

ÍNDICE SOL – LUZ. MÉTODO PARA VALORAR LA CALIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL

Jorge Hernán Salazar Trujillo

Arquitecto, Msc. Profesor Titular. Escuela de Arquitectura.

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. jhsalaza@unal.edu.co

Escuela de Arquitectura, Bloque 24, Universidad Nacional de Colombia, Núcleo el Volador, Medellín.
COLOMBIA. Tel. (57) 4-4309412

RESUMEN

Como parte de un proyecto de investigación subvencionado por el gobierno español y orientado a la creación y puesta en marcha del Sello de Sostenibilidad y Eficiencia Energética Parquesol, se desarrolló un método cuantitativo para evaluar el balance entre la incursión solar y el nivel de aprovechamiento lumínico de una edificación. El método de valoración y la herramienta informática acompañante, fueron diseñados para calcular los aportes lumínicos y radiantes que ingresarían a través de los vanos de una edificación con el fin de establecer qué proporción del plano de trabajo permanece dentro de los rangos óptimos de iluminancia y ganancia solar. El método de valoración concluye con una calificación global acerca de la calidad del aprovechamiento lumínico y además brinda orientación acerca de la estrategia arquitectónica que permitiría mejorar la calificación obtenida.

Palabras clave: Ganancia Solar, Iluminación Natural, Optimización Energética, Fachadas, Sombra.

ABSTRACT

As part of an investigation project subsidized by the Spanish government and orientated towards the creation and development of the Sustainability and Energy Efficiency Stamp Parquesol, a quantitative method was developed in order to evaluate the balance between solar incursion and the level of ideal functional daylight within a structure. The assessment method and the respective computing tools were designed to calculate light and radiation contributions entering the building through the openings, aiming to establish the proportion of the working plan area located in the optimum range of illuminance and solar gain.

The assessment method concludes with a global qualification regarding the quality of the functional daylight and, furthermore, it provides orientation regarding the architectural strategy allowing the improvement of the obtained grade.

Key words: Solar Gain, Natural Lighting, Energy Optimisation, Facades, Shadow.

1. INTRODUCCIÓN

La iniciativa de una empresa comprometida con superar los estándares mínimos exigidos por las normas de construcción españolas fue el origen de un proyecto de subvención coordinado por GOP Oficina de Proyectos en Madrid. La investigación se orientó a dotar a los profesionales encargados del diseño, personas sin preparación específica en bioclimatismo, de sencillas herramientas de calificación que ayudaran a elevar la calidad ambiental del proyecto sin requerir para ello del acompañamiento de expertos. Varios temas hicieron parte de la investigación, entre otros, el aprovechamiento del agua, el ahorro energético, la calidad ambiental de los pavimentos y los recursos involucrados en su mantenimiento.

Uno de los componentes de la subvención estuvo orientado a propiciar el diseño de edificaciones con una excelente iluminación natural. Para ello se desarrolló un método para valorar la calidad del aprovechamiento lumínico de un proyecto, el cual debería ayudar a que los niveles de insolación e iluminación que se presentarían en el interior de un proyecto se pudieran considerar como

óptimos. Esta labor fue encargada al autor (SALAZAR, 2008), quien previo al diseño y construcción de las herramientas de ayuda al diseño, comenzó a investigar sobre aquellos atributos que pudieran tener relación con lo que se considera, constituye una buena iluminación.

Las reflexiones en torno al término calidad lumínica incluyeron el trabajo sobre la relación de compromiso que se establece entre la sombra y el aprovechamiento del recurso lumínico natural. Considerando que desde el punto de vista de la radiación solar la mejor ventana es la más sombreada y que desde el punto de vista de la iluminación natural generalmente la mejor ventana es la de mayor tamaño, se concluye que todo aprovechamiento de los beneficios asociados a la luz natural se hace a costa del riesgo de exponer el espacio iluminado a la radiación solar. Similarmente, todo control solar se hace a costa de reducir las posibilidades de aprovechamiento lumínico o por lo menos, de lograr este beneficio hasta una menor profundidad dentro del espacio. Cualquier intento de valoración acerca de la calidad del aprovechamiento de la luz natural en edificaciones tendrá entonces que considerar la relación de compromiso ya mencionada, con el propósito de establecer balances y optimizaciones, paso previo para valorar la efectividad con la que se aprovecha la luz natural, a la par que se estima cuánto calor proveniente de la radiación solar hay que pagar por ello.

Como el desempeño lumínico de una edificación es el resultado de la interacción de variables con relaciones de compromiso y la inexistencia de soluciones únicas, se descartó el desarrollo de un procedimiento prescriptivo, es decir, enfocado a la recomendación de ciertas soluciones previamente identificadas como acertadas. Regularmente en la industria de la construcción resulta preferible no obligar ni tampoco prohibir materiales o sistemas, sino establecer umbrales de desempeño mínimo obligatorio. Por este motivo la valoración y certificación de la calidad lumínica se atiende precisamente mediante un estimativo de desempeño, el cual implica procesos de simulación capaces de revelar las interacciones que se presentan entre factores diversos, pero interdependientes. En el caso del aprovechamiento de la luz en edificaciones es preciso considerar, como mínimo, la variación permanente de la posición aparente del sol en la bóveda celeste, las condiciones del entorno, los vanos y sus propiedades inherentes: número, tamaño, proporción y ubicación, y la aún más compleja forma en la que los individuos percibimos y valoramos la luz natural de acuerdo a una idea de lo que significa confort según la costumbre de cada quien.

Otro conjunto de atributos relacionados con la luz, como es el caso del color o la presencia de brillos y reflejos no fueron incluidos en esta primera versión del método de valoración, sin embargo para edificios de vivienda y oficinas tipo el método opera muy bien, a pesar de no involucrar todos los atributos que corresponde tener en consideración en una evaluación de ergonomía visual completa.

Durante la primera etapa del trabajo de investigación se estuvo considerando la conveniencia de realizar evaluaciones de carácter ergonómico complementarias al cálculo del balance sol/luz antes de proceder con la calificación del desempeño lumínico del objeto arquitectónico. Más tarde esta opción fue descartada, porque el propósito del encargo era prevenir que una envolvente arquitectónica fuera mal concebida y que al trabajar en mejorar su calidad lumínica o solar no se invirtieran esfuerzos en perfeccionar un conjunto de vanos que podrían estar mal ubicados, mal distribuidos o con una inadecuada relación con respecto a las trayectorias solares. Se decidió no complejizar más el método porque en el diseño de edificios singulares y en el desarrollo de soluciones de fachada no convencionales es conveniente contar con el asesoramiento de un especialista y la intención del proyecto Parquesol nunca fue suprimir el acompañamiento técnico, sino ayudar a que proyectos de baja complejidad y en los que regularmente no se contrata un experto en el tema, pudieran disponer de una revisión y orientación básica.

2. OBJETIVO

Desarrollar un método para valorar el balance entre la ganancia por radiación solar directa y el aprovechamiento de la luz natural en una edificación, útil para diferenciar espacios que tienen un desempeño lumínico estándar de aquellos otros que por su conformación arquitectónica, sus condiciones de emplazamiento, el diseño de sus sistema de cerramientos o la combinación de todos estos componentes, presentan un mejor desempeño. El método, además de emitir la correspondiente calificación, deberá ayudar a identificar la estrategia arquitectónica más adecuada para optimizar el aprovechamiento lumínico y mejorar la calificación obtenida.

3. MÉTODO

En proyectos de asesoramiento realizados con anterioridad ya se había trabajado en valorar el desempeño lumínico y solar de edificaciones, pero de manera separada. Al dar inicio a la revisión bibliográfica se evaluaron las fortalezas y debilidades de los métodos de trabajo aplicados en el Edificio de Aulas de Ingeniería en la Universidad Pontificia Bolivariana (SALAZAR, 2007), el edificio de oficinas para el grupo Ortiz en Madrid y la terminal aeroportuaria de Alicante en España (SALAZAR, GONZÁLEZ 2004). El trabajo de grado de los arquitectos Lucas Arango y Alejandro Ruano (ARANGO, RUANO 2007) resultó especialmente relevante como punto de partida para la realización de este proyecto en la medida que ayudó a identificar las dificultades inherentes al proceso de integración de variables solares y lumínicas en una sola magnitud.

El método mediante con el que se realiza la simulación de los aportes de luz natural opera a partir del cálculo de las visibilidades hacia la bóveda celeste desde cada punto, para ello se realizó una adaptación al método de los Factores de Configuración (CABEZA, 1999) el cual asume un modelo de cielo homogéneamente cubierto. Por su parte, el módulo con el que se simula la ganancia e incursión solar fue diseñado a partir del método de la Eficiencia del Control Solar (SALAZAR, 1995), el cual considera los efectos de obstrucción de la visibilidad que ocasionan los vanos y otros dispositivos arquitectónicos antepuestos a las fachadas y que pueden impedir que algunas de las posiciones que ocupa el sol en la bóveda celeste en el transcurso del año resulten visibles desde cada uno de los puntos evaluados, permitiendo incluir en la evaluación el efecto que tienen las sombras proyectadas por las edificaciones y vegetación circundante.

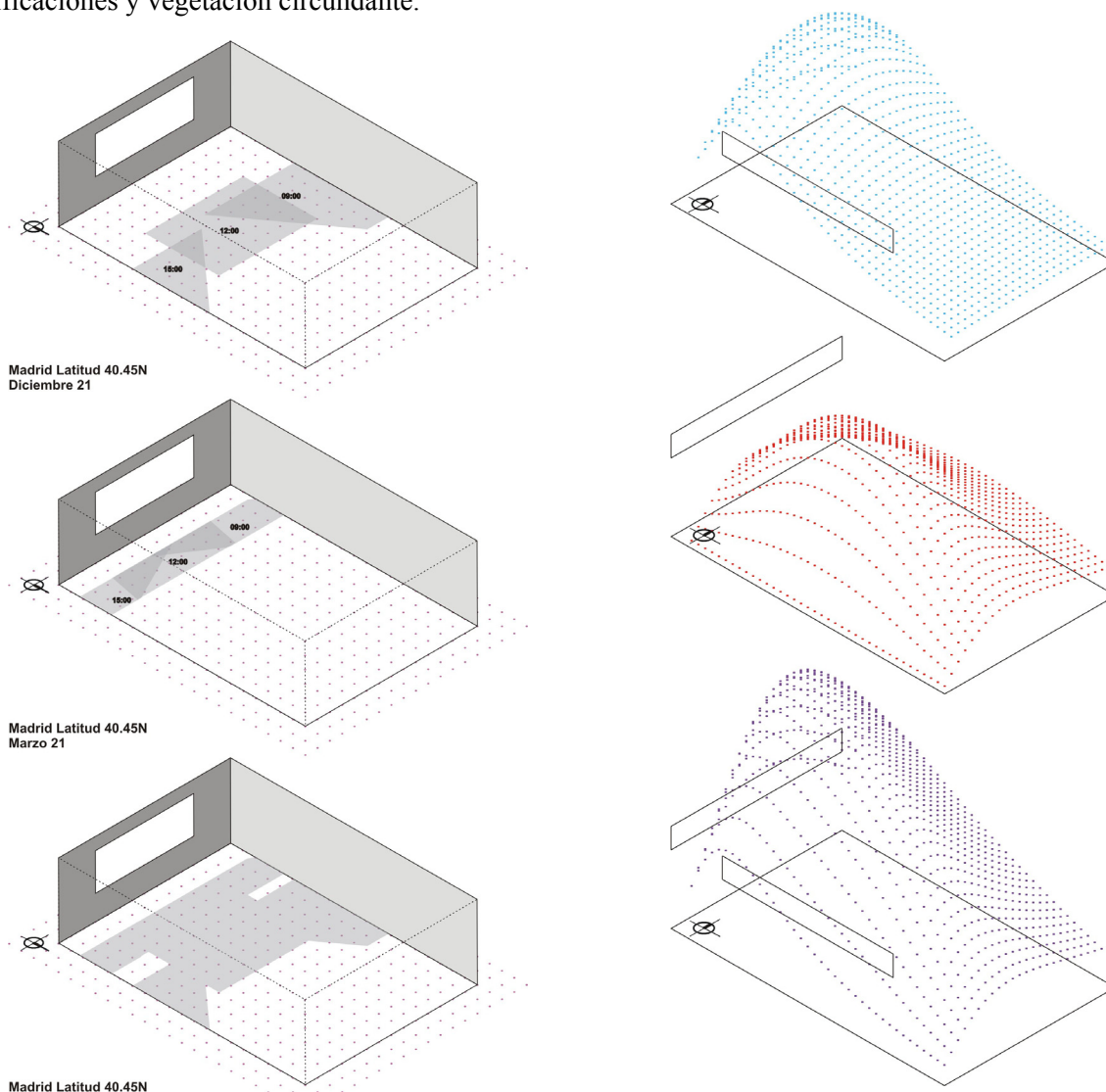


Figura 1 – Resultados parciales del proceso de simulación del aporte lumínico y la incursión solar en un recinto de dos ventanas ubicado en Madrid (40.45°N). IZQUIERDA DE ARRIBA HACIA ABAJO: Incursión solar de la ventana Sur durante diciembre 21, marzo 21 e incursión solar total. DERECHA DE ARRIBA HACIA ABAJO: Aporte lumínico de la ventana sur, aporte lumínico de la ventana occidental y aporte lumínico total.

Acercarse al óptimo equivale a propiciar que la mayor superficie útil tenga un “punto de trabajo” lo más cercano posible a las condiciones ideales, por esta razón el método de valoración no opera a partir del análisis de un único punto, sino que se fundamenta en las condiciones de incursión solar e intensidad lumínica que presentan miles de puntos distribuidos por toda la extensión del plano de trabajo. Haber optado por diseñar un método de valoración capaz de operar sobre conjuntos de puntos y no sobre puntos individuales es lo que permite extraer directrices de diseño orientadas al mejoramiento de las condiciones iniciales para que una mayor superficie quede óptimamente configurada.

Las simulaciones de iluminación natural e incursión solar concluyen con una larga lista de índices, los cuales son debidamente agrupados y totalizados para estimar cuántos metros cuadrados y durante cuánto tiempo permanecerían simultáneamente dentro de los rangos de aprovechamiento lumínico y accesibilidad solar que se consideran óptimos para el tipo de actividad a desarrollar en el interior de dicho espacio. Los criterios para realizar esta totalización tienen en consideración que en un espacio ideal no se debería presentar prácticamente ninguna ganancia por radiación solar directa a ninguna hora del día ni época del año, sea por razones energéticas o de ergonomía visual. En esta misma versión idealizada de edificio, la radiación solar difusa sólo ingresa hasta un umbral que permite que todos los puntos del plano de trabajo alcancen el tope máximo asociado a los requerimientos de iluminación natural, es decir, que no se sobreilumina.

Según estos dos criterios, la radiación solar directa sobre el plano de trabajo tiende a cero, a la

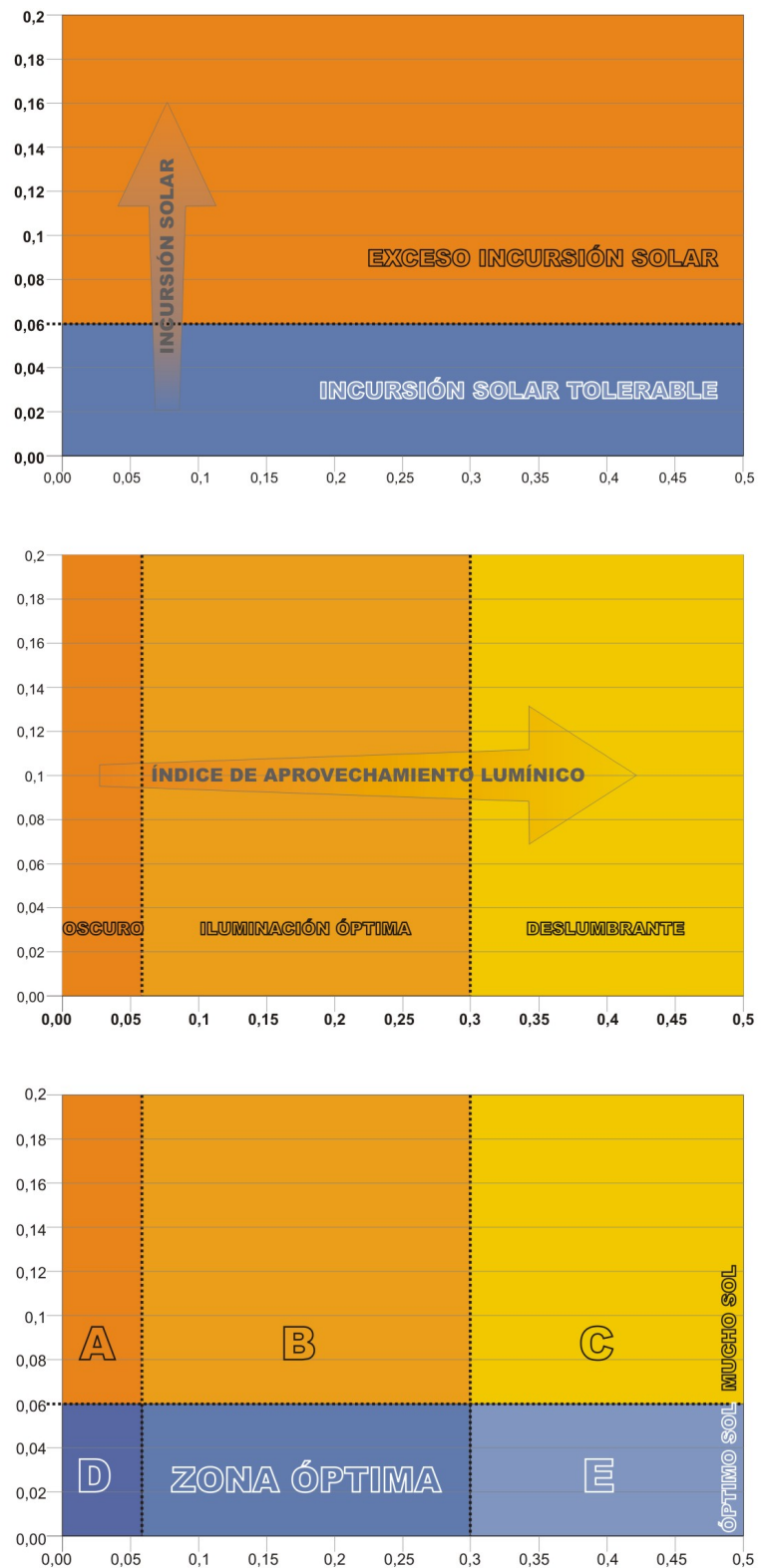


Figura 2 – Rangos de calificación para los índices de aprovechamiento lumínico e incursión solar y definición de las seis zonas en las que se clasificaron cada uno de los puntos en el interior de un espacio. ARRIBA: En el eje vertical incursión solar, comenzando en cero. La línea punteada corresponde al umbral de tolerancia máxima de incursión solar. MEDIO: En el eje horizontal aporte de luz natural comenzando en cero. La primera línea punteada corresponde al umbral de iluminancia mínima (120 lux) establecido por la norma, la segunda línea punteada corresponde al umbral de iluminancia máxima (600 lux). ABAJO: Cruce de ambos umbrales para definir las seis regiones, una de las cuales corresponde a la Zona Óptima, aquella en la que se satisfacen simultáneamente los requerimientos de luz y de incursión solar.

par que la ganancia energética por radiación solar difusa tiende a una constante asociada con el tipo de actividad a desarrollar en el interior del edificio. Para espacios pequeños o con muchas ventanas es factible alcanzar una condición de homogeneidad lumínica elevada, suficiente como para que todo el recinto satisfaga simultáneamente ambas condiciones. Sin embargo, para otros espacios es una condición técnicamente difícil de lograr, por lo que el máximo teórico no siempre se puede alcanzar.

La valoración final se realiza a partir de los índices de exposición solar e iluminancia promedio, debidamente clasificados según los umbrales de tolerancia a la exposición solar y los niveles de iluminancia mínima y máxima definidos en la normatividad vigente. La representación cartesiana de estos tres umbrales delimita seis regiones, una de las cuales corresponde a la combinación de magnitudes en las que tanto la incursión solar como la iluminancia estimada se ubican dentro de los rangos de confort. El total de puntos que se ubican dentro de la región óptima determinan el índice de calificación obtenido, debidamente transformado en una, dos o tres estrellas según el nivel de calidad alcanzado. En las restantes cinco regiones se agrupan los puntos que se ubican en sectores del espacio donde se presenta exceso de radiación e insuficiencia o exceso de iluminación natural. Se concentra allí el potencial de mejoramiento y optimización de la alternativa evaluada. El número de puntos de cada una, representados en forma de porcentaje, ayudan a priorizar el tipo de acción más apropiada para incrementar el número de puntos que se ubican dentro de la zona óptima.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Evaluaciones de casos prototípicos, espacios rectangulares con sólo un vano, hicieron evidentes las complejas relaciones entre incursión solar e iluminación natural y demostraron la dificultad de satisfacer simultáneamente los requerimientos de iluminación y control solar mediando un solo vano. En todos los casos modificaciones a la orientación, ubicación geográfica y entorno inmediato de los prototipos, al igual que variaciones en el tamaño, proporción y ubicación de sus vanos, dieron resultados coincidentes con lo esperado, los cuales fueron validados numéricamente utilizando otras herramientas de cálculo ya conocidas y aplicadas en proyectos como el Edificio de Loranca (SALAZAR, 1998) o la terminal aeroportuaria de Alicante, España. (SALAZAR, 2004).

Una segunda campaña de evaluaciones, en la que se modelaron varios espacios existentes cuyo comportamiento lumínico y solar resultaba familiar, ayudó a verificar la alta sensibilidad del método de valoración ante ligeros cambios en la conformación arquitectónica del objeto evaluado. Los resultados obtenidos, evaluaciones de espacios con varias aberturas y plantas de geometría diversa, fueron utilizados en una primera etapa como punto de partida para la calibración de los rangos de valoración y la determinación de los umbrales a partir de los cuales un espacio pasa de recibir una calificación estándar a recibir una calificación superior. En la etapa final estos modelos fueron sometidos a varias modificaciones, las cuales ayudaron a corroborar la viabilidad de realizar una sintonización entre la envolvente arquitectónica y las características y requerimientos ergonómicos del espacio contenido. Estos casos de estudio ratificaron que el tipo de estrategias arquitectónicas que recomendaría un experto serían las mismas que las sugeridas por los resultados de la herramienta de valoración.

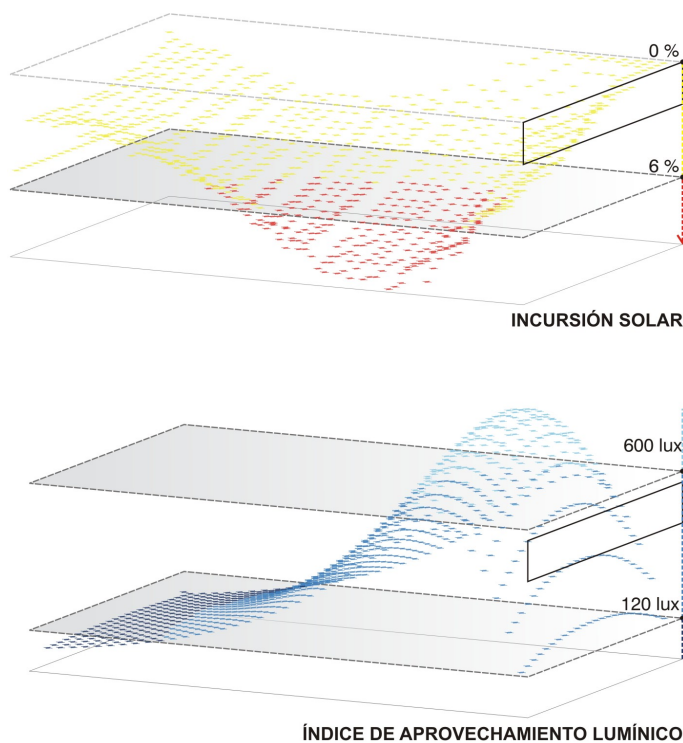


Figura 3 – Discriminación de las mallas de puntos que representan la iluminancia y la incursión solar de un espacio según los umbrales de luz y sol definidos por el usuario. Se resaltan en color los grupos de puntos que pertenecen a cada uno de los intervalos. El total de puntos para cada grupo, al igual que su representación en la planta constituyen el material con el que se efectúa la valoración final.

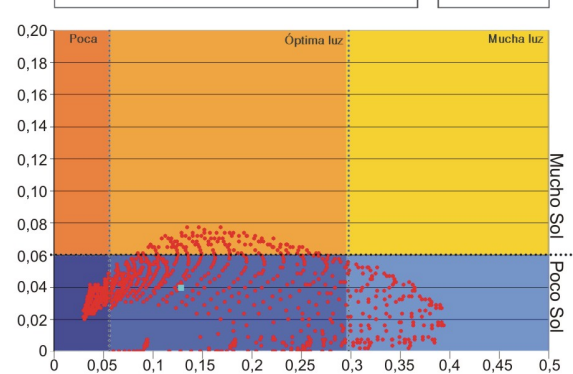
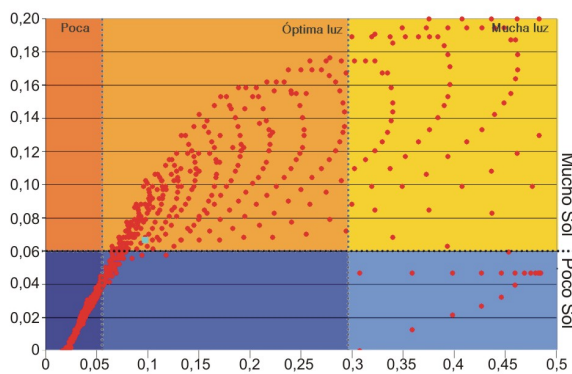
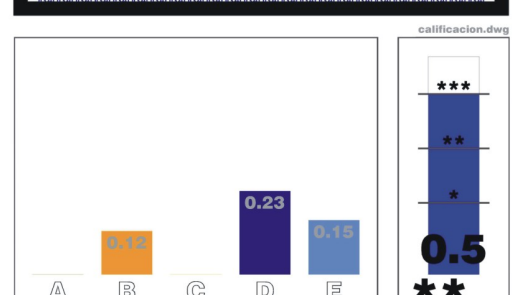
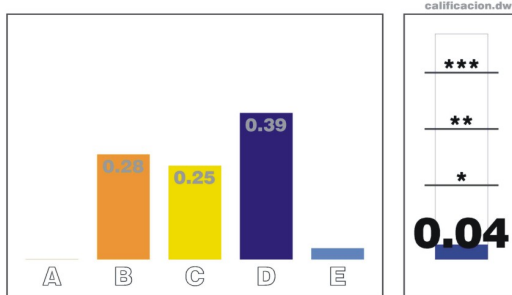
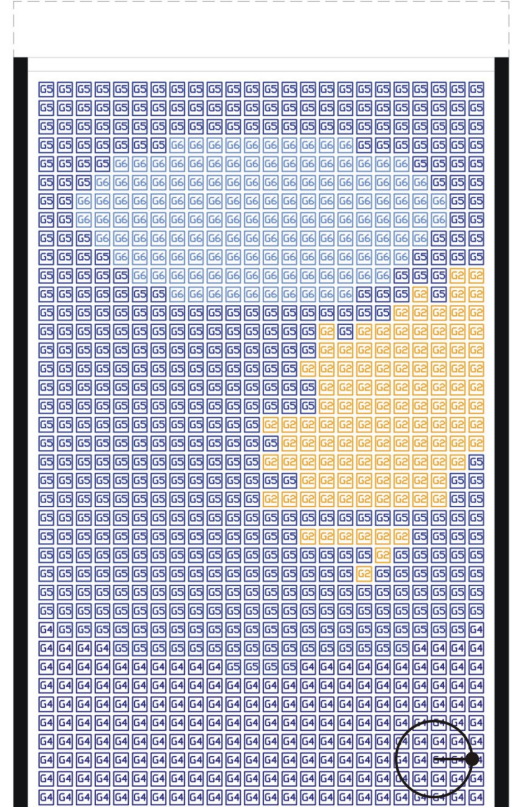
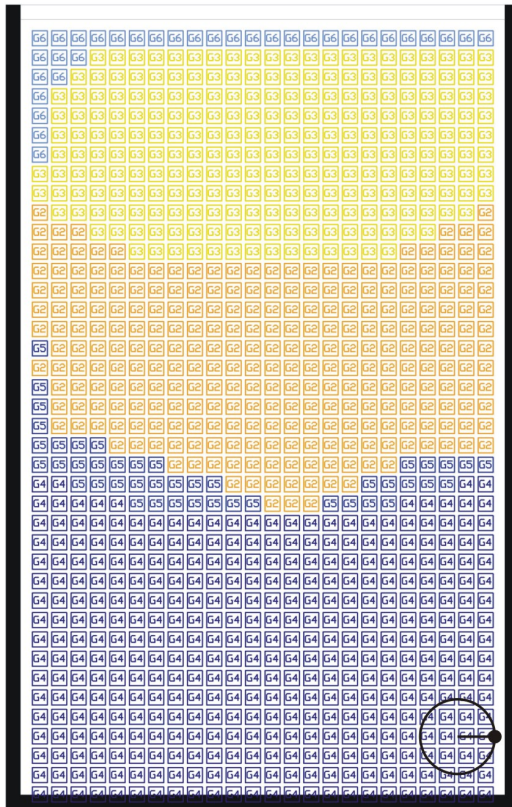
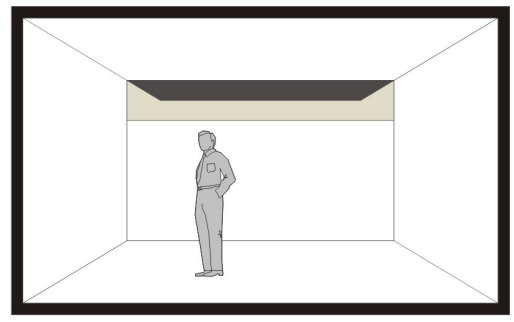
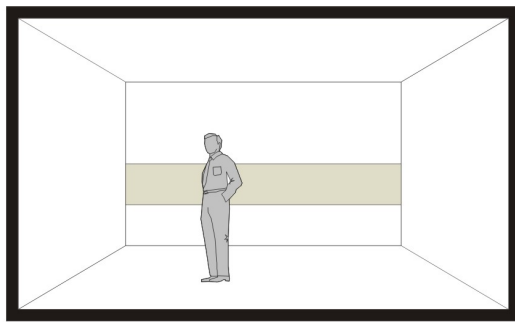


Figura 4 – Comparativo de la evaluación de dos alternativas de fachada para un recinto ubicado en Madrid. El espacio, orientado hacia el occidente, tiene una sola ventana de 5.00 por 0.60 mt. IZQUIERDA: Valoración con el sillar a 0.70 mt. DERECHA: Valoración ubicando la ventana más alta (sillar a 2.20 mt. y dintel a 2.80) y agregando un dispositivo de control solar. En ambos casos se supuso que la ventana está cerrada con vidrio claro de 5 mm.

5. CONCLUSIONES

Un procedimiento de cálculo capaz de integrar la interacción de variables sol y luz amplía el potencial de mejoramiento energético y permite lograr resultados con un desempeño superior con respecto al que se puede lograr trabajando sobre los componentes lumínicos y solar de manera separada. Métodos de optimización energética que trabajan independientemente sobre las variables ambientales son prácticos, pero limitados en la misión de elevar el desempeño global de un conjunto de elementos.

El procedimiento de valoración desarrollado es versátil y adecuado para evaluar el tipo de edificaciones con las que se estará aplicando, sin embargo sería conveniente que el módulo de iluminación se modifique para que no trabaje a partir de un modelo de cielo homogéneo. Esta modificación permitiría considerar obstrucciones parciales sobre los vanos, ampliando el campo de aplicaciones del método y permitiendo el estudio de edificaciones y espacios con dispositivos de fachada más sofisticados.

Dado un recinto con un determinado número de vanos, hay un máximo en el desempeño lumínico y solar que sólo es posible de superar mediante un aumento en el total de aberturas o una sofisticación de la envolvente arquitectónica. Significa esto que el perfeccionamiento del desempeño solar y lumínico de un recinto está restringido a un intervalo que sólo se puede ampliar, de ser necesario, mediante un incremento en el número de vanos. Se presume que hay un número mínimo de aberturas por debajo del cual es imposible lograr un desempeño sol-luz adecuado, lo que indirectamente implica que por encima de esta cifra toda abertura se puede considerar como accesoria, al menos desde el punto de vista energético. También se presume que para algunas configuraciones arquitectónicas hay varias soluciones de fachada idénticamente eficaces. Ambas hipótesis serán objeto de una próxima investigación.

6. REFERENCIAS

- ARANGO, Lucas y Alejandro RUANO. **Construcción de un índice ambiental sol/luz**. Trabajo de grado. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2007, 200 p.
- CABEZA, José María y José Manuel ALMODOVAR. **Scientifics Design of Skylights**. Proceedings of the Plea'99 Conference. Passive and Low Energy in Architecture. PLEA (16). Num. 16. Brisbane, Australia. Steven S Szokolay. 1999. Pag. 541-546.
- SALAZAR, Jorge. **Informe Técnico. PARQUESOL-LUZ. Método para estimar el balance entre la ganancia por radiación solar directa y el aprovechamiento de la luz natural en edificaciones**. Medellín, 2008, 46 p.
- SALAZAR, Jorge. **Fachadas de doble piel y optimización del control solar. Edificio de aulas en Medellín, Colombia**. ENCAC 2007 - IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, Brazil, 2007.
- SALAZAR, Jorge y Alexander GONZÁLEZ. **Optimización ambiental por iluminación natural: El aeropuerto de Alicante, España**. Estudios de Arquitectura Bioclimática. Anuario 2004. Vol VI. Noriega Editores, México, 2004.
- SALAZAR, Jorge. **Solar Performance and Shadow Behaviour in Buildings. Case study with computer modelling of a Building in Loranca, Spain**. Building and Environment. Vol 33, Nos 2-3 pp. 117-130, London, 1998.
- SALAZAR, Jorge. **Shading Device Evaluation Method**. Building Research and Information. London, May-June 1995, Vol 23, No 3.
- www.arq.ucv.ve/idec/racionalidad
www.bfrc.org
www.efficientwindows.org
www1.eere.energy.gov
redc.nrel.gov/solar/pubs/bluebook