se igualan las zonas laterales y se evitan los desequilibrios fuertes entre los contrastes. Si se puede disponer una ventana auxiliar en el plano perpendicular a la primera ventana, se mejora la uniformidad de la iluminación, y, por fin, si se puede disponer ventana de esquina, la iluminación mejora notablemente.

Forma.—Es fundamental en la calidad de iluminación que proporciona una ventana. Puede aceptarse como norma de carácter general que la ventana que ilumina más profundidad de local con igualdad de superficie es aquella cuyo dintel esté más alto. La ventana alta y estrecha dará penetración de luz, pero con zonas de sombra, que producen contrastes, a sus costados, y estas zonas serán tanto más intensas cuanto más estrecha sea la ventana en relación con el muro en que ha sido abierta.

La ventana baja y ancha dará poca penetración de luz si no se dispone con el dintel cerca del cielo raso.

La ventana en mirador o voladizo es, en realidad, análoga a las otras, pero teniendo en cuenta que la profundidad de la habitación queda aumentada en lo mismo que vuela el mirador.

De lo expuesto parece lógico concluir que la mejor iluminación la proporciona la ventana que ocupa toda la extensión de la pared exterior de la habitación. De esta manera se eliminan efectivamente las sombras laterales y superiores; los tabiques laterales y el cielo raso no sólo no están en sombra, sino que reciben una iluminación que disminuye el contraste entre la ventana y los muros y refuerzan la iluminación general por reflexión.

Son muchas, indudablemente, las ventajas de la ventana grande en cuanto a la iluminación de los locales, y si no se proyectan todas así es porque son muchos más los fines que deben servirse, que en una serie de casos no quedarían bien atendidos con una ventana de este tipo.

Las consideraciones económicas en primer lugar, puesto que el coste de una ventana es siempre mayor que el del muro ciego de igual superficie. En segundo lugar, estas ventanas proporcionarían en algunos casos luz excesiva, y esto obligaría a disponer de medios auxiliares para su matización con un nuevo encarecimiento. En tercer lugar, las pérdidas por radiación y conductibilidad del calor interior, puesto que el cristal frío se comporta como un pedazo de hielo. En cuar-

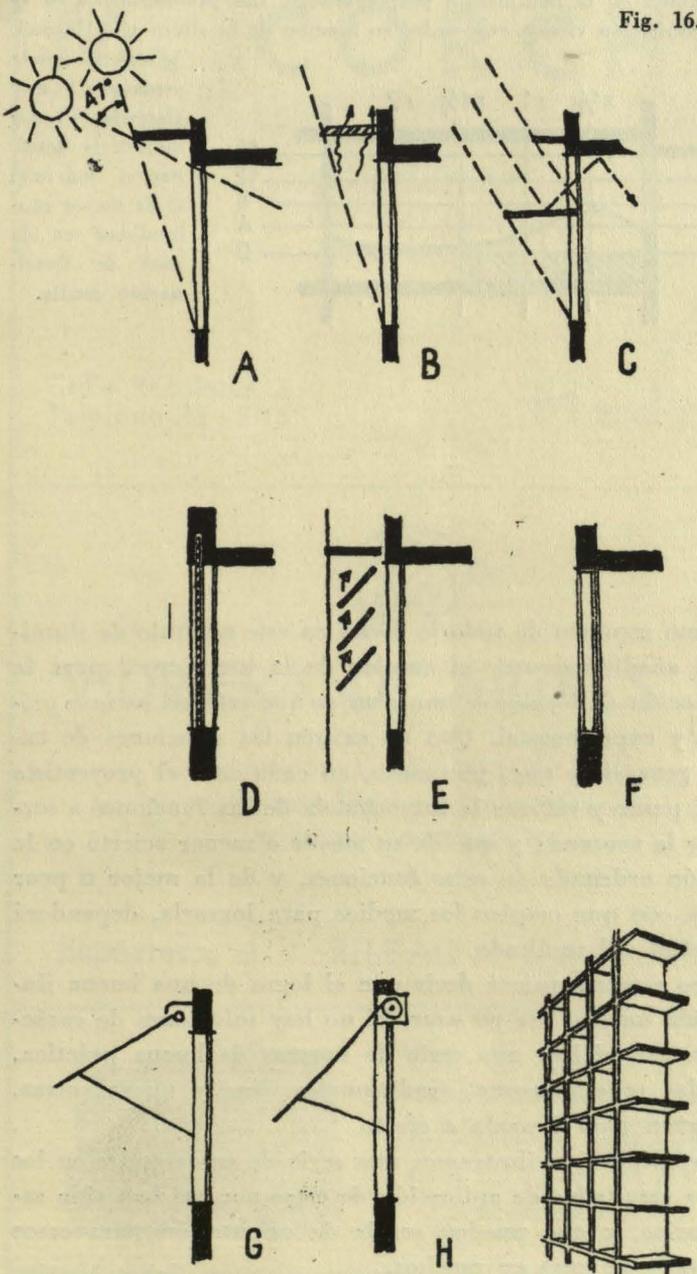


Figura 16.—Medios de control de la luz natural:

A) Visera dimensionada para dejar paso al sol de invierno y, sin embargo, impedir el paso del de verano. En el capítulo de soleamiento trataremos sobre la forma de enfocar esta cuestión.

B) Solución idéntica a la anterior, en la que el voladizo, en vez de ser cuajado, está formado por una celosía que permite el paso del aire caliente, que puede producirse por radiación directa.

C) Doble visera, que funciona como las anteriores, pero en la que la parte inferior actúa como reflector. Con los rayos reflejados sobre esta visera inferior, y que penetran en la habitación, se aumentan el nivel luminoso del cielo raso y la penetración de la luz.

D) Persiana veneciana. Se trata de un dispositivo interior o exterior para el control de la luz. Se forma con una serie de tablillas cuya inclinación es regulable para graduar el paso de la luz. Permite transformar la luz directa en luz difusa, disminuye la brillantez de la superficie de ventana sin rebajar apreciablemente el nivel medio de iluminación y, por último, impide la vista del interior desde el exterior. Bien tratado, este elemento puede ser altamente decorativo.

E) Rompesoles orientales. Responden a la misma idea que la solución anterior, pero en este caso son mayores los elementos móviles y van articulados directamente a la fábrica. Pueden hacerse con gran variedad de materiales, desde hormigón vibrado hasta madera, materiales plásticos, tableros de fibra, etc., pasando por láminas de cristal polarizado junto con cristal absorbente del calor.

F) Persiana veneciana de tablillas verticales. Las tablillas en este caso suelen hacerse de tela rodeada de plástico, así se consigue que sean flexibles. Este tipo de persiana puede emplearse orientando las tablillas verticales como en el caso de las tablillas horizontales; además, pueden recogerse lateralmente, como cortinas, y, en tercer lugar, enrollarse en la parte superior, como las cortinillas de los vagones de ferrocarril.

G) Toldo plegable de lona. Este elemento es sobradamente conocido. En relación con él diremos solamente que conviene montarlo de modo que entre el toldo y la fachada quede siempre un hueco que permita el escape del aire recalentado por conductibilidad.

H) Persiana enrollable con dispositivo de proyección. Sus efectos, análogos a los del caso anterior; pero dejando las tablillas un poco separadas se porta igual que una celosía y el aire caliente escapa fácilmente.

I) Celosía «Caja de Huevos». Este es un elemento fijo de gran poder difusor.

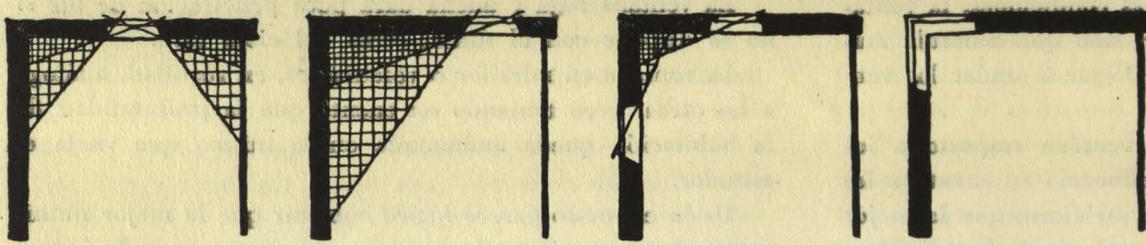


Figura 17.—Relación entre el emplazamiento de la ventana y las zonas de sombra que produce.

Fig. 17

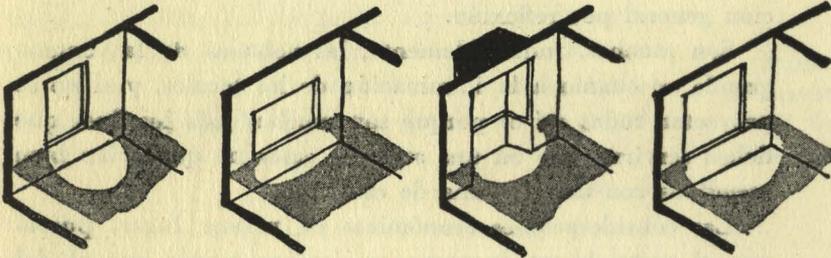
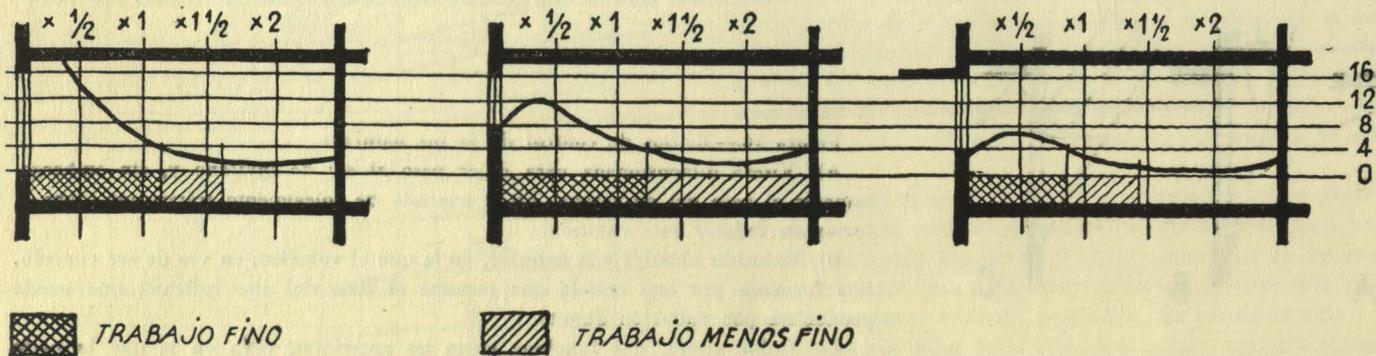


Figura 18.—Las proporciones de la ventana determinan la profundidad de la penetración de la luz. Obsérvese que en este sentido la ventana en mirador no tiene utilidad ninguna.

Fig. 18

Figura 19.—Gráficos que ilustran la influencia de la altura del dintel en la iluminación proporcionada. Las profundidades de la habitación vienen expresadas en función de la altura x del dintel.



Se observa que la ventana alta y alargada, si no mejora la iluminación máxima, sí da mayor profundidad en la zona de iluminación media.

Fig. 19

to lugar, la dificultad de eliminar la condensación, que sería notable en grandes superficies, y las corrientes frías de convención a que daría lugar una gran superficie fría. En quinto lugar, la radiación directa del sol, que sería excesiva en verano en ventanas al mediodía y poniente y que obligaría al gasto complementario de construcción de rompesoles o viseras para eliminarlo. Y, por último, pero no menos importante, la necesidad muy humana de hallar en la casa un ambiente protector, aislado y recogido, que no se consigue por medio de la ventana excesivamente grande.

La ventana grande será factible en aquellos locales en los que, por dar una importancia grande a ciertos factores como la luz o las vistas, o por otras causas cualesquiera, resulte aceptable sacrificar todo lo demás a la obtención de éstas en las mejores condiciones. Siempre teniendo en cuenta que existe una ley de los rendimientos decrecientes que es válida, y que en esto, como en casi todas las cosas, es más agradable, más flexible y más económico, el empleo de muchos pocos que de pocos muchos.

Como resumen de todo lo dicho en este capítulo de iluminación añadiremos que el empleo de la luz natural para la iluminación de locales es una técnica que está en su fase primitiva y experimental. Que no existen las soluciones de carácter general, y que, por tanto, en cada caso el proyectista deberá pesar y valorar la importancia de las funciones a servir por la ventana; y que de su mayor o menor acierto en la selección ordenada de estas funciones, y de la mejor o peor fortuna con que emplee los medios para lograrla, dependerá la bondad del resultado.

Pero esto no quiere decir que el logro de una buena iluminación natural sea un azar. Si no hay soluciones de carácter general, sí hay una serie de normas de buena práctica, probadas repetidamente, tradicionales unas y nuevas otras, que sirven para llevarla a efecto.

A continuación ilustramos una serie de casos reales en los que los resultados de aplicación de estas normas han sido satisfactorios, y que pueden servir de orientación para casos análogos y de guía en muchos.

(Continuará en el próximo número.)