

Tecnologías disruptivas y nuevos paradigmas en iluminación y diseño



Carlos Augusto Zoppi, Pablo Bobatto, Mariano Alfredo Cortadi, Ana Carla Melacrino, Silvina Figueroa

Palabras clave: Tecnologías disruptivas, Desarrollo sostenible, Iluminación, Diseño.

Introducción

En el mundo contemporáneo, la creciente urbanización y el consecuente agotamiento de las energías no renovables, condujo a partir de los '70 a la toma de conciencia ambiental. No solo se puso en crisis la utilización de las fuentes de energía convencionales, sino que impulsó la investigación y desarrollo de nuevas fuentes luminosas artificiales mejorando la eficiencia energética, parámetros vinculados al color y aspectos expresivos de la luz.

En los últimos años ese proceso se ha acelerado, con tecnologías disruptivas que han venido a revolucionar, y en consecuencia a replantear conceptos, como también la información fotométrica disponible para interpretar las fuentes luminosas artificiales y han impactado en el diseño cambiando los paradigmas de la iluminación.

La tecnología disruptiva se puede definir como una innovación que ayuda a crear una nueva red de valor y que eventualmente interrumpe el mercado actual (en unos pocos años o décadas), desplazando una tecnología anterior. Según Cruz Sánchez (2017) “El término tecnologías disruptivas fue abordada inicialmente por Clayton Christensen en el artículo Tecnologías disruptivas: atrapando la ola (Bower & Christensen, 1995) con el fin de explicar el impacto que tienen diferentes clases de innovaciones tecnológicas; sin embargo, su definición se extendió en su libro seminal *The Innovator's Dilemma* haciendo un gran aporte a la literatura, impactando tanto en el mundo de los negocios, como en la comunidad académica (Tellis, 2006)”. La tecnología LED (Light Emitting Diode) para

iluminación es un caso representativo de lo que ésta ha provocado.

En el campo de la iluminación se disponen de diferentes tecnologías para conseguir una fuente de luz artificial; así las tradicionalmente lámparas incandescentes y de descarga gaseosa. Con los LED aparece un nuevo principio de generación de luz producida desde dispositivos en estado sólido, del acrónimo en inglés SSL (Solid State Lighting).

Para comprender el panorama de innovación en iluminación y transición tecnológica, precisaremos dos conceptos: Las innovaciones evolutivas hacen pequeños cambios, en cambio las disruptivas producen grandes cambios que llegan a variar el paradigma tecnológico e impactan también en el diseño. Normalmente las tecnologías disruptivas aparecen mucho tiempo antes de tener su mayor impacto sobre los sectores afectados. Esto es lo que ha ocurrido con la tecnología LED en el campo de la iluminación, especialmente en las aplicaciones para su uso en espacios interiores y alumbrado público.

En relación a las innovaciones evolutivas y disruptivas, citadas anteriormente, la estrategia que se ha adoptado en el mercado mundial de iluminación se ha dividido en: *Retrofit*, que consiste en el aprovechamiento de las instalaciones existentes y el reemplazo de una fuente luminosa de tecnología tradicional y reemplazo por otra con tecnología LED tratando de adaptarse por formas y tamaños a los artefactos existentes. La denominada *Ledfit*, que se basa en el diseño de productos y espacios específicos para incorporar la tecnología LED y en consecuencia induce a la investigación, exploración proyectual y producción de nuevas luminarias y espacios arquitectónicos. Actualmente, nos encontramos transitando etapas tal lo expresa Alfred Sá (2015) “Vivimos un apasionante momento de transición definido por una potente emergencia tecnológica y con un corpus práctico aún no establecido”.

Ante este panorama es donde se desarrolla este proyecto de investigación, recopilando, sistematizando, interpretando la información para así obtener parámetros de comparación y posibles aplicaciones al campo del diseño, y particularmente la actualización de contenidos para la enseñanza de la Luminotecnia y el diseño de iluminación.

Por ello, se establecen criterios de valoración estudiando luminarias, productos y espacios y para ello el punto de partida son las décadas del ochenta y noventa por las grandes disrupciones en este campo, primero brindada por la innovación evolutiva donde las lámparas fluorescentes compactas y las halogenadas comenzaron este camino. En relación al análisis de los artefactos y espacios, se circunscribe el proyecto a la última década, coincidente con las propuestas innovativas en diseño y con la estrategia comercial *Ledfit*.

Desarrollo Objetivos:

♣ Abordar desde una perspectiva integradora los diferentes parámetros que intervienen en el diseño de iluminación en relación a la tecnología LED, superando los aspectos meramente cuantitativos.

Objetivos específicos:

♣ Reconocer el impacto ambiental que las tecnologías disruptivas tienen en la iluminación y el diseño contemporáneo.

♣ Interpretar y actualizar los contenidos específicos para la enseñanza de la

Luminotecnia en las carreras de Arquitectura y Diseño Industrial.

La **metodología** seguida para este trabajo consistió en:

1- La construcción de un marco conceptual:

Partiendo desde la consideración de la sustentabilidad ambiental y su relación con la eficiencia energética, donde las tecnologías de iluminación son un factor importante de ciertos desequilibrios.

Se definieron los conceptos de innovación evolutiva y disruptiva, como también las estrategias *Retrofit* y *Ledfit* desde donde abordar los relevamientos y análisis de casos. Bajo el concepto de innovación evolutiva se agruparon las fuentes luminosas incandescentes halógenas, fluorescentes compactas (bajo consumo) y las de descarga gaseosa halogenadas, todas ellas surgidas a partir de mediados de la década del 80 y con una fuerte presencia en el mercado durante los '90 hasta los primeros años del siglo XXI. La tecnología LED ha sido considerada una innovación disruptiva por los cambios respecto a las otras fuentes luminosas, no solo por la forma de producir luz, sino por aspectos funcionales, dimensionales, perceptuales, entre otros. (Figura 1) Estos han cambiado el paradigma tecnológico, por lo anteriormente expresado, pero particularmente con los LED aparece un nuevo principio de generación de luz producida con dispositivos en estado sólido, del acrónimo en inglés SSL (Solid State Lighting).



Figura 1 – Tipos de lámparas por principios de funcionamiento

En este marco teórico, se definieron parámetros luminotécnicos (Figura 2) diferenciando los de carácter cuantitativo de los cualitativos, como una manera de poder comparar los cambios y permanencias de ellos y la aparición de nuevos parámetros y códigos para interpretar la información brindada por los fabricantes.



Figura 2 – Parámetros de comparación de lámparas

De manera particular se profundizó en las características tecnológicas y funcionales de los LEDs, por considerárselos representativos de las tecnologías e innovaciones disruptivas. Además de indagar sobre los cambios producidos no solo a nivel tecnológico, sino a nivel expresivo y de diseño, poder comprender los impactos ambientales de las diferentes fuentes luminosas en función de los componentes utilizados y su ciclo de vida.

Para conceptualizar los ámbitos de aplicación de estas tecnologías, se abordaron algunas consideraciones de la arquitectura contemporánea y el rol de la iluminación dentro del marco conceptual, que contribuyeron a definir las líneas de análisis tanto de objetos (luminarias), como espacios arquitectónicos en relación a las tecnologías disruptivas.

2- Relevamiento de información de fuentes luminosas, tanto bibliográfico, desde las páginas web de las empresas, como fotográfico:

Tomando fuentes luminosas de diferentes épocas, y particularmente haciendo hincapié en la tecnología LED, permitió establecer comparaciones con los parámetros luminotécnicos hasta ahora establecidos y así poder visualizar los cambios y permanencias. Se compararon lámparas incandescentes halogenadas, fluorescentes tubulares y compactas, y particularmente fuentes luminosas LED, en términos de eficiencia, vida útil, reproducción cromática, tono de luz, entre otros parámetros.

Las luminarias y espacios arquitectónicos fueron relevados in situ y bibliográficamente de acuerdo a los parámetros previamente establecidos por décadas en función de la innovación evolutiva y disruptiva. Esto es, primero analizando lo que la tecnología de lámparas de descarga, particularmente cómo las fluorescentes compactas y las halógenas impactaron en el diseño de luminarias y espacios arquitectónicos; lo mismo con las tecnologías LED.

3- Se pasó a la confección de matrices de análisis que permitieron establecer comparaciones entre los diferentes parámetros luminotécnicos, tanto cuantitativos como cualitativos. Asimismo, se analizaron luminarias y espacios de diferentes

décadas en relación a las tecnologías en iluminación adoptadas, tanto sean de tipo *Retrofit* como *Ledfit*.

4- Encuestas a usuarios sobre la percepción y consideración de las diferentes tecnologías en iluminación, como así también a empresas y diseñadores del medio que permitieron obtener información sobre la percepción y la apreciación que tienen ante este cambio tecnológico y la aplicación de las mismas.

Los datos obtenidos se analizaron cuantitativamente y cualitativamente detectando parámetros y datos novedosos en relación a las nuevas tecnologías, los aportes al diseño en términos de innovación, de eficiencia energética, color y cambios que influyen en el cambio de los paradigmas de la iluminación.

Conclusiones preliminares

Respecto al concepto de innovación evolutiva, podemos concluir que los cambios tecnológicos producidos durante los '80 y '90 con las fuentes incandescentes halógenas y fluorescentes compactas produjeron impactos tanto desde el punto de vista de eficiencia energética, pero fundamentalmente las dimensiones, formas y calidad de la luz. Esta innovación posibilitó la creación de nuevas luminarias con diseños que pusieron de manifiesto las menores dimensiones de las lámparas y explotando las posibilidades expresivas de las incandescentes halógenas por su brillo, tono de luz, reproducción cromática y la forma de controlar la distribución luminosa por las ópticas empleadas. Estos cambios, permitieron también explorar con nuevos materiales explotando los resultados de la interacción luz y materialidad.

Los espacios iluminados con lámparas incandescentes halógenas posibilitaron la creación de espacios lumínicos más expresivos, basados en los contrastes de luminancias, apelando a los brillos y la creación de diferentes escenas por la regulación del flujo luminoso.

Las lámparas fluorescentes y otras de descarga gaseosa con halogenuros metálicos impactaron en los diseños de los espacios arquitectónicos. Así, las fluorescentes compactas largas permitieron que las luminarias dejaran de ser longitudinales, pasando a ser generalmente cuadradas y esta modulación posibilitó que los cielorrasos de placas suspendidos fueran flexibles ya que placa y luminaria coincidían en dimensiones. Las lámparas fluorescentes compactas, llamadas también de bajo consumo, tuvieron un amplio desarrollo y aplicación ya que en el ámbito doméstico o pequeños espacios permitieron la sustitución de las incandescentes. Esto se logró por medio de campañas de difusión que apelaban a la sustitución por esta nueva tecnología, en relación a la conciencia ambiental y el impacto del consumo energético en iluminación, dado que comparativamente, estas lámparas eran más eficientes energéticamente y mejoraban la vida útil. Un aspecto negativo a destacar que durante esas campañas comerciales y hasta de políticas públicas que impulsaron la sustitución de lámparas no expresaron ni tuvieron en cuenta, es el impacto ambiental de las mismas. Particularmente las lámparas fluorescentes compactas contienen mercurio que al ser desechadas y romperse, liberan ese contaminante.

Con las fluorescentes tubulares durante los años '90 se innovó en los parámetros de reproducción cromática y tonos de luz, posibilitando la elección de cada lámpara según

los requerimientos funcionales en los espacios y los productos iluminados. Las incandescentes halógenas se han ido reduciendo en su uso por la ineficiencia energética y la baja vida útil, pero aún hoy frente a la nueva tecnología LED presentan aspectos cualitativos como brillo, reproducción cromática, todo de luz y distribución de su flujo luminoso que las hacen una opción adecuada mientras no sean utilizadas en grandes espacios, y solo para iluminación de destaque o acentuación, o para crear ciertos efectos sobre las envolventes. (Figura 3).



Figura 3 – Innovación evolutiva: Lámparas fluorescentes compactas e incandescentes halógenas.

Centrándonos ahora en las conclusiones respecto a las tecnologías disruptivas, la innovación se produjo con la difusión de los LEDs. Estas fuentes luminosas que cambiaron el paradigma tecnológico por la forma de producir luz en estado sólido (SSL) y la versatilidad de usos por cuestiones dimensionales y de control de la luz, han posibilitado la generación de nuevas luminarias, espacios lumínicos dinámicos y la incorporación en múltiples componentes del espacio y equipamiento.

Particularizamos las conclusiones en cada parámetro luminotécnico para comparar y así poder visualizar los cambios y permanencias respecto a las otras tecnologías ya analizadas. Respecto a los LED, “es importante destacar que los parámetros proporcionados por los fabricantes de LEDs no son extrapolables al funcionamiento de los mismos una vez incorporados a una luminaria LED, ya que sus condiciones de trabajo variarían según el diseño de la misma”. (Gago y Fraile, 2012, p.90)

Parámetros cuantitativos

Potencia / Flujo Luminoso / Eficiencia Luminosa: Este es uno de los aspectos por los que los LEDs han tenido gran difusión y las políticas públicas impulsan la sustitución de fuentes luminosas y luminarias, tanto para uso en interiores como para el alumbrado público. Los LEDs alcanzan rendimientos entre 150 Lm/W hasta 200 Lm/W frente a los 20 Lm/W de las incandescentes halógenas y los 80-100 Lm/W de las fluorescentes, alcanzando un 80% de ahorro energético. Las potencias de las nuevas fuentes LED presentan bajos consumos según el tipo de fuente seleccionada.

Vida Útil: Si comparamos las 50.000 horas de duración, en condiciones de funcionamiento óptimas, frente a las 10-15.000 de las fluorescentes y las 2-3.000 horas de las incandescentes halógenas, evidentemente no tienen rivales. Pero aquí observamos algunas particularidades, como que esa duración en horas varía según las calidades de los diodos utilizados y que ha sido reemplazado por una nueva nomenclatura basada en Normas IESNA (Illuminating Engineering Society of North América), por ejemplo, B10 L70 que significa un 10% de mortalidad de los diodos y L70 que los LEDs funcionarán con un flujo luminoso por encima del 70%. Esta es una nomenclatura aun no muy

difundida ni presente en las fuentes analizadas, pero marca uno de los cambios en la información brindada por los fabricantes.

Tensión de Funcionamiento: En la tecnología LED para conectarlos a red, es necesario recurrir a equipos auxiliares para obtener la corriente de servicio adecuada. Estos equipos se denominan fuentes de alimentación (tensión constante) o drivers de alimentación. Es de destacar que esta nueva tecnología, implica aspectos y componentes electrónicos que es otro de las diferencias frente a las fuentes luminosas tradicionales. Por ello, el funcionamiento en óptimas condiciones es lo que redundará en la vida útil, calidad de la luz entre otros aspectos.

Parámetros cualitativos

Temperatura de Color o Tono de Luz, expresado en grados Kelvin (K): Los LEDs desarrollados desde la década del 60 emitían solo luz monocromática dependiendo del material semiconductor y tenían usos acotados. La luz blanca recién fue posible hace 10 años, se puede lograr a partir del proceso aditivo R+G+B o bien a un LED azul incorporándole una capa de fósforos que transforman la luz a blanca cálida, neutra o fría dependiendo de la cantidad de fósforo que se le incorpore. Anteriormente, un valor fijo designaba el color de cada lámpara, aspecto que con los LEDs ha cambiado ya que hay cierta dispersión y variaciones de color, así las elipses de McAdam ayudan a definir el color en un diagrama de cromaticidad.

Índice de Reproducción Cromática o Rendimiento de Color: Se expresa como IRC o Ra y con valores entre 0 y 100. La CIE advierte que este índice no es igualmente válido para los LEDs como lo es para otras lámparas convencionales. Lo más conveniente es recurrir a los gráficos de espectros de radiación, donde se pueden observar la variedad y proporción de colores que reproducirán cada una de ellas. Un aspecto totalmente novedoso es que una misma fuente luminosa puede proveer tanto luz fría como cálida con un simple click en la llave interruptora, o bien la posibilidad de variar de color con sistemas de control programables.

Distribución de la Intensidad Luminosa (Curvas fotométricas): Las curvas de distribución de intensidades luminosas que proveen los fabricantes, y realizadas en laboratorios especializados, son de gran utilidad al momento de tomar decisiones precisas en proyectos de iluminación. En el caso de los LEDs, ha cambiado ya que, al no ser una lámpara alojada en una luminaria con sus formas y ópticas, en las nuevas fuentes luminosas dependerá que cada diodo contenga un reflector, lentes colimadoras, u otros que harán que en cada caso en particular cada LED o bien cada luminaria posea su propia curva de distribución.

Atenuación del Flujo Luminoso: Parámetro cualitativo muy utilizado para crear diferentes escenas con una misma lámpara, regulando la intensidad. El término más difundido es que la lámpara sea "dimmerizable", o sea que se pueda regular la intensidad. Esto se podía lograr con todas las lámparas incandescentes, solo con algunas fluorescentes (pero lo hacen por escalones de intensidad) y en los LEDs se debe observar con cuidado este aspecto ya que no todos son factibles de dimmerizado, aspecto claramente expresado en cada catálogo consultado.

Tiempo de Encendido: Según la tecnología o principio de funcionamiento el tiempo de encendido varía, siendo instantáneo en las incandescentes y actualmente en las fuentes

luminosas LED, aportando el 100% de su flujo desde el encendido. Este aspecto significa un avance significativo ya que las lámparas de descarga gaseosa tienen un tiempo de encendido que depende de cada tipo de lámpara.

Tamaños-Formas-Tipo de Casquillos: No entraremos en descripciones detalladas, pero si a tamaños nos referimos bien conocido es la innovación que ha producido la tecnología LED en la miniaturización de la fuente luminosa. Según sean luminarias *Retrofit*, donde se han copiado las formas de las antiguas lámparas, o bien la *Ledfit* que presenta productos novedosos como las tiras de LEDs, que han innovado por su tamaño y flexibilidad permitiendo luminarias de formas anteriormente imposibles de lograr, como también su incorporación al equipamiento o envolvertes, dando como resultados espacios lumínicos diversos. (Figura 4)



Figura 4 – Innovación disruptiva: Luminarias retrofit y ledfit.

En síntesis, la innovación evolutiva de las lámparas halógenas y fluorescentes de los años '90 permitió crear luminarias y espacios más interesantes y expresivos. Por su parte, los LEDs como tecnología e innovación disruptiva, han posibilitado luminarias de reducidas dimensiones, con sistemas de control táctiles, los que permiten por ejemplo el cambio de color o tono de luz con un simple click. Todo ello, además ha generado nuevos espacios arquitectónicos donde la luz cumple un rol fundamental en la definición de los mismos y puede adaptarse a las demandas particulares de los usuarios, aspecto muy vinculado a la cultura posmoderna.

Referencias bibliográficas

- Cruz Sánchez, O. (2017) *Innovación disruptiva: aportes conceptuales para organizaciones en Latinoamérica*. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia, p.22. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co>
- Gago, A y Fraile, J. (2012) *Iluminación con tecnología LED. Introducción a la iluminación con tecnología LED*. Málaga, España: Paraninfo.
- Sá Lago, A. et al. (2015) *Aplicaciones del led en diseño de iluminación*. Madrid, España: Marcombo, S.A. p.14.