

Luz Natural en la Arquitectura

Arq. Jorge Hernán Salazar Trujillo
Arq. Alexander González Castaño

Publicación realizada
con el patrocinio de
DELDA
DIVISION VIDRIO PLATINO

Luz Natural

en la Arquitectura

Arquitectos

Jorge Hernán Salazar Trujillo

Alexander González Castaño

"La materia es luz extinguida. El silencio tiende a expresar algo, pero la luz lo crea, le da forma".

Louis Kahn

La luz natural, aquella que proviene de la bóveda celeste y que iluminó las primeras obras arquitectónicas, hoy requiere ser revalorada luego de casi 130 años de existencia de la luz eléctrica. Gracias a sus características de variabilidad a lo largo del día y en las diferentes épocas del año, la luz natural es uno de los elementos que contribuyen en mayor medida a la expresión de la arquitectura, introduciendo un componente temporal en la obra arquitectónica. "El sabio y correcto juego de los volúmenes bajo la luz" según Le Corbusier, depende precisamente de la luz para ser apreciada y por ello considerar la una sin la otra sólo sería una visión parcializada. La iluminación natural ha sido empleada con fines místicos o pragmáticos en todo tipo de edificaciones desde la antigüedad y hasta nuestros días. Pero es actualmente, donde la valoración de los beneficios cualitativos y cuantitativos de la misma, así como el desarrollo instrumental de los últimos años, se constituyen en posibilidades que otorgan soporte técnico y validez científica al Diseño Lumínico Interior.



Publicación realizada
con el patrocinio de

PELDAR
DIVISION VIDRIO PLANO

Prefacio

La calidad de una obra arquitectónica depende de la capacidad del profesional de lograr la interacción y el desarrollo positivo de variados factores. Un proyecto arquitectónico requiere tal atención en tal cantidad de variables, que así muchas de ellas resulten sencillas, la búsqueda de una solución concertada lleva al arquitecto a enfrentarse a las complejas interacciones que ocurren entre Arquitectura, Medio Ambiente y Sociedad.

La consideración simultánea del mayor número de variables que puedan influir en la calidad del objeto diseñado es la historia misma de la técnica arquitectónica. Hace años que estabilidad, economía y sismo-resistencia fueron asimiladas al cuerpo disciplinar de nuestra profesión, hoy la vida útil del edificio, la gestión ambiental, los recursos energéticos, la ergonomía y el bienestar de usuarios y residentes son aspectos que intervienen en el diseño arquitectónico y que requieren del desarrollo instrumental de herramientas y procedimientos que permitan conocer a fondo los fenómenos relacionados y sus interacciones.

Compromisos medio ambientales que han generado una impronta en la arquitectura contemporánea y que trazan los rumbos para su futuro, van orientados hacia el desarrollo de una Arquitectura de Alta Calidad Ambiental, que vaya más allá de la moda ecológica y la crisis medio ambiental, que plantee y proponga opciones de habitar el

territorio acorde con los imperativos de sostenibilidad y calidad de vida.

No obstante este Imperativo Ambiental supera el plano actitudinal y enfrenta a los arquitectos del presente a interrogantes relacionados con la puesta en práctica de esa mejor arquitectura, pues muchos de los métodos de trabajo y herramientas para la sostenibilidad todavía están por desarrollar.

En este trabajo de investigación y desarrollo dirigido a arquitectos, diseñadores y en general al gremio de la construcción, se abordan los aspectos cuantitativos y cualitativos de la luz natural en la Arquitectura. Apoyándose en los desarrollos que desde hace más de 50 años han sido realizados por arquitectos e ingenieros de todo el mundo en este campo y aprovechando los avances tecnológicos de la informática y la electrónica, se desarrolló un instrumento de análisis y cálculo aplicable al diseño lumínico de espacios interiores.

La meta ha sido fomentar el aprovechamiento de un recurso natural que además de abundante, tiene importantes implicaciones ergonómicas y energéticas para la arquitectura del futuro, además de las importantes incidencias formales, espaciales y de diseño que la luz natural ha tenido desde el origen mismo de la Arquitectura.

Arq. Jorge Hernán Salazar Trujillo
Arq. Alexander González Castaño

Introducción

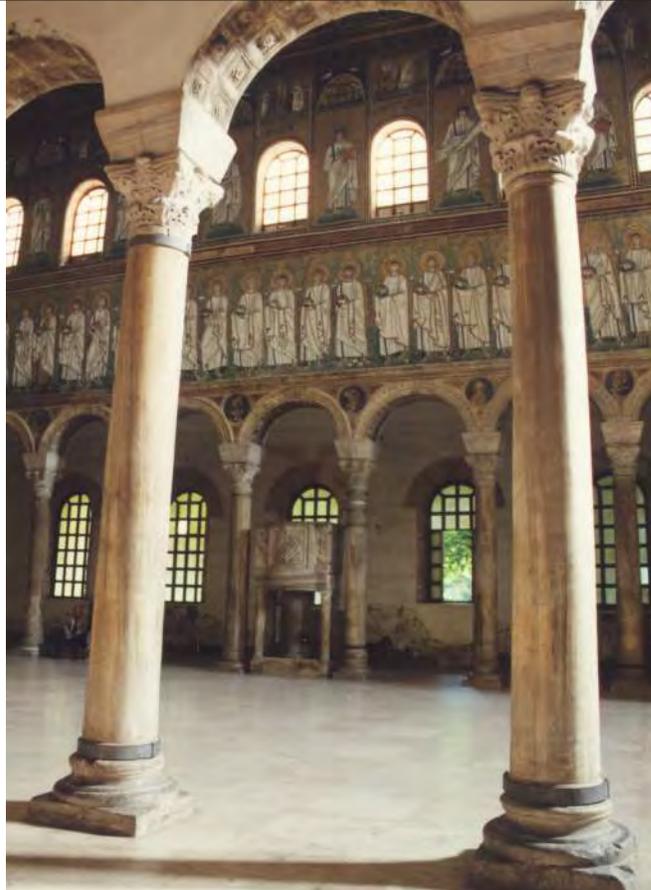
Reseña Histórica

Nuestros ojos, que la naturaleza "diseñó" para distinguir las variadas intensidades de luz de nuestro entorno, captan la diferencia de intensidad lumínica entre los objetos. La percepción de estos "juegos" de luz y sombra ocasionados por las rugosidades de los cuerpos y los volúmenes de los edificios, paradójicamente, dependen de la sombra como ausencia de luz y única señal que nuestros ojos registran. Cuando la luz natural penetra la piel de una edificación a través de sus vanos, llena de matices, texturas y colores cualquier ambiente interior. Para la mayor parte de los seres humanos, cuya relación con el mundo exterior es mayoritariamente visual, la percepción de la espacialidad esta íntimamente atada a la experiencia lumínica.

En la antigüedad la escasez de fuentes artificiales de iluminación, propició el aprovechamiento de la luz natural. A pesar de las limitaciones estructurales y constructivas de antaño; los griegos y egipcios se ocuparon de los efectos visuales de sus edificaciones, en particular en sus construcciones funerarias y religiosas. Tal es el caso del templo de Abu Simbel, construido por Ramses II hacia el 1250 a.c., que fue dedicado a los dioses principales de Heliópolis, Menfis y Tebas.



Vista interior en el templo de Ramses II. Abu-Simbel, Egipto.
Foto Arquitecto Ader A. García C.



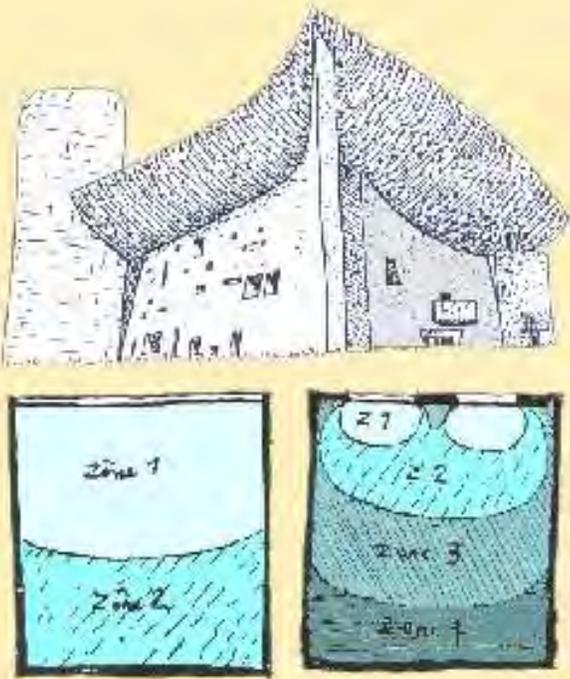
Nave central de iglesia bizantina en Ravenna, Italia.

Con la asombrosa profundidad de 55 metros, las esculturas de piedra de los dioses y del mismo Ramses II son alcanzadas por los rayos de sol de la mañana.

La cultura Cretense, considerada la primera en haber aprovechado la luz natural mediante la construcción de aberturas, en la búsqueda de optimizar la captación de luz en el interior utilizó dimensiones de vano similares a las actuales.

A medida que los avances en técnicas y materiales hicieron posible la conformación de nuevas espacialidades, surgieron ejemplos dramáticos del uso de la luz natural en la arquitectura, desde entonces las vinculaciones entre arquitectura y luz natural han sido abundantes y enriquecedoras. El pragmatismo de la arquitectura romana ejemplarizada en el óculo central del Panteón de Roma (120-124 d.c) o la poética y el misticismo de cualquier catedral gótica, son pruebas de cómo durante largos siglos luz natural y arquitectura fueron dos conceptos inseparables.

La historia de la arquitectura moderna tiene multitud de maestros y obras que dieron gran protagonismo a la luz natural en la configuración del espacio interior: Asplund, Aalto, Kahn, la propuesta de Wright del "plano abierto", Le Corbusier con el "plano y la fachada libre". Todos ellos introdujeron a la Arquitectura nuevas sensaciones y experiencias espaciales, apoyados en la potencia sensorial que tiene el fenómeno lumínico.



Capilla de Notre-Dame-du-Haut en Ronchamp. Apreciaciones de Le Corbusier acerca de las diferencias existentes entre la iluminación propiciada por ventanas verticales y horizontales.

Imagen intervenida digitalmente a partir de un dibujo tomado del libro de Guillermo Yáñez.

Una obra como la capilla de Notre-Dame-du-Haut en Romchamp Francia, construida por Le Corbusier entre 1950 y 1954, es un paradigma acerca de ese cuidado por el diseño del ambiente lumínico, en este caso, permitiendo la entrada de luz por aberturas de diferentes tamaños y a través de vidrios de diferentes colores que, combinados con una grieta de luz, da la sensación de una cubierta flotante, imprimiéndole al visitante una atmósfera particular.

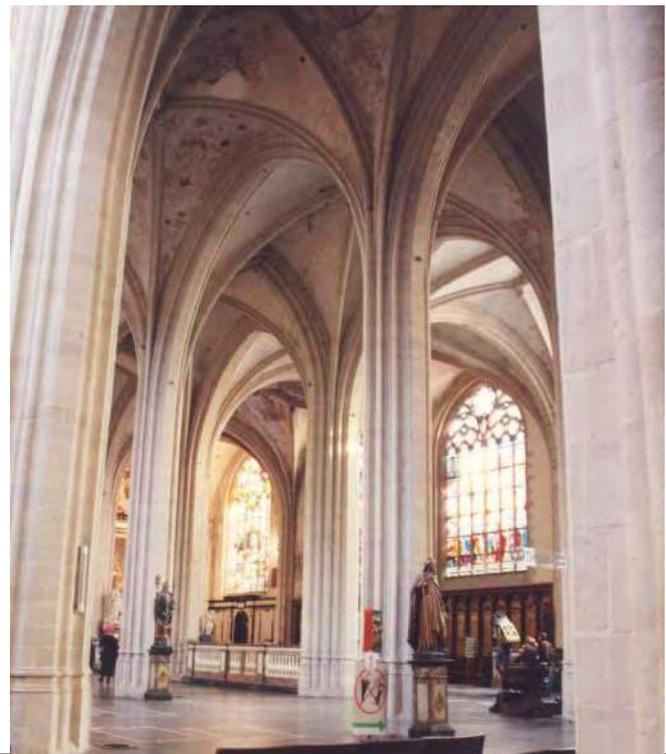
De lo Cualitativo a lo Cuantitativo

Actualmente, se reconoce que al valorar solamente el aspecto cuantitativo de la luz natural se niegan muchas de sus posibilidades expresivas y sensibles. A lo largo de la historia y especialmente desde principios del siglo 20 hasta la década de los años 50, la iluminación natural se valoró desde sus aspectos cualitativos y cuantitativos. Se cuidaba la obtención de niveles de intensidad lumínica adecuados para el desarrollo de las actividades y tareas que se realizaban dentro de un espacio, pero también se potenciaban los valores expresivos de la interacción entre la luz y la forma dentro de la inmensa variabilidad de intensidad y color que posee la luz natural.

El manejo cuantitativo de la luz tomó gran auge dentro de la arquitectura moderna, especialmente por el interés de garantizar "niveles uniformes de iluminación interior", lo que llevó a la abstracción del fenómeno lumínico y a la

reducción de la beneficiosa influencia psicológica y estimulante que la luz natural presenta sobre los seres humanos. De esta forma, llevados por la ansiedad de conseguir una iluminación uniforme, se comenzó a sustituir la iluminación natural por la artificial, hasta el punto de construir grandes contenedores cerrados totalmente al exterior que eran el soporte para las más diversas actividades. Este lamentable camino se vio animado en gran parte por el avance y desarrollo de los sistemas de iluminación artificial, la reducción en los costos de la energía en aquella época y el auge del acondicionamiento mecánico de aire para interiores que "obligó" a una reducción del tamaño de las aberturas para reducir las cargas térmicas ocasionadas por fachadas con alta incidencia solar.

El progresivo hermetismo de los edificios se vio abruptamente cuestionado, en primera instancia por la crisis energética en la década del 70 y, a continuación, por la crisis ambiental. Para finales del siglo XX e inicios del siglo XXI el escenario ha cambiado notablemente; el imperativo ambiental y los altos costos de la energía reclaman de la arquitectura contemporánea y futura el compromiso de satisfacer las necesidades de la sociedad sin comprometer los recursos necesarios para que las sociedades del mañana también puedan hacerlo. Para cualquier arquitectura que pretenda alcanzar una Alta Calidad Ambiental resulta irrenunciable tomar una postura clara frente al tema de la luz natural. El esfuerzo por obtener un balance positivo entre bienestar y ahorro energético ha llevado a reevaluar las relaciones entre iluminación natural e iluminación artificial, que se habían establecido durante las décadas precedentes.



Capítulo 1

Diseño Lumínico Interior

Al hablar de diseño, se implica lo humano como presencia que modifica los posibles elementos o variables existentes. Los recursos tecnológicos y científicos de la actualidad, nos hacen posible considerar la luz como algo diseñable y no como el resultante incontrolado y espontáneo de la interacción de los contenedores arquitectónicos y el sitio donde se emplazan. La calidad lumínica ya puede ser diseñada; el cambio de paradigmas ha incorporado la sostenibilidad, la rentabilidad y el bienestar humano como nuevos compromisos a ser satisfechos por la arquitectura de hoy.

Principios del Diseño Lumínico

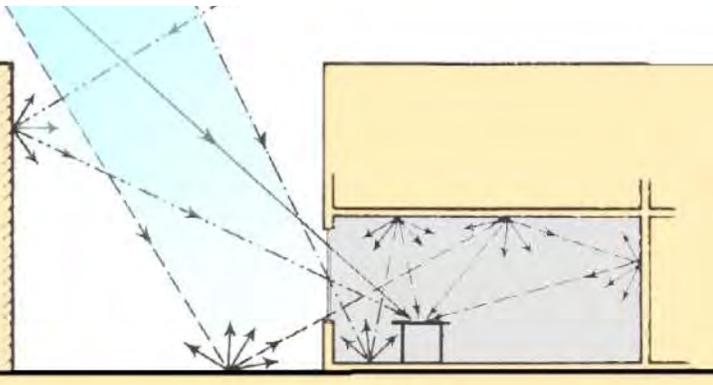
Un adecuado diseño lumínico parte del interés de aprovechar la máxima superficie del edificio y el mayor número posible de horas de luz natural de las que se disponga en el lugar donde se ubica o ubicará el proyecto. Para recintos pequeños y en proximidad de una fachada se trata de una tarea sencilla, pero para edificios y locales de mucha profundidad será necesario el empleo de técnicas, diseños o dispositivos específicos de captación y distribución de la luz natural. Aunque las condiciones del edificio o el lugar no hagan posible alcanzar niveles de iluminación natural suficientes durante algunas horas del día y en algunas profundidades o puntos dentro del edificio, esto no debe ser argumento para no propiciarla, ya que la iluminación natural entendida en términos de ahorro de energía, siempre será útil si se combina adecuadamente con sistemas de iluminación artificial que complementen correctamente los aportes naturales. Dentro de estos principios básicos a considerar para un adecuado aprovechamiento lumínico vale mencionar:

- Permitir la obtención de los niveles de iluminancia suficientes para las labores que se realizan dentro de un espacio. Las intensidades adecuadas para cada actividad están especificados en las normas y códigos de salud ocupacional del país, tal como se profundiza en el capítulo 7 sobre Normativa y Ahorro Energético.



- Garantizar que la búsqueda de una mayor iluminación natural no dé como resultado espacios desprotegidos de la radiación solar directa.
- Evitar reflejos que puedan provocar deslumbramiento y dificulten las actividades a realizar, ésto se logra con un adecuado manejo de elementos difusores y superficies que controlen los máximos valores de intensidad lumínica provenientes desde el exterior.
- Obtener una buena relación interior-externo, generando así un ambiente más saludable en el aspecto psicológico. Esta relación, apropiadamente balanceada, puede ser con el paisaje o con el mismo cielo, cuidándose de no generar distracción para los habitantes.

Establecer criterios en cualquier ámbito de diseño, no deja de ser una actividad que pueda imponer posibles limitaciones a una actitud proyectual espontánea y personal. Sin embargo, los parámetros expuestos no están dirigidos a la obstaculización del trabajo, sino que conducen a proyectos en los cuales la luz natural se expresa con plenitud, es útil para los ocupantes y no ocasiona problemas o dificultades que pudieran requerir soluciones o reparaciones posteriores. Del interés de alcanzar niveles adecuados en puntos distantes al perímetro del local y el necesario control de la radiación directa del sol en las cercanías de los vanos o ventanas para impedir el deslumbramiento y desconfort térmico, surge la necesidad de diseñar componentes arquitectónicos que favorezcan lo primero y eviten lo segundo.



Componentes de la iluminación natural que se presenta en un recinto. Imagen intervenida digitalmente a partir de un dibujo tomado del libro de Guillermo Yáñez.

Componentes Arquitectónicos

La luz que se capta en un punto interior de un local es el resultado aditivo de tres componentes: luz difusa que se obtiene directamente de la bóveda celeste a través de los vanos, luz reflejada por la superficie de los edificios y objetos inmediatos y luz reflejada en las superficies interiores del local. Estos tres componentes se ven afectados por múltiples factores, tan diversos como: las propiedades lumínicas de superficies aledañas al edificio, la existencia de elementos que limitan la entrada de luz, el color y la textura del terreno circundante al edificio y el área y ubicación del vano de captación de luz.

Si se trata de un elemento traslúcido influyen especialmente su coeficiente de transmisión lumínica, el color y material de su estructura de soporte y el grado de limpieza. Si se trata de un material opaco los aspectos a considerar son su color, textura y coeficiente de reflexión. En ambos casos los parámetros geométricos del local, especialmente su profundidad y altura, deberán ser analizados considerando las correspondientes interacciones con el color y acabado de las superficies interiores del local así como las propiedades lumínicas de su amoblamiento. Es claro que dentro del amplio universo formal de la arquitectura, resulta difícil e incompleto cualquier esfuerzo de clasificación de los componentes arquitectónicos que están relacionados con la luz natural.

Aquí se presentan tres grupos representativos: dispositivos para la captación, elementos para la transmisión de la luz y superficies para su control.

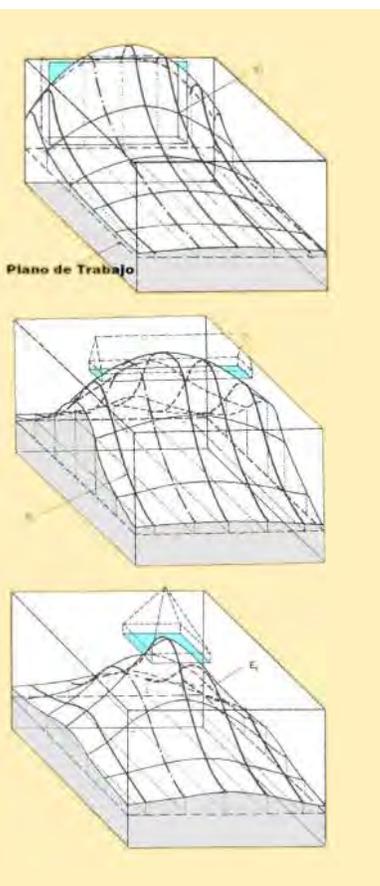
Dispositivos para la Captación

La luz natural que ingresa al interior de las edificaciones se puede clasificar en tres tipos de acuerdo a la ubicación de los dispositivos y zonas utilizadas para la captación lumínica en la superficie envolvente del edificio: Lateral, cuando los vanos se ubican en las fachadas y superficies verticales del edificio, como es el caso de las galerías, ventanas y aleros; Cenital, cuando la iluminación natural se obtiene a través de vanos y lucernarios ubicados en la cubierta por medio de sistemas traslúcidos como vidrios, tejas, tragaluces o monitores que se pueden combinar con dispositivos cuyas características geométricas permiten la difusión de la luz natural, tal es el caso de los patios internos, los buitrones de iluminación y los atrios acristalados. Por último, la iluminación combinada, cuando se emplean ambos sistemas para obtener un

mejor rendimiento en el interior del local, como es el caso de los invernaderos y los conductos solares.

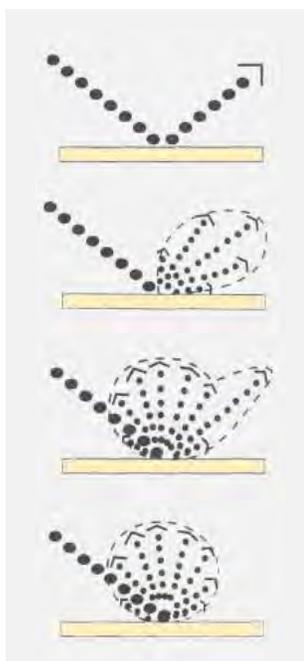
Elementos para la Transmisión

Son materiales de construcción que cumplen la función de conectar dos ambientes lumínicos, generalmente uno exterior y otro interior, permitiendo el paso de la luz natural de uno hacia otro. Comprenden todo tipo de vanos cerrados o no, con materiales transparentes o translúcidos y que por sus características de tamaño, forma, proporción y posición distribuyen de manera diferente el flujo luminoso por el interior de un local. Tal es el caso de las ventanas y ventanales, las fachadas flotantes, los muros calados, los forjados translúcidos, los lucernarios y las claraboyas.



Distribución lumínica característica de tres tipos de apertura; ventanas laterales, lucernarios y claraboyas.

Imágenes intervenidas digitalmente a partir de dibujos tomados del libro de Andrés Majoros.



Características de la luz reflejada de acuerdo a las propiedades superficiales del material iluminado. Arriba se representa el efecto de reflexión propia de un espejo, seguidamente los brillos propios de materiales pulidos y por último el efecto de difusión de una superficie lambertiana, en la cual no es posible identificar la dirección de donde proviene la luz.

Superficies de Control

Son los elementos que regulan la dirección, intensidad y color de la luz natural a través de los dispositivos para la captación. Aquí es posible agrupar desde un elemento de cerramiento tan simple como un vidrio o cualquier otro tipo de material semitransparente. Se encuentran: pantallas flexibles (persianas y cortinas), pantallas rígidas (laminas, celosías, parteluces y parasoles), filtros solares (mallas de sombrío y películas adhesivas) hasta elementos altamente sofisticados como separadores prismáticos, diafragmas o películas holográficas.

Cerramientos e Iluminación

Todo cerramiento arquitectónico tiene como finalidad primera delimitar una porción de espacio en la cual sea posible desarrollar diversos tipos de actividades, todas ellas relacionadas, directa o indirectamente, con la satisfacción de necesidades humanas. El fragmento de espacio así delimitado podrá mantener unas condiciones ambientales definidas, en función de las variables climáticas y los requerimientos de bienestar que dicho recinto requiera para el cumplimiento de las funciones para las cuales haya sido diseñado. Todos los cerramientos cumplen, en mayor o menor medida, el papel de "membranas de intercambio" entre el exterior preexistente y el recinto interior por ellos definido. La correspondencia interior-exterior condiciona la complejidad tecnológica del cerramiento, por ello, condiciones ambientales y requerimientos funcionales de baja exigencia permiten la utilización de sistemas de cerramiento con una baja complejidad tecnológica, al punto que en muchas circunstancias el cerramiento mismo prácticamente desaparece. A medida que las exigencias y requerimientos del recinto se hacen mayores, o la condición climática reinante en el exterior más rigurosa, las responsabilidades que debe asumir el cerramiento se incrementan; en consecuencia, su complejidad tecnológica se hace progresivamente más elevada.

Lo que sucede afuera, el clima, es para el campo de la disciplina arquitectónica una variable incontrolable, de igual modo los requerimientos al interior del recinto están fuertemente condicionados por las características físicas y biológicas del cuerpo. Por estos dos motivos las posibilidades de control y modificación ambiental con que cuenta la Arquitectura se concentran en esa membrana que delimita los espacios y que se denomina envoltente o cerramiento.

Todas las circunstancias y fenómenos que se presentan entre la cara interna y la cara externa de un sistema de cerramiento constituyen el principal recurso tecnológico del que se dispone para obtener condiciones ambientales adecuadas al interior de un recinto. Desde un punto de vista puramente técnico, el diseño de un cerramiento equivale a la cuidadosa selección de materiales, técnicas y geometrías que permitan el intercambio justo de materia y energía entre ambos lados de la envolvente, por este motivo no se puede entender el diseño de dicha membrana sin la comprensión previa de los fenómenos que sucederán simultáneamente a lado y lado de la misma. Su posterior optimización estará enfocada a lograr que estas propiedades se puedan obtener económicamente, con el menor gasto energético posible y minimizando las presiones ambientales que ocasionará el transporte, la manufactura, el mantenimiento, la operación y reciclado del cerramiento y sus elementos constitutivos.

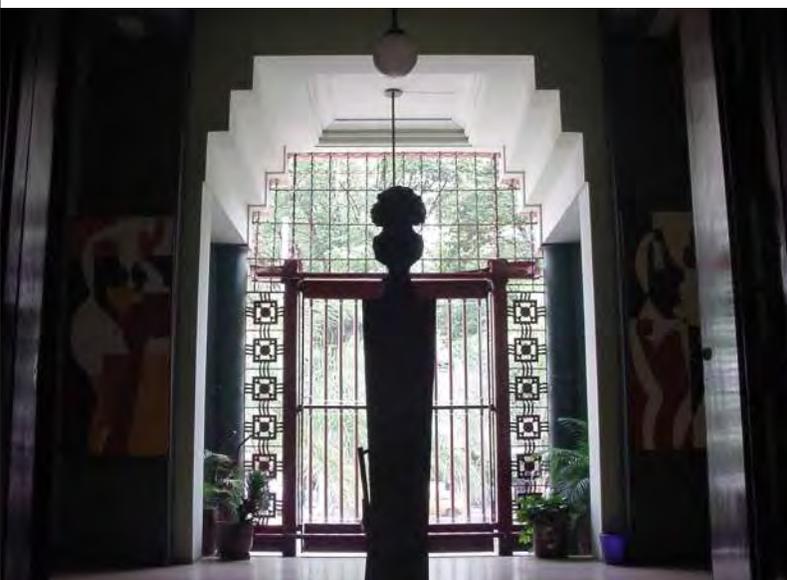
Aprovechamiento del Recurso Lumínico

Para la optimización ambiental de un sistema de cerramientos conviene analizar todas aquellas circunstancias y variables que puedan ocasionar, por un lado, afectaciones a las condiciones de bienestar de los ocupantes, por otro, consumos energéticos y presiones ambientales innecesarias. Las condiciones propias del sitio de emplazamiento y los requerimientos de ocupación característicos de la cultura, actividad y expectativas de los ocupantes, modifican este escenario y exigen la definición de prioridades. Habitualmente, las variables a considerar son las mismas, pero su peso relativo en un

proyecto específico varían sustancialmente; en algunas circunstancias la variable de mayor peso podrá ser el control solar y en otras, el nivel de aislamiento térmico o la reducción de lámparas.

Cuando la optimización de cerramientos exige ocuparse del aprovechamiento del recurso lumínico natural con el fin de aprovechar los beneficios y ahorros energéticos que se obtienen de la disminución en el uso de la iluminación artificial, se trabaja en las necesarias modificaciones que debe experimentar el sistema de envolventes para permitir que a los recintos ingrese la luz que sea cuantitativa y cualitativamente adecuada. Esta labor da como resultado una excelente combinación entre las condiciones de disponibilidad del recurso lumínico exterior, las exigencias visuales propias de las actividades que se vayan a realizar a futuro en el recinto y la racionalización del consumo energético por iluminación artificial. Tal como se describió anteriormente, numerosos factores participan y se conjugan en el fenómeno mediante el cual un recinto es iluminado de forma natural; condiciones de entorno, orientación de cada abertura, materiales de acabado exterior e interior, texturas y colores de muebles o sistema de acristalamiento elegido. Algunos de ellos son susceptibles de ser diseñados y optimizados con el fin de que un recinto tenga las propiedades lumínicas apropiadas, pero existe preponderancia de un factor respecto a los demás: las calidades y cualidades lumínicas de un recinto dependen principalmente de las relaciones geométricas que se establezcan entre las zonas donde llega la luz y la aberturas por donde ingresa.

Desde el punto de vista del aprovechamiento de la luz natural, la primera y más importante labor de optimización de un cerramiento es el diseño de la abertura, antecede a la elección de los materiales que la conforman o del material translúcido que la cierra. Al dimensionar y posicionar una abertura se han condicionado gran parte de las propiedades lumínicas que tendrá un recinto, al punto que sus acabados, mobiliario y demás dispositivos podrán generar matices, realces y atenuaciones, pero difícilmente modificar sustancialmente propiedades lumínicas fundamentales como son la distribución y homogeneidad lumínica. Los intercambios energéticos entre la fachada y el plano o planos de trabajo están gobernados por un asunto geométrico, por este motivo la decisión primordial es de carácter dimensional, no tecnológico. Cuando se definen el número, el tamaño, la posición y la proporción de las aberturas en un recinto, indirectamente se han definido gran parte de las propiedades lumínicas del éste, razón por la cual el estudio del comportamiento e influencia de



Vestíbulo del Palacio de Bellas Artes en Medellín.

cada una de estas variables resulta tan importante. Si esta tarea se realiza adecuadamente, posteriores refinamientos relacionados con el color y la textura de los acabados, el piso y la disposición del amoblamiento, podrán reforzar algo que comenzó bien encaminado.

Cada material de cerramiento posee unas propiedades de absorción y reflexión lumínica particulares, pero el estudio de estas propiedades rápidamente deriva en el terreno de la física y con frecuencia da poca orientación proyectual acerca del efecto que podrá tener dicho material en caso de ser aplicado a un recinto. La evaluación de las calidades lumínicas de un espacio supera el análisis individual de las propiedades de los elementos que lo conforman para ocuparse de sus características lumínicas como un todo, incluyendo sus particularidades geométricas y espaciales. De esta forma es posible realizar comparaciones, no entre las propiedades de diferentes alternativas de cerramiento, sino entre los efectos que dichas alternativas tienen sobre el aprovechamiento y rendimiento del ambiente lumínico cuyo cerramiento interesa optimizar. Las comparaciones pueden ser realizadas cualitativa y cuantitativamente; las primeras dependen de las relaciones que se pueden establecer entre los valores de intensidad lumínica registrados, las segundas directamente de los datos que se midan o calculen para el recinto en estudio.

Calidades del ambiente Lumínico Interior

Nuestros órganos de los sentidos evolucionaron para captar señales que permiten al cerebro establecer, ante la presencia de un estímulo, comparaciones entre diferentes niveles e intensidades del mismo. El ojo humano no percibe niveles absolutos de iluminación como si lo hace cualquier equipo de medida, sino que permanentemente ajusta la cantidad de luz que llega a la retina para que el cerebro pueda establecer comparaciones entre las intensidades lumínicas que se presentan.

Las grandes variaciones que ocurren en el exterior no son percibidas de igual forma por nuestros ojos, pues los mecanismos de nuestra visión compensan el efecto de variación exterior con un amplio rango de adaptación. Pero condiciones inadecuadas pueden forzar estos mecanismos, ocasionando fatiga y disminución del rendimiento visual. El estudio cualitativo del ambiente lumínico interior es una herramienta para entender esta forma relativa con la que el ojo se adapta a la luz, para ello se definen índices comparativos, valores relativos y

rangos tolerables, todos ellos en función de unos valores de referencia que no son absolutos sino que dependen de las características del recinto en estudio, la disponibilidad lumínica del lugar y la capacidad visual de la persona que observa, por lo que es imposible tener un valor de referencia único y estándar.

Calidades del ambiente Lumínico Interior

Existen umbrales operativos por encima y por debajo de los cuales la capacidad de adaptación del ojo resulta insuficiente, condiciones de intensidad del estímulo lumínico que pueden resultar inapropiados para la estructura y diseño de nuestros mecanismos de visión dependiendo de la exigencia visual que presente la actividad a ser realizada y la duración de la misma. El estudio cuantitativo del ambiente lumínico interior es una herramienta para el análisis de un espacio arquitectónico de acuerdo a los umbrales operativos de nuestros ojos, pues exposiciones prolongadas a intensidades lumínicas exageradas o insuficientes son causa de fatigas, enfermedades o daños permanentes de la visión.

Vanos y Aberturas Lumínicas

Cuando se definen el tamaño, la posición y la proporción de una abertura, indirectamente se han fijado la mayor parte de las características lumínicas que tendrán los



Efecto de dispersión lumínica ocasionado por un vidrio esmerilado.

espacios una vez terminados. Al practicar perforaciones sobre una fachada se han condicionado muchas de las propiedades lumínicas que tendrá el recinto, razón por la cual el estudio del comportamiento e influencia de cada una de estas tres variables resulta tan importante. Como la distribución de la luz en un espacio interior depende de las relaciones geométricas que se dan entre el plano receptor y la fuente lumínica, es posible hallar, de manera regresiva, las características geométricas que debe poseer una abertura para que en el plano de trabajo se den las condiciones de distribución lumínica deseadas.

Tamaño

Como sería de esperar, las ventanas de mayor tamaño permiten el ingreso de mayor cantidad de luz, pero un incremento progresivo del tamaño de las aberturas no ocasiona un aumento proporcional de las cualidades lumínicas del recinto. Por encima de los niveles de referencia un incremento en la intensidad lumínica no se percibe como un mejoramiento del ambiente lumínico, lo que sugiere que existe un tamaño óptimo de abertura en función de las características del recinto a iluminar.



A partir de este tamaño el incremento dimensional no genera beneficios lumínicos apreciables y por el contrario puede aumentar el riesgo de una ganancia solar exagerada. Efectivamente es posible identificar un tamaño óptimo de abertura para un recinto determinado, pero para ello es preciso integrar en el proceso de optimización la ganancia solar que se presentaría a través de la abertura y el aporte lumínico por reflexiones internas.

En todos los casos, y sin importar el área de la abertura, la intensidad máxima se presenta a una profundidad cercana a la altura del sillar. Variar la altura del dintel no desplaza las zonas donde se localizan los valores máximos aunque sí influye en los valores que se registran en las partes más profundas del recinto. Por este motivo un conjunto de varias aberturas dispuestas adecuadamente y que tengan un área total equivalente al de una abertura única, permiten obtener una distribución lumínica mucho más uniforme, pues cada una genera un valor máximo a una profundidad diferente.

Posición

Aberturas que tengan un área equivalente, pero que se hayan posicionado en diferentes partes del cerramiento, permiten el ingreso de una misma cantidad de luz, pero la forma en que se distribuye ésta difiere notoriamente en cada caso. De acuerdo a la profundidad del recinto se puede "sintonizar" la altura de la abertura para que la distribución lumínica obtenida sea adecuada, pero este proceso no puede ser realizado independientemente de otra serie de factores como son la coordinación modular de la fachada y los requerimientos de visual hacia el exterior. Ventanas altas tienen una distribución más homogénea y resultan adecuadas para iluminar las zonas profundas de un recinto, pero presentan un rendimiento pobre en las zonas adyacentes al cerramiento, motivo por el cual no conviene utilizarlas sin el refuerzo de otras aberturas.

De forma similar, para el posicionamiento horizontal de una abertura se deben considerar las propiedades de los materiales de acabado interior, pues desplazar las aberturas hacia el centro del recinto ocasiona una distribución lumínica simétrica y si el material de piso es poco reflectivo la mayor parte de la luz terminará siendo absorbida. En estos casos es mucho más conveniente desplazar la abertura hacia un costado aunque esto implique reducir las iluminancias en el lado opuesto, de esta forma una fracción significativa de la luz que ingresa incidirá sobre una división interior, si tiene el color y acabado adecuado, permitirá distribuir la luz de un mejor modo por todo el recinto.

Proporción

Aberturas de área equivalente y en las cuales se modifique su proporción permiten el ingreso de idéntica cantidad de luz, pero nuevamente la distribuyen de forma notoriamente diferente. La iluminación en un plano de trabajo horizontal es muy sensible a la variación de las alturas de la alfajía o sillar y del dintel, pero mucho menos sensible a variaciones en el ancho de la abertura, a no ser que interese iluminar zonas muy alejadas del eje del vano. La altura del dintel tiene efectos importantes sobre la cantidad de luz disponible en las zonas profundas y la altura de la alfajía tiene un mayor efecto sobre las zonas cercanas. La altura libre del vano afecta principalmente la uniformidad lumínica de todo el recinto, por ello cuando se diseñan aberturas anchas y de poca altura, se logran focalizaciones que pueden resultar inconvenientes o generar realces y énfasis interesantes, de acuerdo a la destinación del espacio y el ambiente lumínico que interesa obtener. Una ventana esbelta produce una iluminación intensa y puntual en el plano horizontal, mientras que una ancha produce una iluminación suave y difusa.

Dispositivos Lumínicos

En las ocasiones en que la abertura es el único elemento arquitectónico destinado a la captación de luz natural, el espesor de la envolvente y en especial las propiedades lumínicas de las jambas, marcos de ventana y umbrales del vano, pueden jugar un papel importante como dispositivos de captación y aprovechamiento lumínico. En la medida en que el espesor del muro se hace menor, la posibilidad de aprovechamiento arquitectónico de estos elementos se reduce, al punto que en muchas ocasiones la abertura como tal es la única fuente lumínica y los dispositivos de captación lumínica resultan inexistentes. Pero cuando el espesor de los muros es progresivamente mayor, desde el interior del espacio se logra visualizar parte de los planos que conforman el vano, aumentando la zona de transición entre el interior y el exterior. En estos casos la iluminación provendrá no sólo de la abertura, sino también de estos dispositivos que pueden modificar notoriamente las características lumínicas del recinto. En envolventes con espesores considerables la iluminación interior dependerá tanto de la geometría de la abertura como de las características formales y las propiedades lumínicas de los planos que la conforman. Si en la zona de transición se localizan además elementos de sombreado y protección solar, estos podrán ser diseñados para que además de impedir el ingreso directo de los rayos del sol, tengan un efecto positivo sobre la captación lumínica del recinto.

Cerramientos Traslúcidos

Cuando interesa aprovechar los beneficios de la iluminación natural manteniendo un ambiente controlado, no necesariamente de forma artificial, se requiere de materiales de construcción que posean una transmisión lumínica elevada. El último componente de la envolvente que tiene influencia sobre el desempeño lumínico de un recinto es el material translúcido que cierra el vano. Es de resaltar que en muchos espacios de transición, como es el caso de los balcones e incluso en algunos espacios interiores en climas poco rigurosos, este tercer componente no se utiliza. Dentro del inmenso abanico de opciones tecnológicas que ofrece en la actualidad el mercado de los materiales translúcidos, se podrían tratar numerosas alternativas de acristalamiento de nueva generación con una versatilidad y posibilidad de regulación superior, elementos que junto con las cortinas, persianas y otros elementos de control interno, conforman un paquete de tecnologías que en algunos aspectos está todavía por explorar. Este conjunto de opciones, que se traslapa con las muchas alternativas de aprovechamiento lumínico propias a los acabados, permiten complementar el desempeño de unas aberturas adecuadamente diseñadas para lograr la optimización energética y ambiental de las envolventes.



Capítulo 2

Illuminación Residencial. Casos de Estudio

Complementando los aspectos teóricos que se exponen en este y los capítulos siguientes, a continuación se presentan cinco casos de estudio en los cuales se sintetiza el análisis de las cualidades e intensidades lumínicas que se presentan en varios espacios arquitectónicos con destinación residencial. Las edificaciones fueron seleccionadas con el fin de estudiar de forma comparativa el desempeño y cualidades lumínicas de diversos espacios, de manera que en cada uno de ellos fuera posible hacer un énfasis particular sobre alguno de los aspectos que tienen una influencia significativa sobre la iluminación residencial.

Son los mismos cinco énfasis que se repetirán en los próximos capítulos, pero aplicados en espacios de oficinas, de comercio y educativos, cada uno de ellos identificado con un código de color distintivo.

Cada caso de estudio contiene un encabezado descriptivo y un análisis cualitativo de las características lumínicas de la edificación y el espacio en estudio. La banda titulada "Ambiente Lumínico Interior" contiene una serie de fotografías que muestran desde afuera y desde adentro la abertura lumínica en estudio, así como el espacio iluminado. En la columna de la derecha se describen los aspectos que están siendo objeto del análisis y la influencia que tienen las particularidades del espacio sobre su calidad lumínica y su funcionalidad. En el encabezado de los casos de estudio se indica la porción del cielo que resulta visible para cada edificación reseñada. Para ello se indica la orientación de la línea normal de la abertura que fue analizada, es decir, la dirección en la que apunta una línea perpendicular al plano de fachada desde el interior del espacio y mirando hacia afuera. Esta información permite estimar el comportamiento de cada abertura frente a la radiación solar directa, facilitando cruzar los análisis aquí realizados con los conceptos de Asoleamiento y Protección Solar enunciados en el libro titulado "Protección Solar en Edificaciones" publicado por Cristalería PELDAR S.A.

Dispositivos para el aprovechamiento lumínico



LOCALIZACIÓN
Barrio Laureles - Medellín
Circular Zida, #70-24
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Vivienda

Puerta Vidriera Sala

Control Solar
RICHARDA ILIURI - VANO RETRASADO
Materia del edificio
LABRILLO RANURADO
Tipo de cerramiento
PUERTA VIDRIERA Y CORTINA EN VELOS
Tipo de Velos
VELOSO CLARO 5 mm
Acabado Interior
ESTUCO, PINTURAS AMARILLA Y BLANCA



Se analizó el efecto lumínico de los velos, cerramientos translúcidos que protegen la intimidad y pueden operar como control solar dispersando la luz natural.

Edificio San Sebastián de la 70
Cerramientos Translúcidos

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Terraza exterior



Estudio



Estar

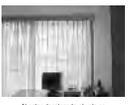


Vista desde el fondo

Los cerramientos translúcidos cumplen la doble función de proteger de la radiación solar directa y ayudar a controlar el registro visual del exterior. En este caso se estudia un velo que a modo de cortina cubre la puerta vidriera en la sala de un apartamento. La vidriera, retrasada con respecto al paramento del edificio, comunica la sala con una terraza de muros en ladrillo a la vista y piso vitrificado.

En el espacio analizado, que tiene un ancho de 3,20 mt y una profundidad de 6,0 mt, se integran dos actividades: una zona de estudio y un estar. La pared del fondo y el cielo son fijos y en color blanco y el piso es de cerámica brillante color marfil, lo cual favorece el ingreso de luz al fondo del espacio. En la zona de estudio, adyacente a la ventana, hay dos puestos de trabajo que requieren condiciones de iluminación sin brillos en las pantallas y control de los contrastes. Las actividades propias a la zona de estar generalmente tienen menores requerimientos de iluminación, allí los muebles conforman un ambiente lumínico que permite el desarrollo de actividades de descanso sin la necesidad de encender lámparas.

El velo modifica las condiciones de la luz natural, pues generalmente los tejidos dejan pasar la luz pero descomponiendo los rayos visuales por el efecto de dispersión. Esto limita la visual hacia el exterior sin reducir demasiado la iluminación natural disponible en la zona contigua a la puerta vidriera y aumentando los niveles de iluminación al fondo del espacio.



Al estor desdoblado el velo se transforma en una fuente de luz.



El velo parcialmente recogido genera zonas de sombra.

12



Como es completamente imposible que las mediciones realizadas en tantas edificaciones durante un período de varios meses contaran con unas condiciones de cielo homogéneas, se aplicó un método desarrollado por los autores, que mediante mediciones simultáneas y utilizando Recintos Portátiles para Pruebas Lumínicas (RPP), permite establecer las constantes de cálculo necesarias para determinar los Factores de Distribución Lumínica que posee cada espacio en estudio. Dichos factores son específicos para cada local y no dependen de las condiciones lumínicas exteriores, condición que permitió a continuación utilizar como valores de referencia 10.000 y 20.000 luxes y simular las intensidades lumínicas que se presentarían en todos los espacios analizados ante unas idénticas condiciones de luminancia exterior. El primer valor corresponde a unas condiciones lumínicas bajas, características de las primeras horas de la mañana y final de la tarde. El valor de 20.000 luxes corresponde a unas condiciones lumínicas medias y suele ser superado, incluso ampliamente en localidades ecuatoriales, durante al menos varias horas al día. Finalmente cada ficha presenta una conclusión que generaliza lo observado con el objetivo de facilitar la aplicación de los resultados del análisis en circunstancias y contextos diferentes. Algunos de los aspectos aquí esbozados, como son el método utilizado para hacer los cálculos y mediciones, los principios y fundamentos de la ergonomía visual aplicada a la arquitectura y la normativa vigente hacen parte del contenido teórico de los capítulos siguientes, en donde son ampliados y tratados con mayor detalle.

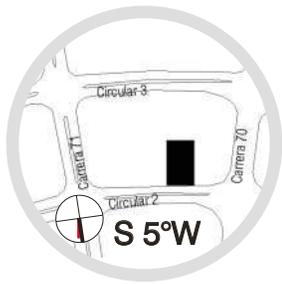
En la segunda parte, titulada "Análisis de Intensidad Lumínica", se hace un análisis cuantitativo del mismo espacio, utilizando para ello registros de iluminancia obtenidos experimentalmente en el sitio mediante luxómetros digitales programables, registros que fueron posteriormente procesados para facilitar las comparaciones entre diferentes edificaciones. Para dichas comparaciones se utilizaron los dos valores de referencia para obtener las modulaciones alta y baja, a las cuales se le superpusieron unas zonas amarillas que corresponden a las porciones del espacio que se encuentran dentro del rango lumínico exigido en el Código de Salud Ocupacional, Ley 02400 de 1979 y que se describen con detalle en el capítulo 7, Normativa y Ahorro Energético. La totalidad de las fotografías fueron tomadas en total ausencia de iluminación artificial y ante condiciones de cielo representativas, es decir, que intencionalmente se seleccionaron para el trabajo de campo días ni muy oscuros ni especialmente brillantes.

DESEMPEÑO LUMÍNICO
Por el fenómeno de dispersión lumínica los vidrios y cortinas actúan como pantallas difusoras. Si no tienen un tejido muy apretado, propician ambientes lumínicos más uniformes.

ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA
La intensidad lumínica exterior registrada el día 3 de septiembre del 2002 entre las 13:00 y las 14:00 horas osciló entre los 12.000 y 16.000 luxes. Para el cálculo de los factores de distribución de luz natural interior, se tomaron 15.000 luxes como constante de cálculo.
La intensidad lumínica en la zona de estudio estuvo alrededor de 500 luxes, en la zona media entre los 100 y los 200 luxes y en el fondo se registraron valores hasta de 50 luxes. Los valores de luminancia exterior durante la prueba no superaron el promedio de intensidad típica para el cielo sur en Medellín, por ello se puede considerar que este espacio cumple con los niveles de intensidad lumínica requeridos de acuerdo a los valores establecidos por el Código de Salud Ocupacional Ley 02400 de 1979.
Mediante los factores de distribución obtenidos y considerando un rango de 20.000 luxes de luminancia exterior, se simuló la distribución lumínica que tendría este espacio en días de brillo promedio en Medellín, la iluminación sobre el plano de trabajo (0,50 metros) y hasta una profundidad de 2 metros estará entre 300 y 800 luxes. El resto del espacio entre los 100 y los 200 luxes.

CONCLUSIÓN
Los cerramientos traslúcidos introducen al espacio modificaciones perceptibles en la distribución e intensidad de la luz natural, especialmente en las zonas próximas a las aberturas luminosas, en donde la dirección y la intensidad del rayo lumínico se ven afectadas por el color y transparencia del vidrio.

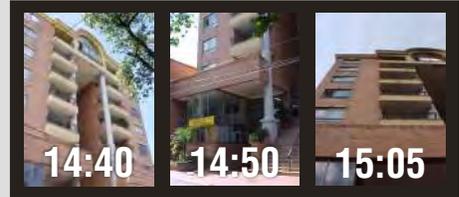
Luz Natural en la Arquitectura - Salazar/González. Arquitectura Bioclimática



LOCALIZACIÓN
Barrio Laureles - Medellín
Circular 2da. #70-24
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Vivienda



Control Solar
FACHADA AL SUR - VANO RETRASADO
Material del edificio
LADRILLO RANURADO
Tipo de cerramiento
PUERTA VIDRIERA Y CORTINA EN VELOS
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO 5 mm
Acabado Interior
ESTUCO, PINTURAS AMARILLA Y BLANCA



Se analizó el efecto lumínico de los velos, cerramientos translúcidos que protegen la intimidad y pueden operar como control solar dispersando la luz natural.

Edificio San Sebastián de la 70 Cerramientos Traslúcidos

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Terraza exterior



Estudio



Estar

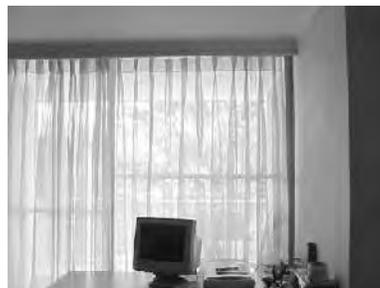


Vista desde el fondo

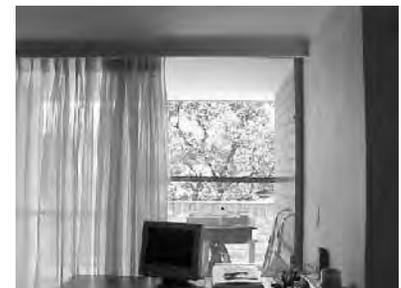
Los cerramientos translúcidos cumplen la doble función de proteger de la radiación solar directa y ayudar a controlar el registro visual del exterior. En este caso se estudia un velo que a modo de cortina cubre la puerta vidriera en la sala de un apartamento. La vidriera, retrasada con respecto al paramento del edificio, comunica la sala con una terraza de muros en ladrillo a la vista y piso vitrificado.

En el espacio analizado, que tiene un ancho de 3,20 mt y una profundidad de 6,0 mt, se integran dos actividades: una zona de estudio y un estar. La pared del fondo y el cielo son lisos y en color blanco y el piso es de cerámica brillante color marfil, lo cual favorece el ingreso de luz al fondo del espacio. En la zona de estudio, adyacente a la ventana, hay dos puestos de trabajo que requieren condiciones de iluminación sin brillos en las pantallas y control de los contrastes. Las actividades propias a la zona de estar generalmente tienen menores requerimientos de iluminación, allí los muebles conforman un ambiente lumínico que permite el desarrollo de actividades de descanso sin la necesidad de encender lámparas.

El velo modifica las condiciones de la luz natural, pues generalmente los tejidos dejan pasar la luz pero descomponiendo los rayos visuales por el efecto de dispersión. Esto limita la visual hacia el exterior sin reducir demasiado la iluminación natural disponible en la zona contigua a la puerta vidriera y aumentando los niveles de iluminación al fondo del espacio.



Al estar desplegado el velo se transforma en una fuente de luz.



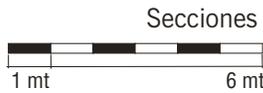
El velo parcialmente recogido genera zonas de sombra.



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

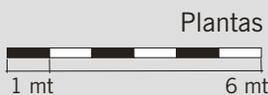
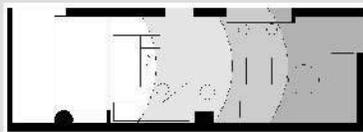
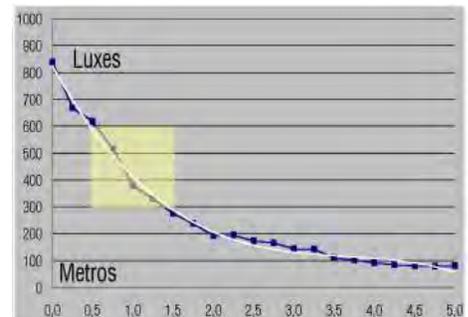
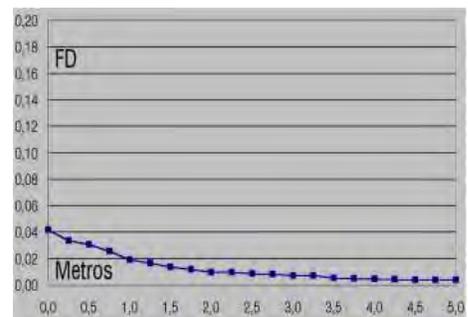
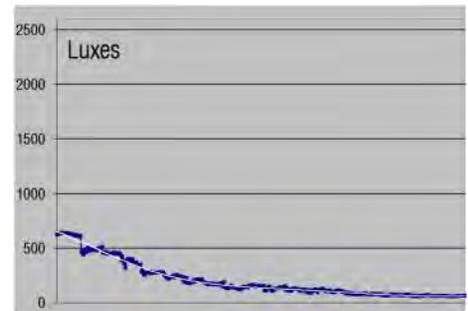
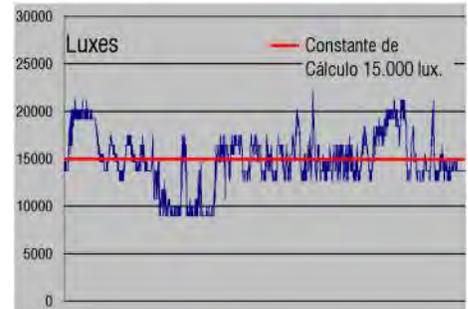


Modulación Baja. Incursión de luz natural con luminancias exteriores de 10.000 luxes.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

Por el fenómeno de dispersión lumínica los velos y cortinas actúan como pantallas difusoras. Si no tienen un tejido muy apretado, propician ambientes lumínicos más uniformes.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

La intensidad lumínica exterior registrada el día 3 de septiembre del 2002 entre las 13:00 y las 14:00 horas osciló entre los 12.000 y 16.000 luxes. Para el cálculo de los factores de distribución de luz natural interior, se tomaron 15.000 luxes como constante de cálculo.

La intensidad lumínica en la zona de estudio estuvo alrededor de 500 luxes, en la zona media entre los 100 y los 200 luxes y en el fondo se registraron valores hasta de 50 luxes. Los valores de luminancia exterior durante la prueba no superaron el promedio de intensidad típica para el cielo sur en Medellín, por ello se puede considerar que este espacio cumple con los niveles de intensidad lumínica requeridas de acuerdo a los valores establecidos por el Código de Salud Ocupacional Ley 02400 de 1979.

Mediante los factores de distribución obtenidos y considerando un rango de 20.000 luxes de luminancia exterior, se simuló la distribución lumínica que tendría este espacio en días de brillo promedio en Medellín. La iluminación sobre el plano de trabajo (0,90 metros) y hasta una profundidad de 2 metros estará entre 300 y 800 luxes. El resto del espacio entre los 100 y los 200 luxes.

CONCLUSIÓN

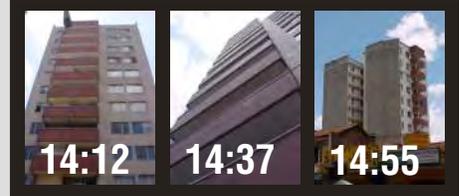
Los cerramientos traslúcidos introducen al espacio modificaciones perceptibles en la distribución e intensidad de la luz natural, especialmente en las zonas próximas a las aberturas luminosas, en donde la dirección y la intensidad del rayo lumínico se ven afectadas por el color y transparencia del velo.



LOCALIZACIÓN
Barrio Centro - Medellín
Carrera 45 #48-43
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Vivienda



Control Solar
PATIO EN LA ZONA POSTERIOR
Material del edificio
CERÁMICA
Tipo de cerramiento
VENTANA DOS CUERPOS; FIJO Y CELOSÍA
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO
Acabado Interior
REVOQUE LISO, PINTURA BLANCO Y LILA



Las profundidades típicas y las exigencias visuales propias de las alcobas permiten utilizar un mayor conjunto de opciones al elegir los colores y texturas de las paredes.

Edificio Monserrat

Texturas y colores en paredes interiores

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Abertura Luminosa



Contraste de tonos



Plano Lateral



Tonalidad de la luz

En una alcoba iluminada a través de una ventana cuadrada de 1.20 mt dividida en dos cuerpos, uno en celosía y otro en vidrio fijo y orientada hacia un vacío interior con revoque liso y pintura color crema, se estudiaron los efectos de los acabados interiores de las paredes. Las paredes son de revoque liso y pintura en colores pastel, cielo color blanco y piso en baldosa de grano pulido de color gris claro.

La pared donde se ubica la ventana tiene como acabado hacia el interior pintura de color uva, lo que ocasiona un alto contraste con la fuente lumínica. La luz que ingresa desde el vacío se refleja principalmente sobre los planos laterales y el cielo ya que estos tienen acabados claros y funcionan como dispersores de la luz.

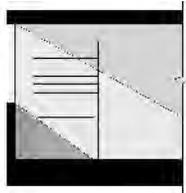
Al fondo del espacio, que no es muy profundo, la pared de color claro recibe las tonalidades de luz que provienen de las paredes más cercanas a la ventana y por ello su color aparente varía notablemente a lo largo del día. El uso de colores claros y acabado liso refuerzan este efecto. La elección de colores fuertes para las paredes adyacentes al ingreso de la luz favorece la caracterización del ambiente lumínico interior y matiza el espectro luminoso proveniente desde el exterior.



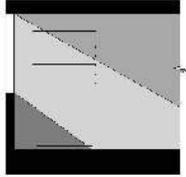
Reflejos en paredes y pisos favorecen la dispersión de la luz natural.



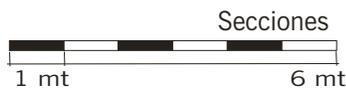
Tonos claros y acabado liso compensan la absorción del muro oscuro.



Modulación a 20.000 luxes.

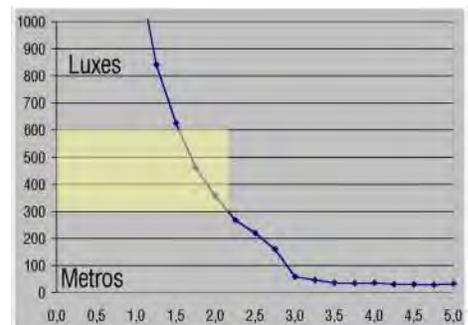
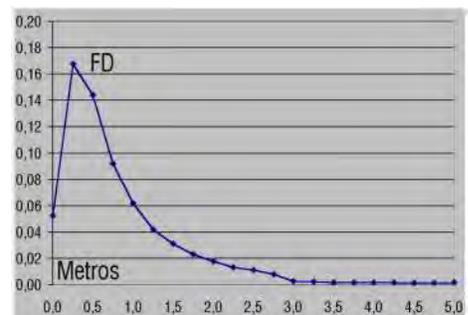
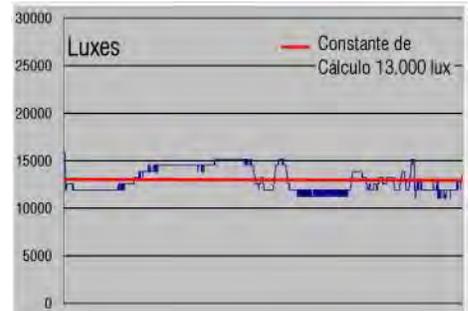


Modulación a 10.000 luxes.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

Al aprovechar la reflexión en superficies de color claro y poca textura, como el piso y el cielo, las paredes no juegan un papel decisivo en la iluminación y es posible aplicar en ellas colores oscuros.

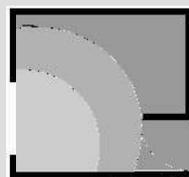


ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

La luminancia del cielo occidental registrada el 6 de septiembre de 2002 entre las 12:00 y las 13:00 horas osciló entre los 12.000 y 15.000 luxes. Para el cálculo de los factores de distribución se consideró un rango de 13.000 luxes como constante de cálculo.

Los registros de iluminación tomados a una altura de 0,90 mt del piso superan los 2500 luxes en la zona próxima a la abertura luminosa. En la zona media se obtuvieron valores hasta los 500 luxes, intensidad que permite el desarrollo de actividades de estudio o lectura según el Código de Salud Ocupacional. Hacia el fondo de la habitación (tres metros), se registraron 150 a 300 luxes, un nivel de iluminación suficiente para no encender lámparas durante el día.

Mediante la curva de factores de distribución de esta habitación y una luminancia exterior de 20.000 luxes (valor conservador para las condiciones lumínicas de Medellín), se obtuvo una curva de intensidad lumínica con valores entre los 300 y los 600 luxes a una profundidad de 2,20 metros. Esto demuestra la posibilidad de elegir colores oscuros en las paredes apropiadas, pues en la zona más oscura de la habitación se superan los 100 luxes.



CONCLUSIÓN

Variedad de colores y texturas favorecen la creación de ambientes lumínicos agradables, pero requieren considerar las interacciones de la luz y los acabados. Elegir adecuadamente los tonos, las texturas y los planos de aplicación en relación con las aberturas permite ambientes interesantes sin oscurecer innecesariamente los recintos.



LOCALIZACIÓN
Barrio La Mota - Medellín
Diagonal 75B x Calle 1 sur 192
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Vivienda



Control Solar
VENTANAS AL NORTE - ENTORNO VEGETAL
Material del edificio
LADRILLO RANURADO
Tipo de cerramiento
VENTANA CORREDIZA
Tipo de Vidrio
VIDRIO ESMERILADO (Sand Blasting)
Acabado Interior
REVOQUE LISO PINTURA COLOR BLANCO



La distribución de la luz es muy sensible a la disposición de objetos y muebles, los cuales pueden mejorar o disminuir el rendimiento lumínico de un espacio interior.

Casa en Urbanización Kalamarí II

Dispersión lumínica por objetos y muebles

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Sala de estar



Disposición de los muebles



Luz sobre el sofá



Ambiente General

Se analizaron en una residencia los efectos de la disposición de muebles y objetos que dispersan la luz natural en el interior de una sala de estar con 3,6 mt por 4,0 mt de largo. La luz natural proviene de un patio alargado a manera de callejón interior que tiene vegetación y sombra de las edificaciones vecinas. La luz penetra a través de una ventana con cerramiento en vidrio claro tratado con Sand Blasting. En la zona analizada se encuentran dos tipos de muebles, un sofá tapizado en tela de color blanco dispuesto justo contra el antepecho de la abertura luminosa, el resto del amoblamiento corresponde a una mesa auxiliar de madera y un juego de sillas del mismo material.

Todo el aporte de luz natural de la ventana se aprovecha por las reflexiones de paredes, el piso y el techo, los cuales tienen acabados en colores muy claros. La disposición de un mueble de color blanco en el antepecho de la ventana logra darle mayor realce al ambiente luminoso del interior. La combinación de colores oscuros en las sillas de madera con tapizados opacos contrastan con el mueble principal.

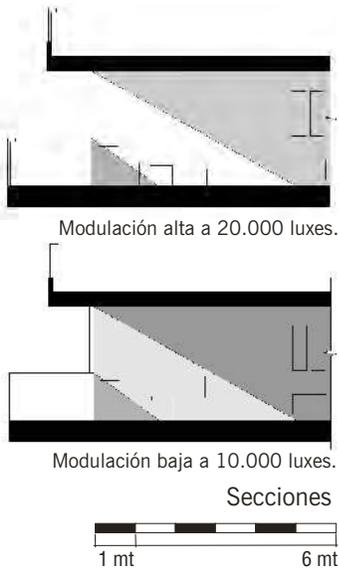
La mesa central tiene el plano horizontal conformado en vidrio, lo que favorece el ambiente lumínico interior gracias a que refleja la luz, previamente dispersada por el vidrio de fachada, por la cual los rayos de luz no se hacen molestos a la vista pues no ocasionan muchos brillos ni deslumbramientos.



La luz en espacios blancos da mayor protagonismo a muebles y decoración.

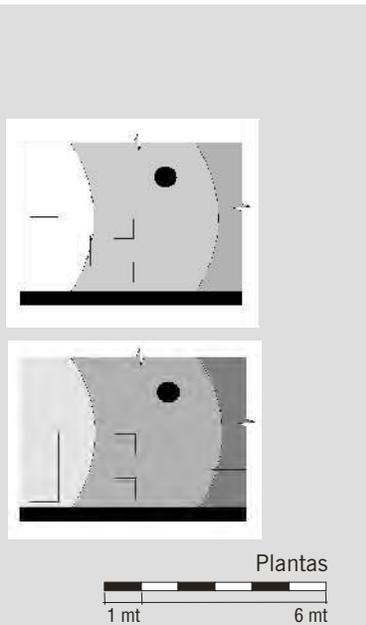
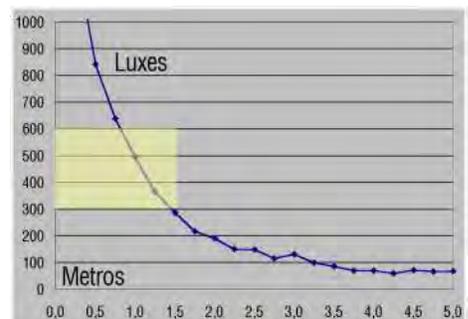
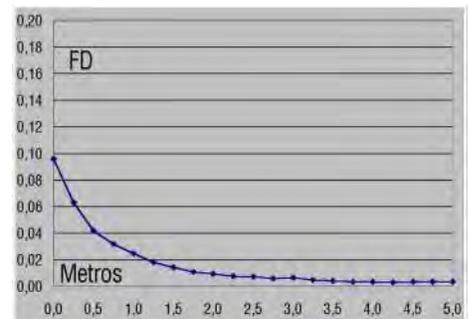
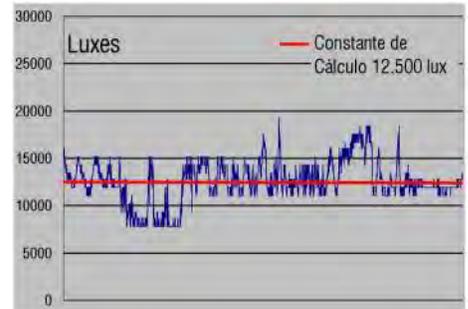


El ambiente interior toma su personalidad de la interacción de muebles y luz natural.



DESEMPEÑO LUMÍNICO

El sofá blanco, brillante y redondeado, esta junto al antepecho de la ventana, posición en la cual opera como una repisa de luz que genera un ambiente agradable en la sala y gran contraste con el resto del mobiliario.



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

La luminancia exterior registrada el día 3 de septiembre de 2002 entre las 10 y las 11 horas osciló entre los 8.000 y 18.000 luxes. Para el cálculo de los factores de distribución se utilizó 12.500 luxes como rango de cálculo.

La intensidad lumínica interior fue medida a una altura de 0,70 mt. del piso. En la zona adyacente a la ventana se registraron valores hasta los 1.400 luxes, en la zona media se registraron valores entre los 300 y los 500 luxes y hacia el fondo del espacio se llegó hasta los 100 luxes. La dispersión de la luz es muy alta en la proximidad a la ventana, especialmente en el primer metro, a partir de allí la intensidad descende suavemente.

Mediante los factores de distribución lumínica interior y una luminancia exterior de 20.000 luxes como rango de intensidad media, se obtuvo una curva de iluminación interior con valores de 300 a 600 luxes hasta una profundidad de 1,50 mt, de allí en adelante las condiciones se hacen más uniformes, con valores cercanos a los 100 luxes. La zona de uso de la estancia estaría completamente dentro de los rangos de intensidad aptos para el desarrollo de las actividades habituales de una sala.

CONCLUSIÓN

Considerar los efectos de la luz natural sobre los muebles es una posibilidad adicional al cuidado en la elección de los acabados y texturas de las paredes. La combinación de materiales y disposición de los objetos ayudan a obtener un mayor rendimiento a las posibilidades de la luz natural en el ambiente interior de un espacio.



LOCALIZACIÓN
Barrio Suramericana - Medellín
Carrera 64c #48-43
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Vivienda



Control Solar
VOLÚMENES LATERALES QUE SOMBREAN
LA VENTANA
Material del edificio
REVOQUE RÚSTICO Y PINTURA BLANCA
Tipo de cerramiento
CUATRO CUERPOS CORREDIZOS
Tipo de Vidrio
VIDRIO GRABADO PELDAR
Acabado Interior
REVOQUE LISO, PINTURA BLANCA Y CERÁMICA



El manejo de utensilios cortopunzantes y objetos calientes hacen de las cocinas espacios domésticos donde se presentan condiciones de alta exigencia visual.

Edificio Brasilia 2

Iluminación doméstica de alta exigencia visual

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Ventana en Fachada



Ventana por el Interior



Zona Posterior



Ambiente General

La zona de cocina y arreglo de ropas se encuentra iluminada y ventilada mediante una ventana corrida a una altura de 1,60 mt y cerramiento en vidrio grabado que comunica con un vacío abierto hacia el oriente. Las dimensiones de este espacio son de 6,50 mt por 3,00 mt. En el sector próximo a la ventana se encuentran los aparatos propios a una zona de ropas y al fondo se presentan dos zonas diferenciadas; una para la preparación de alimentos y un comedor auxiliar.

Las paredes tienen revoque liso y pintura blanca, el resto de superficies: la baldosa de grano, los enchapes cerámicos de la zona de ropas, el mesón de trabajo en acero inoxidable y los muebles de cocina, son todos extremadamente brillantes, lo que compensa la gran absorción lumínica que ocasiona el techo en madera. La altura de la ventana favorece la penetración de luz natural hasta el fondo del espacio, lo que hace innecesario encender lámparas en días que tengan condiciones lumínicas normales. La zona de preparación de alimentos cuenta con un refuerzo de luz artificial, pues aunque la intensidad lumínica es suficiente, es imposible que no se presenten sombras que podrían propiciar un accidente.

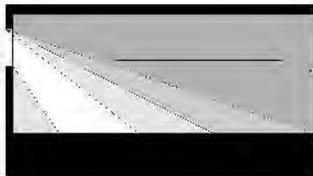
El difusor lumínico, en este caso un vidrio grabado, genera un ambiente interior más uniforme; al dispersar la luz natural se controla la incidencia de rayos solares durante las horas de la mañana, los cuales podrían generar discomfort por reflexión en las superficies brillantes que hay al interior.



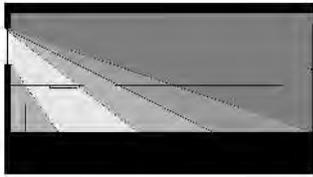
Efecto del vidrio grabado, habitualmente usado solo para lograr privacidad visual.



En zonas profundas ventanas altas distribuyen mejor la luz.



Modulación Alta. 20.000 luxes.



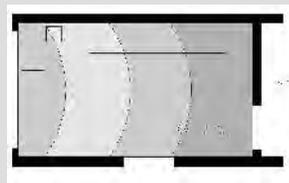
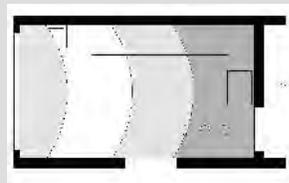
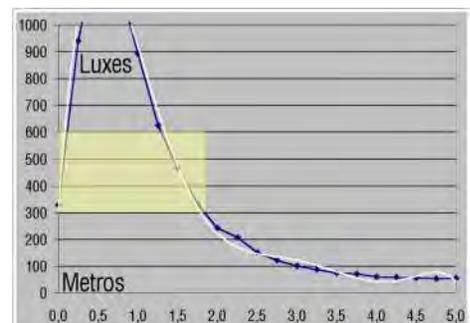
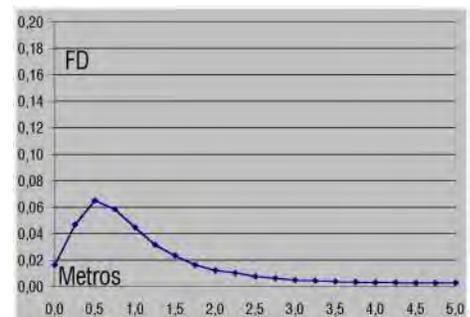
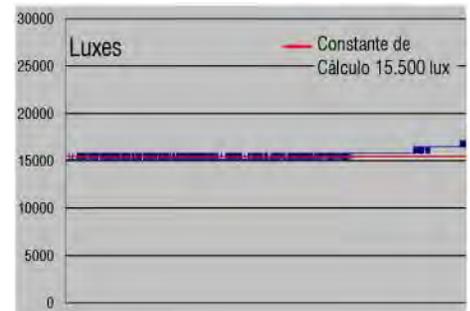
Modulación Baja. 10.000 luxes.

Secciones



DESEMPEÑO LUMÍNICO

El lugar tiene condiciones lumínicas óptimas para la preparación de alimentos. La luz natural está bien distribuida, efecto logrado por la ventana alta y corrida y el tipo de vidrio utilizado en el cerramiento.



Plantas



ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

La intensidad lumínica registrada el día 28 de agosto de 2002 entre las 13:00 y las 14:00 horas en el cielo oriental de Medellín permaneció sin mayores variaciones en los 15.500 luxes, rango de referencia utilizado para el cálculo de los factores de distribución aquí presentados.

Las mediciones, realizadas a una altura de 0,90 mt del piso, registraron el comportamiento de las ventanas altas. En la proximidad al muro se registraron valores que van de los 100 a los 500 luxes, hasta 1.000 luxes se registraron entre los 0,5 mt y 1,0 mt de profundidad y a partir de este punto la curva de iluminación descendió hasta llegar a cerca a los 100 luxes en la parte más profunda. Los niveles de intensidad registrados satisfacen casi completamente los requerimientos de la cocción, especialmente porque rangos de luminancia exterior mayores a 15.000 luxes se presentan entre las 8:00 y las 17:00 horas, aún en días de poca luminosidad.

Al modular los factores de distribución con una intensidad lumínica exterior de 20.000 luxes, los niveles interiores llegarán a 300 - 600 luxes hasta los 2 metros, el resto del espacio permanecerá entre los 100 y 200 luxes.

CONCLUSIÓN

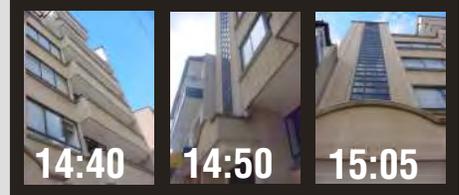
La intensidad lumínica es excelente pero no cumple con los requerimientos para realizar tareas de alta exigencia visual. Por ello hay refuerzo con lámparas en las zonas donde se realizan cortes y se manipulan recipientes calientes. La combinación de ventana corrida, vidrio grabado y acabados brillantes es exitosa, circunstancia reforzada con una distribución que no genera obstrucción ni sombras.



LOCALIZACIÓN
Barrio Laureles - Medellín
Calle 35 #76-56
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Vivienda



Control Solar
PATIO PROFUNDO EN LA ZONA POSTERIOR
Material del edificio
GRANIPLAST COLOR HUESO Y LADRILLO LISO RANURADO
Tipo de cerramiento
PUERTA VIDRIERA CORREDIZA. CUATRO CUERPOS
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO 6mm
Acabado Interior
LADRILLO RANURADO Y MURO CON REVOQUE LISO



Algunos espacios interiores aprovechan la luz natural que ingresa a través de patios y terrazas adyacentes. Por tratarse de iluminación indirecta, en estos casos los acabados y texturas adquieren gran relevancia.

Edificio Alix

Iluminación a través de espacios adyacentes

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Vista Posterior del Edificio



Fachada Posterior



Patio



Vista interior al patio

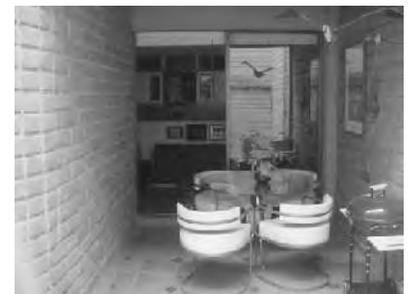
En un apartamento iluminado a través de un patio profundo se realizó una evaluación de las condiciones de iluminación natural dadas por el patio y sus acabados originales. A continuación se hizo un análisis comparativo con los resultados luego de una reforma arquitectónica que buscaba mejorar las condiciones originales.

El espacio analizado corresponde a la zona principal de un apartaestudio orientado hacia el noroeste y cuya iluminación depende completamente de la luz que ingresa a través de un patio cerrado con un muro de 7,0 mt de altura, lo que ocasiona una línea de no-cielo muy alta. Los acabados del patio son ladrillo ranurado liso y el piso es en baldosa cerámica vitrificada. La habitación tenía dos espacios contiguos separados por una puerta vidriera. Los espacios estaban claramente definidos; uno interior con acabados en revoque liso y piso en madera, el exterior cubierta en teja de barro y paredes y piso con los mismos acabados del patio.

Las condiciones de luz natural en este espacio están condicionadas por la profundidad del mismo y por los reflejos que puedan llegar hasta el fondo del salón, donde un muro con altura de 1,20 mt lo separa de la zona de servicio. En la zona exterior los acabados en colores opacos y mucha textura no permitían mayores reflejos hacia la zona interior, la que permanecía bastante oscura y requería encender lámparas para realizar cualquier actividad a cualquier hora del día.



Ambiente lumínico original, tenues reflejos de las paredes de ladrillo.

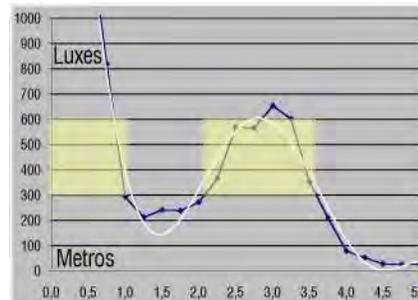
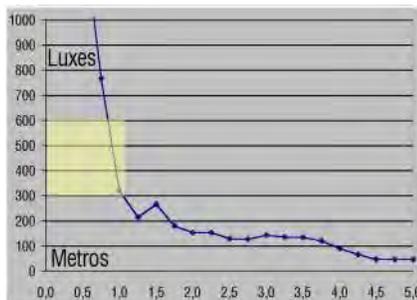
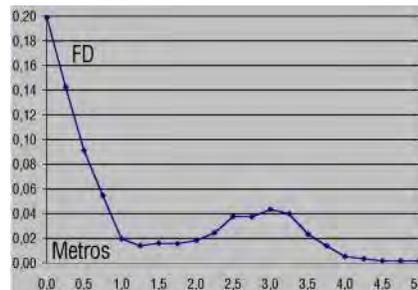
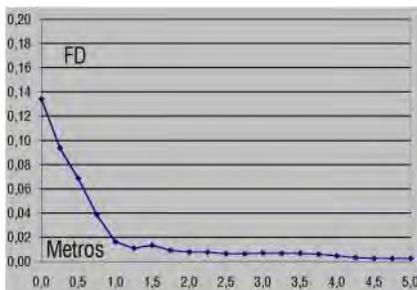
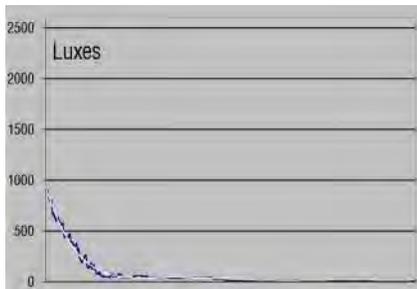
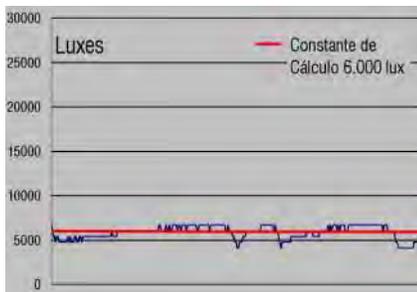


Zona adyacente al patio, donde se contaba con una mejor iluminación.



REFORMA INTERIOR

Se unificaron los espacios separados por la vidriera, la cual se desplazó hacia la entrada del patio. Se modificó la textura del piso, se revocó y pintó la pared lateral y se instaló una claraboya para captar luz cenital en la zona media.



ANÁLISIS COMPARATIVO

Para realizar el análisis comparativo del comportamiento de la luz natural en este espacio, se hicieron mediciones de intensidad lumínica antes y después de las reformas. Todos los registros se hicieron a una altura de 0,90 mt del piso. Los resultados se presentan en dos columnas de gráficas, la izquierda muestra el comportamiento lumínico del espacio antes de la reforma, datos de julio 11 de 2002 entre las 14:00 y las 15:00 horas. La columna derecha corresponde al mismo espacio después de las reformas, datos de Agosto 28 de 2002 en el mismo rango horario que la muestra anterior.

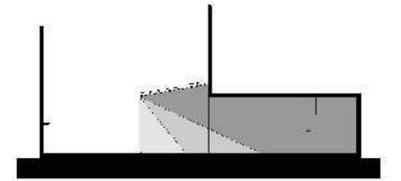
Las comparaciones demuestran el notorio cambio en las condiciones de iluminación. Al calcular los factores de distribución esta diferencia se hace más perceptible, especialmente en la forma de la curva que revela el efecto de la claraboya que refuerza lumínicamente la zona media y profunda. Aunque se nota menos, también se puede constatar el efecto de los cambios de acabados en el patio y la habitación.

Con las modulaciones de luz natural y aplicando un rango exterior de 20.000 luxes, se facilitan las comparaciones directas acerca de la efectividad de la reforma realizada.

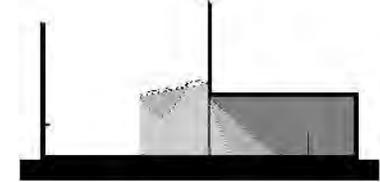


DESEMPEÑO LUMÍNICO

La reforma arquitectónica aumentó el ingreso de luz natural, especialmente en la zona media. Las condiciones de iluminación en la zona profunda mejoraron gracias a las modificaciones en acabados de algunas paredes.

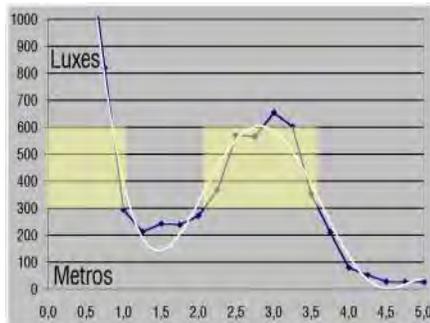
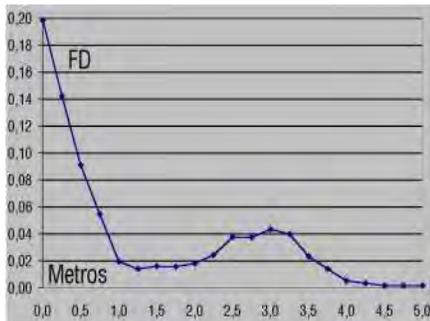


Distribución lumínica antes de las reformas.



Distribución lumínica después de las reformas.

Secciones

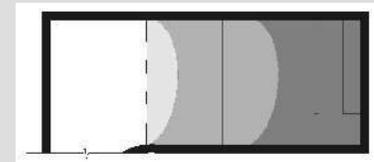


ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Según los factores de distribución lumínica obtenidos después de la reforma realizada al apartaestudio y un rango de 20.000 luxes de luminancia exterior, se realizó un análisis de la intensidad de la luz natural que se presentan en este espacio en días de brillo promedio para Medellín.

Intensidades lumínicas entre los 300 y los 600 luxes son adecuadas para el desarrollo de actividades de lectura hasta una profundidad de 3,80 mt aproximadamente. En el resto del espacio se presenta valores de luz natural entre los 50 y los 200 luxes, rangos que aun son operativos para el ojo humano sin necesidad de encender lámparas. Este aspecto que se explica con detalle en el Capítulo 2, donde se trabajan los fundamentos ergonómicos de la luz natural.

Más allá de las consideraciones cuantitativas que puedan derivarse de las modificaciones realizadas al espacio, cabe destacar la calidad lumínica lograda, beneficio que eleva la habitabilidad del espacio.



Plantas



CONCLUSIÓN

Reformar en pro de un mejor ambiente lumínico interior representa para la arquitectura interior una valorización en términos de una mayor habitabilidad de los espacios. Esto se refleja en una mejor apropiación de estas zonas y notorios ahorros energéticos. La luz natural es un recurso abundante, gratuito y altamente decorativo, que además tiene importantes beneficios ergonómicos para las personas.

Capítulo 3

Fundamentos Físicos y Ergonómicos

La fenomenología de lo visual involucra conceptos que por un lado tienen que ver con lo físico de la luz y por el otro con la fisiología humana de la visión. El entendimiento de las interacciones e implicaciones entre luz, espacio arquitectónico y capacidad visual de los ocupantes, posibilita nuevos enfoques relacionados con el análisis y evaluación de la calidad lumínica en el proyecto. Más aún, la exploración de lo visual abre un sinnúmero de posibilidades arquitectónicas, expresivas y sensibles, que se derivan de las características fisiológicas de nuestros ojos. De esta forma, los procedimientos de análisis y cálculo de la iluminación natural en edificaciones se constituyen en herramientas que además de permitir el análisis de aspectos físicos y fisiológicos independientes, pueden ser integrados como parte fundamental e indispensable dentro de la conformación de espacios más saludables, cómodos y apropiados para las actividades que en ellos se desarrollan.

Luz Natural o Luz Día

“El problema más importante en relación con una biblioteca es el del ojo humano. El ojo es solamente una parte diminuta del cuerpo, pero es la más sensible y quizá la más importante. El concebir una luz natural o artificial que perjudique al ojo o sea inapropiada para su utilización, es hacer arquitectura reaccionaria.”

Alvar Aalto.

La luz es una forma particular y concreta de energía similar al calor radiante, las ondas de radio, o los rayos X, que se desplaza o propaga, no a través de un conductor (como la energía eléctrica o mecánica) sino por medio de radiaciones, es decir, de perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio. Se trata de oscilaciones extremadamente rápidas del campo electromagnético en un estrecho rango de frecuencias que pueden ser detectadas por el ojo humano normal. Lo que nuestros ojos perciben como luz, es una pequeña banda de la radiación comprendida entre los 380 y 780 nanómetros ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$); la longitud de onda determina su color y cuando un rayo de luz contiene todas las longitudes de onda visibles, esta se percibe como luz blanca.

En zonas cálidas de la región tropical generalmente interesa proveer algún tipo de regulación sobre la



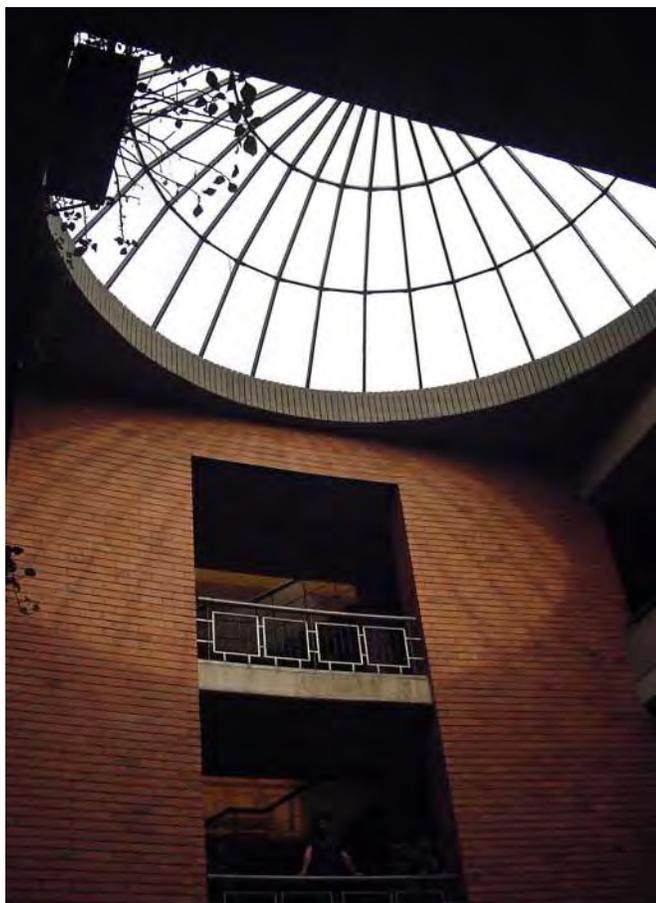
Imagen tomada de: www.corbis.com.

radiación solar directa y por ello no se permite su ingreso incontrolado al interior de los espacios, en estas circunstancias el estudio de la iluminación natural considera sólo la componente difusa, a este tipo de luz se le conoce como luz día. Las diferencias existentes entre la calidad de la luz proveniente directamente del sol y la luz difusa son muy notorias, valga resaltar que la intensidad de la primera suele ser muchas veces más potente que la segunda, que su color tiende al amarillo o al naranja y que viene acompañada de radiación infrarroja y ultravioleta; la primera le confiere su alto poder calórico, la segunda su agresivo comportamiento frente a los colores y la salud de nuestra piel.

La luz natural que recibe un local suele ser la mezcla de rayos solares directos y luz difusa, pero la proporción e intensidad de ambos componentes resultan ampliamente variables de acuerdo a la época del año, la hora del día y las condiciones climáticas del lugar. Adicionalmente las calidades y cantidades de luz natural dependen también de otra serie de factores con un alto grado de interdependencia, dentro de los cuales se pueden enunciar las condiciones del entorno, la orientación y tamaño de los vanos, el espesor de los muros, los tipos de cerramiento translúcido, la forma y dimensión del espacio interior, el color y el acabado de las superficies internas. Por este motivo es conveniente realizar un análisis en el que se integren las características del objeto arquitectónico con las particularidades del lugar de emplazamiento, en vez de emprender un estudio particularizado de cada ítem en forma independiente.

Ergonomía Visual

La visión es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar

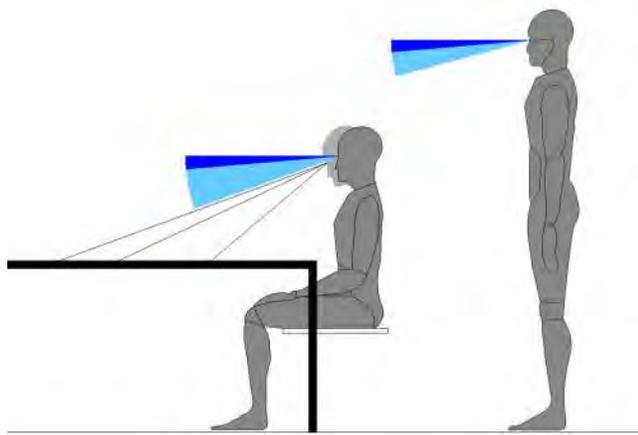


sensaciones físicas y psicológicas. Para la mayor parte de las personas el sentido de la visión constituye la más importante vía de comunicación con el entorno y la luz el principal prerequisite para que esta comunicación se produzca. El ojo es producto de una larga evolución influenciada por las características de la luz natural diurna y por ello no es casualidad que la respuesta sensible del ojo humano coincida con la franja más representativa de la composición espectral de la luz solar, en consecuencia cualquier sustituto o reemplazo que se intente encontrar, requerirá siempre de un esfuerzo de adaptación que puede ocasionar cansancio e incluso deterioro de la visión. Permanentemente la industria luminotécnica investiga y desarrolla lámparas cuya distribución espectral sea lo más parecida posible a la de la luz natural, tarea nada fácil de lograr y que en la actualidad ocasiona importantes desperdicios de energía.

En la percepción lumínica de un local se presentan en forma simultánea fenómenos físicos y fisiológicos; los primeros referidos a las propiedades de la luz y la interacción de la misma con los objetos y demás componentes del espacio; los segundos, a la percepción que tienen nuestros ojos de los estímulos resultantes de dicha interacción, de carácter individual y, por lo tanto, completamente subjetiva. Algunas de estas magnitudes son cuantificables o mensurables en forma directa y otras susceptibles de ser evaluadas desde un punto de vista cualitativo.

Las tres principales magnitudes físicas a tratar son el flujo luminoso, la iluminancia y la luminancia. La primera corresponde a la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad de medida es el Lumen. La segunda corresponde a la densidad con la que se distribuye dicho flujo sobre una superficie y su unidad de medida es el Lux (lumen/mt²). Por último, la luminancia es el efecto del flujo luminoso cuando éste incide sobre cualquier superficie; dos objetos pueden recibir el mismo nivel de iluminación, sin embargo si uno de ellos posee una mayor luminancia se observará con mayor claridad que el otro. Nuestros órganos de los sentidos evolucionaron para captar señales que permitan al cerebro establecer ante la presencia de un estímulo comparaciones entre diferentes niveles e intensidades del mismo. El ojo humano no percibe niveles absolutos de iluminación como si lo hace cualquier equipo de medida, sino que permanentemente ajusta la cantidad de luz que llega a la retina para que el cerebro pueda establecer comparaciones entre las intensidades relativas de luminancia que se presentan; percibimos diferencias de luminancia, no niveles de iluminación.

Las principales magnitudes fisiológicas relacionadas con la ergonomía de lo visual son campo, contraste y uniformidad. El campo visual corresponde al entorno que percibe una persona sin mover la cabeza ni los ojos y es la región del espacio desde la cual es posible percibir luminancias, tiene una amplitud aproximada de 120° en los planos horizontal y vertical y a su vez se puede dividir en tres según la capacidad de percepción; Campo de visión neta en el que se da una visión precisa, Campo medio en el que se aprecian fuertes contrastes y movimientos y Campo periférico en el cual sólo se distinguen objetos en movimiento. El confort y la eficiencia visual se logran mediante el control de las condiciones de iluminación dentro de cada una de estas zonas.



Campo de visión neta para personas de pie y sentadas. La amplitud de dicho campo visual tiene una variación aproximada de 5° de acuerdo a la posición de la persona.

El contraste corresponde a las variaciones relativas entre los diferentes niveles de iluminación que se encuentran dentro del campo visual, un excesivo contraste puede ocasionar deslumbramientos que generan molestia, interferencia con la visión o fatiga visual. La uniformidad es una cualidad necesaria para que las condiciones lumínicas de un recinto sean acordes con la capacidad de adaptación de la pupila ante variaciones en la intensidad lumínica: ambientes con muy poca uniformidad obligan a permanentes acomodaciones por parte del ojo y pueden ocasionar fatiga visual.

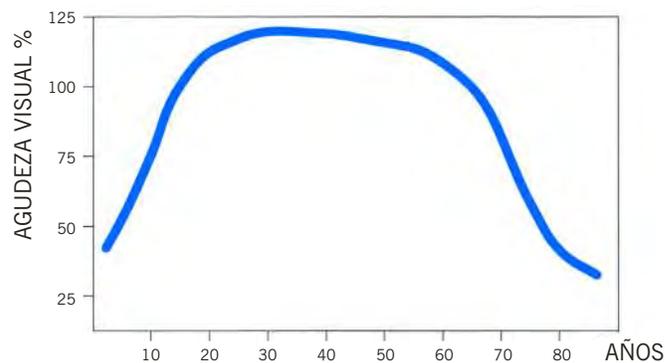
Contrariamente a lo que se podría esperar, un ambiente con una uniformidad lumínica muy elevada tampoco es conveniente, pues carece de acentos, dificulta el reconocimiento de los objetos y genera un empequeñecimiento aparente de los espacios.

Superar el plano de lo exclusivamente cuantitativo permite abordar de una forma ampliada conceptos

cuantitativos como la seguridad y el confort para integrarlos a aspectos cuantificables como son la productividad y la eficiencia visual. Una presentación a profundidad de estas y otras magnitudes, así como un necesario análisis de algunas de sus interacciones, hacen parte del capítulo final. Sin embargo, las magnitudes básicas descritas hasta el momento son suficientes para abordar los conceptos de confort y eficiencia visual.

Seguridad

Aspectos como la distribución de la iluminación, los brillos y contrastes, la reproducción cromática, la definición de los perfiles de los objetos y la profundidad deben ser estudiados y puestos en común para no atentar contra la salud e integridad de las personas. El adecuado diseño de las condiciones lumínicas en un espacio permite ofrecer las garantías mínimas para que las personas que usan los espacios puedan realizar las actividades normales que allí se prevean. Ocuparse de la ergonomía visual implica no sólo asegurar la cantidad de luz presente en un espacio, sino por dónde entra, cómo se refleja y qué color tiene, entre otras características. Algunos aspectos fundamentales relacionados con las personas y que influyen en los niveles de seguridad de los ambientes son la edad, el tipo de luz disponible y trastornos ópticos, entre otros.

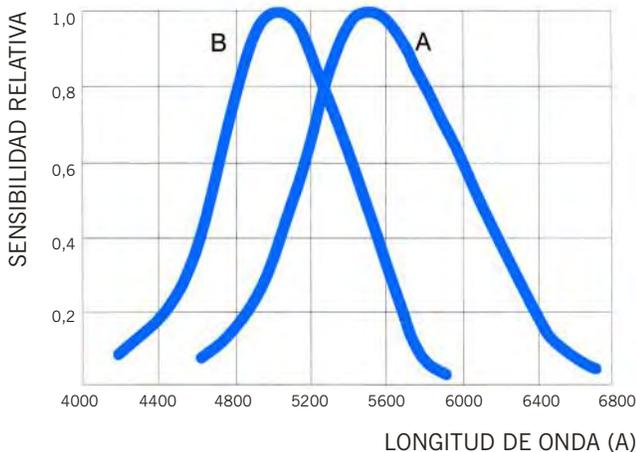


Evolución de la agudeza visual con la edad. Modelo, 1994.

Edad

Con el paso de los años la capacidad o agudeza visual de las personas disminuye. Ese deterioro es considerado normal, es una consecuencia de la progresiva pérdida de elasticidad de los músculos del ojo y se conoce como Presbicia. En la iluminación de edificaciones con destinación geriátrica y como mínimo en cualquier edificio público, es necesario facilitar el reconocimiento

de las señales y cambios de nivel del piso, por ello es conveniente mantener unos niveles de iluminación y contraste más elevados que en otro tipo de edificaciones.



*Sensibilidad relativa y longitud de onda.
Mondelo, 1994.*

Respuesta visual nocturna

El rango de sensibilidad del ojo durante las condiciones de iluminación nocturna son diferentes a las que presentan en las horas diurnas; en el día la visión humana percibe con mayor sensibilidad las longitudes de onda comprendidas entre 380 y 780 nanómetros, durante la noche ese rango se desplaza hacia longitudes más altas, en el rango comprendido entre los 400 y 800 nanómetros. Este mecanismo adaptativo de la visión humana le permite ajustarse a las características espectrales de la luz nocturna y se manifiesta como una pérdida de sensibilidad en los tonos azules y violetas.

Enfermedades de los ojos

Distintos tipos de defectos ópticos en el órgano de la vista crean condiciones particulares en la manera como las personas usan la iluminación para realizar sus actividades. Las personas con miopía concentran su campo visual muy cerca de la cara y por lo tanto se preocupan por mantenerlo adecuadamente iluminado, prefiriendo una iluminación concentrada.

Contrariamente, personas con hipermetropía tienen su campo visual más alejado de su cuerpo y son más sensibles a las condiciones generales de iluminación. Quienes padecen de astigmatismo suelen ser mucho más sensibles a los brillos y reflejos que una persona con visión normal.

Confort

Las condiciones frente a las cuales las personas no manifiestan molestia alguna por causa de la iluminación siempre son subjetivas y dependen estrictamente de una respuesta individual con muchos determinantes, algunos de ellos tan complejos como el ambiente cultural de donde proviene el individuo. Por ejemplo, quienes viven junto al mar desarrollan capacidades para distinguir tonalidades de azules que no posee alguien que provenga de un desierto o una zona montañosa. En la iluminación de un espacio se pueden enfatizar sus cualidades o defectos; por ejemplo, espacios longitudinales y profundos con ventanas verticales se perciben como estrechos y oscuros. Adicionalmente, los colores adquieren significados y están ligados a sensaciones psicológicas particulares, de ahí que se hable de colores cálidos y fríos. No se trata de nada nuevo afirmar que la iluminación juega un papel fundamental en la percepción humana de los espacios, pero es conveniente precisar que similarmente a otros campos de estudio del bienestar humano, es imposible garantizar que la totalidad de las personas que ocupan un espacio consideren su condición de iluminación como confortable. Siempre habrá un porcentaje de personas insatisfechas, pero corresponde al diseñador tomar en cuenta las variables implicadas para minimizar el número de individuos que se encuentran dentro de este grupo.

Productividad

Está relacionada con las condiciones que brinda la iluminación para que las actividades realizadas se efectúen sin contratiempos imputables a una mala iluminación del recinto. Cuando se hace mención de la productividad es necesario superar la acepción únicamente cuantitativa de la búsqueda en el incremento de lo producido, para integrar al análisis las características de la actividad realizada y el tamaño o movimiento de los objetos que deben ser observados. Estos aspectos condicionan los campos visuales, obligan a concentrar o a ampliar la mirada y pueden ocasionar riesgos de accidente o error durante su manipulación. Las relaciones que se presentan entre el color de los objetos y su contraste con la luminancia del fondo pueden ocasionar deslumbramientos por la presencia de superficies brillantes que molesten la visión y de acuerdo a la duración de la actividad, pueden tener una incidencia notable sobre la fatiga de las personas. Por último, se encuentran aspectos colaterales a aquello que se observa, como es el caso de la necesaria utilización de gafas, filtros y otros dispositivos de protección que pueden limitar o distorsionar los campos visuales.

Aspectos Psicológicos de la Visión

De acuerdo con experiencias y numerosos experimentos relacionados con la percepción visual se han identificado patrones de respuesta más o menos constantes en todas las personas, estos patrones se han denominado Factores de Percepción Visual y se clasifican en dos grupos: factores constantes y factores variables. Los primeros hacen posible la agrupación de objetos al momento de ser vistos, o sea, a ser percibidos como una sola cosa y dentro de esta clasificación se pueden enumerar:

- La proximidad, en la cual los elementos dispersos tienden a verse integrados.
- La semejanza, en la cual los elementos parecidos entre sí se agrupan.
- La dirección, en la cual los elementos que siguen cierto orden relativo unos con otros tienden a ser percibidos en secuencia.

Los Factores de Percepción Visual Variables son aquellas tres condiciones en las cuales la percepción visual no es producto de la adición de imágenes, sino que corresponden a procesos mentales complejos de interpretación de lo observado:

- El Cambio: El valor perceptivo de un objeto simple se modifica de acuerdo al valor perceptivo de los elementos que le rodean. Una circunferencia amarilla sobre fondo negro se ve de diferente tamaño que sobre un fondo blanco.
- La Fluctuación: Ocurre cuando un objeto puede dar varias interpretaciones, por ejemplo un cubo dibujado con todas sus aristas presenta la dificultad de entender qué cara está adelante o atrás, etc.
- La Constancia: Es el valor que permite identificar un objeto sin importar la forma en que se presenta, hay tres tipos de constancia: del objeto, de la medida y del color. La constancia del objeto es la que explica porqué un objeto siempre se percibe igual sin importar el ángulo

desde el cual se le mire: un vaso visto de perfil es un rectángulo, visto desde arriba es una circunferencia, pero aún así, sigue siendo percibido como el mismo vaso. La constancia de medida explica porqué un objeto conocido siempre presenta para la persona que observa la misma dimensión, sin importar desde que tan lejos sea observado: un avión parece hacerse pequeño a medida que se aleja, pero nosotros no lo percibimos así. La constancia de color es similar a la anterior; así como el objeto conocido conserva su tamaño, también conserva su color, es por eso que un conejo blanco sigue siendo percibido de ese color incluso en la noche o con luz de colores.

Esta fenomenología psicológica de lo visual tiene una difícil y con frecuencia imposible cuantificación, acompañada de una alta dosis de subjetividad por parte de quienes diseñan o eligen los objetos, aberturas y cualidades superficiales de los materiales que determinarán la iluminación de cada recinto en una edificación. A pesar de ello, se trata del escenario idóneo para tomar decisiones que puedan comprometer la definición arquitectónica de un ambiente lumínico, pues las implicaciones humanas en el diseño de la iluminación natural y artificial rebasan lo estrictamente funcional y operativo. Iluminar correctamente va más allá de garantizar que las intensidades de iluminación superen los valores de referencia y exige al diseñador integrar aspectos psicológicos para trabajar en el apropiado balance de las interdependencias que se presentan entre los fenómenos físicos y fisiológicos. La meta es que la percepción lumínica de los espacios que habitamos sea sana, segura y confortable.

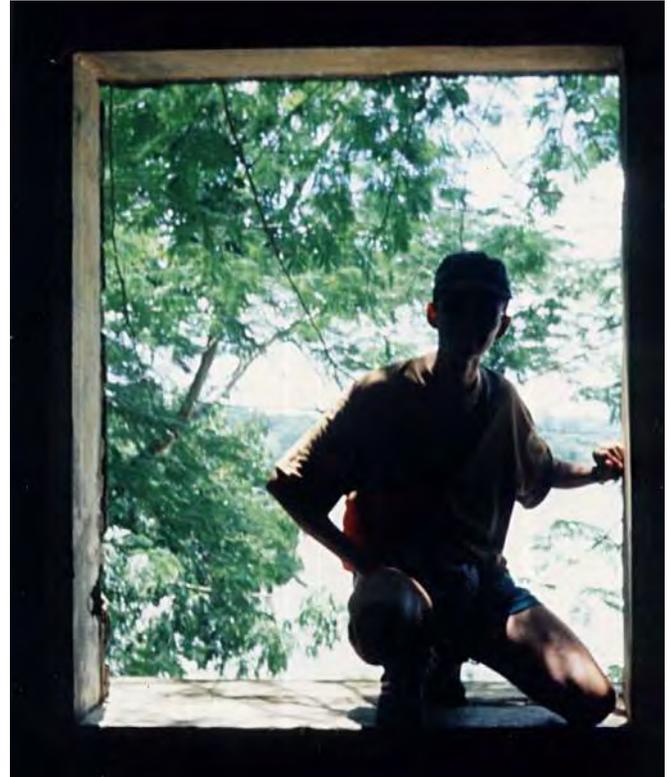


Modelo a escala para estudios de iluminación natural en la Sala de Lectura de la Biblioteca Temática de Empresas Públicas de Medellín. Salazar-García-González, 2004.

Principios de Iluminación Arquitectónica

Existen umbrales operativos por encima y por debajo de los cuales la capacidad de adaptación del ojo resulta insuficiente, condiciones de luminancia que dependiendo de la exigencia visual que presente la actividad a ser realizada y la duración de la misma, pueden resultar inapropiados para la estructura y diseño de nuestros mecanismos de visión. La preocupación por obtener un adecuado ambiente lumínico interior comienza con la integración de los umbrales operativos de nuestros ojos, pues exposiciones prolongadas a intensidades lumínicas exageradas o insuficientes son causa de fatigas, enfermedades o daños permanentes de la visión. Espacios arquitectónicos profundos, con una sola fuente lumínica y con acabados interiores poco reflectivos, dan como resultado mucho contraste entre zonas adyacentes de un mismo objeto, sombras muy acentuadas y pérdida de detalle en las zonas menos iluminadas. Por otro lado, que las iluminancias anterior y posterior resulten demasiado parecidas tampoco es conveniente, pues la ausencia de sombras impide el reconocimiento de los contornos y no resalta la tridimensionalidad de los objetos, ocasionando confusiones y propiciando accidentes. El balance entre el contraste y la uniformidad, así como el cuidado por alcanzar sobre los planos de

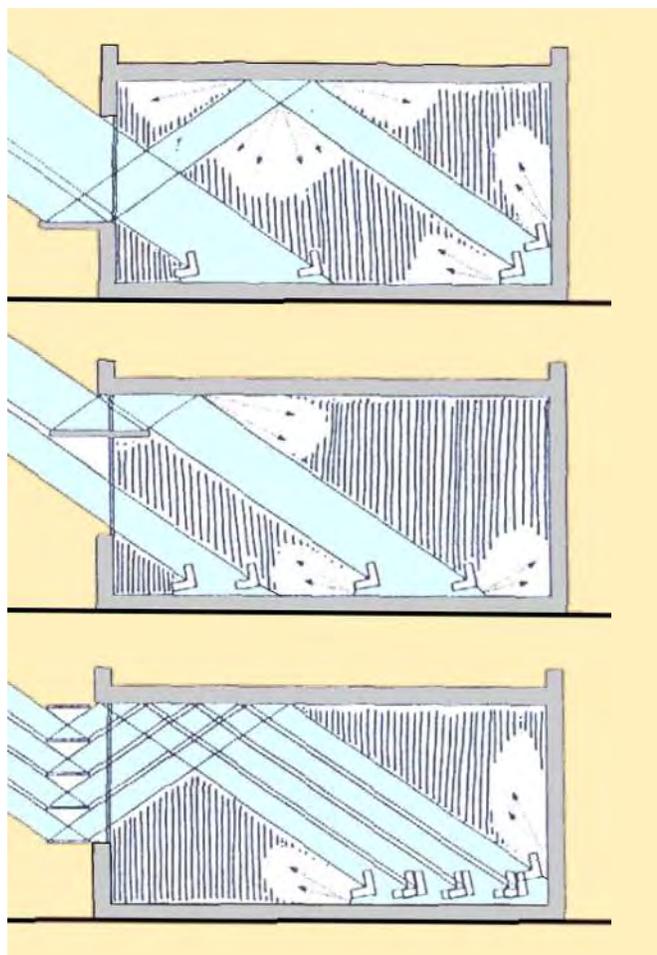
trabajo las intensidades de iluminación requeridas, constituyen las dos principales cualidades necesarias para que al interior de un espacio se pueda dar el modelado de los objetos, muebles y personas.



Capitel en una casa de Mompós, departamento de Bolívar.

Las grandes variaciones de iluminación que ocurren en el exterior son moduladas y atenuadas por las aberturas y componentes de todo espacio interior, de forma que cuando la luz llega a los ojos de las personas que ocupan dicho espacio puede encontrarse notoriamente atenuada. Para una persona que se encuentre dentro de un recinto en el cual la abertura de ingreso de luz resulte comparativamente muy brillante respecto a las condiciones de iluminancia del plano de trabajo y que dirija la mirada hacia el exterior, podría distinguir sólo siluetas y percibir la abertura como una región brillante que le impide el disfrute del paisaje exterior. Los mecanismos de regulación del ojo compensan esta variación de luminancias con un amplio rango de adaptación, haciendo posible la visión ante condiciones de brillo muy diversas, por lo que la mayor parte de las veces esta condición ni resulta molesta ni impide el normal desarrollo de las actividades. Pero condiciones arquitectónicas inadecuadas pueden forzar estos mecanismos, ocasionando fatiga y disminución del rendimiento visual.

El brillo exagerado del vano es riesgo de casi cualquier recinto que se ilumine naturalmente, pero se aumenta en entornos exageradamente reflectivos y en ciertas orientaciones que facilitan el ingreso de la radiación solar directa al interior del espacio durante algunas horas del día. En un recinto con estas características los ocupantes pueden experimentar deslumbramientos incapacitantes, que generan riesgos de accidente por enceguecimientos momentáneos al desplazarse por el recinto o por modificar la dirección en la que se mira, pero se pueden evitar fácilmente mediante estrategias de iluminación indirecta a través de espacios adyacentes, utilizando dispositivos difusores o sobreiluminando el espacio interior para compensar las excesivas diferencias entre el adentro y el afuera. Si la radiación solar directa incide sobre la fachada y amenaza con ocasionar problemas de bienestar térmico o visual, o de incrementar exageradamente los gastos energéticos que ocasionará el sistema

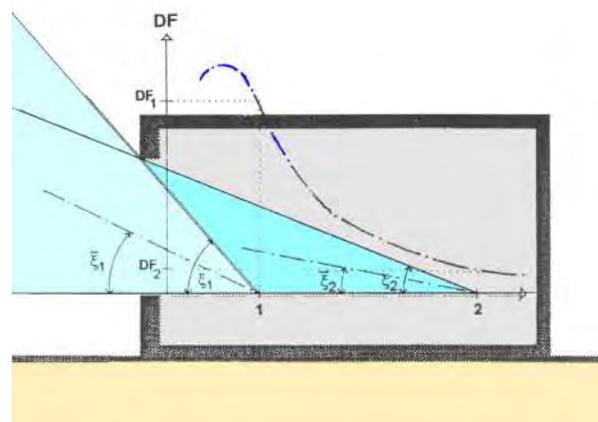


Dispositivos arquitectónicos de fachada y sus posibles efectos en las condiciones de iluminación interior.
 Imagen intervenida digitalmente a partir de un dibujo tomado del texto de Javier Neila.

de climatización artificial, es conveniente la utilización de cortinas, lamas, persianas, películas o dispositivos arquitectónicos de protección solar que además de controlar o atenuar la situación, pueden simultáneamente operar como elementos difusores de la luz natural.

Forma y Posición de los Vanos

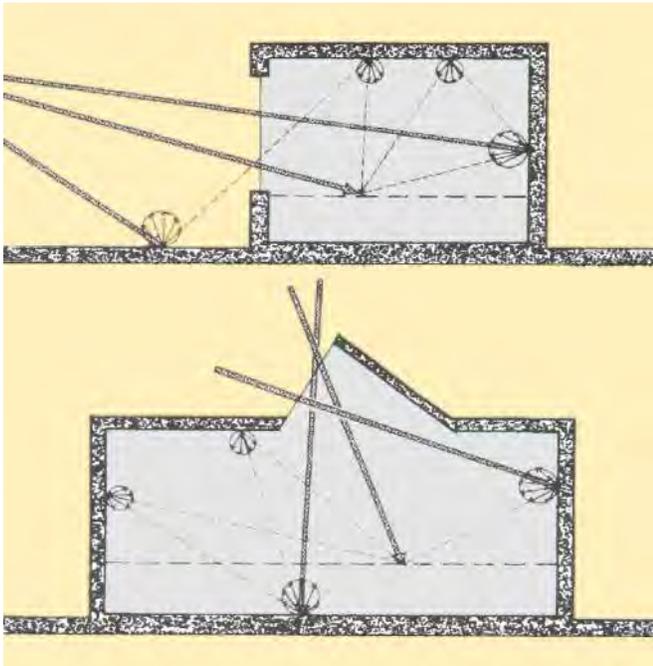
El flujo lumínico que ingresa al interior de un local es más o menos el mismo para aberturas de igual área, pero las condiciones de iluminación interior pueden diferir sensiblemente entre una y otra abertura de acuerdo a la manera particular en que cada vano distribuye la luz natural que permite ingresar. Por este motivo regularmente el cuidado acerca de la forma y posición de las ventanas debe anteceder al de su progresivo acrecentamiento, pues un vano más grande no significa necesariamente una mejor iluminación. El aumento de la superficie del vano en relación con el área del local, no presenta un aumento proporcional de la iluminación media horizontal en el mismo. Según Kleffner, un aumento de 1/6 a 1/3 de la superficie de las ventanas representa aproximadamente un crecimiento de la



Efecto de proximidad a la ventana en la cantidad de luz disponible.
 La visibilidad hacia el exterior desde el punto 1 es notoriamente mayor que la que se tiene desde el punto 2, a pesar de que ambos puntos se encuentran a una misma altura.
 Imagen intervenida digitalmente a partir de un dibujo tomado del libro de Andrés Majors.

iluminación natural del 60% y no del 100%. Por ejemplo, una ventana localizada en el centro de la pared exterior de un local propicia una iluminación con mayor intensidad y uniformidad que si estuviera dispuesta junto a una pared lateral.

Para aberturas no muy altas y que permiten el ingreso de luz natural simultáneamente a una relación visual con el



Efecto de iluminación indirecta por reflexiones en las superficies y acabados interiores.

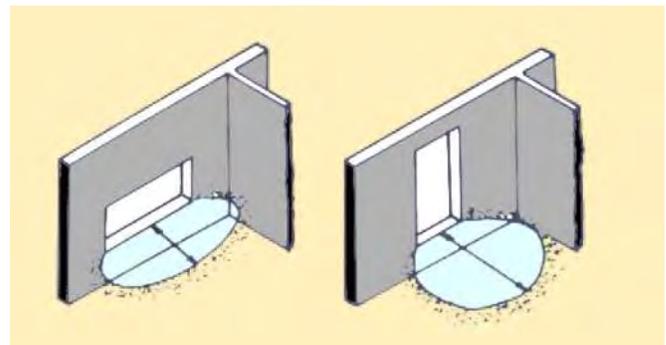
Imagen intervenida digitalmente a partir de un dibujo tomado del libro de Andrés Majoros.

exterior, es corriente que los valores máximos se presenten en su zona próxima. La intensidad de esta iluminación desciende hacia el interior del local dependiendo especialmente de la reflectancia de las superficies interiores, de forma que en el fondo de espacios profundos la iluminación está estrechamente condicionada por las propiedades lumínicas de los acabados, más que por las características geométricas del vano. Cuando interese, la responsabilidad de estas superficies interiores obligará a maximizar las reflexiones de la luz captada por las ventanas mediante acabados brillantes y colores claros que faciliten la obtención de una distribución lumínica más homogénea.

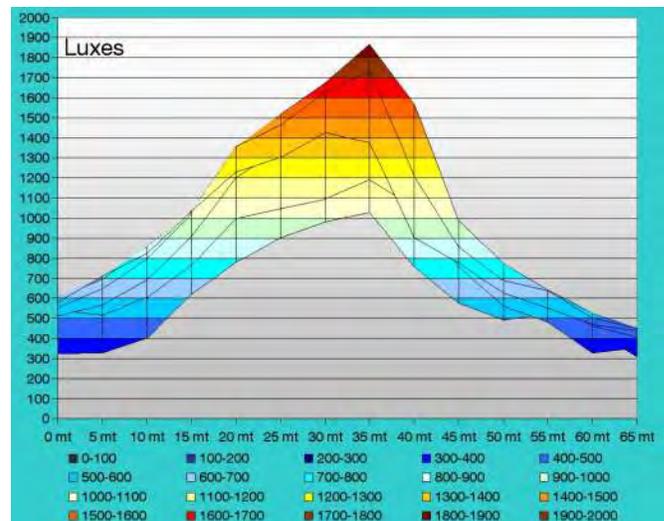
De igual forma, cuando las ventanas comunican a patios interiores es conveniente la elección de acabados claros para sus paredes, ya que casi siempre presentan una menor disponibilidad lumínica como consecuencia de poseer líneas de no-cielo más elevadas que un vano que mire hacia la calle.

En comparación con una ventana de igual área dispuesta horizontalmente, las ventanas verticales facilitan el ingreso de una mayor cantidad de luz hacia las zonas profundas del espacio. En el caso de que esa misma ventana horizontal sea colocada a una mayor altura sobre el piso, habrá una reducción progresiva en la máxima

intensidad lumínica que se alcance en el interior del recinto, efecto que se verá compensado por una distribución más uniforme de luz y una mayor penetración de la luz hacia el fondo del espacio. Es por esta razón que las ventanas más convenientes para la iluminación de locales muy profundos son altas y tienen una proporción en la que prima la dimensión vertical, pero un estudio minucioso requiere integrar en este análisis el efecto de la forma de los locales, la distribución y acabado del mobiliario y el efecto tridimensional de la distribución lumínica, pues así como al fondo de un espacio prima de forma progresiva el componente de luz reflejada, en cuanto la distancia horizontal entre un punto del local y el eje de la ventana aumenta, pasa exactamente lo mismo.



Forma de la ventana y su efecto en la distribución lumínica resultante. Imagen intervenida digitalmente a partir de un dibujo tomado del libro de Guillermo Yáñez.



Alzado de una malla tridimensional que representa la iluminación en un proyecto cubierto con un conjunto de 10 claraboyas.

En el cálculo se consideraron condiciones de luminancia exterior de 15.000 luxes.

Capítulo 4

Iluminación en Oficinas. Casos de Estudio

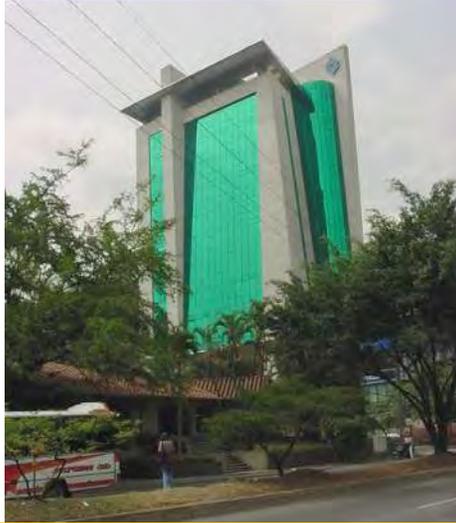
Con el propósito de ilustrar los conceptos presentados en el capítulo primero se seleccionaron un sitio de estudio, una alcoba, una cocina, una sala y un estar en cinco residencias en las cuales se realizaron campañas de monitorización que permitieron estudiar el efecto de los cerramientos, los colores, las texturas de las paredes y los muebles, en la calidad lumínica observada. Los resultados y conclusiones correspondientes hacen parte del Capítulo 2 de esta publicación. En el caso del edificio San Sebastián, por ejemplo, se pudo cuantificar el efecto de atenuación lumínica que ocasiona un cerramiento típicamente residencial, como es el caso de los velos. En el edificio Monserrat se discutieron las posibilidades de variar colores y texturas para iluminar espacios que albergan actividades de poca exigencia visual y en el edificio Brasilia se analizó un espacio que requiere altos niveles de iluminación para propiciar las condiciones de seguridad e higiene requeridas en cocinas y zonas de aseo.

Ahora se presentan cinco nuevos casos de estudio, espacios de uso principalmente diurno todos ellos destinados al desempeño de actividades laborales. La selección fue realizada de manera que permita ilustrar los conceptos más relevantes relacionados con la iluminación natural y por este motivo se analizó un espacio de trabajo con claras limitaciones de visibilidad hacia el exterior, circunstancia característica de locales de primera planta en un núcleo urbano. También se seleccionaron espacios con excelentes condiciones de visibilidad, como es propio a la mayor parte de las oficinas localizadas en los pisos superiores de una torre, se estudiaron varias oficinas con sistemas de cerramiento y acabados tradicionales y se incluyó un ejemplo que posee un sistema de fachada flotante con tecnología de control solar aplicada directamente sobre la superficie vidriada. Se pudo verificar el incremento del área en la cual los niveles de iluminación superan el umbral exigido por la normativa vigente, efecto de una altura de cielo generosa y la correcta elección del conjunto de materiales piso-techo. Se estudió la influencia de los materiales de acabado en la iluminación de la zona profunda de las oficinas y se demostraron las posibilidades de creación de ambientes lumínicos adecuados para la permanencia prolongada, al utilizar vidrio para mejorar las condiciones de iluminación de pasillos, puestos de trabajo y el núcleo de una torre.





LOCALIZACIÓN
Barrio El Poblado - Medellín
Calle 3 Sur 41- 65 Of 1103
TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO
Oficinas



Control Solar
PELÍCULA REFLECTIVA VERDE
Material del edificio
CONCRETO Y VIDRIO
Tipo de cerramiento
FACHADA FLOTANTE
Tipo de Vidrio
VIDRIO CLARO CON PELÍCULA VERDE
Acabado Interior
ESTUCO, PINTURAS Y TAPETE



Se analizan los efectos que sobre el ambiente lumínico interior tienen materiales transparentes como las películas adhesivas de protección solar, que además de darle color a la fachada, controlan los registros.

Oficinas de CycleLogic

Películas de control solar

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Fachada Flotante



Abertura Luminosa



Estructura de Soporte



Fondo del Espacio

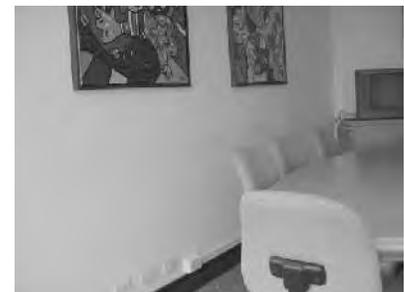
El sistema de cerramiento vertical de este edificio es una fachada flotante con una ligera inclinación que resulta imperceptible desde el interior de las oficinas. Este gran plano de captación de luz natural carece de elementos opacos como sillares y dinteles que definan las aberturas lumínicas y que podrían modificar las condiciones de iluminación como sucede en otros casos de estudio.

Los análisis de intensidad y distribución lumínica se realizaron en el piso 11 del edificio Banco de Occidente. El espacio interior analizado corresponde a una sala de juntas, recinto que tiene acabados en estuco liso y pintura blanca en las paredes, cielo raso en placas de yeso pintado de blanco y tapete de color verde oscuro. El amoblamiento corresponde a una mesa ovalada de color verde claro en la que se disponen ocho puestos de trabajo y donde el tiempo de permanencia no es, habitualmente, prolongado.

La totalidad de la abertura luminosa sólo se interrumpe por la perfilera que soporta las hojas de vidrio. La ausencia de otros planos opacos en la fachada diferentes a los perfiles, ocasiona un ambiente lumínico bastante uniforme, sin zonas de sombra o penumbra como consecuencia de la obstrucción lumínica que ocasionan normalmente los antepechos y los dinteles.



La iluminancia tiene buenas condiciones de homogeneidad.



Distribución de luz uniforme en paredes.



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



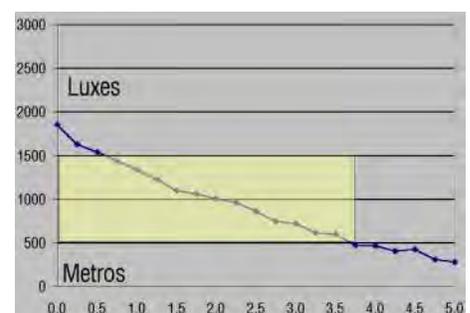
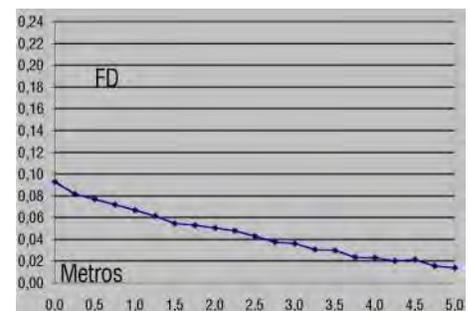
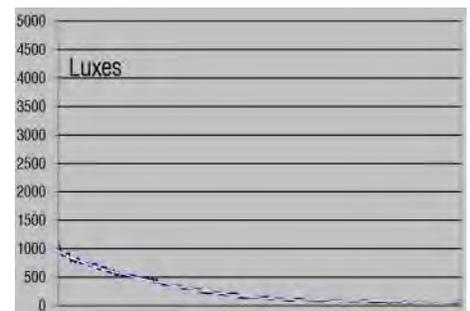
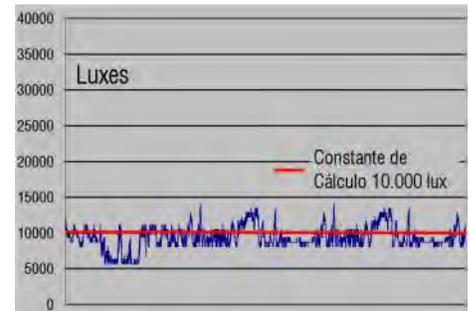
Modulación Baja. Incursión de luz natural con luminancias exteriores de 10.000 luxes.

Secciones



DESEMPEÑO LUMÍNICO

La gran captación de luz por la fachada se ve compensada por el factor de sombra de la película de protección solar, generando un ambiente lumínico controlado y homogéneo.

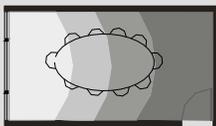
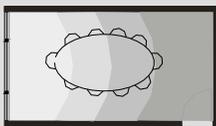


ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

La intensidad de la luz natural exterior registrada el 26 de Agosto de 2002 entre las 10:00 y las 11:00 horas presentó valores variables cercanos a los 10.000 luxes, rango de luminancia exterior tomado como constante de cálculo para la obtención de los factores de distribución de esta sala de juntas.

En la zona próxima a la fachada se registraron valores de intensidad lumínica interior entre 1.000 y 500 luxes, los valores disminuyen con una pendiente ligera a medida que aumenta la profundidad del espacio, con datos entre los 500 y los 50 luxes. La curva de factores de distribución lumínica de este espacio se asemeja a una línea recta, consecuencia de la gran abertura luminosa y la uniformidad de acabados en el interior del recinto.

Con una modulación de 20.000 luxes como rango promedio de luminancia exterior para Medellín, los niveles de intensidad interior que podría alcanzar este recinto superarían los 500 luxes hasta una profundidad de 3,80 metros. Con 450 luxes en el fondo, se trata de un espacio apto para el desarrollo de muchas actividades de trabajo sin necesidad de encender lámparas la mayor parte de los días.



Plantas



CONCLUSIÓN

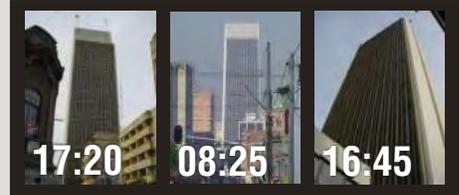
Las condiciones internas de la luz natural se afectan perceptiblemente con la disposición de cerramientos parcialmente transparentes. La luz captada por una fachada flotante compensa el oscurecimiento ocasionado por el control solar y genera un ambiente lumínico uniforme con profundidades útiles muy superiores a las de un sistema de ventana convencional.



LOCALIZACIÓN
Barrio Centro - Medellín
Calle 52 47- 42 Piso 13
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
Acabado Interior
CIELO ACÚSTICO, PANEL DE YESO, TAPETE



Se analizan los efectos que sobre la iluminación natural tiene una alfombra instalada en una oficina y se determina como influyen el color y la textura de este tipo de acabados en el ambiente lumínico interior.

Oficinas de Uniban

Colores y texturas de piso

AMBIENTE LUMÍNICO INTERIOR



Ingreso de luz



Absorción de la luz



Zona Posterior



Vista desde el acceso

Las alfombras de tejido grueso y color oscuro modifican notablemente las condiciones de iluminación natural, debido a que absorben la luz y no generan los reflejos que suelen ocasionar los acabados lisos y claros.

En esta oficina, ubicada en el piso 13 del Edificio Centro Coltejer, la luz natural ingresa por tres grandes ventanales orientados hacia el cielo sur de la ciudad. Se trata de un espacio de trabajo, delimitado por divisiones en placas de yeso pintadas de color amarillo claro. El antepecho de las ventanas es en color ocre, el cielo raso en plaquetas termo-acústicas y vidrio templado en la zona posterior, la cual comunica con el vestíbulo de ascensores y la circulación general del piso.

Los colores claros de las paredes y el cielo raso contrastan con el color verde oliva y el tejido grueso de la alfombra, lo que la convierte en una superficie altamente absorbente. Este tipo de acabado evita la reflexión lumínica, especialmente en las zonas adyacentes a las aberturas luminosas, donde un exceso de luz puede resultar molesto para la vista. El efecto de deslumbramiento en la zona adyacente a la ventana es particularmente común en oficinas ubicadas en edificios de altura, donde la ausencia de obstrucciones visuales ocasiona niveles de aprovechamiento de la luz exterior que fácilmente superan los umbrales recomendables para una permanencia prolongada.



Los mayores reflejos de luz se dan en el cielo y las paredes.



La alfombra absorbe el exceso de luz en la zona de ventanas.



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



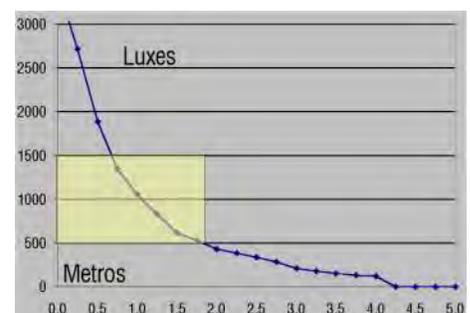
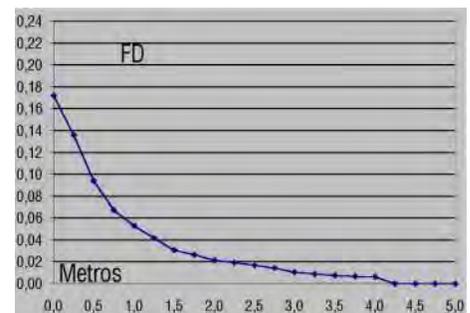
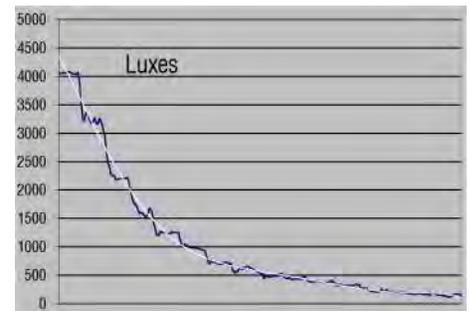
Modulación Baja. Incursión de luz natural con luminancias exteriores de 10.000 luxes.

Secciones



DESEMPEÑO LUMÍNICO

En pisos elevados y ausencia de obstrucción lumínica la disponibilidad de luz es tan alta que los reflejos en la zona próxima pueden resultar molestos. Cuando la luz abunda conviene utilizar superficies altamente absorbentes en la proximidad de la ventana.

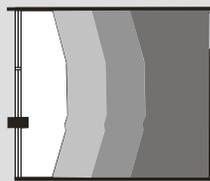
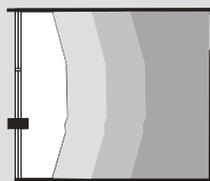


ANÁLISIS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

La intensidad lumínica exterior registrada entre las 10:00 y las 11:00 horas del día 28 de Agosto de 2002 osciló cerca a los 23.000 luxes, valor tomado como constante de cálculo para obtener los factores de distribución lumínica de esta oficina.

En la zona próxima a las ventanas se registraron valores entre los 1.000 y los 4.000 luxes, en la zona media se presentaron valores entre los 500 y los 1.000 luxes, al fondo se alcanzaron intensidades hasta los 250 luxes. Los valores de la luminancia exterior registrados durante la prueba se pueden considerar dentro del rango promedio de intensidad típica para el cielo sur de Medellín y las condiciones lumínicas de esta oficina cumplen con los rangos recomendables.

Usando 20.000 luxes como valor de brillo promedio y mediante los factores de distribución de este espacio, se determinó que es posible superar el umbral de 500 luxes hasta casi 2.00 metros medidos desde la fachada. Si se necesitara habilitar más área para aumentar los puestos de trabajo, convendría elegir una alfombra con un tono ligeramente más claro, elevando así la intensidad lumínica al fondo del local.



Plantas



CONCLUSIÓN

Las superficies de piso en los espacios pueden influir en el ambiente lumínico interior dependiendo de los reflejos que puedan aportar hacia las paredes y el techo. La textura y especialmente el color permiten que estos reflejos puedan ser aprovechados o controlados en función de la calidad lumínica que requiere cada espacio.