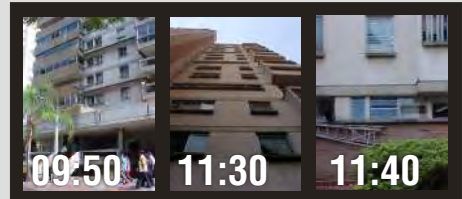




LOCALIZACIÓN
Barrio Centro - Medellín
Calle 49B 63 - 21 Of. 102-02
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Vivienda y Oficinas



Control Solar
FACHADA NORTE, PATIO INTERIOR
Material del edificio
CONCRETO, REVOQUE Y CRISTANAC
Tipo de cerramiento
VENTANA CON CELOSÍAS
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO 4 mm.
Acabado Interior
REVOQUE Y PINTURA BLANCA



Estudio de un espacio de trabajo iluminado desde un patio interno conformado por edificaciones de gran altura, lo que limita la visibilidad hacia la bóveda celeste que se tiene desde la ventana.

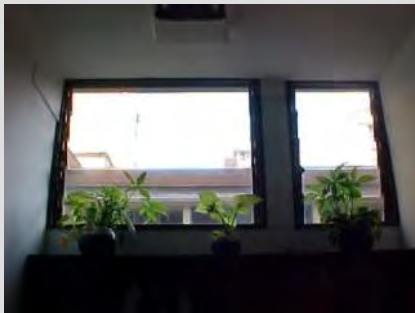
Edificio Playa Horizontal

Perfiles de obstrucción lumínica

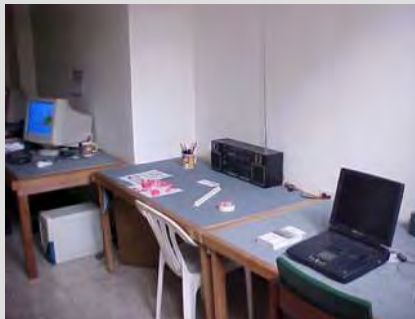
AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



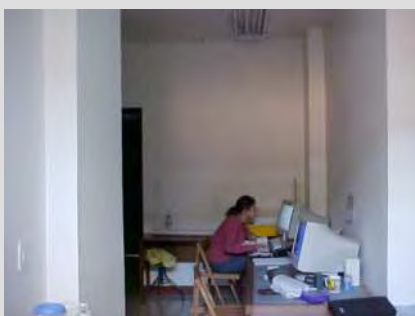
Patio interior



Perfil de obstrucción



Zona cerca de la ventana

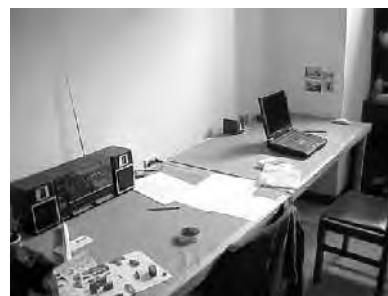


Zona profunda

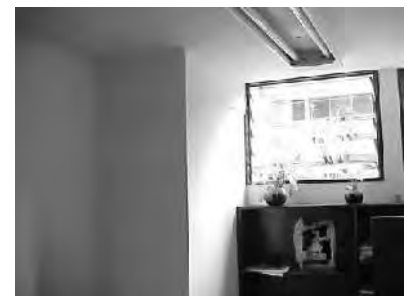
El perfil de obstrucción lumínica, o línea de no cielo, es el polígono por debajo del cual no es posible que la luz proveniente de la bóveda celeste llegue a un sitio. Este polígono puede estar definido por las construcciones vecinas, la arborización circundante, el perfil orográfico de la localidad o la combinación de los mismos. Bajo la línea de no cielo, la luz que capta un vano proviene en su totalidad de la reflexión lumínica de los objetos que se encuentran al frente.

Se estudia aquí una oficina iluminada a través de un patio interior rodeado de edificaciones en altura que impiden que la ventana, orientada hacia el norte, tenga acceso a esta porción del cielo. La ventana tiene dos cuerpos en celosía, 0,70 mt. de altura, 1,60 mt. de ancho y el sillar se encuentra a 2,0 metros. La línea de no cielo esta definida principalmente por el cerramiento del patio, que limita casi en un 50% la visual hacia el cielo. Las fachadas traseras de los edificios contiguos elevan aún más el perfil de obstrucción.

El espacio tiene paredes y cielo blancos, favoreciendo la reflexión de la luz natural captada por la ventana. Los puestos de trabajo se disponen de forma perpendicular a la ventana y de frente a la pared, por lo que la luz siempre llega lateral y frontalmente. El fondo de la oficina tiene iguales acabados y aprovecha los reflejos ocasionados por la incidencia del sol en las edificaciones más altas que tienen, favorablemente, fachadas muy reflectivas.



Incidencia de la luz natural sobre el espacio de trabajo.



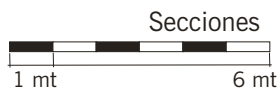
Aporte de luz y reflejos en paredes y cielo.



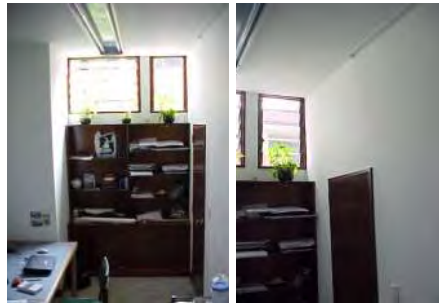
Modulación Alta. Incursión de luz natural con una luminancia exterior de 20.000 luxes.



Modulación Baja. Incursión de luz natural con luminancias exteriores de 10.000 luxes.

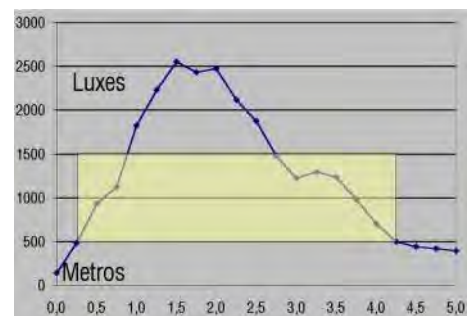
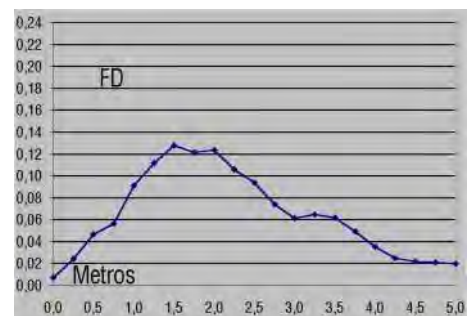
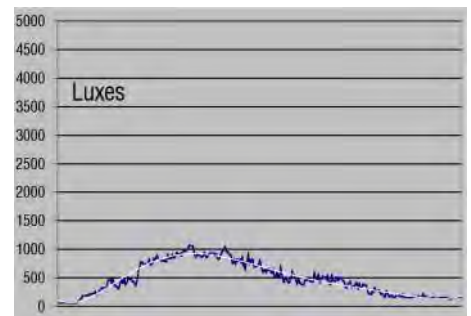
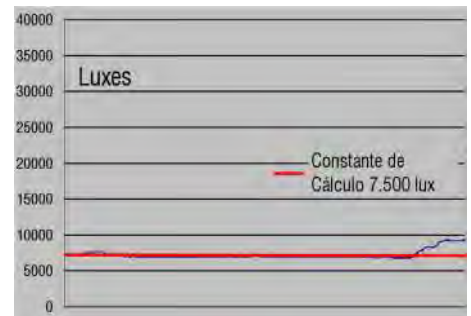
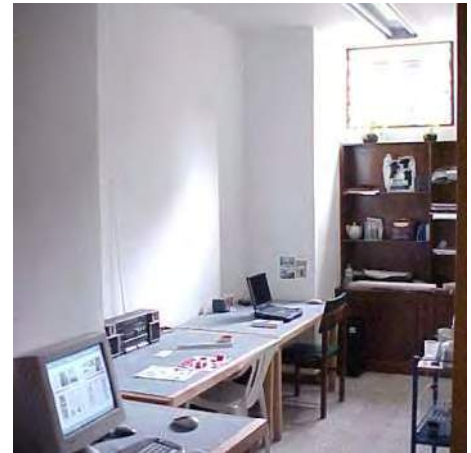


Secciones



DESEMPEÑO LUMÍNICO

A pesar de la notoria obstrucción lumínica, la posición de la ventana (sillar a 2,0 metros) y los acabados del interior del espacio permiten lograr un rendimiento lumínico suficiente para el desarrollo de actividades de oficina.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

El registro de intensidades lumínicas realizado en el patio el 5 de Noviembre de 2002 entre las 11:00 y las 12:00 horas presentó niveles de luminancia exterior cercanos a los 7.500 luxes, valor tomado como constante de cálculo.

Los registros de iluminancia interior fueron realizados a 0,90 mt del piso y revelan la distribución lumínica característica de las ventanas con sillar alto: en la zona próxima a la ventana los valores estuvieron entre los 100 y los 500 luxes, en la zona media se registraron los valores máximos, ligeramente superiores a 1000 luxes, y descendiendo suavemente hacia el fondo de la oficina hasta los 200 luxes.

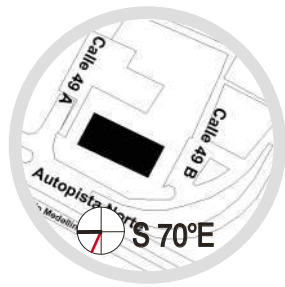
Con una luminancia de 20.000 luxes, rango promedio para días de brillo común en Medellín, y con los factores de distribución obtenidos en este espacio, se modularon intensidades lumínicas que permiten concluir que para días normales sería posible trabajar sin encender lámparas. Los valores obtenidos superan los 500 luxes entre los 0,50 metros y los 4,20 metros de distancia a la fachada, valores que cumplen con los niveles establecidos por el Código de Salud Ocupacional para el desarrollo de actividades de oficina.



Plantas

CONCLUSIÓN

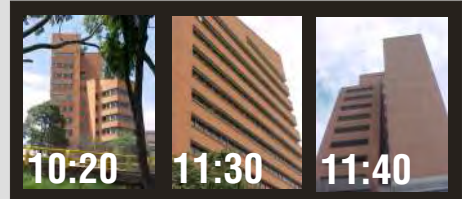
Cuando hay una línea de no cielo elevada, resulta eficaz localizar la ventana a la mayor altura posible, de esta forma se compensa, en parte, la obstrucción lumínica del sitio. Dependiendo de sus acabados de fachada, estas mismas construcciones que generan la obstrucción se pueden convertir, durante ciertos momentos del día y épocas del año, en pantallas difusoras de la luz solar y aportar luz indirecta a los espacios.



LOCALIZACIÓN
Barrio Otrabanda - Medellín
Calle 49B 63-21
Oficina 12-02
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Oficinas



Control Solar
VENTANA RETRASADA
Material del edificio
LADRILLO A LA VISTA
Tipo de cerramiento
VENTANA CON CUERPO CORREDIZO
Tipo de Vidrio
VIDRIO BRONCE 4mm.
Acabado Interior
ESTUCCO Y PINTURAS BLANCA Y OCRE



Se analizan los efectos de altura y acabados del cielo raso, el cual opera como superficie de difusión luminosa, en un espacio de alta exigencia visual destinado como oficina de ingeniería.

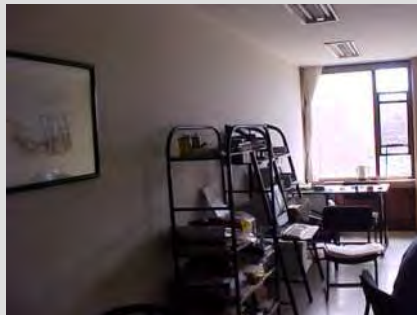
Oficina en el Edificio Camacol

Altura libre e iluminación

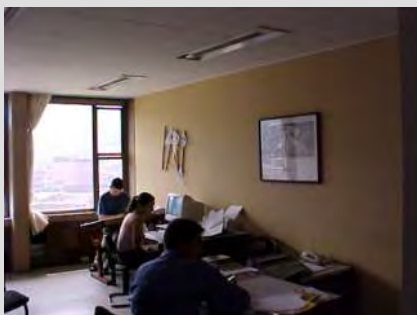
AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



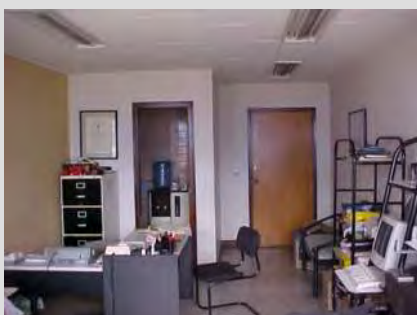
Accesos de luz



Difusión de la luz



Las zonas de trabajo

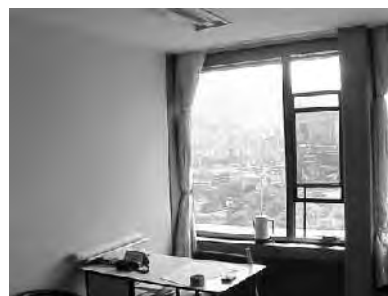


Vista hacia el fondo

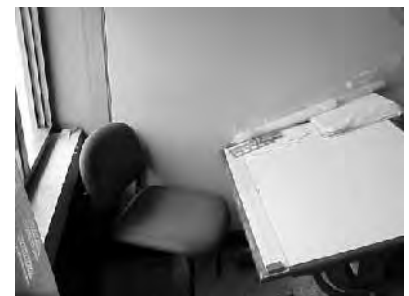
Dos ventanas con orientación predominante al oriente iluminan esta oficina ubicada en el piso 12 del edificio Camacol, en la cual se desarrollan actividades de dibujo técnico y elaboración de planos de ingeniería, labor considerada como de alta exigencia visual.

Las ventanas se encuentran retrasadas respecto al plano de fachada con fines de protección solar, lo que ocasiona que cada línea de ventanas tenga su correspondiente superficie horizontal a la altura del sillar. Estos sillares anchos, a pesar de tener un acabado opaco, reflejan parte de la luz natural hacia el cielo raso. La oficina carece de divisiones, en la zona adyacente a las ventanas se encuentran dos mesas de dibujo, más atrás se ubican los computadores con los monitores dispuestos perpendicularmente a la entrada de luz y en la zona más distante a la fachada se encuentra un escritorio destinado al teléfono.

Los acabados de las paredes son estuco y pinturas de color blanco y amarillo ocre, el piso es en baldosa cerámica blanca y el cielo raso, de placas de yeso color blanco hueso, se encuentra a nivel con la parte superior de las ventanas. La ausencia de un dintel que sombrearía parte del cielo raso del reflejo proveniente del sillar, permite aprovechar al máximo sus posibilidades como difusor de luz natural, especialmente en la zona de trabajo localizada en los tres primeros metros medidos desde la ventana.



Reflejos de luz natural en el sillar, la pared y el cielo raso.



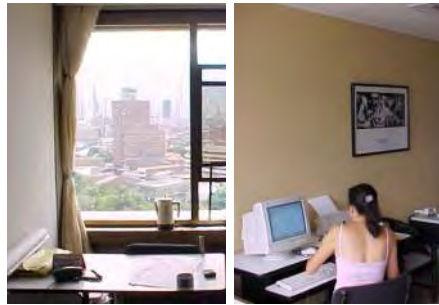
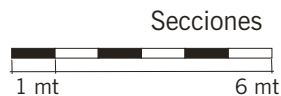
Zona de trabajo dispuesta para una persona zurda.



Modulación Alta. Incursión de luz natural con una luminancia exterior de 20.000 luxes.

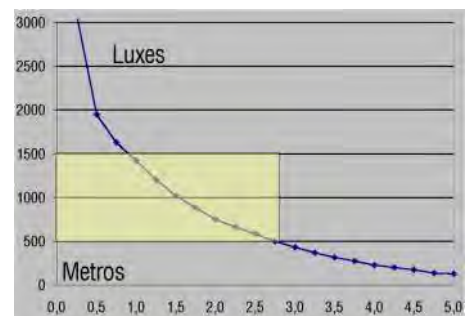
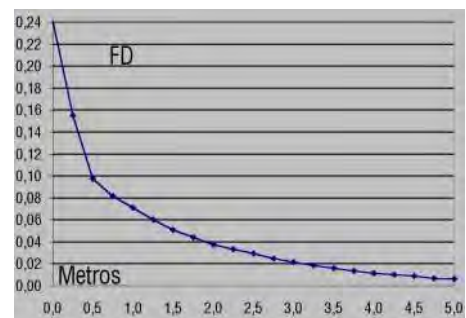
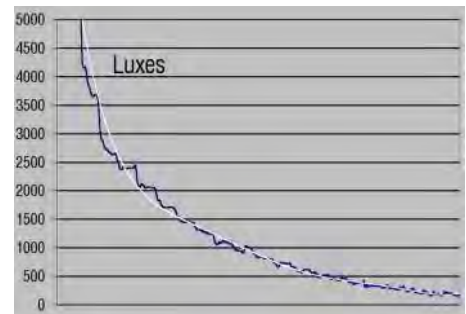
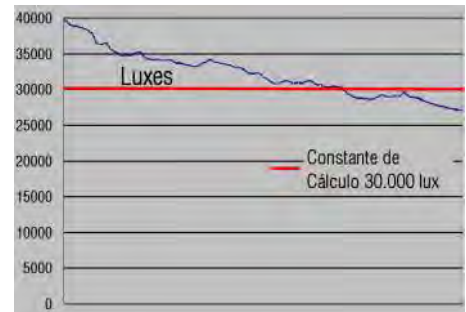


Modulación Baja. Incursión de luz natural con luminancias exteriores de 10.000 luxes.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

La luz natural se aprovecha principalmente en las zonas adyacentes a las aberturas luminosas, en donde se pueden desarrollar tareas sin necesidad de encender luminarias.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Con datos de intensidad lumínica tomados entre las 10:30 y las 11:30 horas del día 6 de Noviembre de 2002 se estableció como constante de cálculo un rango de luminancia exterior de 30.000 luxes a partir de valores medidos entre 40.000 y 27.000 luxes.

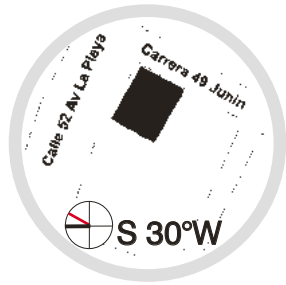
En la zona próxima a la ventana se registraron datos de intensidad lumínica superiores a los 4.000 luxes, los valores descendieron hasta 500 luxes a una profundidad de 3,5 mt. Hacia el fondo de la oficina se presentaron niveles bajos, hasta de 200 luxes.

Con los factores de distribución lumínica obtenidos durante la campaña de medición, y aplicando un rango de 20.000 luxes de exterior como valor de intensidad lumínica media para Medellín, se moduló el comportamiento luminoso de esta oficina, en la que se presentan niveles entre los 500 y los 1.500 luxes hasta una profundidad de 2,80 metros, cubriendo las zonas de trabajo de alta exigencia visual y cumpliendo con los valores establecidos en el Código de Salud Ocupacional, ley 02400 de 1979.



CONCLUSIÓN

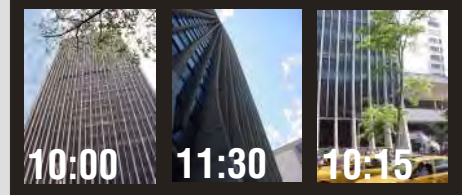
La combinación de sillar ancho y un cielo raso con los acabados y color adecuados, permiten compensar el efecto de oscurecimiento ocasionado por el sistema de protección solar. Dos aspectos son cruciales: no obstruir la luz reflejada que se requiere que llegue al cielo raso y procurar una buena altura libre, pues esto tiene un efecto directo en la luz disponible hacia el fondo del espacio.



LOCALIZACIÓN
Barrio Centro - Medellín
Calle 52 47- 42 Piso 32
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Oficinas



Control Solar
FACHADA AL SUR Y VENTANA PROFUNDA
Material del edificio
CONCRETO Y VIDRIO
Tipo de cerramiento
VENTANA EN TRES CUERPOS
Tipo de Vidrio
VIDRIO GRIS HUMO 5 mm
Acabado Interior
CIELO ACÚSTICO, PANEL DE YESO, TAPETE

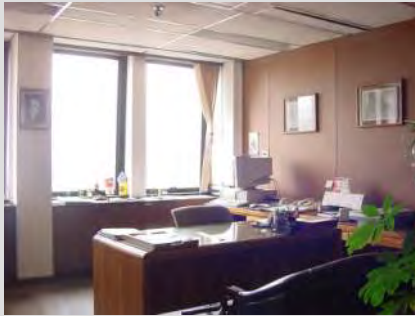


Se comparan dos oficinas de igual dimensión y orientación para analizar los efectos de las divisiones de oficinas, sus acabados y el amoblamiento, en el ambiente lumínico interior.

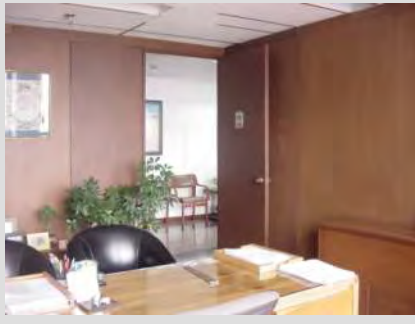
Edificio Centro Coltejer

Divisiones para puestos de trabajo

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Acabados en la oficina 1



Enchape en madera



Acabados en la oficina 2



Revoque y pintura blanca

En el piso 32 del edificio Centro Coltejer se analizaron comparativamente los efectos sobre la intensidad y la distribución lumínica del sistema de división modular y acabados de dos oficinas contiguas. La luz natural ingresa a estos espacios a través de ventanas basculantes con vidrios fijos. Cada espacio de oficina cuenta con tres aberturas luminosas con sillar a 0,70 metros y dintel a nivel del cielo raso el cual se encuentra a 2,30 metros de altura. Por estar ubicadas en uno de los pisos altos del edificio, estas oficinas carecen de obstrucción visual.

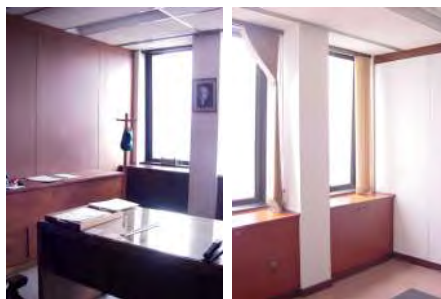
Ambas oficinas tienen el mismo sistema de cielo raso, pero el sistema de división que las separa son paneles de yeso que en la cara correspondiente a la primera oficina se encuentra enchapada en madera de color caoba y textura opaca y alfombra de color oscuro. La segunda oficina presenta pintura blanca en todas sus superficies verticales y el piso es en baldosa cerámica de color rosado. Aunque el fondo de la oficina carece de una superficie de cerramiento y se integra a la circulación, la relación geométrica con la abertura luminosa de este espacio es idéntica a la oficina anterior. En ambos casos los muebles son de madera y forrados con cuero negro.



En la oficina 2 la pared se convierte en un gran difusor de luz natural.

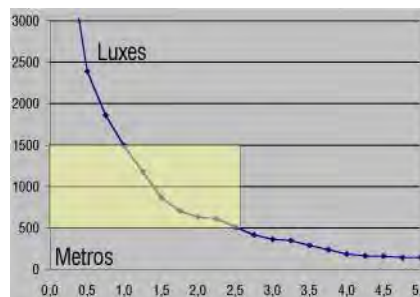
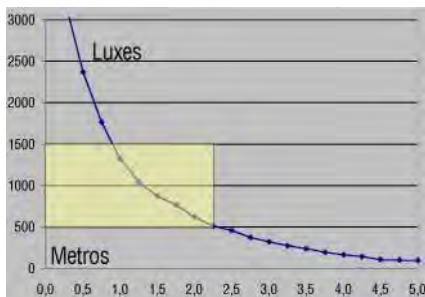
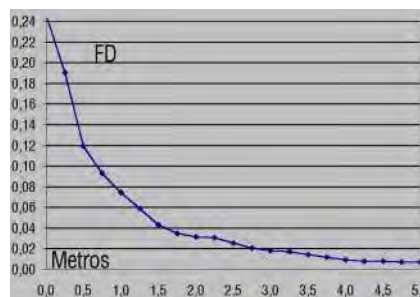
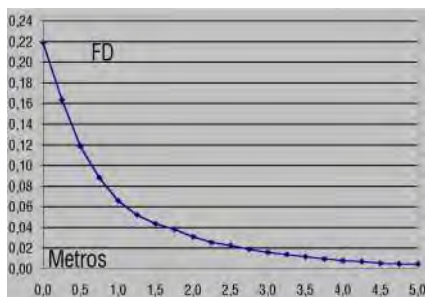
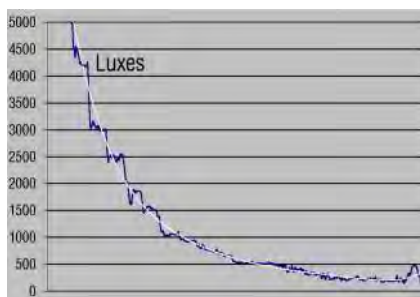
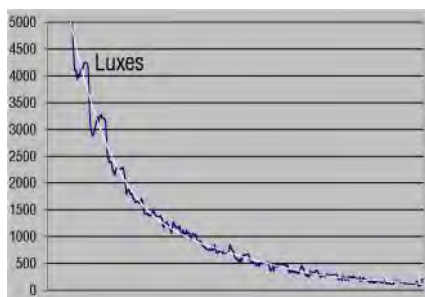
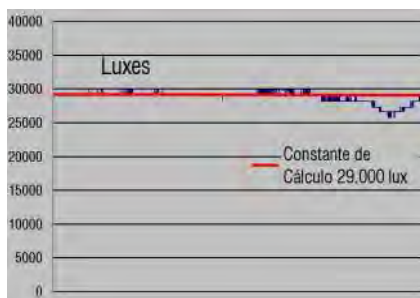
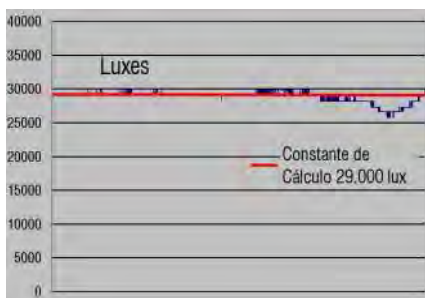


En la oficina 1 las paredes en madera absorben mayor cantidad de luz.



ASPECTOS LUMÍNICOS

Las oficinas presentan aspectos cualitativos bastante diferentes aún teniendo las mismas condiciones de ingreso de luz natural, el ambiente lumínico en cada una de ellas está altamente determinado por las superficies verticales y sus acabados.



ANÁLISIS COMPARATIVO

Para los análisis de intensidades lumínicas interiores se realizó una campaña de monitorización simultánea en las dos oficinas, el 28 de Agosto de 2002 entre las 11:00 y las 12:00 horas. En la columna Izquierda se encuentran las gráficas de los datos obtenidos en la oficina 1, la columna derecha corresponde a las gráficas de los datos registrados en la oficina 2.

En la primera fila se representa la intensidad de la luminancia exterior registrada para las dos oficinas, ambas orientadas hacia la fachada sur, con valores cercanos a los 29.000 luxes. En la segunda fila se encuentran los registros lumínicos interiores, los cuales fueron hechos a una altura de 0,90 mt sobre el nivel de piso acabado.

Las diferencias entre las oficinas se hacen perceptibles al comparar los factores de distribución de la tercera fila. Los reflejos en las paredes claras de la segunda oficina incrementan estos valores, especialmente en la zona media del espacio.

En las gráficas de modulación las diferencias entre las intensidades lumínicas se hacen más notables, pues en la segunda oficina la zona dentro del rango de 500 a 1500 luxes y que resulta óptima para el desarrollo de actividades de trabajo de oficina, se extiende aproximadamente medio metro más.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

La incursión de luz natural en la segunda oficina se refuerza con los reflejos que aportan las paredes y el piso, mejorando ligeramente el aprovechamiento de la disponibilidad lumínica de este espacio.

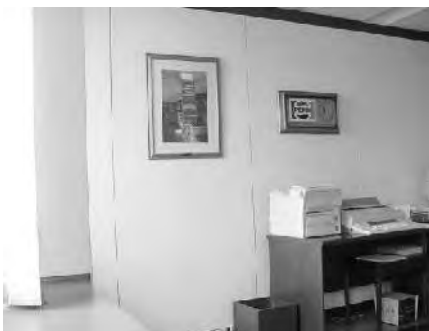
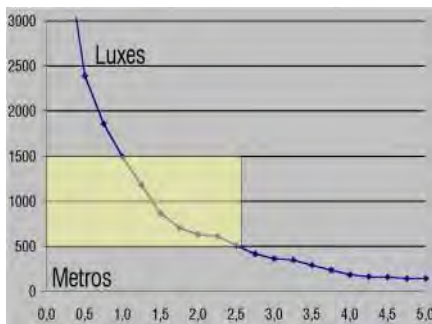
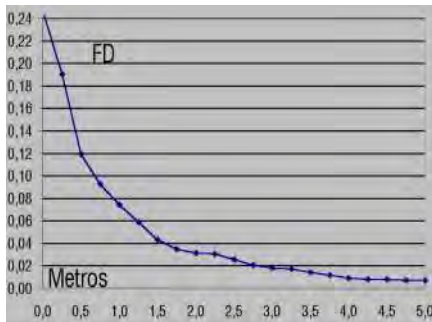


Distribución lumínica oficina con enchapes en madera.



Distribución lumínica oficina con pintura y cerámica.

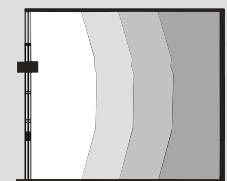
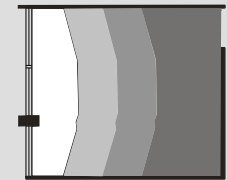
Secciones



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Con los factores de distribución lumínica calculados para la oficina 2 y una luminancia exterior de 20.000 luxes, se modularon las intensidades interiores de esta oficina que se presentarían en condiciones de brillo promedio para la porción sur del cielo de Medellín. Los valores obtenidos fueron confrontados con el rango de 500 a 1500 luxes que, según el Código de Salud Ocupacional, es el apropiado para espacios de oficina. La zona cubierta por este rango alcanza una profundidad de hasta 2,60 mt, lo cual garantiza la posibilidad de desarrollar las actividades propias a una oficina sin necesidad de encender lámparas durante gran parte del día.

La relación existente entre el conjunto de ventanas y las dimensiones del espacio son apropiadas para iluminarlo sobradamente, razón por la cual la influencia de los muebles y los acabados de las paredes es apreciable pero no proporcionalmente significativa. Los análisis permitieron establecer la ligera diferencia cuantitativa entre dos ambientes con igual captación de luz natural, pero con diferentes texturas y colores en sus particiones.



Plantas



CONCLUSIÓN

La influencia de los acabados en espacios de mayor profundidad que los aquí analizados es mayor, a veces incluso decisiva para garantizar la calidad del ambiente lumínico. Por el contrario, en espacios de menor profundidad la influencia de los acabados resulta despreciable, allí la elección de los acabados no se encontrará condicionada por aspectos relacionados con el aprovechamiento de la luz natural.

Capítulo 5

Cálculo y Análisis de la Luz Natural

"Dada la diversidad y complejidad tipológica y geométrica de los edificios, es prácticamente imposible llevar a cabo un riguroso tratamiento analítico del cálculo de su iluminación natural. A ello hay que añadir lo antes dicho sobre la falta de datos de iluminación al aire libre para las distintas localidades. El procedimiento más adecuado para evaluar la iluminación natural en un local consiste en tomar directamente medidas con un fotómetro en una maqueta del mismo."

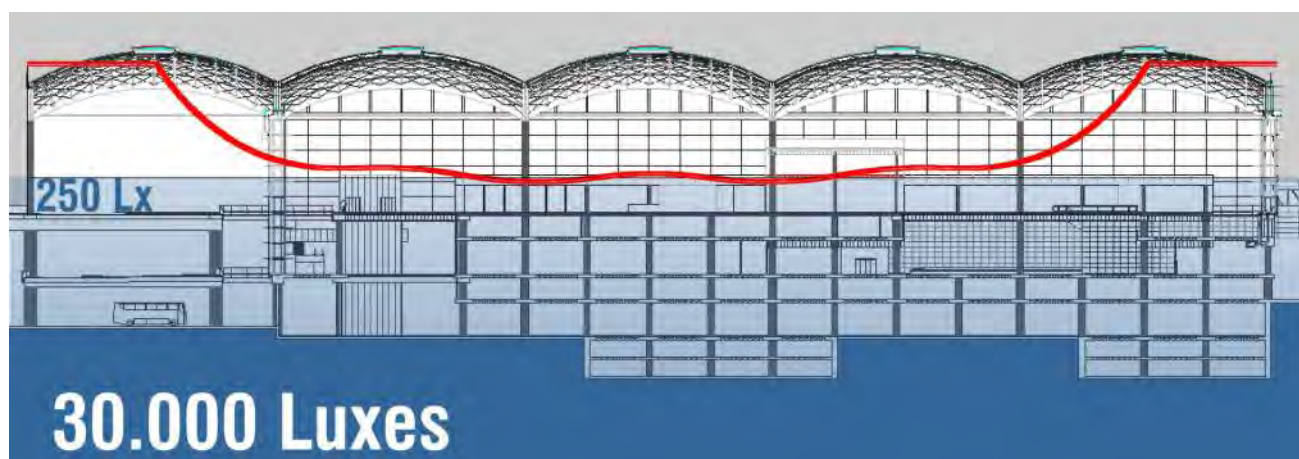
Guillermo Yáñez

Introducción

El interés por predecir los aspectos cualitativos de la luz natural hace parte de la historia misma de la arquitectura. Se trata de un tema abordado desde tiempos inmemoriales, inicialmente de forma intuitiva y luego por comparación, imitación y progresivas modificaciones, lo que permitió que los lucernarios, claraboyas, ventanas y patios, entre otros, fueran incorporando un conjunto de estrategias de probada eficacia para obtener una mejor calidad del ambiente lumínico interior. El desarrollo de la ciencia, que trajo consigo el entendimiento de los fenómenos asociados a la iluminación, hizo posible la construcción y aplicación de modelos de representación de estos fenómenos y el estudio de las consecuencias que de

ellos se derivan, posibilitando un mejor entendimiento de las razones por las cuales un espacio presentaba unas mejores condiciones de iluminación que otro. Finalmente los avances médicos relacionados con la fenomenología de lo visual y la incorporación de la dimensión psicológica, permitieron ampliar el entendimiento de los procesos asociados a la visión para superar la dimensión estrictamente física y abordar el ámbito de lo perceptual y subjetivo.

La necesidad de asegurar una iluminación apropiada hizo necesario un mayor rigor en el estudio del fenómeno de la iluminación. Se comenzó estudiando las relaciones y proporciones que se podían establecer entre las aberturas y la dimensión de los espacios a iluminar, pero la



*Estudio de optimización energética y ambiental, para la nueva área terminal del aeropuerto de Alicante, España.
GOP Oficina de Proyectos, 2003.*

búsqueda de una mayor fiabilidad en las predicciones dio pie al desarrollo y aplicación de variados métodos de cálculo y análisis de la luz natural. Algunos de estos métodos pasaron a la historia, pero otros se constituyeron en valiosas herramientas para el estudio de las condiciones de iluminación interior.

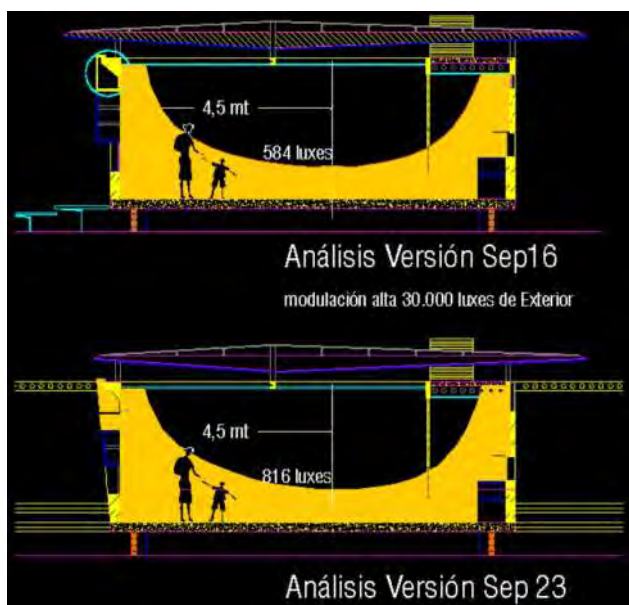
No obstante la iluminación es un fenómeno complejo, producto de la interacción de unas condiciones ambientales caracterizadas por su impredecible variabilidad y las propiedades superficiales y geométricas que posee la obra arquitectónica. La complejidad de los fenómenos asociados con el cálculo de la iluminación ocasionó que cada método incorporara, de acuerdo a los intereses y aplicabilidades concretas, cierto grado de simplificación y, por lo tanto, algún margen de incertidumbre acerca de la fiabilidad de las predicciones que permitía realizar. La complejidad de un cálculo exhaustivo de la iluminación puede explicar, al menos en parte, la razón por la cual los métodos para el estudio del comportamiento estructural de un edificio, sus propiedades acústicas o su desempeño solar, tuvieron un desarrollo más temprano.

Como estrategia de mercadeo los productores de luminarias desarrollaron sus propios métodos para simular la iluminación artificial, pero estos procedimientos difieren sustancialmente de los métodos apropiados para el estudio de la iluminación natural de espacios arquitectónicos. La luz natural no puede ser

vendida y por este motivo el desarrollo de procedimientos para su simulación fue más lento, en consecuencia, hoy conviven sofisticados métodos de cálculo de luz artificial con primitivos métodos de cálculo de la luz natural, lo que dificulta el estimar los ahorros energéticos de una o las posibilidades de iluminación de la otra, porque el tipo de información y nivel de detalle con que se trabaja son difícilmente comparables.

Anteriormente los métodos para el cálculo de la iluminación natural eran imprecisos o complicados, lo que tal vez explica porqué se fueron quedando relegados como instrumentos de proyectación arquitectónica. Hoy contamos con nuevas herramientas de análisis que resultan mucho más ágiles y potentes, sin embargo existe todavía una gran tendencia a olvidar que la razón de ser de una ventana es permitir la visual, la iluminación y la ventilación naturales sin ir en detrimento de las cualidades ambientales y condiciones de ergonomía y bienestar de los ocupantes del proyecto. En la última década la necesidad de racionalización de los consumos energéticos hace un llamado a reemplazar o combinar la luz artificial con luz natural y el poco desarrollo de los métodos de cálculo de luz natural revela sus desventajas, pues como todo fenómeno climático, la luz natural es de carácter aleatorio e impredecible y no reúne las condiciones necesarias para poder garantizar un nivel fijo de iluminación en un recinto. Días especialmente oscuros y por supuesto las condiciones nocturnas impiden el entregar toda la responsabilidad de iluminación a las ventanas; creer que la luz natural es capaz de atender todas nuestras necesidades es una imprudencia, pero es una falta de perspectiva profesional pretender ignorar que el aprovechamiento de la iluminación natural se está convirtiendo en otro de los pilares fundamentales en la búsqueda de la sostenibilidad.

Los compromisos ambientales que comenzó a asumir la arquitectura en las últimas dos décadas evolucionaron hacia un progresivo interés en lograr el máximo aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en el sitio, la luz natural entre ellos. Hoy no sólo es posible, sino imperativo, integrar desde las primeras etapas del diseño los estudios y cálculos de iluminación natural para lograr la optimización de las relaciones que se establecerán entre el interior y el exterior, hecho que se refuerza en los últimos años con aspectos normativos que plantean exigencias relacionadas con el ahorro energético, la ergonomía y la salud ocupacional. En la actualidad, esa búsqueda por el perfeccionamiento ambiental de nuestras construcciones, el entendimiento de la luz natural como una variable que requiere de una mayor integración en el diseño, y la introducción de



Estudio de Distribución Lumínica de dos alternativas de cerramiento para las aulas del Colegio Bureche en Santa Marta. Proyecto arquitectónico de Peláez-Gaviria, 2002.

equipos de medida como fotómetros y sensores remotos programables, abren un nuevo campo de aplicación a desarrollos experimentales que permiten reducir los márgenes de incertidumbre para brindarnos una nueva alternativa de aproximación hacia unas condiciones de iluminación natural altamente optimizadas.

No significa esto que los métodos de cálculo tradicionales hayan sido superados. En muchas ocasiones las condiciones del proyecto no requieren o no posibilitan la utilización de equipos de medida, más aún, en las primeras etapas de conformación de un proyecto arquitectónico un método tan robusto y fiable como una medición en un modelo a escala se puede convertir en un obstáculo más que en una ayuda para la labor de diseño. Los métodos simplificados tienen esa gran ventaja; su simplicidad, con poco esfuerzo y muy poca inversión de tiempo es posible anticiparse a errores y sacar conclusiones que orienten el proyecto en las direcciones apropiadas. Los métodos de cálculo que aquí se exponen son potentes herramientas de diseño para estudiar el desempeño de los espacios desde el punto de vista lumínico. Estas herramientas de cálculo, con los criterios de análisis apropiados, permiten lograr ambientes más confortables, comprometidos con el aprovechamiento de un recurso abundante, con un menor requerimiento en el uso de la iluminación artificial y capaces de aprovechar al máximo las posibilidades que ofrecen las transparencias en el conjunto de planos que delimitan el espacio interior.

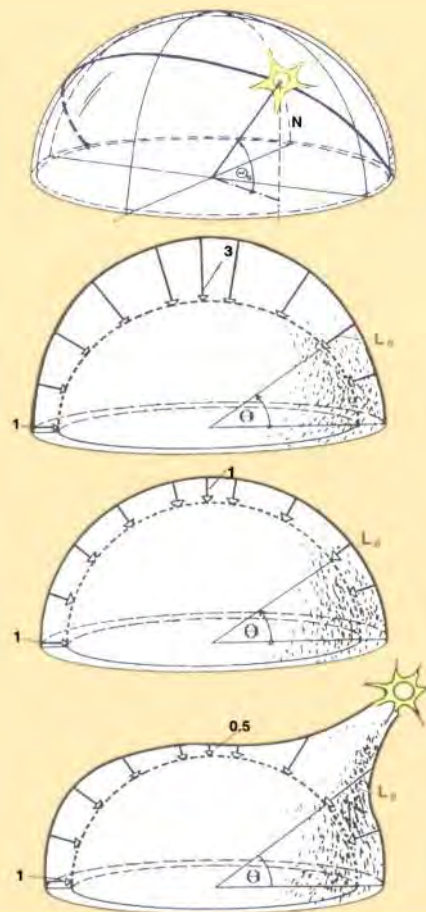
Recurso Lumínico

La luz natural es un recurso cuya disponibilidad es altamente sensible a las variaciones climáticas de cada sitio y que presenta notorias oscilaciones de un instante a otro además de una evolución mensual o estacional. Por estas razones a lo largo del año la luz proveniente de la bóveda celeste, denominada comúnmente luminancia, presenta variaciones significativas, en especial en regiones con estaciones. Se puede generalizar que en los períodos invernales los días son más oscuros que en las épocas de verano, que a medio día hay más luz que en las tardes o en las mañanas y que un día completamente despejado y sin nubosidad, resulta menos luminoso que otro en el que haya una delgada capa de nubes que opere como pantalla difusora. Sin embargo, estas apreciaciones pueden conducir a errores de análisis, pues cada abertura ve solo una porción de la bóveda celeste y aunque las condiciones generales sean pobres, eso no descarta que en el fragmento de bóveda de donde proviene la luz que capta un recinto la disponibilidad lumínica sea excelente. La bóveda celeste tiene una distribución lumínica des-

igual, variable en función del contenido de humedad en la atmósfera y de la hora del día. Habitualmente presenta su máximo valor en la dirección hacia donde se localice el sol.

La luz natural que llega en forma directa a las paredes verticales proviene sólo de media bóveda celeste y por ello la orientación de las fachadas incide en la intensidad lumínica disponible en un lugar, siendo en el hemisferio norte muy apreciada la luz que proviene del hemisferio sur y viceversa. En la banda ecuatorial la distribución de la radiación solar directa es, comparativamente, más equilibrada entre las diferentes orientaciones y, por ello, la condición lumínica de la bóveda celeste resulta más homogénea, en especial en días nublados. En localidades tropicales además de la orientación misma de la fachada, estas variaciones están especialmente relacionadas con las condiciones de nubosidad del cielo y el microclima de la región donde se trabaja.

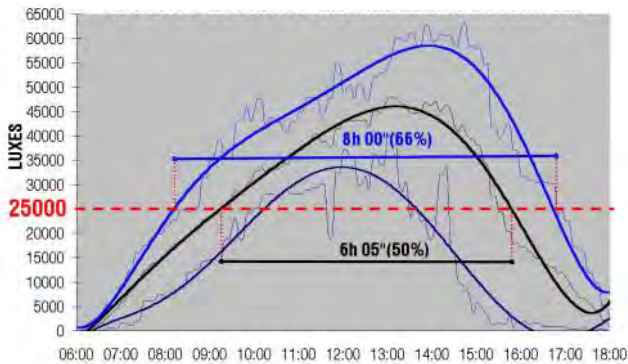
La iluminación natural en el interior de una edificación depende directamente del recurso lumínico de su futuro emplazamiento, como se trata de un recurso de difícil predicción, habitualmente se utilizan valores promedio y niveles de referencia que, se estima, serán superados durante la mayor parte de las ocasiones. Algunos métodos de evaluación utilizan datos aproximados y coeficientes de iluminación exterior diurna denominados "factor de día", con lo cual es posible obtener valores y curvas de distribución de la luz natural en interiores. Si estos cálculos se realizan con valores muy elevados se corre el riesgo de hacer estimativos demasiado optimistas, por ello se suele trabajar con valores reducidos y que poseen una mayor fiabilidad.



$$L_{\theta} = L_z \frac{1 - e^{-0.32 \frac{\sin \theta}{0.274(0.91 + 10e^{-3ZEN} + 0.45 \cos^2 ZEN)}}}{0.274(0.91 + 10e^{-3ZEN} + 0.45 \cos^2 ZEN)}$$

Posición aparente del sol en la bóveda celeste y la desigual distribución del recurso lumínico resultante. Imagen intervenida digitalmente a partir de dibujos tomados del libro de Andrés Majeros.

Para condiciones tropicales es habitual considerar que la luminancia de la bóveda celeste supera los 10.000 luxes en las primeras horas de la mañana, que un valor de 25.000 luxes resulta razonable para realizar la mayor parte de los cálculos y que en algunos días esta intensidad puede llegar hasta los 100.000 luxes en las horas próximas al medio día. Sin embargo, cualquier



Recurso lumínico en la ciudad de Medellín de acuerdo a mediciones realizadas durante enero de 2002 desde el costado oriental del Valle de Aburrá y en dirección Sur; en azul los valores máximos y en negro los valores medios. Para un nivel de referencia de 25.000 luxes se calcularon el total de horas diarias en que se superó dicho nivel.

método de análisis, ya sea gráfico, analítico o experimental, se puede enriquecer sustancialmente si se cuenta con información primaria acerca de las condiciones lumínicas medidas directamente en el sitio en el cual se emplazará el proyecto. Cuando interesa tener un conocimiento más detallado de las intensidades lumínicas que se presentan en las diferentes porciones de la bóveda celeste, si se necesita conocer los valores máximos, realizar un cálculo del potencial de ahorro energético que permite el adecuado aprovechamiento de la luz natural, o si interesa conocer la evolución horaria del recurso lumínico de una localidad, entonces será necesario hacer un estudio de las condiciones del clima luminoso del lugar en estudio.

Algunos de estos datos se encuentran disponibles en estaciones meteorológicas, pero rara vez se recolecta información acerca de la disponibilidad de la luz natural. Por ello o se trabaja con datos de lugares que tengan condiciones de latitud y clima similares, con el consecuente grado de incertidumbre que acompaña a esta técnica, o se aplican modelos matemáticos para estimar los valores de luminancia a ser aplicados. El valor de referencia utilizado habitualmente en países europeos es de 10.000 luxes, como en condiciones tropicales es

frecuente que la bóveda celeste supere este valor en las primeras horas de la mañana, algunos autores como Rafael Serrá recomiendan para la banda ecuatorial utilizar un valor de 25.000 luxes. Mediciones realizadas en Medellín permiten asegurar que incluso valores superiores son lo suficientemente frecuentes para fundamentar en ellos las predicciones del desempeño lumínico de un espacio.

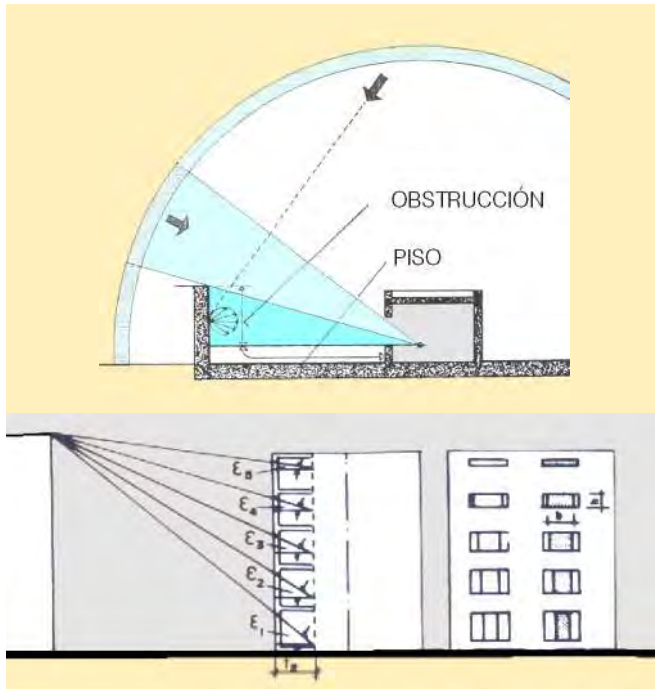
En cualquier caso, un procedimiento que utilice valores estimativos no permitirá conocer la evolución horaria del recurso lumínico ni los lapsos en que dicho recurso podrá ser considerado como "útil" y suficiente para reemplazar la iluminación artificial en una determinada zona de un proyecto específico. Por el contrario, un análisis con base en datos reales de iluminación permite establecer en qué porcentaje del día los rangos de cálculo elegidos podrían considerarse como representativos, determinando los períodos en que es probable que se presenten las tendencias de iluminancia alta, media y baja, valores que adquieren importancia a la hora de calcular los ahorros energéticos que se pueden esperar de la no utilización de la iluminación artificial.

Línea de "No Cielo"

La línea de no-cielo es una poligonal definida por los obstáculos exteriores del local y los puntos del horizonte que separan la bóveda celeste de la zona por debajo de la cual resulta imposible de observar el cielo. La luz que proviene de la zona por debajo de la línea de "no-cielo" corresponde en su totalidad a un componente reflejado que depende estrechamente del color y propiedades reflectivas de los objetos que circundan la edificación. Puede parecer que corresponde a un aporte minoritario en comparación con la luz que llega directamente desde la bóveda celeste, pero dependiendo de los acabados, su aporte puede ser incluso más representativo que el cielo mismo. En muchas circunstancias la zona por debajo de la línea de "no cielo" es la única opción para iluminar un espacio, como es el caso de habitaciones adyacentes a patios y edificaciones que se iluminan por el reflejo en la fachada o muro del frente.

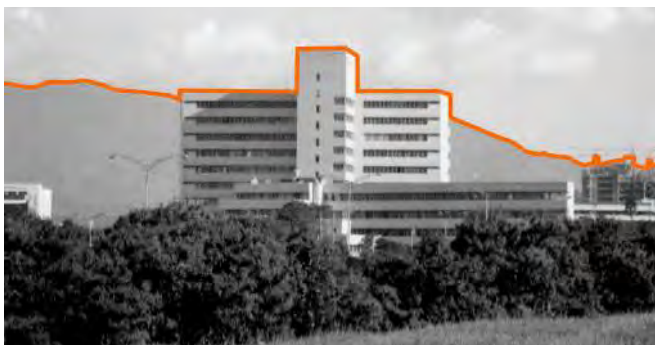
En términos generales todo recinto recibe luz proveniente directamente de la bóveda celeste y de las reflexiones de un entorno no necesariamente cercano, pero las proporciones entre uno y otro componente son características de cada sitio y le imprimen a cada espacio un ambiente lumínico particular. Al estudiar un edificio en altura, por ejemplo, resulta determinante la influencia que tiene el perfil del horizonte; los locales en los pisos más

Métodos de Cálculo



*Limitación de la visibilidad hacia la bóveda celeste desde el interior de un espacio como consecuencia de su entorno inmediato (Tomada del libro de Andrés Majoros).
Abajo, variación de las condiciones de visibilidad a medida que la posición relativa entre la ventana y el entorno se modifica (Tomada del libro de Guillermo Yáñez).*

altos presentan una menor obstrucción que los locales bajos y por lo tanto en el diseño de sus aberturas se debe considerar que los pisos altos "ven" una mayor proporción de la bóveda celeste que los locales inferiores. De aquí se deduce que estas ventanas podrían ser de menor tamaño que las de los locales inferiores, o que la profundidad útil que permite una ventana en un piso alto es mayor, como bien se puede verificar en algunos de los estudios cuantitativos que se encuentran consignados en las fichas técnicas.



Perfil de horizonte desde el fondo del Valle de Aburrá en dirección hacia el sur oriente.

La necesidad de cuantificar los efectos que se derivan del ingreso de la luz natural de un espacio ha propiciado el desarrollo de diversos métodos para la evaluación y cálculo de la intensidad y distribución lumínica. La mayor parte de los procedimientos existentes consideran únicamente la componente difusa de la radiación solar, ya que es sumamente complicado modelar matemáticamente el aporte combinado de la radiación directa y la difusa. Es notable la diversidad y cantidad de métodos para el cálculo y análisis de la luz natural; algunos métodos se centran en el prediseño de vanos, otros se concentran en establecer geoméricamente la porción de bóveda celeste proyectada sobre un punto interior. Los métodos analíticos simplifican en fórmulas el fenómeno de la luz tanto en exterior como en espacios interiores, dejando de lado detalles que pueden alterar los resultados y que encasillan las opciones de análisis a pesar de que en algunas ocasiones resultan arquitectónicamente relevantes.

El conocimiento a fondo del fenómeno de la luz en el interior de un espacio, revela las simplificaciones que han sido necesarias para hacer posible su representación y análisis, pues ningún método considera la totalidad de las variables involucradas. Esto ha obligado a introducir numerosos factores de corrección en todos los métodos, en algunos casos por los efectos de las reflexiones de paredes, en otros por la transmitancia de los diferentes materiales de cerramiento y en otros por los efectos de las superficies exteriores. Definitivamente, es difícil considerar los aportes lumínicos de todas las fuentes que afectan un punto en un local, más aún, cuando el objeto de estudio también es variable como es el caso de un proyecto arquitectónico. Es por esto que los modelos a escala potencian los análisis y cálculos de la luz natural, ya que permiten definir valores dados por un mayor número de variables, la ubicación y orientación del proyecto en el lugar de su emplazamiento, la simulación a escala del entorno y los acabados interiores; todo ello dirigido hacia una mejor comprensión de los fenómenos lumínicos que ocurren en el interior.

Por otro lado, este mayor conocimiento del comportamiento de la luz al interior de un proyecto debe estar complementado con un conocimiento más preciso del recurso lumínico del que se dispone en una localidad, en especial las variaciones climáticas y la evolución temporal de un fenómeno definitivamente dinámico. Se trata de un aspecto que ha sido simplificado a tablas y datos climáticos promedio, en los cuales este valor aparece como un dato fijo, pero nunca ha sido analizado

en tiempo real o en evolución libre, siendo éstas, precisamente, las mejores maneras para la comprensión de las interacciones dinámicas y permanentemente variables que se dan a efecto entre lugar y objeto arquitectónico. Los métodos de cálculo y simulación de la iluminación natural pueden ser agrupados en tres: métodos analíticos, gráficos y experimentales.

Métodos Analíticos

Consisten en la aplicación de modelos matemáticos para estudiar los intercambios lumínicos entre el exterior y el interior. Los métodos analíticos no consideran separadamente los componentes de la luz, sino que todos ellos se apoyan en ecuaciones, gráficas, diagramas y tablas que permiten obtener, combinando factores como la estructura y disposición de los vanos, el área de abertura necesaria para obtener un determinado factor de luz día, es decir, el cociente entre la iluminancia exterior y la interior en un punto determinado del espacio. Entre numerosos métodos analíticos son especialmente populares el método "Total Flux", los nomogramas de la CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) y el método de los Factores de Configuración.

Método "Total Flux"

Este método ganó popularidad en los Estados Unidos, pero en el resto del mundo solo logró aceptación en lo concerniente al análisis de claraboyas. Establece como primer paso la luminancia en el plano de la ventana, para multiplicar dicho valor por su área y su transmitancia para obtener así el flujo lumínico total que ingresa a la habitación. A continuación un conjunto de numerosas tablas permiten obtener los valores del "coeficiente de utilización" en tres puntos ubicados sobre el eje central de la ventana, todos ellos calculados como una función de las dimensiones de la habitación y la reflectividad media de las paredes.

Nomogramas de la CIE

La Comisión Internacional de Iluminación CIE, ha producido conjuntos de nomogramas para los diferentes tipos de ventanas y claraboyas. Los nomogramas permiten obtener el área de una claraboya como función de las relaciones entre las dimensiones de la habitación y la iluminancia promedio requerida. Para éste método sólo se tienen en cuenta las principales características de las claraboyas, ya que no es posible considerar ningún tipo de obstrucciones exteriores y el plano de trabajo se encuentra predefinido.

Método de los Factores de Configuración

Desarrollado por el arquitecto José María Cabeza Láinez de la Escuela Técnica Superior de Arquitectos de Sevilla. Su principal aporte con este método de cálculo ha sido demostrar que los intercambios energéticos entre dos cuerpos dependen exclusivamente de las relaciones espaciales que se dan a efecto entre ellos, por lo que, mediante un proceso analítico, es posible calcular el intercambio energético entre cualquier fuente y un punto cualquiera en el espacio. El método en cuestión es muy reciente y por ello tiene muchas e inexploradas aplicaciones, pero es de plena aplicación en el campo lumínico puesto que la iluminación es un intercambio de radiación visible entre la ventana y el plano de trabajo.

Para hacer este cálculo, sólo se requiere conocer las relaciones geométricas existentes entre el vano y el punto a analizar, además de las dimensiones de la fuente lumínica, es un procedimiento sencillo y potente que permite conocer con claridad el comportamiento de buena parte de las aberturas luminosas. Se trata de un cociente que representa en porcentaje la cantidad de energía que llega al punto en estudio con respecto a la cantidad de energía disponible en la fuente, para conocer cual es la intensidad lumínica en un punto cualquiera, basta multiplicar el factor de configuración de dicho punto por la iluminancia de la ventana. De manera inversa, para conocer la intensidad lumínica exterior, se divide la intensidad lumínica medida en un punto por su correspondiente factor de configuración.

El método, basado en un conjunto de proyecciones geométricas cónicas, puede ser aplicado de manera simple y directa mediante métodos convencionales de dibujo, pero se hace laborioso porque con respecto a una

$$F_c = \frac{k_1 - k_2}{\pi} \text{ de donde}$$

$$k_1 = \left\{ \frac{a}{\sqrt{(a^2 + c^2)}} \right\} \times \left\{ \text{Atan} \left(\frac{b}{\sqrt{(a^2 + c^2)}} \right) \right\}$$

$$k_2 = \left\{ \frac{a}{\sqrt{(a^2 + d^2)}} \right\} \times \left\{ \text{Atan} \left(\frac{b}{\sqrt{(a^2 + d^2)}} \right) \right\}$$

F_c = Factor de configuración

π = 3.1416

a = distancia del punto a la pared

b = semiancho de la ventana

c = distancia vertical entre el punto y el umbral del vano

d = distancia vertical entre el punto y el dintel del vano

Atan = Arco-tangente (a evaluar en radianes)

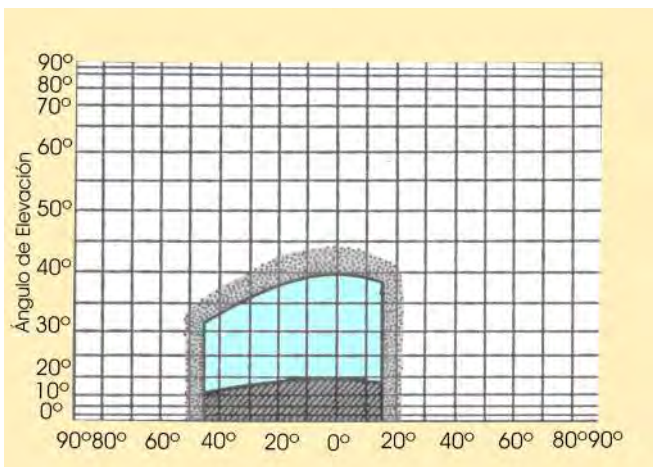
misma ventana cada punto tiene un factor de configuración diferente. Las proyecciones geométricas pueden realizarse, de manera más ágil, aplicando una expresión analítica que puede ser automatizada para analizar diversos puntos de manera simultánea.

Métodos Gráficos

Los procedimientos gráficos se basan en el Método del factor de luz día. Dicho método fue desarrollado en Inglaterra y establece que los niveles de iluminación se obtienen como una fracción de la iluminación natural del exterior sobre un plano horizontal. Estos valores pueden situarse entre 0,5 - 10 %. Se consideran condiciones de cielo completamente cubierto y no se tiene en cuenta el efecto de persianas, aunque se estudien los obstáculos al paso de la luz. Se aplica un procedimiento gráfico para obtener la fracción de bóveda celeste que resulta visible en un punto al interior de la habitación. Se utilizan entre otros el diagrama de Waldram, el método B.R.S. y el de Pilkington (o de puntos).

Diagrama de Waldram

Se basa en la representación gráfica de la mitad de la bóveda celeste sobre una superficie plana, de tal forma que las áreas medidas sobre el diagrama, en cm^2 representan la fracción porcentual de la bóveda que resulta visible desde el interior del espacio a través de la ventana. En las abscisas se representa el acimut y en las ordenadas los ángulos de altura proporcionales a $(1 - \cos 2\theta)$. Para aplicar este método, desde el punto interior P del local, se proyecta la silueta del vano que está siendo estudiado, las líneas verticales se representan verticalmente y las líneas horizontales deben seguir unas líneas curvas que sirven de guía. El área de bóveda celeste contenido dentro del polígono de la ventana



permite calcular el factor de luz día correspondiente a la porción de cielo que se "ve" desde el punto P. En el caso de que existan obstáculos, se superpone a la proyección de la ventana la proyección de los mismos, de manera que la iluminación se calcula partiendo de la superficie neta luego de restar la correspondiente a los obstáculos.

Diagrama de Puntos

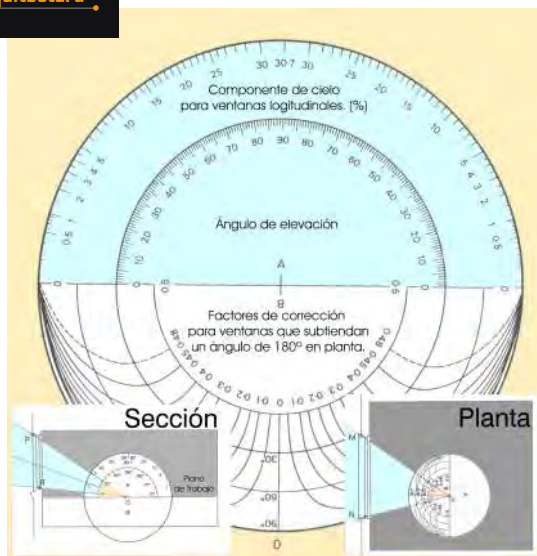
En el diagrama de puntos se parte de una semibóveda celeste que posee una distribución de brillo variable estándar, la luminosidad se representa mediante una distribución de puntos con igual valor de iluminancia, de forma que el total de los mismos equivalen a la luminancia del exterior. Por convenio en este método, luminancia (E) = 1.000 puntos. Mediante una perspectiva cónica convencional de la ventana y todos los obstáculos que se observan desde el interior, construida desde el punto en estudio P y de forma que la distancia del punto P al Plano del Cuadro sea equivalente al radio de la circunferencia. Seguidamente se cuentan el número de puntos no afectados por los obstáculos para conocer la fracción de cielo que resulta visible desde el punto en estudio.

Aplicación del método del diagrama de puntos en una ventana. En color gris se destacan los puntos que no hacen parte del conteo en el cálculo de los aportes de luz en el interior.



Ábaco de Dufton

Se desarrolló en los años 50 en Inglaterra como una herramienta de consulta para arquitectos e ingenieros interesados en conocer las cualidades y cantidades de luz de los espacios que captan la luz exterior a través de vanos en fachadas y cubiertas. Este método requiere de datos de iluminación teóricos o reales tomados en los sitios donde se ejecuta el proyecto; con él se analizan



Aplicación del método de Dufton.

El producto de los ángulos resaltados en naranja permite estimar el aporte de iluminación natural en un punto P en el interior de una habitación.

puntos de referencia a partir de plantas y secciones del edificio o el espacio arquitectónico que se pretende evaluar.

El método consiste en proyectar en planta y en sección, el vano propuesto sobre el punto escogido para el análisis. El centro del ábaco se hace coincidir con el punto estudiado, cuidando usar correctamente el lado del ábaco para cada caso, esto es, media circunferencia para la planta y la otra media para el alzado. Las porciones de ábaco comprendidas permiten obtener valores que se suman o restan según el caso para hallar el factor de iluminación. El producto de los valores obtenidos en alzado y en planta corresponde en porcentaje, a la fracción de cielo que resulta visible desde el punto en estudio. Basta una regla de tres para obtener el valor en luxes que corresponde a este porcentaje.

Es importante aclarar que los datos obtenidos deben luego ser corregidos por los efectos ocasionados por la reflexión de los planos de las paredes y el piso o por obstrucciones de la línea de no-cielo. El método asume que el cielo se encuentra despejado, por lo tanto, los valores máximos para el cálculo del factor de iluminación coinciden con los valores máximos de iluminación para cada sitio. El valor máximo que se obtiene del diagrama es de 30.7% de la iluminación exterior. La versatilidad del ábaco facilita la evaluación de cualquier punto del local, de modo que para obtener curvas de distribución lumínica en el espacio, basta aplicar el procedimiento numerosas veces. El ábaco, por su condición de método gráfico, trae consigo errores propios a la agudeza visual del usuario y limitaciones de cálculo pues sólo puede ser utilizado para evaluar aberturas rectangulares.

Desarrollos Recientes

Entre los últimos aportes al tema del cálculo de iluminación natural mediante procedimientos gráficos, se destacan los trabajos realizados por András Majoros, Profesor en Energía y Servicios en Edificaciones en la Universidad Técnica de Budapest. El Método Generativo consiste en calcular el área del vano necesaria para alcanzar un nivel de iluminancia determinado al interior del espacio, en función de: las proporciones de la habitación, el coeficiente de reflexión de las superficies interiores y el radio de obstrucción de la ventana. El Método de la Eficiencia es similar al anterior, pero no considera obstrucciones exteriores, por lo cual sólo se aplica al cálculo de claraboyas.

Métodos Experimentales

El rápido desarrollo de la tecnología digital y su aplicación en los microprocesadores, ha permitido que los equipos para monitorización de luz sean suficientemente pequeños para ser instalados dentro de un modelo a escala y suficientemente económicos para hacer parte de los instrumentos de trabajo de un arquitecto. Los modelos, en general, son fáciles de construir y permiten una evaluación muy completa de las condiciones lumínicas de una edificación, incluso a nivel cuantitativo. Debido a que las longitudes de onda de la luz son muy pequeñas en comparación a las dimensiones de una edificación, su comportamiento no se ve afectado como consecuencia de un cambio de escala, cosa que no ocurre con las ondas sonoras o el calor, donde el fenómeno es afectado sensiblemente por los cambios dimensionales.

Método Lumen

Este método desarrollado en Estados Unidos, se basa en la aplicación de unos "coeficientes de utilización" del local. Este método considera la componente de la bóveda celeste y la reflejada en el piso, basados en datos de iluminación natural exterior sobre un plano horizontal, cuyas contribuciones se suman para obtener la iluminación interior como resultante. Los "coeficientes de utilización" del local se obtienen de los datos proporcionados por experimentos realizados en modelos a escala, que constituyen la referencia para cielos claros y para cielos totalmente cubiertos. Se consideran dentro de este método la transmitancia del vidrio, el efecto de las persianas con lamas variables y la protección solar. Mediante unas tablas se obtienen los niveles de iluminación en tres puntos situados en el interior del local, en un plano horizontal y sobre el eje de simetría de la ventana. Con este procedimiento no se pueden obtener valores por fuera de dicho plano, como por ejemplo, una superficie vertical paralela a la ventana.

Capítulo 6

Iluminación en Establecimientos Educativos. Casos de Estudio

Ampliando los criterios de utilización y aprovechamiento lumínico presentados en capítulos anteriores, se realizaron cinco estudios de caso en varias aulas convencionales y en otros espacios en los cuales se realizan actividades de carácter didáctico no necesariamente relacionados con una clase magistral. En la producción de estos análisis fue posible incorporar otro conjunto de variables estrechamente relacionados con la correcta percepción de objetos, reconocimiento de símbolos y demás actividades relacionadas con situaciones de aprendizaje.

En los análisis realizados se evidencian aspectos que superan la dimensión estrictamente funcional, como es el caso de los talleres de pintura del Palacio de Bellas Artes, en donde el control de sombras y la búsqueda de unas excelentes condiciones de homogeneidad y reproducción cromática hacen parte del acompañamiento que la planta física de una institución debería tener para con los programas académicos que alberga. En la nueva sede de esta misma institución se evaluaron las condiciones de homogeneidad lumínica de otra aula con una destinación más variada, en la cual se constata la eficacia en el control de las condiciones de sobre-iluminación para propiciar un excelente rendimiento visual en la percepción no sólo de colores, sino también de formas, texturas y volúmenes.

También se realizaron mediciones en uno de los laboratorios del Instituto Educativo Jorge Robledo, un espacio iluminado por ambos costados y en el cual los acabados lisos y brillantes hacen posible obtener unas excelentes condiciones de iluminación a pesar de que los puestos ocupados por los estudiantes no siempre se encuentren cerca de las fachadas. En el edificio de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, a pesar de tener un objetivo similar: iluminar espacios profundos con la garantía de un excelente control solar, se aplica una estrategia diferente: una exitosa combinación de vidrio claro con chapas metálicas perforadas. Por último, en un aula del preescolar del colegio El Sufragio se logra un versátil control de las condiciones de iluminación con sencillas persianas verticales, lo que posibilita introducir dentro de los hábitos de ocupación de las nuevas generaciones una cultura de ahorro energético y de aprovechamiento de los recursos disponibles de forma natural.

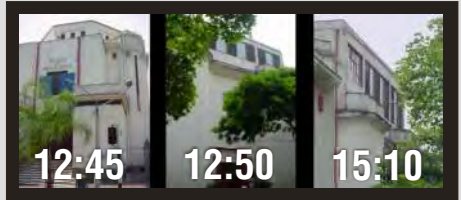




LOCALIZACIÓN
Barrio Centro - Medellín
Carrera 42 # 52-33
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Educación Artística



Control Solar
PINTURA BLANCA APLICADA SOBRE EL VIDRIO
Material del edificio
LADRILLO MACIZO, REVOQUE LISO, PINTURA
Tipo de cerramiento
VENTANAS CON VIDRIOS FIJOS Y CELOSÍAS
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO 4mm
Acabado Interior
REVOQUE LISO, PINTURA COLOR AMARILLO CLARO



Un amplio espacio de trabajo aprovecha la luz natural a través de sus grandes ventanales. El acabado y el color de paredes y cielo logran un ambiente óptimo para apreciar los colores y texturas de las pinturas realizadas por los estudiantes.

Palacio de Bellas Artes
Texturas y colores en las paredes y el cielo

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Ventanales superiores



Vista superior



Mesas y antepechos

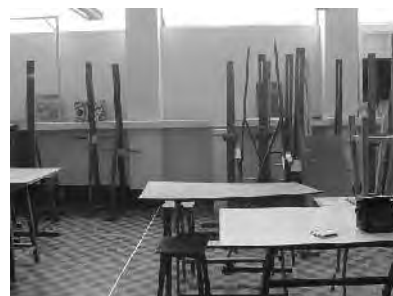


Vano sobre el acceso

El palacio de Bellas Artes fue concebido en 1925 para dedicarlo a la enseñanza de las artes plásticas y la música. En el transcurso de los años ha sufrido modificaciones en su sistema espacial interior el cual, por interés de la actual dirección, está siendo recuperado a su estado original, especialmente en los antiguos salones destinados a la enseñanza de la pintura.

Este estudio se realizó sobre uno de los espacios ya restaurados, donde se eliminó un entrepiso en madera y se aplicó pintura de color amarillo claro en las paredes y el cielo. El espacio a doble altura se ilumina a través de ventanales que llegan hasta el techo, de esta manera la luz penetra por la parte superior del salón, permitiendo a los antepechos operar como superficies aptas para el trabajo y la exposición. La concepción original de este espacio busca controlar los registros hacia el exterior con ventanas que desde cualquier punto del salón sólo permiten visuales dirigidas hacia la bóveda celeste.

El efecto de iluminación de las ventanas altas favorece la penetración y distribución por reflejo de la luz hacia el centro del espacio de una manera notablemente uniforme, tanto sobre planos de trabajo verticales como horizontales. Este aspecto se refuerza con varios ingresos de luz desde diferentes direcciones, aprovechando incluso la luz que llega desde el hall de acceso a través de un gran vano ubicado sobre la puerta del aula.



Ambiente lumínico uniforme sobre planos de trabajo verticales y horizontales.



Ingreso de luz natural a través de las ventanas superiores y distribución por muros.



Modulación alta. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 20.000 luxes.

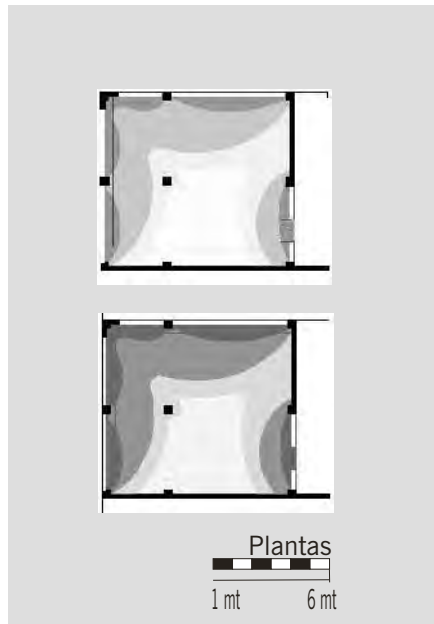
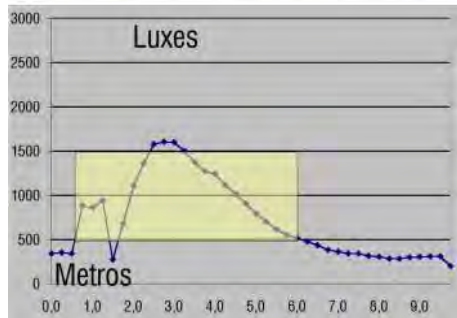
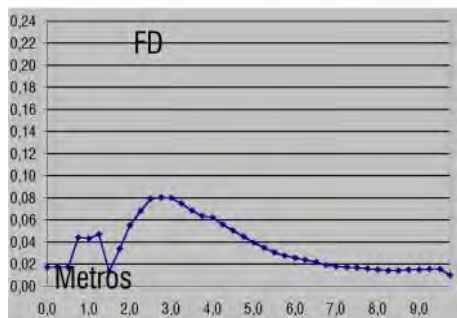
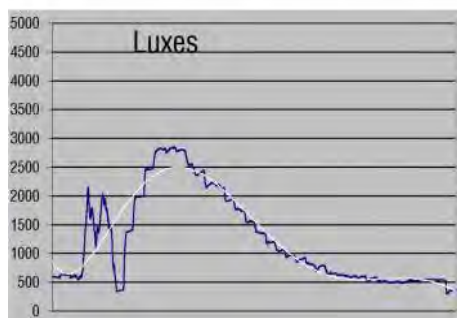
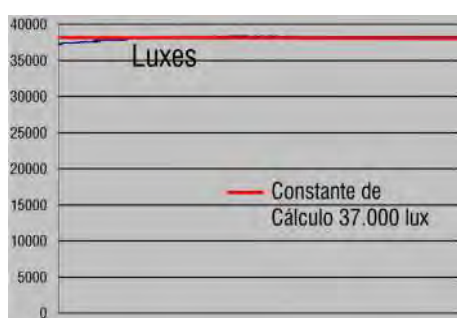


Modulación baja. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 10.000 luxes.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

Los acabados de las paredes y el techo distribuyen la luz natural que penetra por las ventanas altas. Aquellas que se encuentran orientadas hacia el naciente tienen un tratamiento con pintura que contrarresta la radiación solar y distribuye mejor la iluminación.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

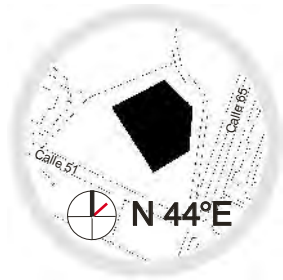
Bajo condiciones de luminancia exterior cercanas a los 37.000 luxes se obtuvieron iluminaciones interiores entre los 500 y los 2800 luxes. Con estos datos se calcularon los factores de distribución a 0.90 mt. de altura por el eje de una de las ventanas del aula para hacer modulaciones de intensidad lumínica en condiciones medias de luminancia para Medellín de 20.000 lux.

La forma en que se distribuye la luz en este espacio está determinada por la ubicación de las ventanas y sobre todo por los aportes de reflexiones del techo y la parte superior de las paredes. Para espacios educativos se estableció una franja de intensidad lumínica apta entre los 500 y los 1500 luxes.

En este espacio en particular es importante resaltar que con luminancias exteriores medias es posible mantener hasta un 70% del área útil del salón iluminada de forma natural al menos durante 8 horas diarias, de acuerdo al recurso lumínico disponible en Medellín. Esta condición favorece la enseñanza de la pintura debido a los cambios en la apreciación del color que ocasionaría la utilización de fuentes lumínicas artificiales.

CONCLUSIÓN

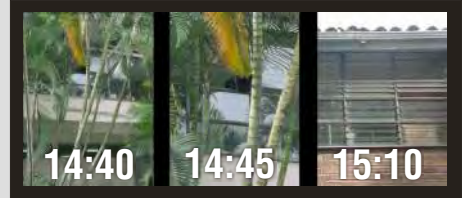
La combinación de ventanas altas y un buen manejo de texturas y color de acabado mejoran la calidad lumínica de un espacio donde el control de sombras juega un papel importante en la apreciación del color y textura propias a las obras de arte. Recuperar este espacio a su condición original ha permitido un adecuado aprovechamiento del recurso lumínico en función de la actividad académica allí desarrollada.



LOCALIZACIÓN
Barrio Carlos E. Restrepo
Calle 51 N° 65-72
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Educación Formal



Control Solar
SOMBRA POR VEGETACIÓN
Material del edificio
LADRILLO CON REVOQUE LISO, CIELO EN TRIPLEX
Tipo de cerramiento
VENTANAS CON VIDRIOS FIJOS Y CELOSÍAS
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO 4mm
Acabado Interior
REVOQUE LISO, PINTURA, ENCHAPE EN BALDOSIN



Las actividades en un laboratorio de química exigen la cuidadosa captación y dosificación del recurso lumínico para controlar reflejos en muebles y objetos, permitiendo una mayor concentración y una mejor apreciación de los detalles.

Instituto Jorge Robledo

Condiciones de iluminación en un plano de trabajo

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Vista al exterior



Vista general



Percepción de colores



Tamiz de radiación

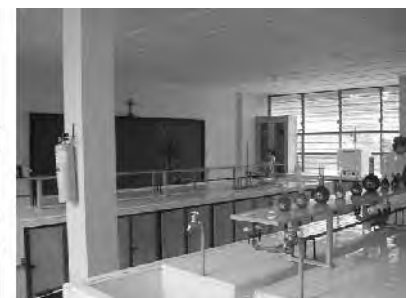
El Laboratorio de Química del Instituto Jorge Robledo presenta condiciones de captación, control y distribución de luz natural muy apropiadas para el desarrollo de actividades académicas que requieren concentración y observación de detalles, aspectos relacionados directamente con la seguridad de los estudiantes.

Este espacio educativo se encuentra ubicado en un segundo nivel y cuenta con ventanales corridos en ambos costados, la altura de los sillares se corresponde con la altura del plano de trabajo que se encuentra a 0.90 mt. sobre el piso. Los ventanales rematan contra el cielo raso a una altura de 2,40 mt. y cuentan con barreras vegetales que controlan la radiación solar y tamizan la luz natural, sin necesidad de otros dispositivos para este efecto.

El material de acabado de los muebles fijos, enchape en baldosín blanco, permite aprovechar el recurso lumínico ya tamizado por la fachada. A pesar de que la textura del baldosín es lisa y genera muchos reflejos, la posición de los mesones con relación a los accesos de luz, controla posibles brillos molestos que se podrían generar sobre estas superficies en el campo visual de cada estudiante. Brillos que se originan con otras inclinaciones rebotan hasta el cielo raso, que por ser de color blanco, complementa el ambiente luminoso al interior del laboratorio. La efectividad de la captación, control y distribución de la luz natural es tal que se hace innecesaria la disposición de iluminación artificial.



La luz natural no genera reflejos molestos a pesar del acabado brillante de las superficies de trabajo.



La cualidad lumínica favorece una buena percepción de los detalles.



Modulación alta. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 20.000 luxes.



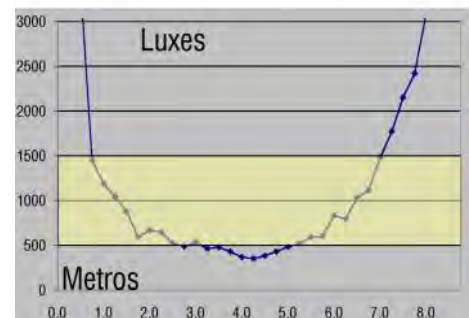
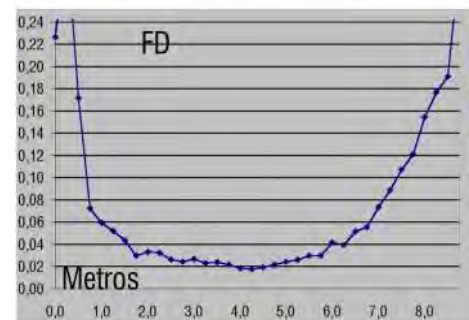
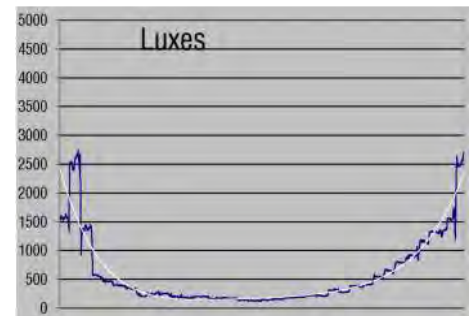
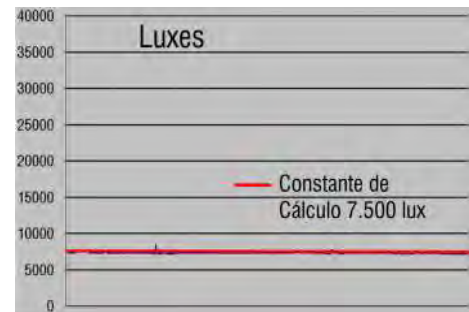
Modulación baja. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 10.000 luxes.

Secciones



DESEMPEÑO LUMÍNICO

Los planos blancos y brillantes en la proximidad de las ventanas reflejan la luz natural que penetra tamizada por la vegetación. La ubicación de las mesas de trabajo con respecto a las ventanas evita que los reflejos lleguen a la cara de los estudiantes.

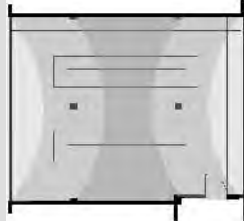
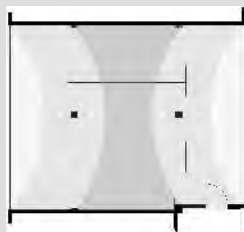


ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Las mediciones de intensidad lumínica fueron realizadas sobre los mesones del laboratorio, los cuales tienen una altura de 0.90mt. la luminancia exterior correspondiente a la toma de datos de este estudio presentó valores cercanos a los 7.500 luxes.

Los valores de iluminación interna oscilaron entre los 200 luxes hacia el centro del laboratorio y 2500 luxes en las zonas adyacentes a las ventanas.

Modulando los factores de distribución propios a este espacio y aplicando el rango operativo entre 500 y 1500 luxes como el apropiado para el desarrollo de las actividades del laboratorio, se pudo verificar que bajo condiciones de luminancia exterior correspondientes a 20.000 luxes, como rango medio para Medellín, por lo menos un 90% de las superficies de trabajo del laboratorio pueden ser ocupadas con total seguridad sin necesidad de encender ninguna lámpara.



Plantas



CONCLUSIÓN

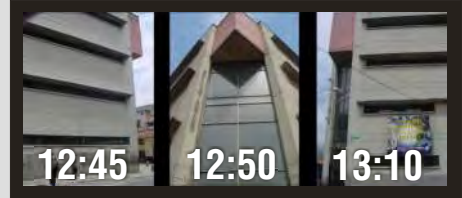
Acabados blancos y brillantes pueden ser utilizados para maximizar los aportes lumínicos por reflexión hacia el cielo raso sin ocasionar riesgos de deslumbramiento que puedan afectar la seguridad de los estudiantes al manipular objetos o sustancias peligrosas. La relación entre el mobiliario y los ventanales favorecen el ingreso de la luz de forma bilateral, reduciendo las sombras y balanceando



LOCALIZACIÓN
Barrio Centro - Medellín
Carrera 42A # 48-86
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Educación Artística



Control Solar
VENTANA PROFUNDA , VACÍO EN DOBLE ALTURA
Material del edificio
CONCRETO, LADRILLO Y REVOQUE
Tipo de cerramiento
VENTANAL FIJO Y VENTANAS CON CUERPO BATIENTE
Tipo de Vidrio
VIDRIO BRONCE 5mm
Acabado Interior
REVOQUE LISO, PINTURA BLANCA.



La luz natural no sólo se debe considerar en función de la cantidad disponible, sino además en una distribución homogénea que le permita a las personas estudiar en condiciones de confort sin estar expuestos a brillos ni deslumbramientos.

Instituto de Bellas Artes

Homogeneidad lumínica sobre un plano de trabajo

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Ventana corrida lateral



Ingreso de luz natural



Acabados



Ambiente general

La nueva sede del Instituto de Bellas Artes fue construida en el año 2000 y destinada a la enseñanza de las artes plásticas y la música, cuenta con buenos accesos de luz natural que generan espacios aptos para las clases de pintura y la exposición de las mismas. El edificio, ubicado en esquina, aprovecha el recurso lumínico de ambas fachadas por medio de franjas de ventanería profunda que se encuentran protegidas de la radiación solar directa. En el ochave se destaca un gran ventanal de tres alturas con vidrio fijo y en su interior el edificio cuenta con un gran vacío iluminado por un domo central, por lo que la presencia de la luz natural es una constante en la vivencia de este espacio.

El taller de pintura objeto de este estudio se encuentra en el segundo nivel del edificio, justo en la esquina del ochave, por lo que los aportes de luz natural se presentan principalmente por esta gran abertura que disfruta de las mejores condiciones de visibilidad hacia el exterior. Los ingresos de luz por los ventanales corridos, los acabados de las paredes y el cielo contribuyen a conformar un ambiente lumínico uniforme en la mayor parte del aula.

La ubicación del tablero hacia el fondo del taller facilita el máximo aprovechamiento del área que resulta mejor iluminada, evitando brillos o reflejos que se podrían ocasionar por la iluminación directa de las ventanas, aspecto que se puede reforzar con una adecuada disposición de los muebles.



Principal ingreso de luz natural desde el fondo del taller por el gran ventanal en esquina.



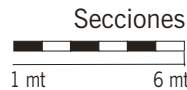
Efecto de acabados en pared y cielo raso sobre la calidad de la luz natural en el taller



Modulación alta. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 20.000 luxes.

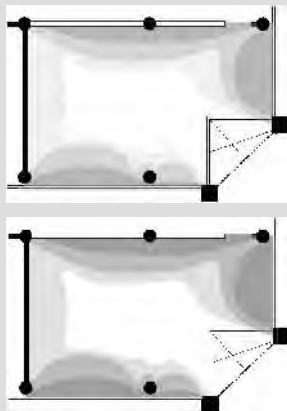
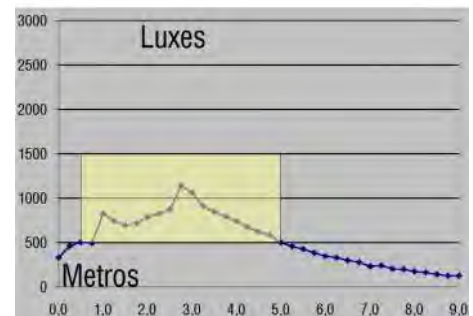
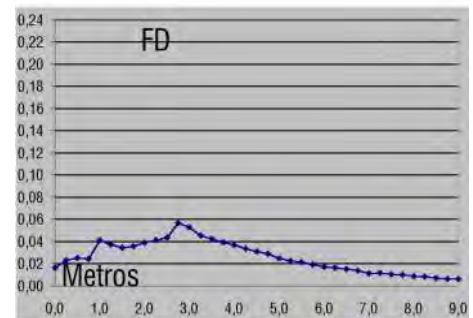
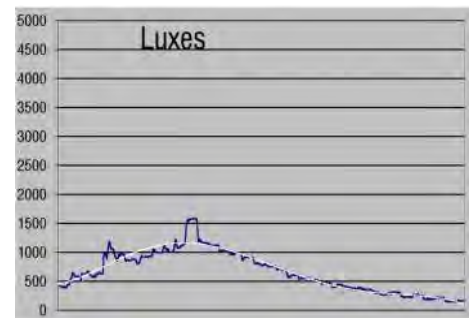
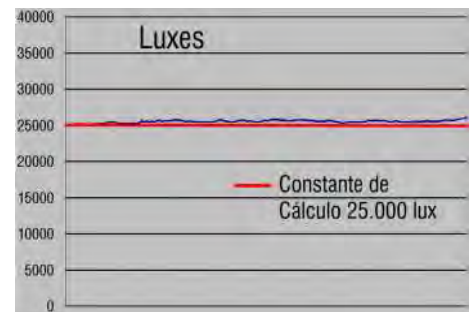


Modulación baja. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 10.000 luxes.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

El acceso de luz por el ventanal en esquina y las ventanas laterales permiten una equilibrada distribución de la luz natural en el taller. Los acabados complementan la calidad del ambiente lumínico gracias a la luz que llega desde múltiples direcciones.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Los datos tomados simultáneamente en el exterior y en el interior del taller permitieron calcular sus factores de distribución lumínica. La luminancia exterior registrada alcanzó el rango de los 25.000 luxes y los valores de iluminancia a 0.90 mt. del piso oscilaron entre los 250 y los 1500 luxes.

La distribución de la luz natural no genera grandes contrastes entre los valores máximos y mínimos, el espacio se ajusta ergonómicamente a las normas de control de brillos y deslumbramientos, que recomiendan no exceder una relación de 3:1 entre la superficie de trabajo y los máximos valores registrados en el interior del espacio. Un recinto con alto contraste ocasiona fatiga visual al obligar a una continua acomodación de la pupila a las variadas condiciones de iluminación, circunstancia que se presenta en un aula artística si la actividad académica requiere de la presencia de un modelo.

Modulando los factores de distribución con 20.000 luxes de luminancia exterior, se superan los 500 luxes en el 60% del taller, condición bastante favorable si se considera que este nivel se obtiene en un 85% de los días en Medellín entre las 09:00 y las 17:00 horas.

CONCLUSIÓN

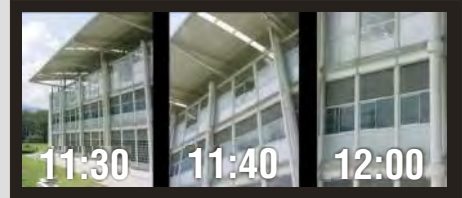
No basta con asegurar que la intensidad lumínica en el interior de un espacio supere el nivel de referencia. Sobreiluminar puede ocasionar un pobre rendimiento visual y por este motivo es conveniente revisar también la distribución de la luz sobre las zonas útiles de un espacio, especialmente allí donde el tipo de actividad requiere una excelente percepción de los volúmenes y las formas y no sólo de los contornos.



LOCALIZACIÓN
Universidad Nacional de Colombia
Sede - Medellín
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Educación Profesional



Control Solar
ALERO EN CUBIERTA
Material del edificio
ESTRUCTURA METÁLICA Y BLOQUE A LA VISTA
Tipo de cerramiento
YESO, VIDRIO Y CHAPA DE ALUMINO PERFORADA
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO 4mm
Acabado Interior
BLOQUE A LA VISTA, CONCRETO Y STEEL DECK



La visibilidad de la bóveda celeste esta menos limitada en campo abierto, lo que permite el ingreso de una mayor cantidad de luz hacia las zonas profundas de un espacio, especialmente si las ventanas tienen una altura suficiente.

Facultad de Arquitectura UN Iluminación para espacios profundos

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Vista exterior



Vista desde el interior



Ventanal Corrido



Aspecto general interior

El nuevo edificio de la Facultad de Arquitectura albergará talleres, laboratorios y oficinas para los proyectos de extensión, su construcción comenzó en el año 2001 y en su concepción arquitectónica se maximizó el aprovechamiento de la luz natural, considerando aspectos ambientales como el control solar y la ventilación natural. La privilegiada orientación hacia el norte y su emplazamiento en el eje del valle, son aspectos que simplificaron el control solar de las fachadas y permitieron excelentes condiciones de visibilidad, pues la línea de no cielo es muy baja y la definen la arborización del campus universitario y el perfil lejano de las montañas.

La fachada está compuesta por tres bandas horizontales de las cuales sólo la inferior es opaca, la central es un ventanal corrido en vidrio transparente y el cuerpo superior corresponde a láminas de aluminio perforadas que, además de permitir el ingreso de luz natural tamizada, aseguran la ventilación de los talleres.

Las franjas de captación de luz alcanzan para iluminar de forma natural la totalidad del aula taller, a pesar de que los acabados de paredes y piso sean poco reflectivos. Los aportes lumínicos que ocasiona la reflexión en las vigas y el cielo en Steel Deck no son muy apreciables debido al material de piso y el tamizado de la luz alta que produce la chapa perforada. Se destaca la calidad ambiental que representa el poder disfrutar del paisaje de manera simultánea al desarrollo de las actividades académicas.



Los materiales de acabado opacos y rugosos no generan brillos ni reflejos molestos.

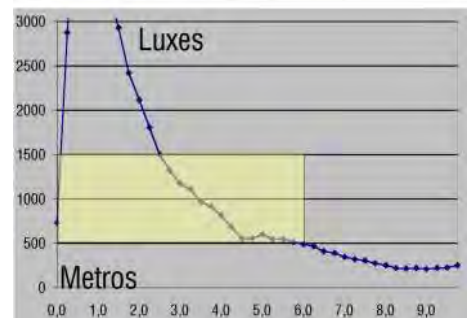
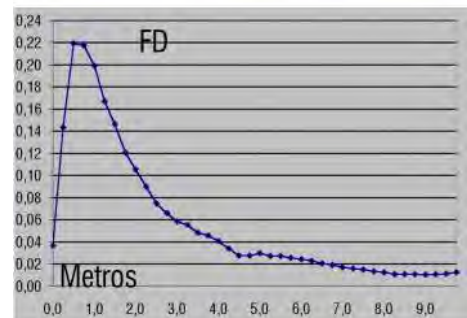
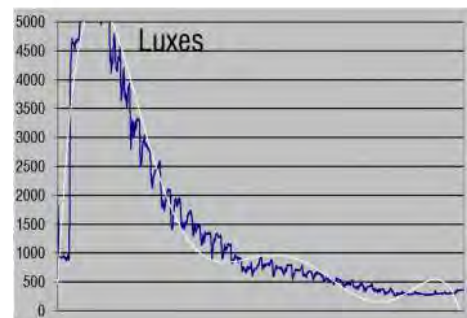
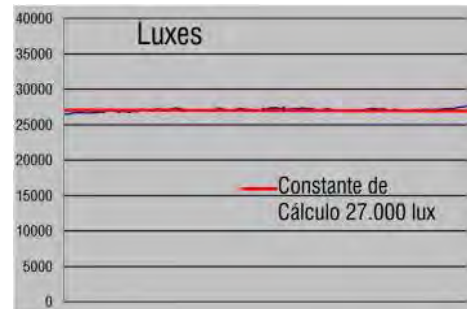


La luz natural llega con suficiente densidad hasta el fondo del aula taller.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

Tamizar la luz que proviene de un entorno sin obstrucciones resulta favorable para no exceder la intensidad lumínica en la zona próxima a la fachada ni limitar la referencia del paisaje exterior en la zona profunda.

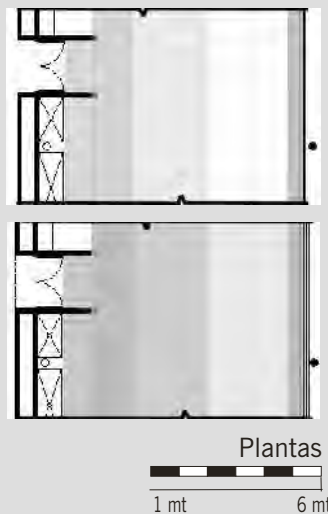


ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Se registró una luminancia exterior de 27.000 luxes en promedio mientras que en el interior del edificio se obtuvieron registros que oscilaron entre los 300 y los 5.000 luxes. Todas las mediciones se realizaron sobre un plano de trabajo horizontal ubicado a 0.90 mt del piso a pesar de que por el tipo de actividades pedagógicas es probable que con frecuencia se trabaje directamente en el piso.

En la zona próxima a la ventana se registraron los máximos valores, los cuales empiezan a descender abruptamente a un metro de la fachada. En esta zona el aporte lumínico de las chapas perforadas es casi nulo, pero empieza a ser notable a partir de los 3 metros, ya que a medida que aumenta la distancia a la fachada las chapas perforadas se perciben con más área abierta, efecto apreciable hasta los 6 metros de profundidad.

Los Factores de Distribución obtenidos se modularon con una luminancia de 20.000 luxes, valor que permite una suficiencia lumínica hasta de 8 horas en días de brillo promedio para Medellín. Ante estas condiciones se obtendría una iluminación sobre los 500 luxes en el 70% del área útil del aula taller.



CONCLUSIÓN

Un entorno sin mayores obstrucciones permite la obtención de intensidades y distribuciones lumínicas aptas para el desarrollo de actividades académicas, incluso en locales profundos. El vidrio claro y su combinación con las chapas de aluminio perforadas, brinda una continuidad cromática que también en la zona profunda del taller permite disfrutar de la luz natural sin perder la relación con el paisaje.



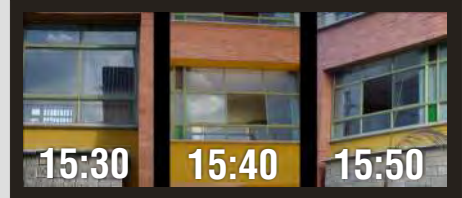
LOCALIZACIÓN
Barrio Boston - Medellín
Carrera 39 # 54-31
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Educativo - Preescolar



Preescolar El Sufragio

Control de iluminación con persianas verticales

Control Solar
VENTANA PROFUNDA, ALERO EN CUBIERTA
Material del edificio
BLOQUE A LA VISTA, LADRILLO CATALÁN, REVOQUE LISO
Tipo de cerramiento
VENTANAS CON CUERPO CENTRAL CORREDIZO
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO 4mm
Acabado Interior
REVOQUE LISO, PINTURAS AMARILLAS Y BLANCA



Dosificar el ingreso de luz mediante dispositivos de control manual ofrece ventajas en la optimización energética y ergonómica de espacios educativos y puede ayudar a fomentar una cultura del ahorro en las nuevas generaciones.

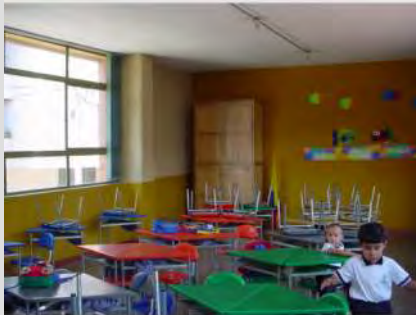
AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Vista desde el patio



Tablero, zona anterior



Zona posterior



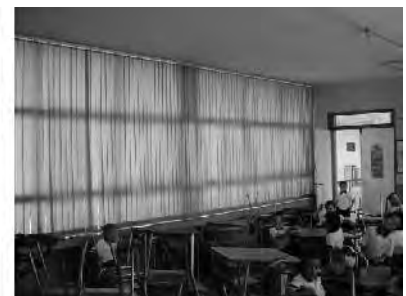
Modulación de la luz

El preescolar del Colegio Salesiano El Sufragio es una construcción del año 2000 en forma de "L" que adicionada a la parte posterior de la edificación existente, configuró un claustro central con tres niveles. Las aulas, para niños entre los 4 y 6 años, se iluminan por ventanales laterales orientados hacia el patio y la calle. El aula donde se realizó este estudio está ubicada en el segundo nivel del ala oriental del edificio y posee vanos compuestos en vidrio claro con cuerpos de ventana corredizas para permitir la libre circulación de aire. El cielo raso con acabado en estuco y color blanco actúa como dispersor de la luz natural que ingresa por las ventanas, las cuales rematan directamente en el cielo del aula.

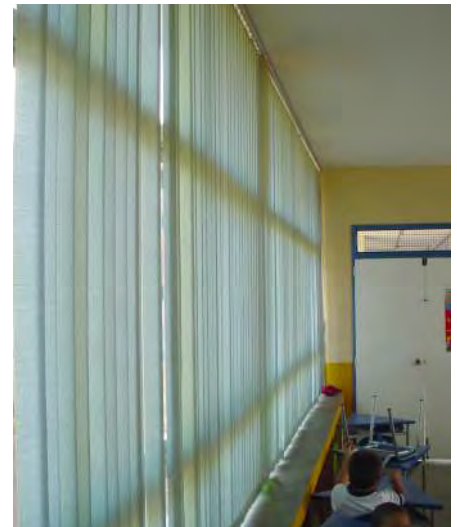
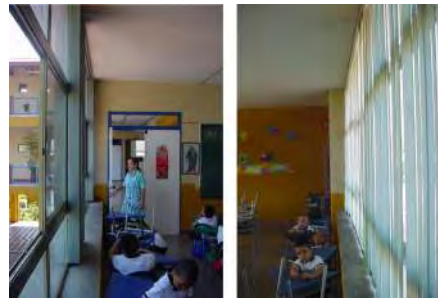
La disposición de los ventanales laterales propicia un elevado aprovechamiento del recurso lumínico y requiere de algún dispositivo que permita modular la luz en intensidad y distribución para adaptarla a las condiciones solares y las actividades académicas allí desarrolladas. Este requerimiento fue resuelto con un sistema de persianas verticales, cuya operación permite obtener diversos rangos de control de la iluminación, desde tamizar levemente la luz, hasta lograr un apreciable oscurecimiento del aula para el desarrollo de actividades como la proyección de imágenes o videos. Debido a la duración de la jornada académica, los horarios de clase y el suficiente acceso de luz natural por ambos ventanales, el sistema de iluminación artificial pasa aquí a un segundo plano.



Acceso de luz natural por el ventanal abierto al exterior sin control de las persianas.

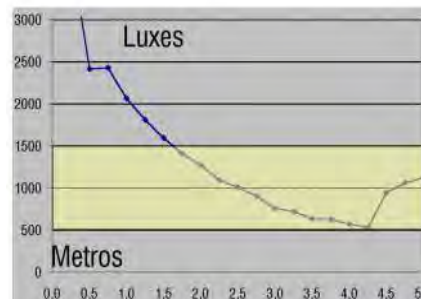
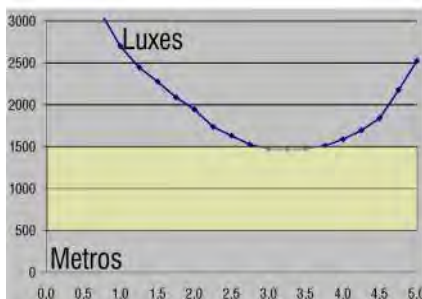
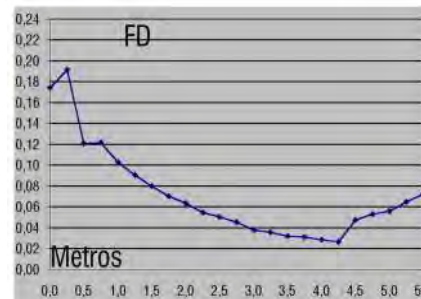
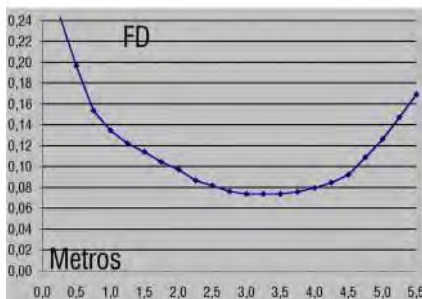
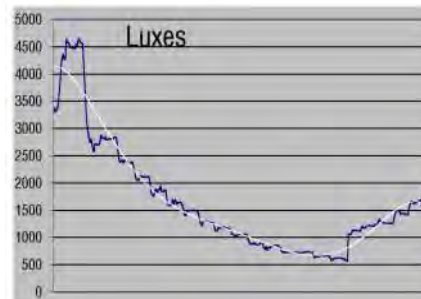
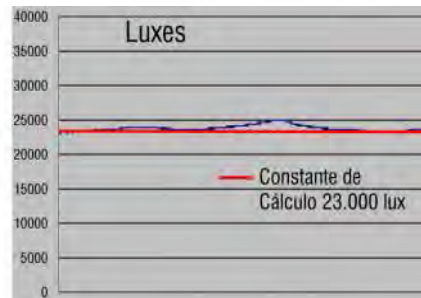
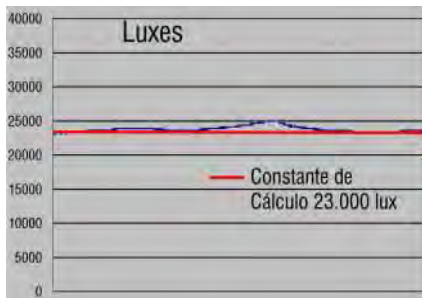


Efecto de atenuación lumínica por el despliegue del sistema de persianas verticales.



ASPECTOS LUMÍNICOS

Fachadas con ventanas generosas, complementadas por dispositivos que permiten regular la intensidad y distribución de la luz natural que ingresa por ellas, hacen posible la adaptación de la condición lumínica del aula a las necesidades ergonómicas de los estudiantes.

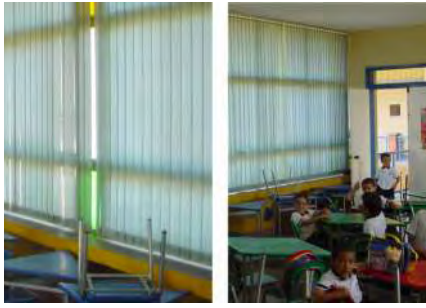


ANÁLISIS COMPARATIVO

El control de la intensidad y la distribución de la luz natural mediante un sistema de persianas permite acondicionar de múltiples formas el ambiente lumínico al interior de un aula. En este análisis se comparan dos estados de operación, el primero con las ventanas completamente descubiertas y el segundo con las persianas de una de las fachadas, completamente desplegada.

Los registros de iluminancia en ambos casos fueron obtenidos con una mínima variabilidad de las condiciones de exterior, lo que permitió un análisis comparativo muy confiable. La constante de cálculo fue de 23.000 luxes y los rangos de iluminación obtenidos con las ventanas descubiertas oscilaron entre los 1.600 y los 5.000 luxes. Cerrando una de las persianas los registros oscilaron entre los 500 y los 4.500 luxes.

Es importante recordar que en espacios que poseen varias ventanas los factores de distribución integran los aportes simultáneos de todos los ingresos de luz, por esta razón, aunque la mayor variación se presente en cercanías a la ventana cuya persiana fue cerrada, la totalidad de la curva de distribución resulta afectada. En este caso, la persiana ha permitido disminuir la intensidad lumínica que se registra al interior del aula para obtener iluminancias que no resulten excesivas para el desarrollo de actividades como la lectura y la escritura.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

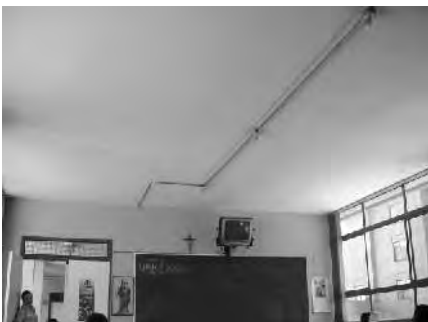
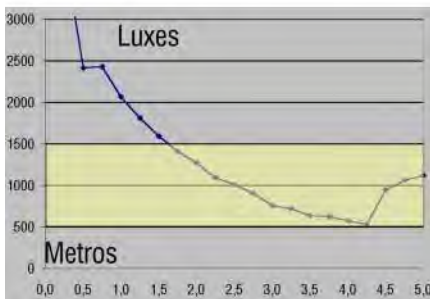
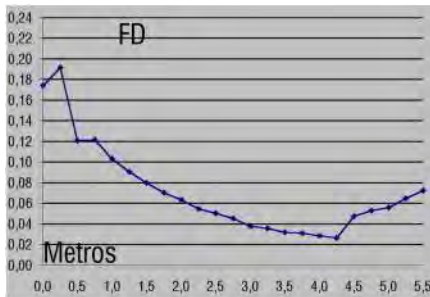
Las persianas posibilitan el control de brillos y deslumbramientos porque influyen sobre la intensidad y color de la luz y especialmente en la calidad de la iluminación sobre las superficies en que los niños estudian.



Modulación alta. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 20.000 luxes.



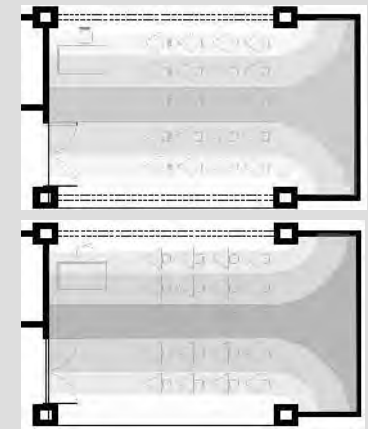
Modulación baja. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 10.000 luxes.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Modulando con un valor de luminancia de 20.000 luxes el conjunto de factores de distribución lumínica asociados a una persiana completamente desplegada, se puede observar cómo la distribución de la luz natural abarca una mayor superficie del aula en el rango comprendido entre los 500 y 1.500 luxes, nivel apropiado para el desarrollo de actividades de lectura y escritura. Esta distribución lumínica, propiciada por la atenuación que ocasiona el haber cerrado las persianas de uno de los costados, se puede complementar operando la persiana de la fachada opuesta para modificar las características de la luz que penetra por allí.

Introducir en los hábitos pedagógicos de los docentes la capacidad de interactuar con la luz natural para que el recinto siempre ofrezca las condiciones lumínicas óptimas, puede cuidar la ergonomía visual de los niños. Gracias a esto será posible concientizarlos acerca de las condicionales lumínicas apropiadas para sus ojos, previniendo malas posturas y evitando que los niños realicen esfuerzos innecesarios que podrían afectar su nivel de concentración o incluso evolucionar hacia problemas posturales que afecten su salud o la calidad de su visión.



CONCLUSIÓN

La posibilidad de dosificar la luz natural de un recinto mediante dispositivos de control manual, introduce dentro de los hábitos de ocupación una cultura de ahorro energético para la obtención de espacios más confortables. Esta circunstancia se refuerza por la alta variabilidad del recurso lumínico disponible en el exterior, ante la cual permitir una respuesta igualmente variable resulta muy apropiado.

Capítulo 7

Normativa y Ahorro Energético

“La iluminación representa una parte significativa de la energía usada en las edificaciones. Si deseamos concebir arquitectura Pasiva y de Bajo Consumo Energético, la “iluminación pasiva”, es decir la iluminación natural, brinda la segunda más grande oportunidad para la conservación de la energía”.

Steven V. Szokolay - Marzo de 1998

Introducción

La arquitectura, al igual que la mayor parte de las profesiones, cuenta con un conjunto de instrumentos jurídicos que tienen como finalidad cualificar los resultados y productos derivados del ejercicio profesional para proteger a los futuros usuarios ante eventuales circunstancias que se consideran indeseables, peligrosas o poco estratégicas para el interés individual o colectivo. Son este tipo de normativas las que obligan a satisfacer unos estándares mínimos de seguridad, economía, comodidad y apropiado manejo ambiental, algunas desde la etapa de construcción y otras a partir del momento en que el proyecto entra en funcionamiento. Todos estos reglamentos buscan propiciar un mejor desempeño del proyecto frente a los usuarios, los recursos y el territorio; de esta forma la arquitectura y el urbanismo adoptan estándares de calidad y seguridad tanto a nivel nacional como internacional. Dentro de un variado grupo de disposiciones legales que reglamentan el ámbito de la construcción, se pueden enunciar: las normas de estabilidad y sismoresistencia, las que regulan el uso de la tierra y la planificación territorial, las normativas ambientales, los códigos de seguridad, accesibilidad y más recientemente, exigencias de carácter energético y de salud ocupacional. De esta forma, las normativas se convierten en un requisito para arquitectos y constructores y en una garantía para los residentes y usuarios en general.

El desarrollo de cualquier reglamentación parte de un reconocimiento preciso de los riesgos que se quieren prevenir y de las acciones que interesa

fomentar, sólo de esta forma es posible establecer cual es la circunstancia o propiedad verificable que permite reconocer en un caso específico en qué momento la normativa se cumple y en que momento no. Esta condición umbral, que requiere para su definición del desarrollo y estandarización de métodos de cálculo y análisis de los fenómenos en estudio, debe permitir valorar con precisión el desempeño de un proyecto para determinar con claridad si supera o no el límite mínimo establecido como referencia.



Iluminación conjugada en el Pabellón de Victorio Manuel. Milán, Italia. Fotografía de Ader A. García C.

En el caso de la iluminación natural ya se han establecido las bases científicas suficientes para emprender esta tarea, de forma que en muchas partes del planeta los alarmantes consumos energéticos que ocasiona el alumbrado artificial innecesario, así como el riesgo a que pueden estar sometidas personas que permanecen en condiciones de iluminación inapropiadas, están siendo regulados a través de una progresiva reglamentación de las características lumínicas que debe poseer un proyecto. El punto de partida fue el aseguramiento de niveles de iluminación mínimos para las diferentes actividades que se desarrollan al interior de un espacio, pero paulatinamente esta preocupación por garantizar condiciones de ergonomía y seguridad visual está siendo complementada por un creciente interés en el aprovechamiento lumínico. En un futuro cercano las normativas arquitectónicas se ocuparán de reglamentar la Iluminación Conjugada, es decir el justo y equilibrado balance entre luz natural y luz artificial para lograr una adecuada gestión energética del proyecto y una reducción de los impactos ambientales que ocasiona la producción de una iluminación adecuada.

Normativas sobre Iluminación

Hasta la fecha (2004) las normas que se refieren al uso y aprovechamiento de la luz natural en la arquitectura Colombiana están enmarcadas dentro de tres ámbitos principales. El primero es de carácter local y corresponde a los Estatutos de Planeación, Usos del Suelo, Urbanismo y Construcción, los cuales son determinados por las Alcaldías y Oficinas de Planeación Municipales. El segundo y tercero son de escala nacional y corresponden al Código de Salud Ocupacional determinado por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Colombia, y los Decretos para el Uso Racional de la Energía reglamentados por el Ministerio de Minas y Energía.

Planeación Urbana

En los códigos urbanos y normas básicas de construcción de varios municipios colombianos existen reglamentaciones referidas a la obligatoriedad que tiene todo espacio interior de tener algún tipo de contacto, así sea indirecto, con el exterior circundante. Para propiciar la incorporación de luz y ventilación natural al interior de todo proyecto, especialmente en los de vivienda, se establecen habitualmente las distancias máximas entre un espacio cerrado y la ventana más próxima, así como las dimensiones y proporciones mínimas que deben tener los patios y los vacíos en función de su profundidad. Este

tipo de reglamentaciones rigen para la ejecución de proyectos nuevos y para el reconocimiento de construcciones existentes, por lo cual dentro de los procedimientos legales asociados a cualquier proyecto es requisito indispensable cumplir con estas disposiciones para la tramitación de licencias de construcción, elaboración de reglamentos de propiedad horizontal y la ejecución de adiciones y reformas en cualquier tipo de construcción.

En ningún caso este tipo de reglamentaciones se refieren directamente a las intensidades lumínicas mínimas que se deben registrar en el interior de un espacio ni a las características de distribución de la luz natural que se deben obtener, sólo propician el aprovechamiento de este recurso por ventanas, claraboyas, patios o servidumbres sin ocuparse de verificar si el desempeño lumínico de la edificación es suficiente. El control y aplicación de estas normas se realiza actualmente por las Curadurías Urbanas donde se verifica el cumplimiento de los criterios establecidos en los estatutos de Planeación de cada municipio.

Acuerdo número 38 de julio 3 de 1990

Por el cual se expide el Estatuto Municipal de Planeación, Usos del Suelo, Urbanismo y Construcciones de Medellín.

CAPITULO No. 4 NORMAS ESPECÍFICAS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EN GENERAL.

ARTICULO 123º. Patios y vacíos. Toda construcción que se proyecte en la ciudad deberá disponer para todos sus espacios de iluminación y ventilación naturales directa a través de fachadas, patios, vacíos de patios, o exteriores. Se exceptúan de la anterior consideración las áreas destinadas a servicios sanitarios, las cuales podrán ventilarse indirectamente a través de otros espacios de servicios, por buitrones o medios mecánicos. Las alcobas de servicios podrán ventilarse indirectamente por ventanas que se proyecten a áreas de servicios iluminadas directamente siempre y cuando entre las ventanas de ambos espacios no medie una distancia mayor a tres metros (3 m).

Salud Ocupacional

En la mayor parte del mundo se han establecido directrices para proteger los derechos de los trabajadores y cuidar que las condiciones ambientales que se presentan en los ambientes laborales sean adecuados para prevenir y atender los riesgos profesionales

asociados a la actividad desarrollada. Algunas investigaciones detallan en forma muy exhaustiva los aspectos más elementales de un oficio, los diferentes movimientos que lo conforman y los diferentes espacios en que se realiza, con base en estas investigaciones se han elaborado tablas generalizadas, ya no para cada oficio en particular, sino para los aspectos más generales del grueso de las actividades laborales.

En Colombia disponemos del Código de Salud Ocupacional, recopilación de muchas legislaciones respecto al tema en las cuales, utilizando como apoyo los principios de la ergonomía visual y los efectos positivos de la luz natural sobre el ser humano, también se legisla acerca de la aplicación y el manejo correcto de la luz natural en espacios interiores así como de los complementos que pueden ser realizados mediante la utilización de la luz artificial en los puestos de trabajo. La norma reglamenta los niveles mínimos que se deben propiciar para diferentes actividades que se realizan regularmente en espacios interiores, los valores de iluminancia recomendados presentan ligeras variaciones con respecto a las normas internacionales, pues el tipo de actividad no es la única variable que influye sobre la iluminancia necesaria para realizar una tarea, lo que deja abierto un campo de discrepancias acerca de la iluminación que cada nación u organismo de estandarización considera como suficiente.

El propósito del Código es mejorar la calidad de los ambientes de trabajo para disminuir los riesgos profesionales que pueden estar asociados a la pobre iluminación de los objetos y espacios que rodean a una persona. Se pretende asegurar condiciones de iluminación apropiadas para la realización de tareas y

ACTIVIDAD	E (lux)
Trabajos con detalles finos, poco contraste y largo tiempo	1.000 - 2.000
Diferenciación de detalles, grado regular de contraste y largo tiempo	500 - 1.000
Diferenciación moderada de detalles	300 - 500
Para diferenciación de detalles	150 - 250
Trabajos ocasionales	100 - 200
Zonas de almacenamiento, pasillos de circulación	200
Garajes para reparación de vehículos	1.000
Cuartos para cambios de ropas, sanitarios	200 - 300
Trabajo regular de oficina	1.500

Elaborado con base en el Código de Salud Ocupacional, ley novena de 1979, art. 83. Publicado en Medellín por el ISS Seccional Antioquia, 1990, pp. 65, 66.

trabajos de diversa índole, integrando en el diseño de un puesto de trabajo la obligatoriedad de prevenir accidentes y permitir una apropiada gestión de enfermedades acumulativas a las que puede estar sometido un trabajador como consecuencia de unas pobres

Resolución número 02400

de mayo 22 de 1979

Por el cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

TÍTULO III

NORMAS GENERALES SOBRE RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE TRABAJO.

CAPITULO III

De la iluminación

Artículo 79. Todos los lugares tendrán la iluminación adecuada e indispensable de acuerdo con la clase de labor que se realice según la modalidad de la industria; a la vez que deberán satisfacer las condiciones de seguridad para todo el personal. La iluminación podrá ser natural o artificial, o de ambos tipos. La iluminación natural debe disponer de una superficie de iluminación (ventanas, claraboyas, lumbreras, tragaluces, techos en dientes de serrucho, etc) proporcionalmente a la del local y clase de trabajo que se ejecute, complementándose cuando sea necesario, con luz artificial. Cuando no sea factible la iluminación natural, se optará por la artificial en cualquiera de sus formas y deberá instalarse de modo que:

- No produzca deslumbramientos, a causa de reflexión del foco luminoso en la superficie de trabajo o foco luminoso en línea de visión.*
- No produzca viciamiento de la atmósfera del local, ni ofrezca peligro de incendio o sea perjudicial para la salud de los trabajadores.*

Parágrafo. El número de focos, su distribución e intensidad estará en relación con la altura superficial del local y de acuerdo con el trabajo que se realice.

Artículo 80. Se procurará que el trabajador no sufra molestias por la iluminación solar directa; para este fin es indispensable utilizar un vidrio difusor con colocación apropiada u otro dispositivo que evite el resplandor.

Artículo 81. Cuando se use iluminación suplementaria para las máquinas o aparatos, se ha de tener cuidado de que tengan su pantalla adecuada siempre que no den lugar a la proyección de contrastes de luz y sombra.

Artículo 82. Los lugares de trabajo dentro del establecimiento, que ofrezcan mayor peligro de accidente deberán estar suficientemente iluminados, especialmente en aquellas operaciones o procesos en donde se manejen o funcionen máquinas-prensas, troqueladoras, cizallas, trituradoras, inyectoras, extrusoras, sierras, etc

condiciones de iluminación. Normativas similares podrían estar incorporadas al proceso de diseño y ejecución de establecimientos educativos, pues también los estudiantes pueden estar sometidos durante varios años a condiciones de iluminación inapropiadas, capaces de entorpecer los procesos de enseñanza-aprendizaje, ocasionar un deterioro de la visión en personas en plena etapa de desarrollo o incluso poner en riesgo la integridad personal.

Es importante tener en cuenta que se trata de valores que fueron identificados como favorables en investigaciones adelantadas por fabricantes de luminarias que requerían saber las condiciones de iluminación adecuadas para los

sitios de trabajo. De esta forma fue posible para ellos abaratar el costo de una instalación de iluminación artificial sin atentar contra la salud de las personas que ocuparían luego los espacios iluminados artificialmente. Ante la escasez de proyectos de investigación complementarios, estos valores de referencia de la iluminación artificial son los mismos que se aplican para los estudios de iluminación natural, con la salvedad de que se trata de intensidades que pueden ser superadas, dentro de ciertos límites, utilizando una fuente de luz cuyo aprovechamiento no ocasiona costos económicos directos.

Uso Racional de la Energía

Resolución número 02400

de mayo 22 de 1979

Artículo 83. Se deberán tener en cuenta los niveles mínimos de intensidad de iluminación, ya sean medidas en lux o en bujías / pie, de conformidad con la siguiente tabla:

- a) Para trabajos que necesiten diferenciación de detalles extremadamente finos, con muy poco contraste y durante largos períodos de tiempo de 1000 a 2000 lux.*
- b) Para diferenciación de detalles finos, con un grado regular de contraste y largos períodos de tiempo de 500 a 1000 lux.*
- c) Cuando se necesita diferenciación moderada de detalles la intensidad de iluminación será de 300 a 500 lux.*
- d) Para trabajos con poca diferenciación de detalles la iluminación será de 150 a 250 lux.*
- e) En trabajos ocasionales que no requieren observación detallada la intensidad de iluminación será de 100 a 200 lux.*
- f) Zonas de almacenamiento, pasillos para circulación de personal, etc., requieren una intensidad de iluminación de 200 lux.*
- g) Garajes, reparación de vehículos con iluminación de 1000 lux.*
- h) Cuartos para cambios de ropas, con intensidad de 200 lux.*
- l) Trabajo regular de oficina, con intensidad de iluminación de 1500 lux.*
- j) Corredores, con intensidad de iluminación de 200 lux.*
- k) Sanitarios con intensidad de iluminación de 300 lux*
- l) Bodegas, con intensidad de 200 lux.*

Parágrafo. Para los efectos de esta tabla, la unidad de medida será el lux, que se define como la intensidad producida en una superficie por una bujía estándar colocada a un metro de distancia. La unidad de iluminación más empleada es la bujía-pie, que se define como la iluminación que recibe una superficie de un pie cuadrado, en el cual se distribuye un flujo de lumen. Una bujía-pie equivale a 10.76 lux.

Con relación al uso eficiente de energía, desde de la década de los años 80 las empresas del sector eléctrico del país desarrollaron algunas acciones, la mayoría en respuesta a situaciones de orden coyuntural, que no permitieron obtener resultados exitosos en esta materia. El concepto de Uso Racional de la Energía adquiere una dimensión diferente en el nuevo contexto, la eficiencia energética es una condición básica para el mejoramiento de la calidad de vida y de la productividad y competitividad internacional del país. Según el Documento CONPES 2801 "Estrategias y Acciones para Fomentar el Uso Eficiente y Racional de Energía" (Ministerio de Minas, agosto de 1995), "Una de las estrategias fundamentales en el nuevo contexto es la creación y fomento de un mercado de uso eficiente de energía donde la normalización, la certificación y la rotulación de equipos de uso final son elementos básicos para el funcionamiento del mercado de uso eficiente." En el mismo documento se identifica también el "desarrollo de una cultura ciudadana" como una acción a largo plazo, que fomente una actitud de compromiso con la sociedad, su entorno y el planeta y que debe traducirse en la eliminación del desperdicio de energía y la preferencia de equipos energéticamente eficientes.

"El consumo de energía eléctrica del sector residencial representa el 48% de las ventas de energía eléctrica del país y, de éste, 20% corresponde a iluminación. Adicionalmente, si se considera el consumo en iluminación del sector comercial e industrial, se estima que 12% de la demanda de energía eléctrica total del país (4900 GWh/año en 1995) está destinada a iluminación." Estudios que cuantificaron el ahorro energético que se podría derivar de implementar normas de carácter obligatorio en las que se establecieran los máximos valores de consumo de energía por punto de

luz, demostraron la pertinencia de elevar la eficiencia de la producción de luz artificial en el país. Se estimó que mediante la sustitución de iluminación tradicional incandescente por bombillas compactas en los sectores residencial, comercial e industrial, se podría lograr un ahorro en iluminación cercano a los 1300 GWh en energía y de 623 MW en potencia. Por este motivo se propuso que el INEA (Instituto Nacional de Energías Alternativas) liderara un programa de sustitución de cerca de dos millones de bombillas incandescentes por lámparas compactas de alta eficiencia, programa piloto con el que se pretendía ahorrar cerca de 130 GWh/año y 70 MW-pico. Este programa estaba respaldado por Normas Técnicas Colombianas como la NTC 4358 sobre "Pérdidas Máximas en Balastos Electromagnéticos para Tubos Fluorescentes de Arranque Rápido", y la NTC 4360 sobre "Límites de Eficacia de Tubos Fluorescentes de Arranque Instantáneo", mediante las cuales se reglamentaron las especificaciones técnicas que debían cumplir las luminarias disponibles en el mercado colombiano.

Ahorro Energético

En muchos lugares del mundo los grandes edificios pueden destinar hasta un 35% de su consumo eléctrico en el alumbrado artificial y por este motivo en el orden de prioridades para la gestión energética en edificaciones se estima que el uso de la iluminación pasiva o natural ocupa el segundo lugar de importancia, luego de la climatización artificial. Como consecuencia de las grandes cargas por alumbrado y refrigeración de aire que se le asocian, los mayores ahorros de energía eléctrica que se pueden derivar de la implementación de estrategias de iluminación natural se presentan en edificaciones no residenciales, especialmente en edificios de oficinas y con destinación educativa donde el alumbrado artificial puede ocasionar hasta el 50% del consumo total de energía eléctrica de la edificación. Experiencias de aprovechamiento de la iluminación natural en edificaciones no residenciales de los Estados Unidos (Comunicación de D. Balcomb al PLEA 88, Oporto, 1988) han demostrado ahorros energéticos promedio de hasta un 47%.

Si se valora la luz natural no sólo por sus bondades ergonómicas sino también por su condición de recurso abundante y económico, es posible la generación de una arquitectura que integre la luz natural y la artificial para aplicar estrategias que propicien el ahorro energético y la optimización de los niveles de iluminación en los espacios interiores. La reducción en los consumos

energéticos provendrá no sólo del aprovechamiento directo de la luz natural, sino también del apropiado diseño de los circuitos y sistemas de automatización de la edificación, pues la luz natural posee una eficacia luminosa superior a la que posee un dispositivo para el alumbrado artificial. Significa esto que la luz natural, sea proveniente de la radiación directa o de la difusa, disipa por unidad de luminosidad (Lumen/Wh) menor cantidad de calor que la luz artificial, disminuyendo así las cargas térmicas por este concepto al espacio interior.

Ya se han resaltado las bondades ofrecidas por la luz natural en cuanto a sus características cualitativas, físicas, ergonómicas, pero desde el punto de vista energético la incorporación de la luz natural en un proyecto trae consigo al menos otras cuatro ventajas

- Menor dependencia del alumbrado artificial.
- Reducción en el consumo energético.
- Alargamiento de la vida útil de las lámparas y menos requerimientos de mantenimiento.
- Aminoramiento de la contaminación que ocasionaría la producción de lámparas y energía para su operación.

La principal dificultad que plantea el diseño de dispositivos para la captación y aprovechamiento de la luz natural, especialmente en zonas tropicales, es el delicado balance que debe hacerse entre los aportes de calor y luz natural. Cualquier interés de aprovechar el recurso lumínico de un sitio debe estar acompañado de una apropiada protección solar en fachadas y cubiertas, pues de poco sirve propiciar condiciones de iluminación excelentes si esto se logra a costa de permitir un acceso solar incontrolado. Si se presenta esta circunstancia se puede disparar el consumo energético por acondicionamiento de aire, crear condiciones de discomfort o sencillamente, propiciar que las cortinas y persianas tengan que permanecer cerradas durante la mayor parte del día. Los dispositivos de protección solar ayudan a generar mejores niveles de uniformidad en el interior del local, tamizando la radiación solar directa y posibilitando un óptimo aprovechamiento de la luz natural. Conviene entonces que al diseñar o reformar una edificación se tengan en consideración los siguientes aspectos relacionados con el ahorro energético:

- Concebir la solución como un diseño balanceado entre los factores térmicos y lumínicos, controlando el deslumbramiento y/o el recalentamiento que puede ocasionar la radiación solar directa.
- Optimizar las fachadas teniendo en cuenta sus

orientaciones, tamaños, formas, dispositivos de control solar y la presencia de cerramientos acristalados o traslúcidos.

- Integrar elementos difusores que potencien los efectos de la iluminación natural y que al mismo tiempo ayuden a mejorar la distribución lumínica interior.
- Procurar que la forma de los locales no sea excesivamente compacta y profunda, al punto de impedir el ingreso de la luz y la ventilación naturales en la mayor parte de la superficie. Siempre que sea posible es conveniente la combinación de iluminación lateral con cenital.

En conclusión, cuando se adelanta el diseño de las condiciones lumínicas de una edificación se deben considerar de manera simultánea todos los aspectos relacionados con la protección solar, sólo de esta forma es posible restringir la penetración de la radiación solar directa y la reducción del ángulo de observación de la bóveda celeste, ambos causales de deslumbramiento en el interior del local. Las condiciones actuales reclaman de arquitectos, constructores y planificadores su compromiso de Alta Calidad Ambiental en todas sus obras, para que, mediante el correcto uso de los recursos naturales, se logre una adecuada gestión energética en las edificaciones, garantizando simultáneamente el confort y la seguridad para residentes y usuarios.



Hall de escaleras en el Centro Comercial Camino Real en Medellín, Colombia. La zona del fondo se encuentra iluminada de forma natural y el pasillo de llegada cuenta con iluminación de refuerzo.

Iluminación Conjugada

Se define Iluminación Conjugada como la integración de los sistemas de alumbrado artificial con los dispositivos arquitectónicos que permiten el ingreso de la luz natural al interior de una edificación. Un correcto diseño y operación de los sistemas activos de iluminación hace posible el mayor aprovechamiento de la luz que ingresa de forma natural por los vanos de un proyecto, sin necesidad de recurrir a una masiva automatización del sistema. El diseño de una estrategia de Iluminación Conjugada es el paso natural que da continuidad al compromiso de un equipo de diseño arquitectónico que se ha preocupado por desarrollar cerramientos, pieles o dispositivos que permitan obtener unas fachadas con un elevado control solar, pero propiciando una alta transmisión lumínica. La coherencia entre la edificación y los dispositivos electromecánicos que al interior de la misma se ocupan de mantener condiciones de habitabilidad apropiadas, es la que permite ahorrar energía al reducir los horarios de funcionamiento, alargando la vida útil de las lámparas y demás componentes del sistema.

Para lograr este uso racional del recurso tecnológico es imprescindible el diseño coordinado de los sistemas de iluminación artificial en estrecha concordancia con las características del conjunto de envolventes que delimitan el recinto a iluminar, en especial la forma como se distribuye la luz natural en su interior, así como el tiempo en que cada punto del espacio supera los niveles de iluminación requeridos por la normativa correspondiente. Una consideración importante dentro del diseño de la Iluminación Conjugada, es la posibilidad de controlar automáticamente los sistemas de lámparas en función del aprovechamiento máximo de la luz natural, utilizando para ello interruptores y sensores de intensidad que mantengan los niveles de iluminación adecuados a las labores visuales desarrolladas al interior del local. El conocimiento anticipado acerca del desempeño lumínico que tendrá una edificación hace posible aplicar criterios de simplicidad en el diseño de estos circuitos de iluminación artificial, con la certeza de que durante el tiempo de operación se generarán importantes ahorros energéticos. En estos casos es conveniente la instalación de lámparas controladas por circuitos independientes, que mantengan encendidas durante el día sólo aquellas que estén alejadas de las ventanas y/o las fuentes de luz natural, con el fin de lograr un sistema que se complemente entre luz natural y artificial, manteniendo dentro del edificio la garantía de un ambiente lumínico sano y energéticamente apto.

Suficiencia Lumínica

Cuando en una edificación se aplican estrategias de Iluminación Conjugada, los tiempos de funcionamiento de los circuitos de alumbrado eléctrico variarán de acuerdo a la época del año, además de diferir entre un día y otro, por este motivo una predicción precisa de los ahorros energéticos que puede brindar una edificación iluminada de forma combinada es imposible. Los tiempos de funcionamiento de los circuitos no están atados a un horario rígido de encendido o apagado, sino a las variabilidades naturales del recurso lumínico del lugar, aspecto que puede ser debidamente atendido mediante los cálculos de Suficiencia Lumínica. Para elaborar los estimativos de ahorro es preciso entonces recurrir a información climática de carácter histórico y aplicar procedimientos de cálculo un poco más laboriosos.

La Suficiencia Lumínica es el tiempo en horas en que es posible iluminar completamente un espacio aprovechando únicamente la luz natural que ingresa a través de las fachadas y cubiertas sin necesidad de encender las lámparas. Su cuantificación requiere el conocimiento del recurso lumínico disponible en un sitio para definir los intervalos en que las condiciones de cielo aportarán valores de luminancia que superen la intensidad mínima necesaria, rangos que se obtienen de los Archivos Lumínicos de Exterior tomados idealmente en el mismo sitio de emplazamiento del proyecto. Dado que el desempeño lumínico de un espacio interior depende de la conformación y características de sus fachadas, los rangos de suficiencia lumínica no son

valores constantes, sino que deben ser calculados cada vez de acuerdo a las condiciones dadas por el diseño final de los cerramientos, las características y las necesidades propias a cada proyecto.

Zonificación de Circuitos

Si el control de alumbrado artificial integra el edificio como un todo, el total de horas en que la luz natural sería suficiente para iluminar cada edificio estará limitado por el punto más oscuro del mismo. En el caso de un edificio con una profundidad demasiado grande, las horas en las que se podrían mantener apagadas las lámparas, para iluminar naturalmente la totalidad del mismo, no propiciarían un correcto uso del recurso lumínico disponible. Como en las zonas adyacentes a las fachadas el aprovechamiento lumínico puede ser mayor, los valores de suficiencia lumínica también pueden serlo, siempre y cuando el control de los circuitos eléctricos así lo permita.

La zonificación de circuitos es una estrategia para obtener mayores beneficios energéticos en el diseño de la Iluminación Conjugada, el propósito es estudiar la conveniencia de diseñar circuitos capaces de operar de forma independiente. Los criterios de zonificación son particulares a cada proyecto y pueden ser aplicados tanto a locales como a grandes contenedores para analizar comparativamente el desempeño de diversas alternativas de zonificación a partir de un caso base correspondiente a un circuito único. Al zonificar un edificio, aunque su núcleo requiera refuerzo con luz artificial, toda la zona perimetral adyacente a las fachadas podrá seguir siendo iluminada naturalmente, aumentando así el potencial de aprovechamiento de este recurso. Como la disponibilidad lumínica para las fachadas y cubiertas no es similar debido a sus diferentes condiciones de visibilidad y orientación, sólo al momento de realizar las modulaciones se puede establecer con precisión qué zonas del edificio podrán ser iluminadas por la bóveda celeste. La primera opción es diferenciar entre las zonas adyacentes a las fachadas y el núcleo del edificio, pero de acuerdo al tamaño y complejidad del mismo pueden surgir otras alternativas, las cuales, a partir de un análisis comparativo que utiliza como factor ponderante las áreas servidas por cada zona, determinará cual resulta preferible.

Una postura exageradamente conservadora estimaría que si un sólo punto al interior de una zona, requiere aportes de luz artificial, entonces corresponde encender la totalidad del circuito correspondiente. Es de anotar que se trata de una opción muy drástica, pues se estaría



Recintos Portátiles de Prueba (RPP) ubicados en el lugar de emplazamiento de la nueva terminal de pasajeros del aeropuerto de Málaga en España, para determinar el recurso lumínico disponible en el sitio. Proyecto desarrollado por GOP Oficina de Proyectos, Madrid, con la asesoría ambiental y energética de los Arqs. Jorge Salazar y Alexander González.

sobreiluminando toda una zona para compensar los pocos luxes faltantes en una parte de ella. Si los niveles de luminancia no decrecen exageradamente rápido, es probable que los períodos en que se suministra flujo lumínico en exceso puedan resultar significativamente largos, lo que se constituye en un desperdicio energético y en un aumento innecesario en las cargas térmicas que deberá atender el sistema de climatización. Si se permite que en cada circuito operen la mitad de las lámparas instaladas es posible trabajar con suficiencias lumínicas parciales, sencillo criterio de operación que puede generar importantes ahorros energéticos adicionales.

Por este motivo, en ocasiones es conveniente que en el diseño de Iluminación Conjugada se considere que los sistemas de alumbrado artificial cuenten al menos con tres modos de operación: completamente encendido, completamente apagado y un tercer modo denominado Iluminación de Refuerzo, en el que el circuito opera al 50% de su potencia. Para estudiar el beneficio potencial de un sistema de alumbrado que permita encender

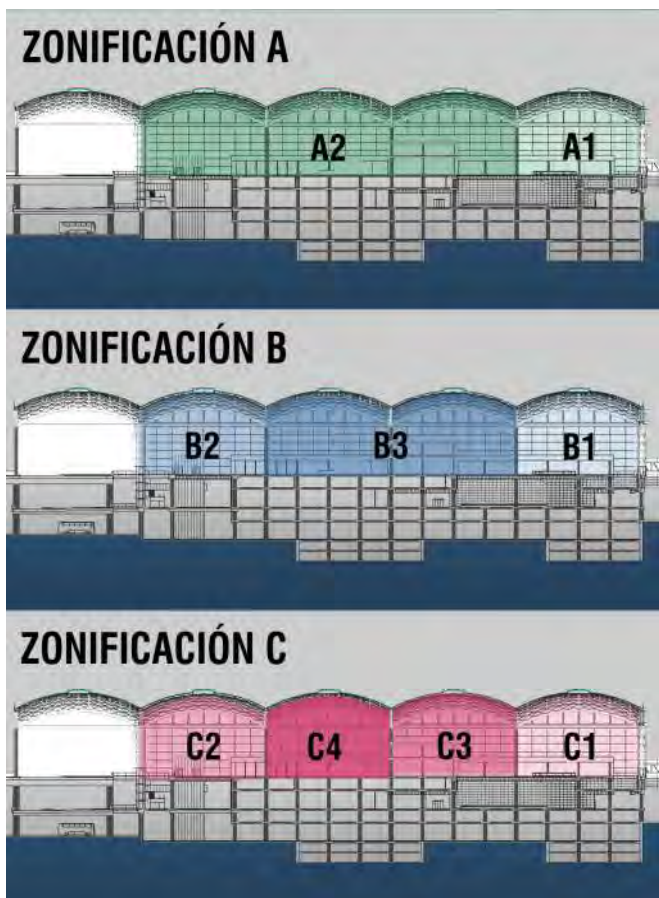
únicamente la mitad de las luminarias de una zona es necesario calcular cuándo es oportuno encender la primera mitad de las luminarias y cuándo el resto.

Retos a Futuro

El abordaje de la dimensión ambiental en la arquitectura constituye, más que un compromiso histórico, un componente fundamental en el ejercicio contemporáneo de la profesión. La preocupación por reducir los impactos ambientales de un proyecto urbano arquitectónico constituye en la actualidad un nuevo eje de análisis acerca de la calidad de un proyecto, necesariamente migraremos hacia formas de ocupar el territorio que resulten ambientalmente más sanas y en ese entonces estaremos en capacidad de ejercer un Urbanismo y una Gestión Territorial de Alta Calidad Ambiental.

Para conquistar tan enorme reto es urgente, entre otras muchas cosas, la creación e incorporación de normativas para fomentar la integración de la luz natural en la arquitectura. Las normas de planeación de algunos municipios ya exigen luz natural, pero no soportan su criterio con aspectos de distribución e intensidad. Por otro lado, los parámetros del Código de Salud Ocupacional, aunque tengan preferencia por la luz natural, se conforman con garantizar los niveles adecuados y la aplicación correcta de la luz, aunque sea artificial. Esta integración normativa entre los Estatutos de Planeación Municipales y el Código de Salud Ocupacional ya puede ser llevado a cabo utilizando como soporte algún modelo para el cálculo y análisis de la luz natural que permita estimar los aportes cuantitativos de ésta de una forma ágil y sencilla, aplicable por igual a edificaciones existentes como a proyectos en desarrollo.

La adecuada Gestión de la Demanda Energética (*Demand Side Management DSM*), enfocada al aprovechamiento del Potencial de Ahorro Energético que se puede obtener de la aplicación de técnicas de arquitectura pasiva y de bajo consumo energético, deberá apoyarse en los avances de la tecnología de la simulación y modelación arquitectónica y el estudio de las condiciones de clima y entorno que afectan las edificaciones. La aplicación de las normas y los principios de la Iluminación Conjugada no sólo traerá beneficios económicos y de confort visual a los ocupantes de un proyecto, sino que además generará importantes ahorros energéticos al propietario de un inmueble; ahorros que al ser proyectados de esta escala doméstica a una dimensión tan amplia como lo urbano o lo territorial, representará un inmenso beneficio energético para el país.



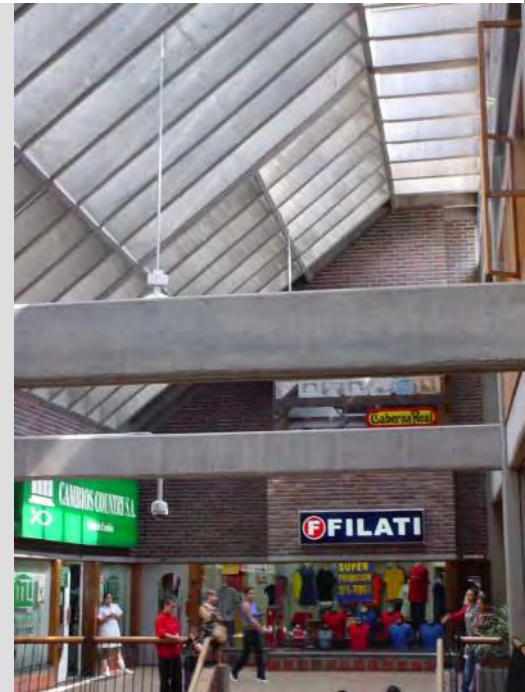
Estudio de alternativas de zonificación de circuitos de alumbrado eléctrico para la terminal de pasajeros del Aeropuerto de Alicante en España.

Capítulo 8

Iluminación en Espacios Comerciales. Casos de Estudio

En la iluminación de espacios comerciales los sistemas de alumbrado eléctrico alcanzan su mayor protagonismo; las actividades que se desarrollan en este tipo de proyectos transcurren durante franjas horarias en las cuales no siempre se cuenta con abundante recurso lumínico, en muchas ocasiones las actividades comerciales se prolongan hasta avanzadas horas en la noche y a veces las mercancías exhibidas requieren de acentos lumínicos que repercuten positivamente en el nivel de las ventas. Por estas razones en este tipo de espacios los conceptos de arquitectura interior frecuentemente entran a reñir con las posibilidades de una iluminación natural, especialmente cuando se pretende un manejo escenográfico en el interior, el cual puede ser fácilmente desvirtuado por la presencia de luz proveniente del exterior.

A pesar de ello, no resulta un contrasentido hablar de iluminación natural de espacios comerciales, todo lo contrario; los altos costos energéticos que se derivan de un sistema de alumbrado, así como los beneficios y ventajas propios a la luz natural, permiten llegar en muchas ocasiones a interesantes ejemplos de balance y complementariedad. Se presentan a continuación cinco nuevos casos de estudio, en los cuales es posible reconocer las inmensas posibilidades de aprovechamiento de este recurso en una tipología arquitectónica aparentemente obligada a depender del alumbrado eléctrico. Tal es el caso del Boulevard Comercial Mayorca, que posee una abertura perimetral en su cubierta central que hace posible la iluminación casi cenital de las vitrinas y el control de los reflejos al quedar éstos dirigidos hacia el piso. En el Centro Comercial Oviedo varios almacenes permiten demostrar la importancia de planificar y utilizar la luz natural como materia de diseño en ocasiones en las que interesa resaltar los colores y texturas de los productos exhibidos, como es el caso de una tienda de accesorios en la cual las estanterías y muebles de exhibición, contruidos en vidrio, permiten simultáneamente la adecuada apreciación de los productos y el ingreso de luz al interior del local. Las conclusiones hacen un llamado de atención acerca de las grandes posibilidades de la luz natural como elemento para el refuerzo de las ventas, además de hacer posible la configuración de espacios con un alto potencial de ahorro energético, siempre y cuando se asegure el necesario balance entre control solar y captación lumínica.

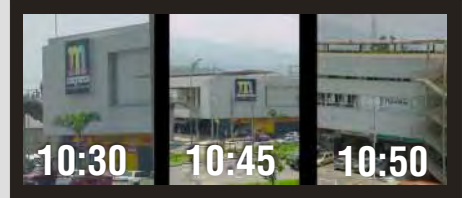




LOCALIZACIÓN
Municipio de Sabaneta
Calle 56 S con Av. Las Vegas
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Boulevard Comercial



Control Solar
ALEROS DE PROTECCIÓN SOLAR EN CUBIERTA
Material del edificio
BLOQUE DE CONCRETO, CUBIERTA METÁLICA
Tipo de cerramiento
ABERTURA PERIMETRAL EN CUBIERTA
Tipo de Vidrio
VIDRIO GRABADO DE 4 MM
Acabado Interior
REVOQUE LISO, PINTURA, PISO EN CERÁMICA



Superficies traslúcidas, ubicadas es este caso estratégicamente en el perímetro de la cubierta, generan ambientes luminosos interiores óptimos para la circulación por pasillos y la apreciación de los productos exhibidos en vitrina.

Centro Comercial Mayorca

Abertura perimetral en cubierta

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Abertura luminosa



Iluminación indirecta



Aportes por pared y piso



Vista general

El Boulevard Mayorca está ubicado en el municipio de Sabaneta y cuenta con una conexión directa con la estación Metro de Itagüí. En la edificación de varios niveles se destaca el gran pasaje comercial que comunica el puente peatonal con la Avenida Las Vegas, el cual se encuentra totalmente iluminado de forma natural.

La luz natural en el interior del pasaje se capta por medio de una abertura perimetral en la cubierta, la cual cuenta con dispositivos difusores de luz natural. Los vidrios grabados fueron estratégicamente ubicados para interceptar los rayos del sol y controlar las aguas lluvias. Adicionalmente, los acabados de la cara interna de la cubierta reflejan la luz proveniente de la losa de parqueaderos ubicada en la cubierta del edificio. La gran altura de esta banda perimetral en relación con el nivel de los usuarios, así como la claridad y textura de los acabados en paredes y pisos, generan un ambiente luminoso óptimo para la circulación por pasillos y la contemplación de las vitrinas.

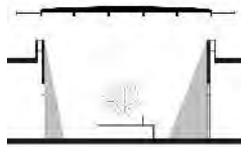
La orientación y condiciones de entorno de la edificación, el diseño de los muros laterales y el remate de cubierta con materiales traslúcidos a modo de alero, posibilitan un correcto aprovechamiento de la luz natural durante gran parte del día, permitiendo a este centro comercial operar varias horas sin necesidad de encender las lámparas.



La cubierta se percibe flotante gracias a la abertura perimetral para el ingreso de la luz natural.



Desde la zona de peatones se notan los elementos difusores de luz, control solar y aguas lluvias.



Modulación alta. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 20.000 luxes.

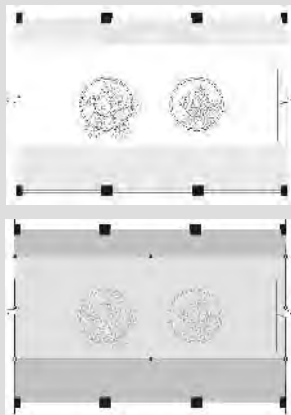
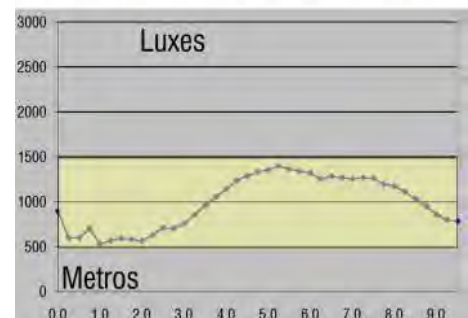
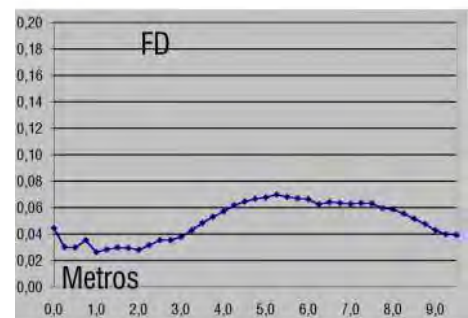
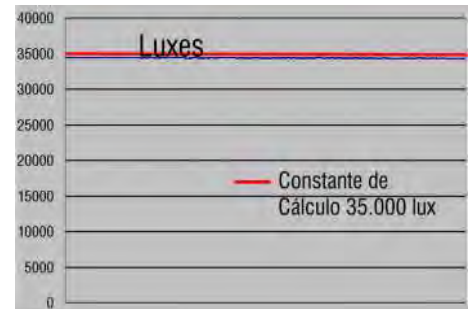


Modulación baja. Distribución de luz natural con luminancia exterior de 10.000 luxes.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

La luz, que penetra de forma difusa por la abertura perimetral de cubierta, se distribuye homogéneamente sobre la zona comercial. Los dispositivos que impiden el ingreso de la lluvia, atenúan los rayos de sol por medio de vidrios grabados.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Los valores de la luminancia exterior registrados durante la prueba no presentaron mayores variaciones, la constante de cálculo utilizada fue de 35.000 luxes.

Las intensidades de iluminación que se registraron simultáneamente en el interior de la galería oscilaron entre los 1.000 y los 2.500 luxes, información que permitió construir la curva de factores de distribución lumínica correspondientes a los aportes combinados de los dispositivos en la cubierta, los reflejos en su cara inferior y las superficies de cerramiento de los locales. Esta curva presenta sus mayores valores hacia el centro del pasillo, distribución típica para ventanas altas y opuestas. Sin embargo, es notable un mayor nivel de iluminación en la zona derecha de la gráfica, correspondiente al sector norte del pasillo, el cual se ilumina principalmente por la abertura orientada hacia la porción sur de la bóveda celeste, generalmente más luminosa que la bóveda norte del Valle de Aburrá.

De presentarse una luminancia de 20.000 luxes, se podría contar con suficiencia lumínica en la totalidad del área de circulación e incluso, en buena parte de los accesos a los locales comerciales.

CONCLUSIÓN

Combinar materiales traslúcidos con diseños de cubierta que posibilitan la ventilación cruzada y el control solar, ayudan a propiciar ambientes interiores con una alta calidad ambiental y un menor costo de mantenimiento. La iluminación cenital respalda la calidad del espacio comercial, permitiendo una mejor reproducción cromática y asegurando que la mayor parte de los brillos y reflejos estén dirigidos hacia el piso.