

REVISIÓN CRÍTICA DE PUBLICACIONES ACTUALES Y RELEVANTES SOBRE ILUMINACIÓN NATURAL EN ARQUITECTURA

Critical Review Of Current And Relevant Publications On Natural Lighting In Architecture

HÉCTOR SOTO GONZÁLEZ

Universidad de Guadalajara, México

Recibido: 27 de agosto de 2018. Aceptado: 28 de septiembre de 2018.

RESUMEN

Cualquiera que haya permanecido en edificios construidos entre el siglo pasado y el presente puede deducir, por un lado, la preponderancia de la iluminación eléctrica y, por otro, los efectos estéticos que la misma produce. Esto genera un exceso en el consumo energético, lo cual es un factor alarmante en el paradigma energético de la actualidad. En este sentido, se propone que es necesario situar un parteaguas que permita establecer el inicio de un paradigma en arquitectura: el invento de la electricidad como tecnología lumínica. A partir de este punto, la reflexión puede hacerse más profunda, particularmente en materia de desarrollo social, pues según Castells (1997) la sociedad actual no produce teoría al mismo ritmo que los inventos, descubrimientos o avances científicos-tecnológicos. Y por lo tanto, esta falta de teoría también afecta a la proyección arquitectónica y ésta, a su vez, al diseño lumínico de los espacios. Lo anterior ocasiona diversos problemas de carácter social, natural y humano. Es por ello que resulta necesario establecer nuevas perspectivas que den una mejor solución a las necesidades de habitabilidad. Sin embargo ¿cómo se genera un cambio paradigmático? Para responder a esa pregunta se propone esta revisión.

Palabras clave: iluminación, natural, arquitectura, diseño

ABSTRACT

Anyone who has been in buildings constructed between the past and this can be inferred, on the one hand, the preponderance of electric lighting, and secondly, the aesthetic effects that it produces. Also in counterpart to this excess in energy consumption of the buildings is an alarming factor. In this regard I propose that a part is required waters that establish the birth of a paradigm: the invention of electricity as architectural lighting technology. From this point, the reflection can be deeper in development issues, because according to Castells, society does not produce theory at the same rate as inventions, discoveries or technological advances. And therefore this lack of theory also affects the architectural projection and in turn to the light design of the spaces. Generating various problems of a social, natural and human nature. However how is generated a paradigm shift? It is in the first instance to answer this question that this review proposes.

Key words: Lighting, daylight, architecture, design.

INTRODUCCIÓN

El arquitecto posee un amplio conocimiento teórico para dar solución a las necesidades espacia-

les vitales del hombre. Por tanto, determina en gran medida la forma como vivimos. Y lo hace a través de un complejo proceso sintético por medio del cual usa el saber que posee. El cual ha de ser verdaderamente amplio si se pretende dar una buena solución a cada proyecto. Sin embargo, es posible mencionar un área de dicho conocimiento tan importante que dedicarle un estudio más, con seguridad, ha de coadyuvar a mejorar radicalmente la calidad de los espacios. Esa área es la iluminación que el sol provee a las edificaciones. Aportar al estudio sobre cómo el arquitecto contemporáneo toma en cuenta esto y por qué, ayudaría rotundamente a mejorar sus valores, virtudes y obras. Ello, sin duda alguna, mejoraría la calidad de vida de la sociedad.

Al proyectar un edificio, desde sus primeras etapas, siempre se tiene en cuenta el diseño lumínico. Ya sea que se priorice una fuente natural (como la solar) o una artificial (como la eléctrica). Por tanto, ya al comienzo de cualquier proyecto se tienen nociones generales sobre sus características lumínicas finales. Lo cual resulta interesante, porque coloca a la iluminación en el propio momento de la concepción arquitectónica. Así pues, un edificio en cuyo diseño se le ha dado mayor preponderancia a fuentes artificiales de luz tendrá un mayor consumo energético en su funcionamiento operativo. Por el contrario, un edificio diseñado tomando en cuenta el sol, con el objetivo de iluminar, no solo tendrá un menor consumo sino que además refleja una preocupación por no despilfarrar energía y, por consiguiente, menos producción de la misma es igual a menos emisiones nocivas al ambiente. Esto expresa mucho del carácter de cada edificación.

Se ha demostrado que no existe mejor luz que la natural para desarrollar cualquier actividad humana.¹ Aunque no hay gloria sin pena: es una fuente difícil de controlar si se quieren alcanzar los estándares tan precisos que ha establecido la iluminación eléctrica. Dicho lo cual es de notar que requiere una especial atención, ya que

supone un punto de inflexión en el paradigma arquitectónico. La posibilidad de usar la electricidad para iluminar espacios es de relativamente reciente aparición, es decir, hace poco más de un siglo que es posible iluminar artificialmente los espacios, contra al menos cinco mil años que existe la arquitectura. Sin embargo, su aparición ha modificado radicalmente la forma en que se vive actualmente. Hoy se depende a tal grado de dicha fuente energética que incluso es posible, gracias a una gran cantidad de publicaciones, certificaciones y estudios, pensar que el diseño arquitectónico que toma en cuenta la iluminación y radiación solar es vanguardista. Pero la verdad es que lejos de ser un criterio contemporáneo, resulta que en realidad es uno de los principales ejes de composición a lo largo de la historia.

En el presente trabajo se abarcará lo que se considera la mayoría de áreas que tratan sobre iluminación natural y que afectan a la arquitectura con el fin de poner en la mesa no sólo la información existente agrupada en las categorías propuestas, sino para a través del mismo evidenciar la problemática que ha de abordarse por otros trabajos y académicos. El objetivo que se busca en estas páginas es imbuir al lector en el tema, pero principalmente presentarle los frentes que las publicaciones e investigaciones abarcan actualmente. Para poder manejar y presentar la información de forma coherente, se han clasificado cuatro campos del conocimiento que a su vez son áreas de agrupación disciplinar, los cuales se abordan en los resultados. El tema es vasto y la cantidad de información que es posible encontrar sobre iluminación natural es inconmensurable. Las líneas de investigación que la tratan o hacen referencia a ella son inagotables. Es por ello que la indagación documental debió ser muy amplia. Lo que ha permitido dar cuenta de los enfoques más tratados y descubrir un nicho nuevo que requiere especial atención por los estudiosos.

1. Así lo plantea Lurdes Teixeira en su estudio *Experimental study of the ocular behaviour in office workers as a visual comfort indicator in glare risk situations* (2014).

ANTECEDENTES

Para plantear un parteaguas en el paradigma lumínico, como ha quedado dicho antes (el cambio de paradigma arquitectónico por la iluminación eléctrica), donde es posible entender una nueva era de iluminación de los edificios en que la electricidad cumple un papel central, ha sido necesaria la interpretación de textos que plantean un momento de cambio de suma importancia en la historia de la humanidad. Tanto Kuhn como Toffler y más adelante Castells² consideran el uso de electricidad como la mayor de las revoluciones industriales. Lo cual ha traído grandes y vertiginosos desarrollos tecnológicos que no han sido paralelos al desarrollo de las sociedades. Es por ello que desde los años cincuenta se estudia la relación de la tecnología con la sociedad. Resultado de esto son lo que en español se denomina CTS.³ Estos estudios tratan de explicar la relación antes mencionada, pero sin duda en una posición contrapuesta a la de Castells, dichos estudios pretenden acercarse en mayor medida a la sociedad y la tecnología, colocando a la segunda como el centro. Lo importante de mencionarlos es que respaldan la gran necesidad de teorizar sobre los avances que la sociedad ha tenido durante los últimos dos siglos, debido al cambio tecnológico (Arteaga, Medellín y Santos, 1995). Ya sea tanto en una postura tecno-centrista o socio-centrista está claro que aún no se definen de manera satisfactoria las relaciones hombre-tecnología-sociedad. Las cuales se ven reflejadas en la arquitectura y, consecuentemente, en la iluminación de los edificios. En este sentido es que se plantea la necesidad de desarrollar más investigación teórica para comprender a fondo lo que está sucediendo con la tecnología (Luján, 1996). Y es precisamente en esta línea que este trabajo aporta. Primero, proponiendo una serie de cla-

sificaciones para el estudio del tema y segundo, realizando un análisis crítico de las mismas.

En cualquier biblioteca de arquitectura es posible encontrar una gran cantidad de documentos que hablan de *diseño lumínico* o simplemente de *iluminación*. Este gran grupo de documentos hace un análisis exhaustivo sobre la luz como elemento físico. Y lo realiza a través de sistemas de medición complejos, generalmente por medio de aparatos especializados y *software* computacionales. Al consultarlos es posible quedar abrumado por las diversas maneras de comprender los elementos lumínicos. Y es precisamente éste su objetivo: utilizar este conocimiento para un diseño sumamente eficiente en esta materia (Egan y Olgyay, 2002). Sin embargo, y a pesar de los intentos de diversos autores y publicaciones, las herramientas propuestas son demasiado abstractas para tener una aplicación directa en el proceso de composición y diseño, en la creación del proyecto. La gran mayoría de estos tratados tienen al final una serie de recomendaciones prácticas o ejemplos de casos de estudio difícilmente aplicables a un nuevo proyecto o útiles en la enseñanza universitaria. Lo cual hace reflexionar sobre la composición que define las obras y que conlleva un proceso creativo donde no es posible conjugar únicamente *luxes* o factores de reflexión, es necesario tener conceptos o ideas subjetivas sobre los aspectos cualitativos de la luz en el espacio para poder generar propuestas excepcionales. Esto determina no sólo la forma en que se desea iluminar o la intención en una obra, sino los criterios creativos para componer la luz.

Una forma de estudiar dicha composición es como si fuera un elemento material (Plummer, 2014). Por ello, autores como Elías Torres (2004) consideran importante proporcionar herramientas para utilizar la luz de manera compositiva en el espacio. Él por su parte generó un extenso catálogo de las formas de iluminar cenitalmente, bajo conceptos compositivos, subjetivos y creativos. Este es un gran aporte, no sólo por el compendio magnífico de fotografías que se constituyen como ejemplos mucho más fáciles de comprender y aplicar que un diagrama en la creación o análisis

2. Véanse: *La era de la información, La estructura de las revoluciones científicas y La tercera ola* (Castells, 1997; Kuhn, 1971; Toffler, 1979)

3. Estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad desarrollados en diversos países a partir de los años cincuenta. Este tipo de trabajos abordan la relación que la sociedad y sus dinámicas tienen con los recientes desarrollos tecnológicos (Aikenhead, 2005).

e un proyecto, sino porque constituye un enclave que coloca a la iluminación en el centro creador del arquitecto: “es la luz la que da cualidad a los espacios y por lo tanto da paso a la arquitectura por excelencia” (p. 30).

Por otra parte, e íntimamente ligado a la composición de la obra está la percepción que genera. Ya algunos autores han aportado significativamente a comprender la relación de la percepción del espacio y la iluminación. Un ejemplo de ellos es el trabajo de William Lam (1992) *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*, donde ahonda sobre el proceso de percepción visual. Lo cual está directamente relacionado al aspecto semiológico de la arquitectura planteado por Norberg-Schulz en *Intenciones en arquitectura* (1967), donde se abordan conceptos que más adelante integraría Olgay a su teoría, de forma poco exhaustiva, tales como: expectativas, atributos y afectividad. Regresando al texto de Torres, lo interesante de este documento, más allá de la teoría planteada, son los casos de estudio, por medio de lo cual es posible inferir que este tipo de documentos invariablemente se auxilian de las imágenes, tal y como la teoría del arte lo hace. Otro ejemplo de ello es *La arquitectura de la luz natural* de Henry Plummer (2014) un libro de imágenes en formato medio. Un compendio de siete capítulos por medio de los cuales expresa su comprensión del fenómeno: evanescencia, proyección, velos de cristal, atomización, canalización, silencio ambiental y luminiscencia. Un ejemplo más es *Light revealing architecture* de Marietta Millet (1996), donde aborda cómo la iluminación es la que no sólo proporciona la percepción visual del espacio sino que puede tener diversos significados. Resulta un complemento fundamental para estudiar la percepción lumínica de los espacios, sin embargo siguen siendo sumamente heterogéneos los conceptos que usan en comparación a los demás autores de este párrafo, ella lo define así: *light revealing experience*, *light revealing form*, *light revealing space* y *light revealing meaning*. Y así con cada autor, lo cual se puede interpretar que al ser algo tan relacionado a los

procesos creativos o subjetivos de la semiótica resulta complejo unificarlo.

Por otra parte, es importante mencionar que existe una gran cantidad de documentos que mencionan la importancia de la iluminación natural en las edificaciones, más no ahondan mucho más. Estos documentos son un subproducto del desarrollo tecnológico, en el sentido que surgen como consecuencia de la gran contaminación que ha producido el hombre en el último siglo. Los podemos agrupar bajo los conceptos de sostenibilidad, sustentabilidad, ecotecnias, bioconstrucción, etc. En todos y cada uno de ellos se propone diseñar bajo preceptos que tomen en cuenta a la naturaleza, al entorno y a los aspectos biológicos, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de las edificaciones y proveer un mayor confort o funcionalidad con un consumo menor de energía (Zabalza Bibrián y Aranda Usón, 2011). La importancia de dichos documentos para este trabajo radica en que establecen la necesidad de iluminar naturalmente los espacios en contrapropuesta de hacerlo artificialmente. Esto, en consecuencia, reduce el consumo energético y, por tanto, las emisiones nocivas que produce su generación (Wassouf, 2014). Es un sustento que proporciona pertinencia y validez a cualquier investigación seria que trate el tema de la iluminación natural.

Finalmente, la última área que se ha considerado relevante es la simulación arquitectónica. Si bien es cierto que sobre este tema existen muy pocas publicaciones y mucho menos una teoría consolidada representada por autores, es un cúmulo de conocimiento que trata la iluminación arquitectónica y está en constante desarrollo. Sin embargo, las primeras indagaciones indican que este conocimiento surge de las propias empresas generadoras de *software* como Autodesk y que los trabajos de investigación están gestionados de forma corporativa por lo que no existen créditos a personalidades singulares, al menos no de forma pública. Pero cuando se consultan sus páginas oficiales o los tutoriales existe una gran cantidad de teoría, métodos y herramientas, como es el caso del *workflow*. Para este trabajo, lo anterior

ha resultado de suma importancia. La arquitectura contemporánea está determinada, en gran medida, por las herramientas tecnológicas usadas para su proyección y construcción. Además de ser el medio por el cual se puede analizar un espacio antes o después de ser construido a través de modelos virtuales donde se obtienen mediciones sumamente precisas y es posible prever gran cantidad de situaciones, como el consumo energético, en el caso de la simulación energética. Un ejemplo de ello es *Design energy simulation for architects, Guide to 3d graphics* de Anderson (2014). De modo que tratar este conocimiento y relacionarlo no sólo con las otras áreas que esta tesis trabaja sino con la investigación científica, es un aporte más.

A continuación, la Ilustración 1 muestra un esquema que explica de mejor manera cómo están organizadas las áreas del conocimiento y disciplinas que están involucradas. Y la Ilustración 2 muestra los principales documentos publicados que este ensayo considera punta de lanza en el problema a tratar.

METODOLOGÍA: LA PRHÓNESIS DE BEUCHOT

El universo de datos tomado en cuenta es estrictamente de documentos publicados. Es decir que se ha requerido de una herramienta de interpretación, es por ello que se optado por la hermenéutica de Mauricio Beuchot. Añadido a

ILUSTRACIÓN 1. Esquema de las áreas y disciplinas que determinan el estado de los conocimientos actuales



Fuente: elaboración propia.

ILUSTRACIÓN 2. Documentos más recientes sobre el tema



Fuente: elaboración propia.

esto, esta filosofía no sólo se aplica por sí misma a los grupos de textos mencionados, sino que hace dos aportes más. Uno, ofrecer una postura epistemológica contemporánea y local con base en una raíz muy importante del pensamiento científico en las ciencias sociales, Wilhelm Dilthey⁴ por supuesto. Desde quien ha llegado por línea directa una tradición hermenéutica a nuestro autor. Y otro, ofrecer una postura para poder analizar otros aspectos de la iluminación natural que no se tratan en este trabajo.⁵

Como bien lo indica el título de este apartado, el punto que Beuchot ha tomado como partida para exponer su filosofía hermenéutica es la *pr-hónesis*.⁶ La cual propone como esquema o modelo por medio de la cual propone buscar el punto medio entre la equivocidad y univocidad. Sobre la cual apunta lo siguiente:

Es a la ética lo que la interpretación a la hermenéutica, pues es un saber contextualizado, que siempre exige contextualización, y un punto medio virtuoso que es difícil de encontrar y alcanzar. Pero eso es lo propio de la analogía: la proporción, y precisamente la virtud. (Beuchot, 2017, p. 9)

En este sentido continúa explicando por qué es importante la analogía como herramienta para mediar entre una hermenéutica fáctica u ontológica, como la de Heidegger o Gadamer, y una ontología hermenéutica o hermenéutica equivocada, como la de Vattimo o Rorty. Ya que esta herramienta no solo sirve para comparar ambos extremos, sino exige una comparación con la realidad (ontológica) que permita una interpretación abierta pero seria.

4. Al proclamar su postura sobre las que denomina *ciencias del espíritu* (ídem, p. 10)

5. Sería titánico hacer un trabajo que comprendiera todos los aspectos que pueden tener relación con la iluminación natural. Aún si acotásemos el tema a la arquitectura. Ramas como la estética, la teología o la percepción son inagotables; así mismo las cualidades de los materiales, la transmisión energética o los aspectos orgánicos tanto que afectan al hombre como a su entorno.

6. En este punto es importante hacer la aclaración que para esta sucinta explicación se ha tomado como referencia la publicación más reciente de nuestro autor *Perspectivas hermenéuticas* (2017).

Antes de continuar, el autor ofrece una importante y camuflada nota, un párrafo que es de suma importancia al momento de la aplicación práctica de este conocimiento. Hace referencia a la intencionalidad del autor y la subjetividad del lector:

No podemos dar toda la preferencia al autor, pues siempre se inmiscuye la subjetividad del lector; pero tampoco podemos dar toda la preferencia al lector, so pena de perder la objetividad y hacer injusticia al autor. Tenemos que tratar de recuperar la intencionalidad del autor (*intentio auctoris*) sabiendo de antemano que va a predominar la intencionalidad del lector (*intentio lectoris*), pero no demasiado en esa intencionalidad del texto, como la llama Humberto Eco (*intentio operis*, a la que podríamos llamar *intentio textus*) (Beuchot, 2017, p. 12).

Ahora se continúa explicando la herramienta propuesta, la analogía. La cual es intrínsecamente proporción. Donde cada una de las partes tiene su *portio* para obtener y guardar su *pro-portio*. Es decir una relación con el todo. Esta tipo de analogía puede ser de dos maneras: una simple y una compuesta. La primera marca una jerarquía entre un analogado principal y uno secundario. Donde, por ejemplo, exista una traslación de atribuciones. Por ejemplo *sano* se aplica a un organismo en una jerarquía principal, y en una analogía secundaria sería *una administración sana de la empresa*. La segunda, compuesta, no tiene esta traslación de analogía, sino que compara dos proporciones simples relacionadas directamente. En este tipo de analogía no se ve una jerarquía sino una proporcionalidad más marcada, un más y un menos. Un ejemplo puede ser “la risa es al hombre lo que las flores al prado”, por eso es posible entender la metáfora “el prado ríe” (pp. 14-15).

Además de poder ser simple o compuesta, la analogía también es una herramienta que “tiene un polo metonímico y otro metafórico, lo cual permite textos científicos y textos literarios”⁷

7. Tal enfoque resulta de suma importancia para comprender este trabajo, ya que la iluminación tiene por un lado

preservando tanto el sentido literal como el alegórico, predominando el segundo. Esta perspectiva nos indica que la hermenéutica puede oscilar entre la metonimia (más apegado al aspecto científico) y la metáfora (más apegado al aspecto literario) (p. 17). Donde la metonimia es el “empleo de una palabra en sentido distinto del que propiamente le corresponde tomando el efecto por la causa o viceversa”. Y la metáfora es la “traslación del sentido recto de una voz a otro figurado, en virtud de una comparación tácita”.⁸

Sin embargo, esta analogía o comparación constante no sólo se vale de la metáfora y la metonimia, también puede valerse de los contrarios, con los opuestos. Y es por ello que conlleva un fuerte componente dialéctico. Pero no de una dialéctica hegeliana que llega a una conciliación de las partes, sino más bien una dialéctica inconclusa que vive de la atención de los opuestos. Como la de Heráclito o Nietzsche que plantean la coexistencia de los opuestos como el fuego y el leño el arco y la lira (p. 18).

Finalmente nos propone una herramienta más de la analogía para la hermenéutica: la iconicidad. Ya que esta está muy relacionada con la analogía se puede decir que hay una analogía-icónica que puede ser basada en el sistema establecido por Pierce, donde el ícono es un signo que se divide en imagen, diagrama y metáfora. Por medio de esta herramienta es posible ser consiente y determinar que cuando se hace una interpretación más metonímica se usará un sentido más literal que requiera más del texto. Pero si se hace una interpretación más bien metafórica, será más alegórica y en consiguiente podría ser más preciso usar diagramas o imágenes.

Estos son esencialmente los postulados de Mauricio Beuchot, los cuales determinan cómo y por qué se interpretan ciertos textos o imágenes. Y por qué es importante la comparación constante. Misma que también está planteada en el

pensamiento de Kuhn, quien además insiste en la comparación con la realidad que en Beuchot se interpreta como lo ontológico.

MARCO TEÓRICO

Como punto de partida de este trabajo se ha establecido la teoría del diseño lumínico presentada por Egan y Olgyay, ya que se considera no sólo el punto de partida de gran cantidad de autores, sino la más completa y aceptada por las academias. De manera que adelante se describe en muy sintética forma sus planteamientos, con el fin de compararlos con lo que este ensayo considera el corpus de conocimiento (planteado en los antecedentes) que debería ser tomado en cuenta para replantear en un futuro una teoría más integral.

EL DISEÑO LUMÍNICO DE EGAN Y OLGAY

En contraparte al apartado anterior y cómo se ha mencionado antes, el trabajo de Olgyay será el punto de partida como parámetro de los conocimientos sobre cuáles son los fundamentos físicos para diseñar la luz. Así pues, este trabajo se convierte en una propuesta para ligar el conocimiento de las ciencias duras con las ciencias humanas, aglutinando el conocimiento sobre iluminación natural que no se encuentra dentro de un solo tratado de iluminación. Esto deberá dar paso a consolidar un área de estudio con la misma fuerza que una luz y arquitectura.

Los fundamentos físicos expuestos en su obra son y seguirán siendo el principal punto de partida del diseño de iluminación natural. Sin embargo, es importante mencionar que su obra se basa en diversas disciplinas, las cuales deben ser estudiadas de igual manera al momento de hacer práctico el conocimiento derivado de sus publicaciones. Tal es el ejemplo de la cantidad de iluminación necesaria para una actividad determinada, en sus libros es posible encontrar como diseñarla, pero el dato exacto es propio de otros documentos como: *Human factors in lighting* de Peter Boyce.

un fuerte componente físico y por otro lado un fuerte componente esotérico o ideológico. Por lo que resulta indispensable mantenerse en un punto medio no sólo cuando se analizan los edificios, sino cuando se escribe sobre ellos, se diseñan o se presentan.

8. Definiciones tomadas de la RAE 22ª ed.

VISIÓN Y PERCEPCIÓN

Para poder diseñar la iluminación es necesario tener en cuenta una gran cantidad de factores. Mismos que, por un lado, pueden ser cuantificados y por otro, cualificados. El diseñador, entonces, debe tomar elementos de ambos polos para así lograr una percepción integral y eficaz. Para lograrlo existe una gran cantidad de información disponible que a lo largo de los años los autores han consolidado en un vasto conocimiento del cual se muestran a continuación los puntos más esenciales, los cuales dan paso a las subsecuentes reflexiones de este trabajo. Es importante remarcar el carácter sucinto de este apartado, ya que la cantidad de información que existe sobre los fundamentos de teóricos y prácticos presentados por los autores es vasta. Sin embargo, es posible notar que la gran mayoría de científicos que tratan el diseño de iluminación, incluso hoy, plantean la misma estructura. Es por esto que no sólo se ha llegado a considerar como un área aparte de la arquitectura, sino que podría decirse que ha llegado a ser una ciencia normal. Sin más a continuación, se abordan los principales puntos que definen esta teoría.

La experiencia visual es una combinación de la vista y la interpretación, donde actúan los ojos y el cerebro. Es por ello que resulta ser un fenómeno complejo el cual puede ser estudiado por la percepción. La vista nos permite comprender el entorno filtrando la información que se percibe, en este sentido es importante considerar el ruido (visual) y los puntos focales que el entorno nos provee son de gran importancia. Por ello para conseguir una experiencia visual satisfactoria se deben reducir las distracciones y orientar adecuadamente los puntos focales (Egan y Olgyay, 2002, p. 2).

Según el autor “podemos considerar que nuestras habilidades de percepción tienen tres componentes: atributivos, expectativos y afectivos” (ídem, p. 4). El primero está relacionado al significado que se le da a lo percibido de acuerdo a las experiencias previas que se tengan. Esto incluye el reconocimiento de formas, patrones y clasificaciones generales del entorno. El segundo,

la expectativa, resulta un fuerte modificador del significado que se le pueda dar a algo. La predisposición a encontrar algo que se conoce o considerar magnánimo algo nuevo es determinante. Y finalmente, el factor afectivo. El cual determina cómo respondemos ante un entorno, cómo comprendemos la experiencia. Por ejemplo, un cuarto demasiado liso puede parecer aburrido o triste. Es posible decir qué componente está afectado por los sentimientos.

Sin embargo el autor no ofrece mucho más acerca de la teoría de la percepción, en cambio hace un extenso repaso por la gran cantidad de factores ópticos que influyen en la visión, desde un punto de vista estrictamente fisiológico. Por ejemplo, los grados de reflexión y refracción que un vidrio tiene y su efecto tanto en el día y la noche, el deslumbramiento (se cita en el trabajo un estudio sobre el deslumbramiento al transitar de un espacio a otro y también uno que analiza sus afecciones en el trabajo; por tanto es un punto muy importante a considerar, ya que al tener un especial interés de investigación es muy probable que sea un error común de diseño), la adaptabilidad del ojo ante diversas situaciones lumínicas medidas en tiempo de reacción y valoración general, entre muchos otros. El grado de comprensión de esta información es profundo y específico. Se conocen gran cantidad de reacciones orgánicas que se generan ante las condiciones de iluminación, por ejemplo las líneas de visión, los ángulos de visión, cantidades de luz para realizar diversas actividades, los tipos de deslumbramiento, etc. Esta información proporciona al diseñador un panorama general de los efectos que una determinada iluminación tiene en el espacio y cómo este espacio se relaciona con el usuario. Para comprender por qué se dan estos efectos es necesario adentrarse en las profundidades del ojo. Es por ello que el autor describe las partes que posee y su función. Esto explica por qué y cómo sucede la visión del entorno, así como algunos trastornos visuales, como por ejemplo las ocurridas en la vejez (ídem, cap. 1).

LAS PROPIEDADES DE LA LUZ

Para estos autores y la gran mayoría, la luz se entiende como ondas de un espectro electromagnético. Esta aclaración es importante, ya que los paradigmas sobre su estudio han sido fluctuantes y siguen en desarrollo. Actualmente existen estudios que consideran la luz como fotones. Sin embargo la teoría, métodos y aparatos de medición que se aplican en la iluminación aún no están basados en esta nueva información. Es por ello que en los libros de iluminación siempre se explica que el espectro visible es una pequeña fracción de la radiación y que entre más corta la frecuencia de onda es infrarroja y entre más larga es ultravioleta, sin embargo la escala es mucho más amplia hasta llegar a los rayos gama o las ondas de radio. Otro aspecto importante es la energía que tiene la luz, que al ser una onda, tal y como el sonido, se distribuye a un cuarto de intensidad al duplicar la distancia. Esto resulta fundamental ya que una fuente de luz a una cierta distancia ilumina un área con una determinada intensidad, pero si alejamos la luz de esa área la intensidad decrece de forma cuadrática. De modo que no tiene una relación proporcional y, por lo tanto, para eliminar de igual manera un área más grande se necesita no el doble sino el cuádruple de la energía.

Existen gran cantidad de aspectos geométricos de la luz. Se ha establecido su carácter vectorial para poder analizarla. En este sentido se comporta de forma muy parecida al mismo. Existe, por ejemplo, la dirección de la luz con respecto a la fuente, las diferentes reflexiones y refracciones que tiene respecto a la superficie, entre otros. En este punto es interesante reflexionar sobre esta forma tan elemental de comprender los efectos de la luz en los espacios. Es bastante claro cuando se hace un análisis muy elemental, ya que resulta muy evidente, por ejemplo un rayo de luz solar. Este es recto y tiene una intensidad y si apunta a un espejo se refleja con un ángulo. Sin embargo en un objeto arquitectónico como una habitación, el cual recibe luz de directa, luz del cielo y luz de todos los materiales circundantes el modelo se hace imposible de manejar sin el auxilio de un

software especializado, el cual puede hacer visible de forma sencilla un complejo modelo matemático para entender el efecto preciso que se ha de producir. Es por ello que este trabajo propone integrar la proyección asistida por computador a la teoría general. Ya que si bien es importante comprender estos fundamentos físico-geométricos, es imposible tener una aplicación precisa y eficaz sin asisternos de un ordenador. Resultado de ello son iluminaciones mágicas como el Reichstagsgebäude o el Broad Art Museum, las cuales responden a las solicitudes arquitectónicas actuales y hubiera sido imposible construirlas sin el CAD y el BPS.

Actualmente existen gran cantidad de medidas para evaluar la iluminación de un espacio y fuentes de iluminación algunas son la luminancia medida en candela por metro cuadrado (cd/m^2), la candela, el lumen y el lux del SI.⁹ La primera cuantifica la intensidad luminosa en una dirección dada (cd), la segunda es la cantidad total de luz emitida por una fuente de luz o recibida por una superficie iluminada (lm) y la tercera se utiliza para describir la iluminancia de una superficie (la cantidad de luz que recibe) (Innes, 2012). Y finalmente una medida que está más relacionada con la percepción y que si bien no varía mucho en la iluminación proveniente del sol, sí varía mucho en las fuentes artificiales, el grado Kelvin [$^{\circ}\text{K}$], el cual determina cómo se perciben los colores en con una determinada fuente. Por ejemplo la flama de un pabilo de parafina produce una temperatura de color de alrededor de $3000\text{ }^{\circ}\text{k}$ por lo que vemos tonos amarillos, la luz del sol al medio día posee alrededor de $5500\text{ }^{\circ}\text{k}$ con lo que veríamos los tonos “naturales” a los que estamos acostumbrados y una lámpara fluorescente podría estar por los $8000\text{ }^{\circ}\text{k}$ por lo que vemos todos azulados. Estas son las principales medidas con las cuales se puede analizar o diseñar la iluminación de un espacio (idem, cap. 2).

9. Sistema Internacional de Unidades.

LUZ NATURAL EN LOS EDIFICIOS

La luz natural es una gran fuente de energía, puede embellecer los espacios como ninguna otra y generar experiencias placenteras. Además de ello, es necesaria para satisfacer tanto aspectos fisiológicos como psicológicos para el humano. Además de ser un importante elemento para la sanitización de espacios y regular el clima interior. Su uso también reduce los consumos de energía para iluminar por medio de otras fuentes. Sin embargo, presenta una gran cantidad de desafíos. Ya que no sólo es dinámica y dependiente del clima sino que además aporta calor, puede provocar contrastes muy altos y deslumbramientos, así como la degradación de materiales. Es por ello que el manejo preciso de la luz natural es fundamental para un buen diseño. Actualmente, el pensamiento sustentable es un importante promotor de su aplicación. Sin embargo, al plantear retos de diseño complejos suele relegarse a papeles secundarios sustituida por la iluminación eléctrica.

Las condiciones de iluminación solar afectan al edificio tanto de una forma directa como indirecta. Es decir que no se puede considerar el sol como una fuente directa de luz, ya que existen otros dos componentes que determinan la cantidad y calidad de luz que ha de penetrar a un espacio. Una, la meteorología; no es lo mismo un día despejado, en el cual los rayos solares son directos y un día con neblina, donde la luz puede ser muy intensa también pero difusa. Y otro el entono, todo lo que rodea a una abertura (ventana) permite la incidencia lumínica hacia ésta, de modo que una ventana que está en un bosque recibe reflejos del color del bosque y mucha menos luz que una que se encuentra frente a un estacionamiento pavimentado con concreto el cual reflejara fuertemente el sol. En las ciudades, principalmente las zonas de mayor crecimiento vertical, esto requiere especial atención, no sólo por las sombra que se tengan sino por los reflejos de las fachadas y pavimentos circundantes. El sol incide de muy diferentes formas cada locación específica. Los principales factores a tener en cuenta son la cantidad de horas de luz, horas de entrada y salida, así como el ángulo de altitud.

Esto también puede verse afectado por la orografía del territorio.

Los autores hacen una diferenciación entre iluminación de día y radiación solar (*sunlight, daylight*) para tratar de manera diferente las aberturas. Donde la primera tomará en cuenta el sol y la segunda la luz del cielo (*skylight*). Este punto resulta llamativo porque existe, a nivel teórico, poca diferenciación de estos tipos de luz. En este punto es donde pueden integrarse conocimientos de otras disciplinas, como la animación fotorealista. Ya que como indica Richar Yot la iluminación del cielo y la reflejada son fundamentales. Las cuales dan carácter al objeto y siempre están ahí (Yot, 2011, p. 13). Todas las obras, aunque no hayan considerado conscientemente estos tipos de luz, son parte fundamental para comprender el fenómeno en su totalidad.

Es posible entonces reconocer la complejidad de la iluminación natural. Hasta este punto se han considerado lo que probablemente sean los principales elementos a tener en cuenta para diseñar. Y tan solo de cada uno de ellos es posible extraer una infinidad de recursos científicos y artísticos que permitan dar una solución a una intención determinada. Así que el autor subsiguientemente proporciona algunas estrategias para alcanzar los diversos cometidos propuestos por la composición que se desee tener; en las cuales se analizan tipos de aberturas, ubicación de las mismas, su forma y los tratamientos que pueden dársele. En este aspecto resulta sumamente ilustrativo. Las soluciones que propone son un excelente punto de partida para estudiantes de esta área. Sin embargo las alternativas son infinitas y es en este sentido que se requiere una teoría que coadyuve de mejor manera al estudiante y al profesional a trasladar el conocimiento de los fundamentos del diseño con la intención creativa. Al lograrlo se han de conseguir muchas metas, por un lado eficientar el consumo energético, por otro satisfacer necesidades fisiológicas y psicológicas y finalmente dotar a la arquitectura de un elemento bello y creativo (idem, cap. 3).

RESULTADOS

Se presenta la propuesta de la agrupación en áreas del conocimiento de los textos, los textos tomados en cuenta y una crítica breve sobre su contenido. En estas mismas líneas se infieren los aportes que cada una de ellas hace a la construcción de un nuevo conocimiento.

SUSTENTABILIDAD E ILUMINACIÓN NATURAL

El excesivo uso de la electricidad y las nuevas fuentes energéticas (principalmente los hidrocarburos) en un principio fueron parte de un *boom* del que todos querían participar. Y al menos hasta hace 40 años así era. Sin embargo esto no podría ser sin consecuencias para el propio ser humano, la sociedad y el planeta. Actualmente casi cualquier persona está familiarizada con los términos ecológico, sostenible, sustentable, etc. Ya que se espera reducir el impacto ambiental que la humanidad ha tenido sobre la naturaleza. Agua, aire y tierra están en crisis a lo largo y ancho del planeta. Y la arquitectura es un funesto causante de tanto deterioro. Es por ello que se intentan implementar certificaciones como LEED¹⁰ con el fin ulterior de reducir las emisiones de la construcción al ambiente. Sin embargo sigue siendo una solución que requiere de la misma tecnología y modelo económico que tanto perjuicio ha hecho. Incluso muchos edificios antiguos poseen mejores características en materia de ahorro energético que muchos certificados por LEED. De esto nos hablan Michael Mehaffy y Nikos Salingaros en su artículo “Por qué la arquitectura verde pocas veces merece su nombre” (2013). Sostienen que muchas de las certificaciones actuales no son la solución a los problemas ambientales globales.

Aun así, parte importante de estas mismas certificaciones es la iluminación natural de los espacios. Pero esto ni es nuevo ni es parte de una “certificación corporativa”. Arquitectura y luz han estado siempre íntimamente ligadas, como ya se ha mencionado antes. Sin embargo en la ac-

tualidad gran cantidad de edificios son pobres en esta materia. Aunque a decir verdad son pobres en muchos otros aspectos. Sin embargo ¿cómo es posible esto, aun existiendo tanta teoría? Una razón, al menos en materia de iluminación natural, podría ser que —como se plantea al principio— hay poco interés en enseñarla. Otra razón puede ser que no exista una *teoría* que englobe los nuevos conocimientos y proponga una forma de ser aplicados en la práctica. De cualquier manera, se puede identificar que no existen conexiones entre las diversas áreas del conocimiento planteadas en la Tabla 1 lo cual en los documentos que constituyen este apartado se ve reflejado en la falta de argumentos y recomendaciones. Esto podría ser evitado si existiera una teoría consolidada que fuera alimentada constantemente y a la cual hicieran referencia. Algunos documentos sobresalientes en este apartado son:

TABLA 1. Documentos representativos en el área de la sustentabilidad

Autores	Año	Título
Yeang, Ken	1995	Proyectar con la naturaleza
Varios	2008	Un Vitrubio ecológico, principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible
Velux group	2010	Daylight, Energy and Indoor Climate Basic Book
Wassouf, Micheel	2014	De la casa pasiva al estándar PASSIVHAUS
Zabalza Bibrián, Ignacio; Aranda Usón, Alfonso	2011	Ecodiseño de la edificación
Olgay, Victor W.	2016	Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas

Fuente: Elaboración propia.

ILUMINACIÓN NATURAL COMO ELEMENTO DE LA PERCEPCIÓN

Existe un pequeño pero creciente grupo de documentos que comprenden la iluminación natural en arquitectura como un elemento compositivo

10. Leadership in Energy and Environmental Design, provisto por el US Green Building Council.

que afecta la percepción del espacio. Son documentos que tratan el tema de desde disciplinas como la psicología, la semántica, la percepción; para analizar o diseñar la experiencia que provoca dentro de los espacios. Y donde es posible explicar la luz por medio de conceptos meramente subjetivos y cualitativos. Estos conceptos o ideas pueden ser expresados de manera gráfica en el desarrollo del proyecto arquitectónico a manera de dibujos, bocetos o modelos poco exactos cuyo objetivo no es dar una idea exacta del objeto final. Es por ello que se notará como estos documentos suelen auxiliarse de imágenes o ilustraciones para expresar de mejor manera sus ideas.

En este punto es importante mencionar que la gran mayoría cita como punto de partida las ideas de Norberg-Schulz, lo cual no es fortuito: en sus documentos cita la iluminación natural constantemente para ejemplificar sus ideas, ya que es un componente significativo de la percepción integral de la arquitectura, y por ende del significado o intención que desea transmitir. Este es el carácter que los documentos de considerados en este apartado poseen. Ya sea como una recomendación para el proyecto o un análisis. Algunos documentos sobresalientes en este apartado son:

TABLA 2. Documentos representativos en el área de la percepción

Autores	Año	Título
Lam, William M.C.	1992	Perception and lighting as forgivers for architecture
Millet, Marietta S.	1996	Light revealing architecture
Torres, Elías	2004	Luz cenital
Yot, Richard	2011	Guía para usar la luz
Plummer, Henry	2014	La arquitectura de la luz natural
Capanni, Fabio	2017	Architecture and light

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL EN ARQUITECTURA, UN ÁREA DE CONOCIMIENTO CONSOLIDADA

Esta área del conocimiento integra los documentos que tratan sobre los fundamentos físicos que permiten el diseño lumínico. El cual compone la mayoría de las publicaciones encontradas y podría considerarse, en palabras de Khun, como una *ciencia normal*, ya que existe una serie de paradigmas de común acuerdo entre diversos autores, tiene sus propias metodologías y aparatos de medición y experimentación. Es, por lo tanto, un área que con base en los planteamientos anteriores, comienza a presentar anomalías. Por un lado, existen coincidencias entre los autores al integrar nuevas variables a la teoría, resultado de la propia experimentación; y por otro, hay un fuerte componente energético que promueve un predominio de la iluminación natural sobre la eléctrica, lo cual demanda más investigación e información que fomente sus aplicaciones. Un documento representativo de esta área podría ser *Iluminación en interiorismo* de Malcolm Innes¹¹ (2012, pp. 126-129), donde no sólo se analizan ampliamente la luz y sus efectos en los objetos, sino que propone un proceso de diseño que se integra a las fases del diseño arquitectónico de forma integral. Este documento es un compendio muy completo, que representa los conocimientos actuales de esta categoría. Sin embargo existen muchos otros, algunos documentos sobresalientes en este apartado son los mostrados a continuación en la tabla 3. La estructura de dichos documentos es más o menos la misma: visión humana y percepción, las propiedades de la luz solar y el manejo de la luz dentro de los edificios. Principalmente desde una perspectiva cuantitativa. Con la información proporcionada en los textos de esta categoría es posible conocer las propiedades físicas de la luz y los fundamentos para su diseño. Aunque, como se ha dicho antes, poseen una conexión poco directa con el proceso creativo arquitectónico.

11. Reconocido diseñador y profesor (Universidad Naiper, Edimburgo) de carácter internacional en iluminación.

TABLA 3. Documentos representativos
en el área de diseño

Autores	Año	Título
Egan, M. David; Olgyay, Victor W.	2002	Architectural lighting
Velux group	2010	Daylight, Energy and Indoor Climate Basic Book
Descottes, Hervé Ramos, Cecilia E.	2011	Architectural Lighting Designing with Light and Space
Innes, Malcom	2012	Iluminación en interiorismo
Martín Monroy, Manuel	2006	Manual de la iluminación
Ávila Ramírez, David Carlos	2015	La iluminación natural, hacia la eficiencia energética de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia.

SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA LA ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA

Encontrar información científica y teórica para fundamentar este apartado es una tarea compleja, ya que requiere salirse de la perspectiva científica y retomar la praxis. Resulta evidente, si se piensa que es un área de aplicación práctica. Sin embargo, posee tal grado de especialización que demanda un particular interés. Las arquitecturas actuales no podrían ser sin las herramientas de proyección y construcción de esta época. Formas complejas, diseños estructurales desafiantes y de todo tipo de ingenierías aplicadas modelan los edificios del entorno. Todo proyecto o análisis pasa siempre por la interfaz de un *software* y muestra una imagen producto de algoritmos diseñados con una intención muy definida. Esto con seguridad ha de modificar la percepción y el diseño y en consiguiente determina en una cierta medida el producto final.

Integrar este apartado al ensayo es fundamental para ofrecer un panorama completo sobre el tratamiento del tema en todas las áreas de la arquitectura. Cualquier *software* de BPS¹² o BIM¹³

12. Building Performance Simulation

13. Building Information Management

(tales como Revit, Ecotect, Rihno, Sketchup...) posee las variables lumínicas, tanto naturales como artificiales. Sin embargo, como su nombre lo dice, son herramientas del CAD¹⁴ para asistir el diseño. Lo cual, dicho de paso, ha generado una amplia controversia basada en la diferenciación del proceso creativo análogo-digital. Hoy, según lo plantea David Ávila, los alumnos se ponen a diseñar sentados en el ordenador, sumando áreas y acomodando gráficamente los componentes del proyecto sin tener en cuenta elementos relativos, compositivos, etc. Valores que sólo nos puede dar el conocimiento de la teoría de la arquitectura. Consecuencia de ello es una arquitectura¹⁵ tan tecnológica que ha reducido su conexión con el sentido teórico. Así lo consideran docentes del CIMA¹⁶ quienes sostienen que la teoría de la arquitectura está en crisis. Según ellos, esto es posible verlo en los planes de estudio de diversas escuelas de arquitectura, que han reducido drásticamente las clases teóricas reemplazándolas por cursos técnicos. Es esta una fuerte razón por la que la arquitectura actual presenta gran cantidad de problemas de diversas índoles: sociales, naturales, económicos, etcétera.

Entonces, integrar este conocimiento a una perspectiva general del tema es una propuesta que busca conciliar polos imprescindibles, aparentemente opuestos, para dar a cada uno un lugar pertinente, de forma incluyente y multidisciplinaria. Además de promover la propia teorización sobre el *software* y su uso, ya que —como se menciona al principio— resulta sumamente complejo tratar esta información. La razón de ello probablemente sea que los programas computacionales están desarrollados por firmas de tales como Autodesk, Robert McNeel & Associates o Google, quienes tienen políticas

14. Computer-Aided Design

15. Término acuñado por Manuel Martín, extraído del documento *La tarea de los arquitectos* (2001) donde propone llamar con este sustantivo a todo aquello en relación a la generación de arquitectura.

16. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial, cuerpo académico consolidado PROMEP (Programa de Mejoramiento del Profesorado) perteneciente a la Universidad de Guadalajara.

de confidencialidad muy estrictas. Algunos documentos sobresalientes en este apartado son:

TABLA 4. Documentos representativos en el área de *software*

Autores	Año	Título
Bambardekar, Suhas Poerschke, Ute	2009	The Architect As Performer of Energy Simulation in the Performance Based Design
Hetherington, Robina	2013	The Integration of Architectural Design and Energy Modelling Software
Anderson, Kjell	2014	Design energy simulation for architects: Guide to 3D graphics

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS

Aikenhead, G. (2005). “Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame”. *Educación Química*, 16, 114-124.

Anderson, K. (2014). *Design energy simulation for architects: Guide to 3D graphics*. New York: Routledge.

Arteaga, A., Medellín, E. y Santos, M. J. (1995). “Dimensiones sociales del cambio tecnológico”. *Nueva Antropología*.

Ávila Ramírez, D. C. (2015). *La iluminación natural, hacia la eficiencia energética de las edificaciones*. Guadalajara: Comité Editorial de la Red de Vivienda Conacyt.

Bambardekar, S. y Poerschke, U. (2009). “The Architect As Performer of Energy Simulation in the Performance Based Design”. *Eleventh International IBPSA Conference*, (January 2009), 1306-1313. Retrieved from http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_1306_1313.pdf

Beuchot, M. (2017). *Perspectivas hermenéuticas*. Ciudad de México: Siglo XXI Editores.

Capanni, F. (2017). *Architecture and light*. Siracusa: Lettera Ventidue.

Castells, M. (1997). *La era de la información: economía, sociedad y cultura; La sociedad red* (Vol. I). Madrid: Alianza Editorial.

Descottes, H. y Ramos, C. E. (2011). *Architectural Lighting Designing with Light and Space*. New York: Pinceton Architectural Press.

Egan, M. D. y Olgyay, V. W. (2002). *Architectural Lighting* (Second). New York: McGraw-Hill.

Hernández Pezzi, C. (2008). *Un Vitruvio ecológico, principios y practica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.

Hetherington, R. (2013). *The Integration of Architectural Design and Energy Modelling Software*. The Open University.

Innes, M. (2012). *Iluminación en interiorismo*. Londres: BLUME.

Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México D.F.: FCE.

Lam, W. M. C. (1992). *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Luján L., J. L. y M. (1996). “El cambio tecnológico en las ciencias sociales: el estado de la cuestión”. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 74, 127-161.

Martín Hernández, M. J. (2001). *La tarea de los arquitectos*. Bansa.

Martín Monroy, M. (2006). *Manual de la iluminación*. Ayuntamiento de Las Palmas Gran Canaria.

Mehaffy, M. y Salingaros, N. (2013). “Por qué la arquitectura verde pocas veces merece su nombre”. *Arch Daily*.

Millet, M. S. (1996). *Light revealing architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Norberg-Schulz, C. (1967). *Intenciones en arquitectura*. Oslo: Gustavo Gili.

Olgyay, V. W. (2016). *Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili.

Plummer, H. (2014). *La arquitectura de la luz natural*. Barcelona: BLUME.

Teixeira, L. (2014). “Experimental study of the ocular behaviour in office workers as a visual comfort indicator in glare risk situations”. *International Journal on Working Conditions*, 7.

Toffler, A. (1979). *La tercera ola*. Bogotá: Plaza & Janes S.A. Editores.

Torres, E. (2004). *Luz cenital*. Catalunya: CoAC.

Velux Group. (2010). *Daylight, Energy and Indoor Climate Basic Book*. VELUX.

Wassouf, M. (2014). *De la casa pasiva al estandar PASSIVHAUS*. Barcelona: Gustavo Gili.

Yeang, K. (1995). *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: McGraw-Hill.

Yot, R. (2011). *Guía para usar la LUZ*. Barcelona: BLUME.

Zabalza Bibrián, I. y Aranda Usón, A. (2011). *Eco-diseño de la edificación*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.