

Artículo  
Recibido 3-28-2015  
Aceptado 12-06-2015

# La envolvente arquitectónica y su influencia en la iluminación natural

## The building envelope and its influence on natural lighting

DAVID CARLOS ÁVILA RAMÍREZ, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Universidad del Guadalajara, Guadalajara, Mexico \ david22\_2000@hotmail.com

SILVIA ARIAS OROZCO, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Universidad del Guadalajara, Guadalajara, Mexico \ silviaorozco12@hotmail.com

### Palabras clave:

Iluminación natural, ahorro energético, confort visual

### Keywords:

Natural lighting, energy savings, visual comfort

### RESUMEN

Los elevados consumos eléctricos registrados en algunas edificaciones en ciudades latinoamericanas, son cada vez más evidentes y de prioridad estratégica en los programas oficiales de eficiencia energética. En busca de un ahorro energético en edificaciones, sin demeritar el adecuado desarrollo de actividades visuales que requieren niveles de iluminación específicos, es necesario tomar en cuenta tanto la cantidad como la calidad de la iluminación que incide en los lugares de trabajo. El presente artículo enuncia los resultados de la evaluación de diferentes materiales de vidrio considerados como alternativas de la envolvente arquitectónica. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Ciencias del Hábitat (LASH) de la Escuela Nacional de Trabajos Públicos (ENTP), en Lyon (Francia), durante la primavera de 2010. Empleó una metodología de forma transversal y secuencial, cuyo objetivo principal es analizar dichos materiales de vidrio, modelos físicos en ambientes simulados, para aportar resultados que diferencien su empleo en espacios de distinta utilización. Desde los que necesitan un cierto porcentaje de factor de luz diurna mínimo, hasta los que requieran detalles visuales especiales para la realización de tareas específicas, comparando para ello los resultados de los diferentes materiales. Los parámetros que se mencionan se obtienen mediante el análisis de la distribución de la luz así como de la fotometría de los acabados en muros, pisos y techos.

### ABSTRACT

The high electricity consumption recorded in some buildings in Latin American cities is increasingly apparent and has become a strategic priority in official energy efficiency programs. In order to save energy in buildings without interfering with visual activities that require specific lighting levels, it is necessary to take into account not only the amount, but also the quality of lighting that has an impact on workplaces. This article sets out the results of the evaluation of different glazing materials considered as alternatives for building envelopes. The experiment was conducted in the Habitat Sciences Laboratory (LASH) at the National School of Public Works (ENTP) in Lyon, France, in the spring of 2010. A transverse, sequential methodology was used with the main objective of analyzing said glazing materials and physical models in simulated environments, to obtain results that differentiate their utilization in spaces with varying uses: from those that need a certain minimum percentage of daylight factor, to those that require special visual details for the accomplishment of specific tasks. Subsequently, the results of different materials were compared. The parameters mentioned were obtained through an analysis of the distribution of light and photometry of finishes on walls, floors and ceilings.

## 1 INTRODUCCION

Cualquiera que sean los métodos y los medios utilizados para efectuar aportes lumínicos (naturales) dentro del proyecto arquitectónico, estarán sujetos a las características de los materiales que se emplean para ello. Estos materiales intervienen directamente en la repartición y distribución de la luz en relación directa con su textura y su color, además de características fotométricas como el factor de reflexión, la absorción, o la transmisión. El análisis de estos materiales se divide, por lo tanto, en dos aspectos: la distribución de la luz y la fotometría de los muros.

En el acristalamiento de edificios existen varias alternativas que propician la entrada de luz y calor, y facilitan las vistas hacia el exterior. En lo que respecta al control de las ganancias solares, los cristales son usados (según el caso) como barreras contra la convección. Al tener una alta conductancia, no contribuye de manera directa a reducir las pérdidas por conducción.

Las investigaciones realizadas por Marc Fontoynt (1995) concluyen que según el empleo de los diversos tipos de cristales (al igual que otros materiales), varían sus capacidades para transmitir, reflejar y absorber radiaciones de acuerdo a su longitud de onda.

Varios autores (Moore, 1989) coinciden en afirmar que existen tres regiones del espectro de la radiación que son de particular interés para el diseño arquitectónico:

- Visible	0.4 - 0.7 micrones
- Cercano al infrarrojo	0.7 - 4.0 micrones
- Cercano al ultravioleta	0.3 - 0.4 micrones

## 2 DESARROLLO

### La función de la iluminación.

El ser humano tiene tiende a dar mucha importancia a la luz, ya que aproximadamente el 80% de la información que recibe viene de sus ojos. La visión no es una acción pasiva en respuesta a los objetos iluminados, es una acción de procesar la información y enfocar en los detectores de luz de la retina del ojo. Esta información es almacenada y transferida a través del nervio óptico hacia el cerebro para su interpretación. La visión es por lo tanto dependiente de la luz y del sistema visual (Moore, 1989).

La cantidad y la calidad de la luz que recibe el ojo humano tiene una influencia directa en la manera en que se ven las cosas. Los grandes arquitectos, desde los diseñadores del Partenón, a los emplazamientos arqueológicos mayas, los constructores de las catedrales góticas y hasta los arquitectos del presente siglo han comprendido

el impacto que tiene la luz natural y su importancia al desarrollar ambientes adecuados para el hombre.

Si bien la luz natural y artificial tienen características individuales y diferentes atributos cualitativos, la luz en general puede ser utilizada en condiciones arquitectónicas. Así como el empleo del tabique, el acero, la piedra y el concreto, la luz no debe emplearse como simple elemento decorativo sino como parte estructural de la arquitectura (Arias, Ávila, 2007).

En términos de luz, puede afirmarse que el confort lumínico se logra cuando el ojo humano está en condiciones de leer un libro u observar un objeto de manera fácil y rápida, sin distracciones y sin ningún tipo de estrés. Los parámetros a considerar para obtener confort visual son principalmente una adecuada iluminación, así como la limitación del deslumbramiento y las consideraciones subjetivas de un adecuado esquema de color y en el caso del diseño de la luz natural, evitar interiores oscuros y procurar proveer de las formas y tamaños adecuados de ventanas para mantener el contacto con el mundo exterior (CIE Standard, 2003).

Cabe la posibilidad de que al encontrar el criterio adecuado de iluminación y eliminación de deslumbramiento, este sea contradictorio con los requerimientos de otra índole, como son los casos del confort térmico y el confort acústico.

Con el objetivo de evaluar sus niveles de alteración y su interrelación con otros, y decidir con ello las prioridades del espacio propuesto para el desarrollo visual adecuado, es tarea del arquitecto considerar las variables de impacto: ganancias solares, comportamiento acústico y calidad de aire. Lo anterior debido a que no es lo mismo diseñar un espacio de estudio que uno de reposo, por lo que la escala de prioridades se moverá en una u otra parte (Fontoynt, 1995).

### Percepción visual y confort

El propósito principal de un buen diseño lumínico es crear ambientes bien iluminados donde sea factible el buen desarrollo visual sin fatiga de ésta. La importancia de estas consideraciones depende además de la función o tarea visual que se va a desarrollar en el espacio diseñado. No es lo mismo el diseño para una biblioteca que el de un taller orfebre o el de un local de ventas (Hopkinson, 1969).

En las investigaciones de iluminación surgió la necesidad de buscar nuevas alternativas energéticas al impacto creado por la crisis de los hidrocarburos durante la década de los ochenta. La viabilidad de facilitar las actividades visuales como leer un libro o realizar una tarea de agudeza visual puntual, pueden ser desarrolladas.

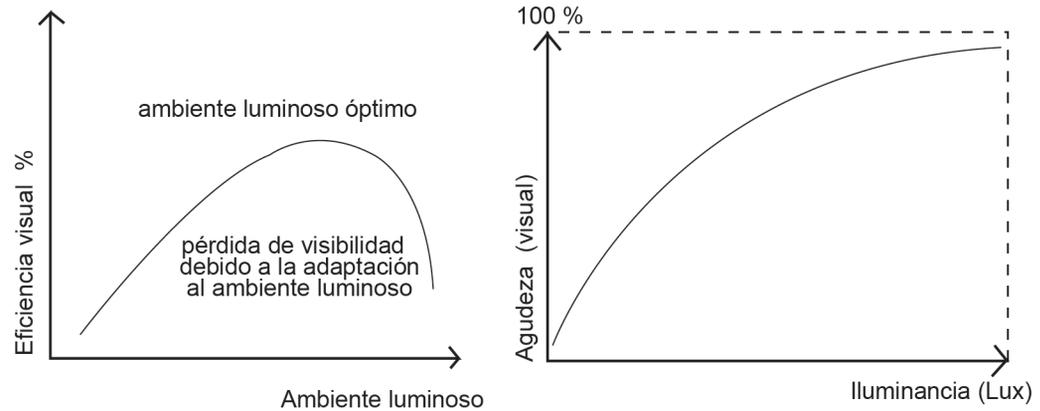


Figura 1. A. Eficacia visual B. agudeza visual (Ruck 1989)

Existen numerosos parámetros y tablas que indican los límites máximos, mínimos y recomendables de la iluminación requerida para cada especificación.

La medición de la tarea visual está generalmente determinada por la visibilidad de lo más pequeño o del detalle más difícil de reconocer. También es importante determinar el grado de contraste que esto tiene con el ambiente inmediato, la disponibilidad del tiempo de luz para desarrollar la tarea en cuestión y las capacidades del sistema visual.

Existen también otros factores que pueden perturbar el nivel de confort visual deseado como las reflexiones de otros elementos arquitectónicos y el grado de deslumbramiento que provocan e influyen decisivamente en el desarrollo visual.

Aunque es muy difícil determinar los efectos de los sistemas de iluminación en la productividad, si se pueden aproximar los parámetros a utilizar. Varios experimentos han sido realizados en condiciones simuladas, alejándose de lo concerniente a la iluminación natural. De los experimentos realizados, el de la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) y los de la Illuminating Engineering Society (1999) son los más aceptados dada la seriedad de sus investigaciones.

#### Aspectos cualitativos

Así como la luz tiene la facultad de iluminar un espacio, es igual de necesaria para describir cierto número de información cualitativa. También la conjunción de una temperatura de color elevada (6000 a 20000 °K) y de un espectro continuo permiten a la luz natural procurar un rendimiento de los colores que, en comparación con la iluminación artificial, difieren de las diversas tonalidades reales (Ruck 1989).

#### Necesidades cualitativas

El nivel de iluminación no es el único criterio del confort visual. La homogeneidad de la luz, su dirección y su disponibilidad de crear sombras o contrastes, son algunos de los factores que también se deben tomar en cuenta para matizar los ambientes lumínicos de un espacio.

Es generalmente reconocido que al interior de un espacio la luz natural es un factor importante de la calidad de vida y satisface las necesidades sociales al asegurar el contacto con el mundo exterior. No existe en la actualidad ningún dispositivo artificial que pueda igualar en calidad a la iluminación natural. Aunque se han creado sistemas artificiales para acelerar el proceso natural en ciertos animales requeridos en la industria alimentaria, por ejemplo, se puede comprobar que la calidad del producto es inferior a uno producido en condiciones normales (Fontoynt, 1995).

Del mismo modo, en el ámbito arquitectónico la iluminación natural permite dar un valor cualitativo a los espacios, crea efectos de degradación ó focalización visual y, si se requiere, produce sensaciones de intimidad o de abertura hacia el exterior, lo que satisface además otras aspiraciones estéticas, fisiológicas y psicológicas.

El color, por su parte, puede proporcionar con la ayuda de la luz efectos distintos, esto es comprobable en las diferentes culturas del planeta. En latitudes elevadas son preferidos los tonos pastel, debido a las pocas horas de radiación solar que se reciben durante el año. No así en latitudes cercanas a los trópicos y al Ecuador, donde las preferencias son más hacia las tonalidades acentuadas.

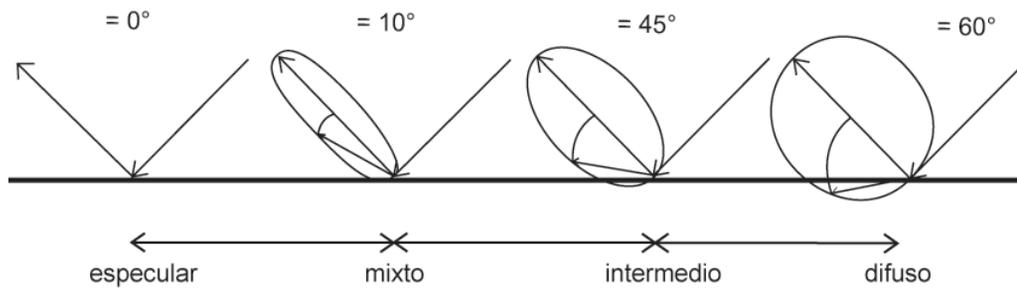


Figura 2. Modos de transmisión de la luz. (Fontoynt, 1995)

### Aspectos cuantitativos

La iluminación natural disponible, proveniente directamente del sol o del cielo, tiene una considerable importancia. Como ejemplo, la zona metropolitana de Guadalajara cuenta con 10.000 lux de iluminación libre horizontal durante el 90% del horario diurno en promedio. En espacios internos donde se requieren de un promedio de 300 a 600 lux, sería suficiente para realizar actividades visuales secundarias. Esto es solamente para los trabajos que requieren de adecuado desarrollo visual, como la de un taller orfebre que requeriría de iluminación artificial de apoyo. Evidentemente dependerá también de otras condiciones, como los niveles de reflexión de las superficies o el número de estas, que aportan reflexión hacia la abertura del espacio en cuestión (Arias, Ávila, 2007).

### Necesidades cuantitativas

Desde el punto de vista de su capacidad de adaptación, el ojo humano es un instrumento de precisión con posibilidades formidablemente extensas. Por ejemplo, el sol puede proporcionar directamente iluminación del orden de los 100.000 lux. Por el otro extremo, el ámbito nocturno sólo cuenta con la iluminación natural de la luna llena que apenas llega al orden de 1 lux. En ambos casos, el ser humano tiene las facultades visuales (si se considera lo normal) para distinguir su ambiente inmediato.

Como ya se mencionó, una iluminación natural del orden de los 300 a los 400 lux es considerada suficiente para procurar un nivel de confort aceptable para la mayoría de las actividades visuales terciarias, pero son necesarios 400 lux sobre un plano de trabajo dentro de un espacio de uso escolar (Commission Internationale de l'Éclairage, 2003). Esto también dependerá de la ubicación de dicho plano de trabajo con respecto a la abertura ya que los índices de iluminación obtenidos a más de 6 m de la abertura más cercana son insuficientes.

### Modos de transmisión de la luz

Esta diferenciación permitirá elegir el material óptimo para su utilización desde el punto de vista del comportamiento lumínico en el interior del espacio arquitectónico. Los cuatro modos de transmisión antes mencionados se dividen en:

**Transmisión especular.** Se considera especular a todos los materiales que permiten la transmisión de una imagen perfecta de la fuente luminosa a la que son expuestos.

**Transmisión difusa.** Este modo de transmisión se observa raramente, por lo que se considera teórica. Asimismo, los materiales con características fotométricas más cercanas al perfecto son las alfombras.

**Transmisión mixta.** Se dice de los materiales que combinan las características de los dos anteriores (especular y difuso). Así también los que tienen características de "brillantez" y transmiten una imagen relativamente precisa de la fuente luminosa.

**Transmisión intermedia.** Existe toda una gama que engloba la característica intermedia y que se define por la dispersión de la luz en una dirección privilegiada, exactamente la de dirección inicial de los rayos luminosos incidentes. (Figura 2)

A continuación se desarrolla el análisis de los cuatro materiales, donde se muestran las gráficas de transmisión lumínica con cuatro diferentes grados de incidencia (30°, 45°, 60° y 90°) así como la gráfica de los resultados obtenidos en modelos físicos en ambiente simulado de cielo cubierto. El análisis de las alternativas de los materiales de vidrio se realizaron por los autores, en el Laboratorio de Ciencias del Hábitat (LASH) de la Escuela Nacional de Trabajos Públicos del Estado (ENTPE) en Lyon, Francia, bajo la dirección del Dr. Marc Fontoynt (1995).

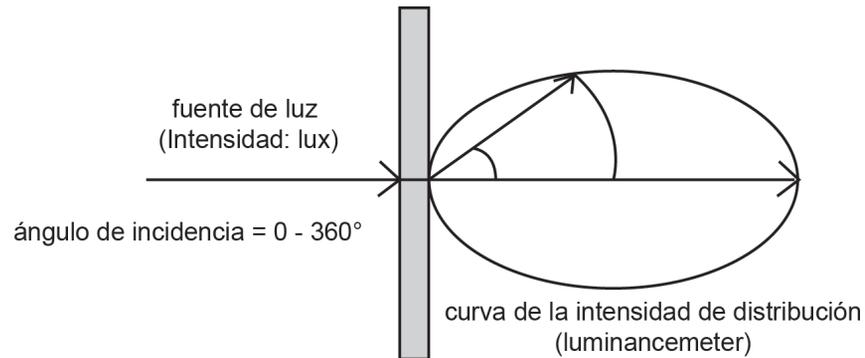


Figura 3. Intensidad de la distribución del flujo luminoso (Fontoynt, 1995)

### 3 MÉTODO

El objetivo de este estudio fue determinar el desempeño lumínico de diferentes tipos de materiales de vidrioado mediante su análisis en modelos físicos a escala 1:50 en ambientes simulados, con el fin de establecer los parámetros para su utilización en espacios arquitectónicos con requerimientos para tareas visuales específicas.

Para efectos de comparación se monitoreó el desempeño lumínico de materiales de vidrioado de bajo costo, o bien de fácil manejo e instalación, en espacios propicios para aprovechar la iluminación natural disponible en condiciones normales.

Debido a las características de la investigación, no se consideró el aporte que puede tener la radiación solar directa ni las ganancias térmicas o el intercambio de calor a través de la envolvente.

#### Materiales y métodos: Tipos de vidrios y acrílicos

Los autores mencionados (Moore, 1989; Fontoynt, 1995) clasifican los acristalamientos en siete tipos importantes para su aplicación en la iluminación natural debido a sus diferentes comportamientos en las tres regiones del espectro mencionado:

1. Vidrios claros
2. Vidrios grises / bronceados
3. Vidrios verdes "absorbentes térmicos"
4. Películas de reflectancia lumínica
5. Películas de reflectancia ultravioleta
6. Películas de reflectancia infrarroja
7. Plásticos transparentes al infrarrojo

Posteriormente, se analizan los más representativos (vidrio simple, acrílico translúcido, papel calca, acrílico opaco blanco, acrílico bronce) ya que por cuestiones de economía y disponibilidad, a diferencia del resto, son más inaccesibles.

En el presente apartado se analiza el factor de reflexión de diversos materiales. La clasificación incluye desde materiales opacos hasta translúcidos, en orden de definir sus características individuales según su aplicación mediante técnicas de iluminación natural. De tal manera, la fotometría de los materiales es la base de su aplicación adecuada en los componentes de la iluminación natural (Moore, 1989).

#### Técnica de medición

La transmisión lumínica a través del material puede ser determinada de acuerdo a la intensidad de la curva de distribución, la que se define por su ángulo de incidencia de la fuente luminosa. Los parámetros de medición utilizados en el análisis son:

**Ángulo de incidencia** de la fuente luminosa en el material (0-360°)

**Intensidad** de la misma (lux)

**Ángulo de observación** del luminancemeter (luminanciómetro) (0-180)

Debido a que el número de mediciones sería enorme si se realizaran en cada uno de los 360° del punto de observación (también de cada 360° de incidencia), sólo se realizan los ángulos más frecuentes 60° - 45° para iluminación lateral, 30° - 90° para cenital, lo que se llevaron a cabo con un luminancemeter LS-100.

Cabe observar que las pruebas realizadas por los fabricantes de materiales tienen el propósito de su utilización en luz artificial, por lo que es conveniente determinar el nivel de penetración y distribución para cada caso. De acuerdo con esto, se describen los materiales desde el punto de vista de las características antes mencionadas, los que se llevaron a cabo con medidor de luz Mavolux 5032B.

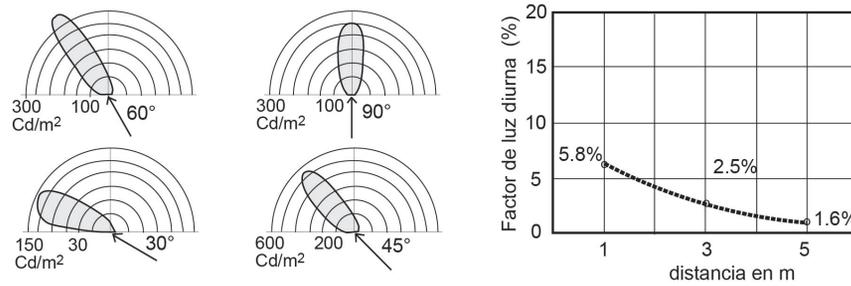


Figura 4. Análisis del papel calca. (Elaboración propia, 2012)

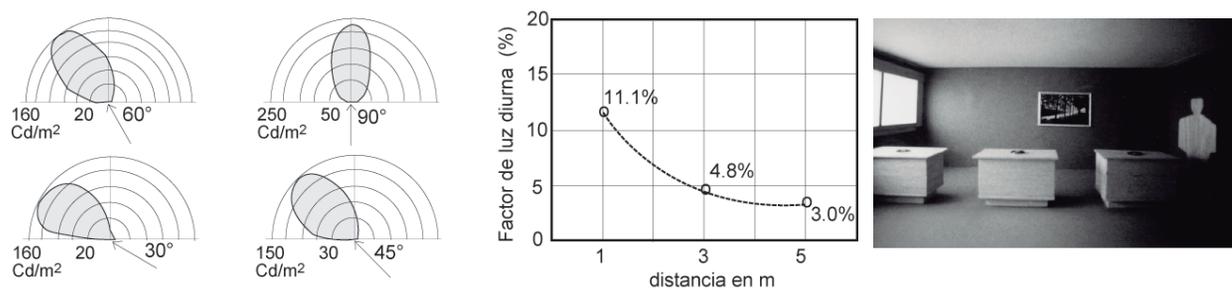


Figura 5. Análisis del acrílico difuso blanco. (Elaboración propia, 2012)

## 4 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS MATERIALES DE VIDRIADO

### Análisis en papel difuso calca

El análisis se centra en comparar globalmente la combinación de una o varias capas de papel calca sobre un vidrio normal (Figura 5). Las mediciones muestran que mientras más capas (hojas) de papel calca se superpongan, mayor se asemeja al comportamiento del acrílico blanco.

En este tipo de materiales difusores es donde se logra una dispersión de la luz más homogénea en el interior del espacio. Al contrario de lo que sucede con los materiales con factores de transmisión especular, el fondo del espacio (dentro de los primeros 6 m) puede llegar a tener niveles de iluminación aceptables para realizar tareas visuales poco complicadas.

La primera conclusión sería recomendar este tipo de materiales en combinación con otros, y su empleo adaptarlo a elementos arquitectónicos como serían las repisas de luz.

### Análisis en acrílico difuso blanco

Un vidrio difusor permite distribuir de manera uniforme la luz natural. Esta distribución se produce de un modo "limpio" e independiente de las condiciones atmosféricas exteriores (posición del sol, nublados, etc.) (Figura 6). Debido a la alta dispersión que produce, un material difusor también puede producir discomfort por deslumbramiento. Por ello se debe tener cuidado al diseñar las aberturas, al propiciar la difusión de la luz solamente en una porción de la ventana y combinar otro tipo de materiales y/o protecciones. El factor de transmisión que presentan los materiales difusos es inferior al del vidrio normal y por lo tanto disminuye la cantidad de iluminación transmitida.

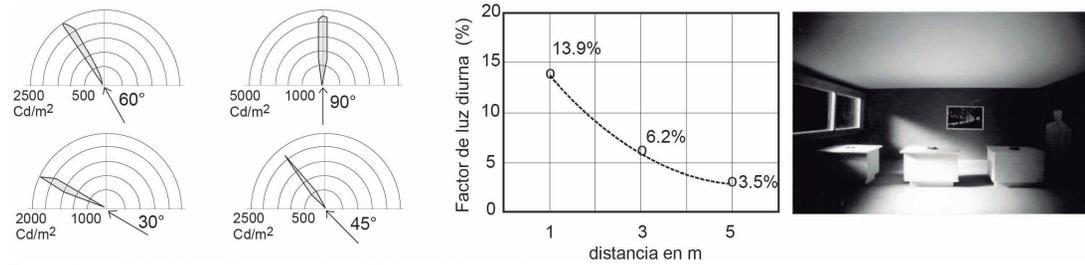


Figura 6. Análisis del acrílico especular. (Elaboración propia, 2012)

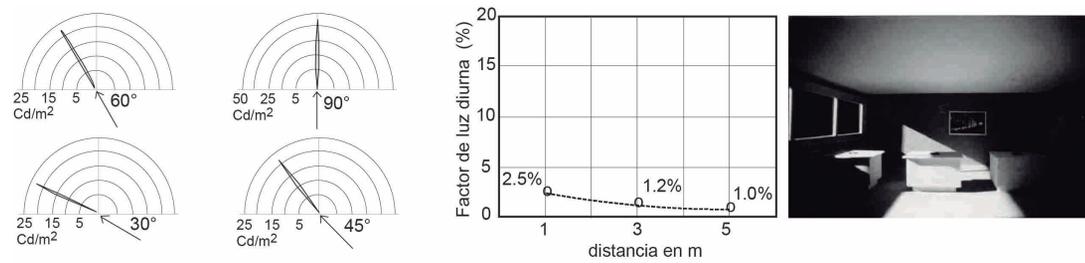


Figura 7. Análisis del acrílico bronce. (Elaboración propia, 2012)

#### Análisis en acrílico especular

Este material de transmisión mixta, frecuentemente utilizado en la iluminación de sanitarios, no es recomendable para su uso en espacios laborales. La doble dispersión que experimenta, produce altos grados de discomfort por deslumbramiento. Su utilización también en casos especiales sólo es recomendable si se combina con otros vidrios en las ventanas.

Como se observa en las gráficas, (Figura 7) el nivel de especularidad es mayor que el de los materiales difusos, ya que –junto a la ventana– logran altos niveles de iluminación (con su consecuente deslumbramiento) pero decrece hasta niveles similares al del acrílico difuso en el fondo del espacio.

#### Análisis en acrílico bronce

El empleo de este tipo de materiales con tintes fue ampliamente utilizado en las décadas setenta y ochenta (Figura 8). Contrario a lo que aseguran varios fabricantes, las ganancias térmicas no se ven reducidas si se dispone en orientaciones inadecuadas (Fontoynt, 1995). La gráfica del factor de luz diurna muestra que la reducción de la iluminación es bastante considerable desde el primer punto del análisis.

Del mismo modo, las curvas de la dispersión espectral señalan que sólo se logran altos niveles de iluminación en una incidencia completamente directa, disminuyendo en los siguientes grados. Su empleo no se recomienda pues sacrifica el confort lumínico a pocos metros de la ventana.

## 5 RESULTADOS. FOTOMETRÍA DE LAS SUPERFICIES INTERIORES

Se puede observar en la figura inferior (Figura 9) los resultados que se obtienen a partir del análisis de los materiales antes referidos. La disminución del factor de luz diurna dentro de un espacio va en relación directa a la distancia con respecto a la ventana y al tipo de tratamiento al que fue sometido el material (humeado, textura, opaco, etc.).

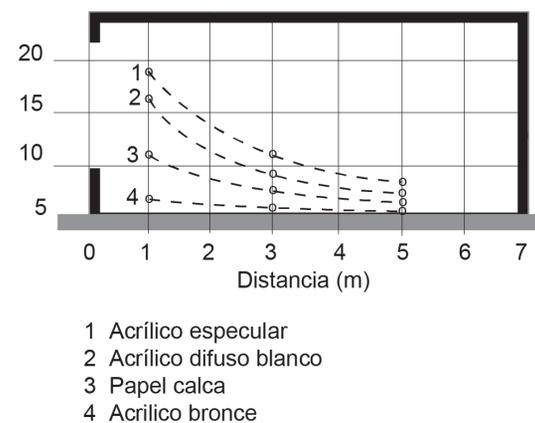
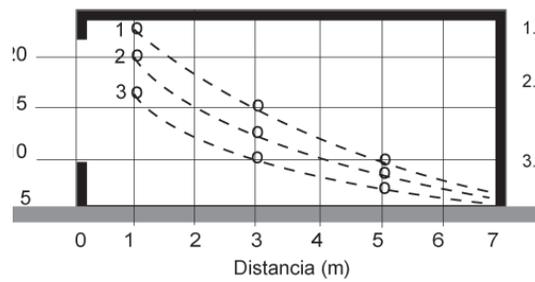


Figura 8. Fotometría interior de los diferentes materiales de vidriado. (Elaboración propia, 2012)



1. Muros, piso Techo 07
2. Plafond 07, Muros 05, Suelos 03
3. Muros, pisos y techos negros

**Figura 9.** Fotometría de los materiales de revestimiento.  
(Elaboración propia, 2012)

El factor de reflexión de la luz en un espacio depende ampliamente de los materiales de su construcción: muros, pisos y techos. Las consecuencias lumínicas debido al factor de reflexión de los muros deberán estar en relación directa al confort lumínico que tendrá dicho espacio.

Con la ayuda del programa informático GENELUX se comprueba la fotometría de los materiales de revestimiento sobre la distribución de la luz dentro de un volumen dado.

En la figura superior (Figura 10) se muestra la distribución lumínica (en curvas) de diferentes terminados. En dicho análisis se muestra que entre las curvas 2 y 3 existe una disminución del 20% en la parte próxima a la ventana y que en el fondo del espacio ambas disminuyen en un 100%.

## 6 DISCUSIÓN

La mitad de la iluminación disponible en el fondo del espacio es únicamente de las inter-reflexiones de la luz sobre las paredes, piso y techo. Si se comparan las curvas 1 y 2 (Figura 10), se aprecia que las cantidades de luz disponibles en el fondo de la pieza son del orden de la multiplicación por dos. O sea, que es la mitad de un espacio totalmente blanco. Ambas comparaciones muestran la importancia de considerar la fotometría de los materiales de revestimiento de cualquier espacio arquitectónico.

La cantidad y calidad de iluminación disponibles en el interior tiene directa relación con el factor de transmisión del vidrio, es decir, si el factor de transmisión es bajo, la dimensión de la ventana tendrá que ser mayor.

## 7 CONCLUSION

Este artículo presenta el análisis del desempeño lumínico natural debido a la influencia de la envolvente y de los acabados a través de materiales de vidrioado, así como los factores de reflexión en varios materiales de revestimiento interno.

Por lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que en las diferentes dichas superficies internas, el comportamiento sería de la siguiente manera: Cielo raso (techo). En general, el techo no recibe iluminación natural de manera directa, no interviene de manera importante en la repartición de la luz. En cambio, en caso de desviar la luz hacia arriba (repisas de luz), recibe cierta cantidad que puede a su vez redistribuir en todo el espacio. En consecuencia, el factor de reflexión de esta superficie deberá ser elevada (0.7 - 0.8).

Piso (suelos). Antes que nada, conviene precisar de una manera general que las superficies de los pisos están raramente libres o despejadas. Así, el mobiliario y en especial las mesas (niveles) de trabajo, cubren gran parte de la superficie.

El análisis se centra en considerar los niveles de trabajo horizontales que son las que recibirán la cantidad de luz más importante y son en los que se pone mayor importancia al cuidar que no existan niveles altos de iluminación que provoquen discomfort por deslumbramiento.

Muros. Como se comprueba en las simulaciones, los muros que reciben iluminación tanto directa como difusa, juegan el papel más importante en el espacio arquitectónico al repartir dicha luz al interior. Como regla general, se puede decir que si el factor de reflexión de los muros es inferior a 0.5, la iluminación tendrá dificultades para desarrollarse en el fondo del espacio en cuestión (Figura 11).

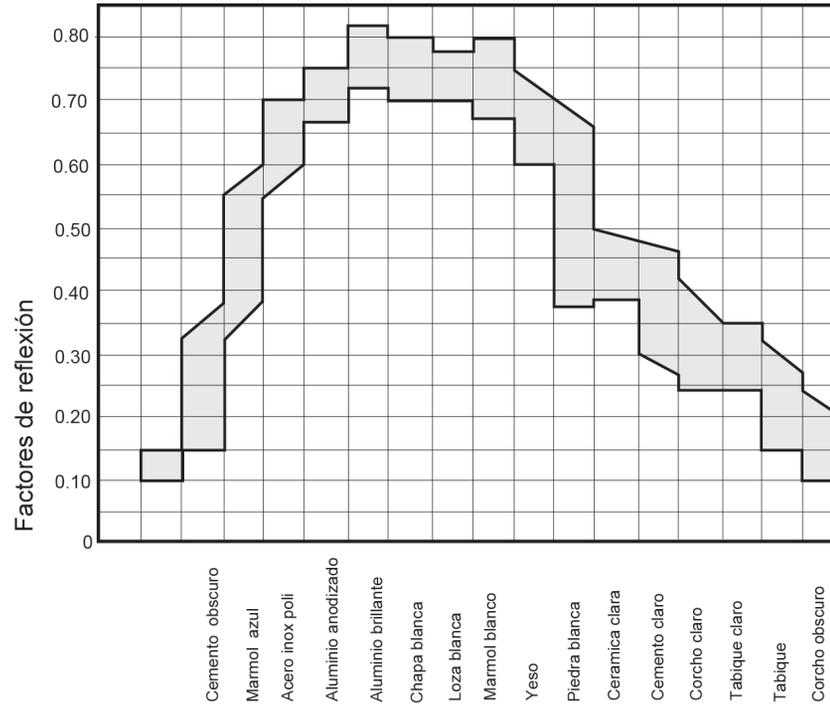


Figura 10. Factores de reflexión de materiales de revestimiento. (Fontoynt adaptado por vila)

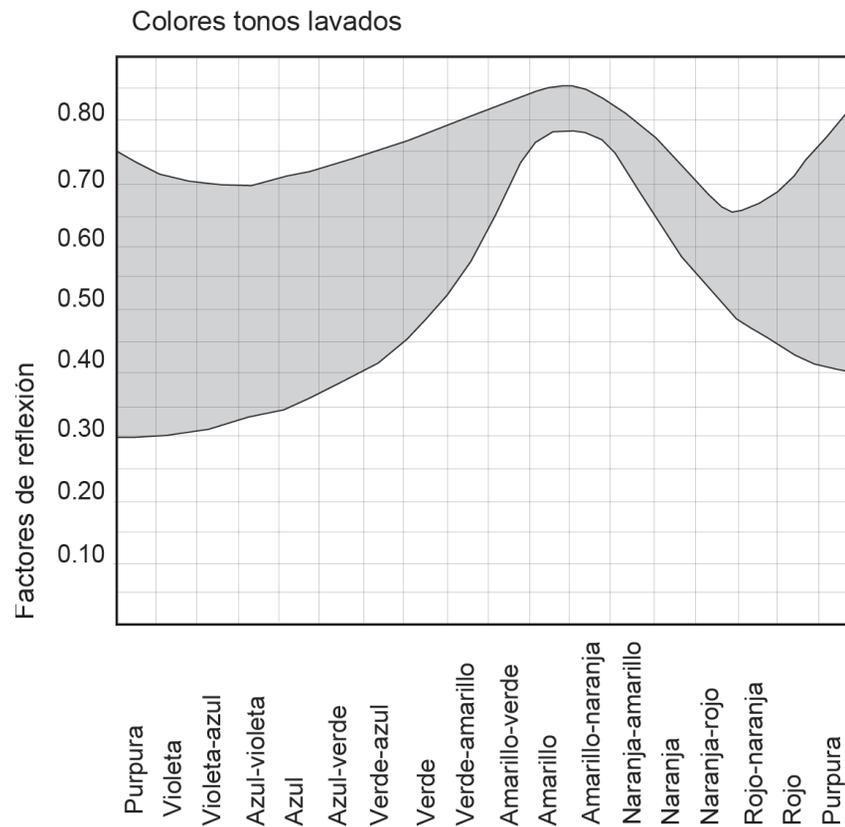


Figura 11. Factores de reflexión de materiales de revestimiento. (Fontoynt adaptado por Avila)

Por lo que respecta a la variedad de materiales disponibles en el mercado de la construcción, se transcriben aquí los resultados obtenidos en la Universidad Paul Sabatier (Fontoynt, 1995) en donde se puede comparar las características de cada uno de ellos. (Figura 12)

El resultado del análisis de desempeño lumínico en los diversos materiales empleados en la investigación muestran que:

El empleo de diferentes materiales en los vanos dispuestos a la iluminación amplía el rendimiento del flujo luminoso y evita el factor de deslumbramiento en las áreas destinadas para trabajos visuales.

Los factores de reflexión de los materiales de revestimiento interior incrementan el factor de luz diurna en las áreas distantes del vano.

Existe un mayor rendimiento luminoso en los espacios interiores si se disponen materiales de vidrio difusores tales como los esmerilados o materiales efímeros como el papel calca en las partes superiores de los vanos.

El factor de luz diurna depende directamente de la mayor o menor distancia en la que se realizó la medición.

Por lo anteriormente expuesto, puede asegurarse que para un adecuado ahorro energético en el consumo para la iluminación artificial, se hace necesario tomar en cuenta todas las variables que intervienen en la distribución del flujo luminoso. Desde la disposición del vano mismo (forma, tamaño, orientación, ubicación) hasta los elementos arquitectónicos que intervienen en el proceso: materiales, texturas, colores, proporciones, etc.

Cabe mencionar que la intención principal de esta investigación es aportar conocimientos y experiencia en relación con la sustentabilidad del ambiente construido. La divulgación del presente artículo es solamente una parte del total que comprende la amplia escala de sistemas constructivos y materiales que deben estar contemplados en un diseño ambientalmente adecuado.

## BIBLIOGRAFIA

ARIAS, Silvia y ÁVILA, David. *La iluminación natural en la arquitectura*. México: Editorial Universidad de Guadalajara, 2007. ISBN 968-8-95787-9

BAKER, N. y STEEMERS, K. *Daylight design of buildings*. London: James & James science publishers Ltd, 2002. ISBN 978-1-873936-7

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. *Spatial Distribution of Daylight—CIE Standard General Sky*, 2003. CIE Publication No. S 011/E:2003.

DILAURA, David y MISTRICK, Richard. *The IES Lighting Handbook*. USA: Illuminating Engineering Society, 2011. ISBN 9780879952419

FONTOYNONT, Marc. *Daylight performance of buildings*. France: James & James, 1995. ISBN 1-873936-87-7

HOPKINSON, R. G., PETHERBRIDGE, P. & LONGMORE, J. *Daylighting*. London: Heinemann, 1966.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. *Light + Design - A Guide to Designing Quality Lighting for People and Buildings*. USA: American National Standards Institute, 2009. ISBN 978-0879952310

MOORE, Fuller. *Concepts and practice of Architectural Daylighting*. USA: Van Nostrand Reinhold, 1989. ISBN 978-0442006792

RUCK, N. C. *Building design and human performance*. USA: Van Nostrand Reinhold, 1989. ISBN 0-442-27847-0