

Características generales del mercado de alumbrado público LED en Chile

Pedro GALLEGUILLOS RODRÍGUEZ¹ - Eduardo MANZANO²

¹ Laboratorio y Asesorías LAMBDA spa – Santiago, Chile – pgalleguillos@laboratoriolambda.cl

² Depto. de Luminotecnia, Luz y Visión, FACET – Universidad Nacional de Tucumán – ILAV CONICET – San Miguel de Tucumán, Argentina – emanzano@herrera.unt.edu.ar

Resumen: El mercado del alumbrado público e iluminación en general ha presentado una continua transición desde tecnologías tradicionales en base a fuentes de descarga hacia productos con tecnología de estado sólido (SSL). Los primeros recambios masivos tuvieron como principal característica un cambio en el aspecto visual, pasando desde fuentes muy cálidas con un pobre rendimiento cromático a fuentes de luz blanca extremadamente frías.

Desde los primeros recambios masivos de luminarias con fuentes de descarga a alta intensidad (HID) a LED hasta el día de hoy, la tecnología de estado sólido ha presentado importantes avances sobre todo en materia de eficacia luminosa y desempeño a mayores temperaturas de funcionamiento. Algunos factores como el aumento en la preocupación global por utilizar sistemas de consumo eléctrico más eficientes y la reducción de costos en la producción de componentes electrónicos entre otros han influenciado positivamente al crecimiento del mercado de fuentes LED de alta intensidad (HB-LED) que actualmente representa el 46% de la inversión mundial para este tipo de tecnología.

Diversos actores influyen y participan en el mercado del alumbrado público, de entre ellos, los principales roles que constituyen este rubro son: “compradores”, “proveedores”, “certificadores” y “usuarios”. En el mercado actual chileno existen más de 800 mil luminarias LED de exteriores disponibles y aprobadas para su comercialización. Del análisis de las características de estos modelos y de los requerimientos exigidos en procesos de compra, es posible identificar tendencias que permiten establecer estándares técnico-comerciales del estado del arte de la tecnología LED en el mercado del alumbrado público en Chile.

Palabras claves: alumbrado público LED

Abstract: The general and street lighting market has had continuous changes from traditional gas-discharge sources technologies to solid state products technologies (SSL). The main characteristic of this first mass replacement was the change in the visual aspect, from very warm light sources with poor color rendering to very cool white light sources.

From the first massive luminaire replacements with high intensity discharge sources (HID) to LED until today, the solid state technology has presented great improvements, especially in its luminous efficacy and its performance at higher operating temperatures. Some factors such as the global growing concern in using efficient electrical systems and the costs reduction in the manufacturing of electronic components among other factors have had a positive influence in the growth of high-brightness LED (HB-LED) sources market, which represent a 46% of the global investment for this kind of technology.

Many actors, such as buyers, providers, certifiers and users, influence and take part in the street lighting market. Currently, there are more than 800 thousand LED outdoor luminaires available and approved for their commercialization in the Chilean market. From the analysis of the characteristics of these products and the requirements of the purchase process, it is possible to recognize trends that allow us to identify technical and commercial standards of the LED technology art state in the street lighting market of Chile.

Keywords: LED street lighting

I. INTRODUCCIÓN

Desde su introducción en el mercado del alumbrado público, la tecnología de estado sólido (SSL) ha significado asumir importantes cambios y adaptaciones que van desde la transición desde tecnologías tradicionales en base a fuentes de descarga de alta intensidad (HID) hacia productos con tecnología LED; hasta cambios y evolución que la misma tecnología ha sufrido durante todo este tiempo. Los primeros recambios masivos en luminarias de exteriores

en Santiago de Chile comienzan a mediados de la década de los 2000. La principal característica de estos recambios fue el notorio cambio en el aspecto visual, pasando desde fuentes muy cálidas con un pobre rendimiento cromático, sobre todo en el reconocimiento entre tonalidades azules y verdes dado por fuentes de descarga de sodio a alta presión (SAP), a fuentes de luz blanca extremadamente frías del tipo LED.

Para el año 2010, la eficiencia media en luminarias LED de alumbrado público bordeaba los 90 lm/W, y pese a que en términos comparativos la eficiencia efectiva aún no igualaba a la tecnología de SAP, la excelente campaña publicitaria de la tecnología LED – que relacionó exitosamente conceptos como eficiencia energética, cuidado medio ambiental y ahorros en general con esta tecnología – logró insertarla en el mercado y permitir el inicio de un recambio progresivo en el tiempo que para el año 2019, ya alcanzó el 50% del total de luminarias instaladas en exteriores en Chile¹ y se espera que alcance el 100% para inicios de la década del 2030².

De entre los principales factores que han influenciado al crecimiento del mercado global de fuentes LED de alta intensidad (HB-LED) está el reemplazo masivo de luminarias con tecnología convencional a LED, y otros factores como:

- la reducción de costos en los componentes de LED,
- el creciente enfoque por reducir los consumos de energía apoyados por acciones gubernamentales y leyes, y
- el aumento de construcciones sustentables o ecológicas.

Por otro lado, factores como el alto coste inicial o la reducción de rendimiento a altas temperaturas aún actúan como variables restrictivas en el crecimiento del mercado. El continuo crecimiento de la tecnología HB-LED está íntimamente ligada a la mayor demanda de fabricantes por reducir el consumo de energía eléctrica en sus productos, lo que ha conllevado a su vez a mantener costos constantes en investigación y desarrollo. En general, se considera que el costo inicial de la tecnología HB-LED es alto en comparación a tecnologías convencionales, ya que a lo anterior, en la matriz de costos del sistema también se incluyen los costos del circuito y de las fuentes de poder requeridas para su funcionamiento, y es precisamente este costo inicial el que restringe la aceptación de entrada, sin embargo, el costo total al considerar la vida útil del LED se estima menor a otras tecnologías y si se incluye el costo de mantenimiento y de energía eléctrica efectiva consumida la comparación tiende a ser aún más favorable hacia los LEDs y eso lo ha ido aceptando cada vez más el mercado.

En cuanto a inversión el segmento de iluminación general dentro del mercado total de HB-LEDs es el de mayor significancia actual, y en relación al año 2014, ha aumentado su volumen en 2 puntos llegando a poco más de 12.670 millones de dólares, lo que representa un 46% de la inversión total mundial para este tipo de tecnología [7]. En lo que se refiere al sector de alumbrado público, en Chile este representa uno de los principales gastos de energía de Municipios y corresponde a una de las funciones de mayor relevancia de cualquier gestión municipal con independencia de su escala, número de habitantes y complejidad del trazado.

II. ACTORES DEL MERCADO

La adquisición y/o provisión de equipamiento en Chile se realiza mediante la plataforma electrónica Mercado Público, administrada por la dirección ChileCompra. La plataforma se basa principalmente en un sistema donde participan “compradores”, correspondientes a diversos organismos públicos que exponen sus requerimientos mediante licitaciones; Y “proveedores”, correspondientes a empresas de diversa índole que ofertan productos o servicios en respuesta a estas licitaciones.

En el ámbito del alumbrado público, los compradores corresponden a toda entidad u organismo público en Chile. Estas entidades son dependientes o vinculados a la administración general del estado y tienen el deber de satisfacer necesidades de usuarios mediante la adquisición y mantenimiento de instalaciones.

Los principales organismos compradores en Chile son las Municipalidades, las cuales mediante fondos propios o externos establecen las bases Administrativas, Técnicas y Económicas de sus procesos de compra. En total son 343 municipios los existentes en el país, que incorporan en sus procesos de compra las necesidades particulares acorde

¹ Según inventario TE2 2014-2019 de SEC

² Según proyecciones del Ministerio del Medio Ambiente Chile - 2020

a las condiciones propias determinadas tanto por sus características ambientales, tipología de vías y/o rutas, cantidad de población y nivel de ingresos.

Por Proveedor entenderemos a toda empresa o institución fabricante y/o distribuidor de luminarias de exteriores. Con la inserción y masificación de la tecnología LED en el ámbito de la iluminación, la cantidad de empresas comercializadoras de productos de alumbrado público aumentó considerablemente en Chile. En base a los registros de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), el mercado nacional está compuesto por 385 marcas o empresas (de diversos orígenes e inversiones), que comercializan de manera autorizada equipos para alumbrado público en diversas tipologías y aplicaciones

En adición a lo anterior, el mercado del alumbrado público debe responder además a las demandas y necesidades de un tercer grupo o actor que denominaremos “usuario”, el cual posee un rol algunas veces subestimado para la determinación de las características técnicas de los artefactos que se tratan en las operaciones de compra de los organismos del estado. Los usuarios cumplen un rol indirecto en el sistema, pero no menos importante. Si bien, los proyectos de iluminación y características de equipos en la generalidad son desarrollados por especialistas en la materia basándose en normativas y/o reglamentos aplicados al contexto de desarrollo, la finalidad de estos proyectos es satisfacer necesidades visuales y de seguridad, las cuales son abiertamente subjetivas y dependientes de múltiples aspectos que van desde la índole social hasta aspectos personales. Por lo tanto, es absolutamente necesario considerar el entorno no solo desde la perspectiva urbanística sino que también cultural antes de ejecutar cambios que signifiquen mejoras, pues en muchas ocasiones, pese a que estos cambios implican un avance en las condiciones técnicas y de funcionamiento, por simple efecto de contraste instantáneo podría generar un impacto negativo en el usuario que implique en una sensación de inseguridad que perjudique el desarrollo de las actividades como el libre tránsito. Es importante considerar al usuario manteniéndolo informado y por sobre todo educado. Cuando los usuarios poseen conocimientos se hace más simple la adaptación a mejoras.

Un cuarto grupo de actores en el mercado corresponde a organismos encargados de certificar y/o validar el correcto funcionamiento de los productos tratados. Estas organizaciones ejecutan pruebas y ensayos normados y sus informes funcionan como carta de garantía para asegurar el cumplimiento de ciertas condiciones y características en luminarias y sus componentes.

En Chile, estos organismos corresponden a instituciones encargados de verificar ciertas condiciones de funcionamiento y características constructivas de los equipos de iluminación y sus componentes en base a normas con reconocimiento internacional. Para que estas instituciones puedan “certificar” el cumplimiento de normas debe acreditar que todos sus procesos y procedimientos se ejecuten acorde a la norma ISO17.025 a través de un sistema trazable y replicable.

III. PROCESO DE ADQUISICIÓN

Con la finalidad de transparentar los procesos de compra de los organismos públicos, es que se establecen bases de licitación en donde se definen los parámetros que rigen cada uno de estos procesos. Las normativas y reglamentos de alumbrado público no definen de manera explícita las características de funcionamiento de productos, pues como se ha mencionado con anterioridad, responden principalmente a satisfacer necesidades visuales de usuarios, así, las características de funcionamiento de los productos a utilizar dependerán del estado del arte de la tecnología actual y serán determinadas en base al reglamento y/o norma aplicada y al contexto específico.

En base a lo anterior es que los pliegos de licitación en procesos de adquisición de equipamiento para alumbrado público deberán presentar los requisitos luminotécnicos a satisfacer, las especificaciones técnicas mínimas de funcionamiento de los equipos que permitan cumplir con estos objetivos y las condiciones de evaluación, en donde se evalúa la propuesta más ventajosa en base a los términos descritos. Por lo tanto, además de exigir el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos en los reglamentos o normativas, las bases de licitación también establecerán características como: aspectos formales, aspectos ergonómicos y aspectos funcionales.

Los grandes avances tecnológicos de la tecnología LED han permitido establecer estándares de eficiencia energética cada vez mayores, pero han supuesto una problemática en la estandarización de los procesos de compra que históricamente se han basado en los alcances y características de tecnología de iluminación convencional. Así, la definición de una luminaria ya no puede ser indicada por su potencia únicamente, ya que con la tecnología LED una misma potencia de funcionamiento no asegura un mismo flujo luminoso emitido.

Para una correcta especificación de luminarias es necesario definir aspectos o características específicas en base a los requerimientos particulares de cada instalación o lugar de destino. Muy difícilmente puede definirse un tipo de especificación genérica para toda aplicación, pues las necesidades visuales y características de entorno varían

bastante de un lugar a otro, sin embargo, si es posible definir parámetros de eficiencia energética primarios sobre los cuales se establezcan las variables específicas de cada requerimiento. Una correcta especificación debe caracterizar a la luminaria al menos desde tres dimensiones: Características Mecánicas, Características Lumínicas y Características Eléctricas.

I. Características mecánicas

Las luminarias de exterior normalmente están expuestas a altos niveles de polución, lluvia y exposición al sol y deben ser capaces de mantener sus prestaciones y funcionamiento durante las horas que se requiere. Las características mecánicas corresponden a la definición de los aspectos constructivos, así como:

- la materialidad con la que está constituida,
- el tipo de acceso o registros,
- la tipología de anclaje,
- características de su revestimiento,
- su hermeticidad, y
- resistencia a impactos

La mayoría de estas características pueden ser verificadas por un simple análisis visual, sin embargo, aspectos como el tipo de revestimiento podrá requerir de alguna prueba de adherencia de la pintura o agente aplicado, mientras que el índice de hermeticidad y la resistencia a impactos solo pueden ser verificados mediante pruebas empíricas. Para ellos, las entidades encargadas de adquisición (compradoras), exigen certificados y/o ensayos emitidos por laboratorios que acrediten el grado de hermeticidad del producto en base a la clasificación descrita en la norma IEC 60529 (código IP) [1]; y el nivel de resistencia a impactos en base a la clasificación descrita en la norma IEC 62262 (código IK)[2].

II. Características lumínicas

Corresponden a las características de emisión y/o del efecto visual deseado. Además de especificar el tipo de fuente de luz a utilizar, se definen las características de funcionamiento y distribución de la luz. Estas son:

- flujo luminoso deseado, o bien rendimiento luminoso mínimo esperado obtenido por el cociente entre el flujo luminoso emitido por la luminaria y la potencia consumida por el sistema completo,
- distribución del flujo luminoso (tipología de distribución, nivel de control del haz, emisión hacia hemisferio superior, etc),
- características cromáticas de la luz, ya sea en cuanto a la tonalidad de la radiación luminosa medida en grados kelvin (Temperatura de color correlacionada), o de la forma en que son percibidos los colores bajo dicha luz (Rendimiento de Color),
- vida útil definida en cantidad de horas de funcionamiento hasta un porcentaje determinado de depreciación de flujo luminoso.

Para verificar estas características es necesario ensayar la luminaria en laboratorios de fotometría. Un típico ensayo fotométrico permite obtener la mayoría de la información anteriormente mencionada, sin embargo, se debe tener precaución en verificar las condiciones con las que se ejecutó dicho ensayo para poder ejecutar un correcto análisis posterior

III. Características eléctricas

Corresponden a los aspectos propios del funcionamiento eléctrico, y sus características dependerán principalmente de la red eléctrica del lugar de destino y de las necesidades de emisión de luz. En la actualidad el requerimiento apunta a buscar productos cada vez más eficientes, es decir, que produzcan un buen efecto lumínico con un consumo eléctrico cada vez menor, es por ello que en muchas ocasiones también se incorporan aspectos que regulen el funcionamiento, así como su encendido y apagado, intensidad de carga o incluso vincular el funcionamiento de luminarias con otros dispositivos o equipos. Las características mínimas que se deben definir son:

- potencia de funcionamiento
- rango de tensión admitida y frecuencia de funcionamiento
- protección a sobre tensiones
- pérdidas eléctricas y armónicas del producto en funcionamiento típico o de destino

- factor de potencia del producto en funcionamiento típico o de destino
- control de funcionamiento (control de encendidos y apagados, control de intensidad), y
- clase de aislación eléctrica

La verificación de estos aspectos es de máxima relevancia, pues un mal funcionamiento podría atentar contra la vida de usuarios. Las normativas de seguridad eléctrica impuestas en el país verifican la mayoría de estos factores y definen un estándar de funcionamiento seguro, sin embargo, este estándar no necesariamente asegura el cumplimiento de las especificaciones de eficiencia deseadas por lo cual siempre es necesario solicitar ensayos de parámetros eléctricos que verifiquen el cumplimiento de los aspectos especificados.

IV. MARCO REGULATORIO

Para asegurar el cumplimiento de los objetivos del alumbrado público, debe existir un marco regulatorio de amplio alcance que defina aspectos de calidad en los entornos iluminados, es decir, se enfoquen principalmente en el resultado visual necesario del ambiente o escena, dejando los aspectos técnicos de los productos o artefactos que serán necesarios para cumplir con estos objetivos en manos de la industria y avances tecnológicos.

De manera específica, el alumbrado público está normado por una categorización de áreas en relación a las necesidades visuales particulares de cada una de ellas. Así, diversas normas establecen valores mínimos y máximos a cumplir en cuanto a: niveles de iluminación (iluminancias y/o luminancias), distribución de la iluminación (relación entre los niveles máximos, mínimos y medios de iluminancia y/o luminancia en un área determinada), relación de los niveles de iluminación con el entorno inmediato, deslumbramiento fisiológico y psicológico y aprovechamiento del flujo luminoso.

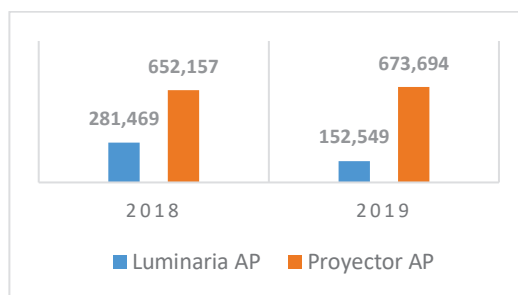
En Chile, la aplicación y supervisión de reglamentación técnica referente al alumbrado público recae principalmente en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) la cual es dependiente del Ministerio de Energía. Desde el año 2014 la reglamentación de alumbrado público está contenida en los siguientes documentos:

- Decreto número 2 del año 2014 del Ministerio de Energía que aprueba Reglamento de Alumbrado Público de Vías de Tránsito Vehicular [4].
- Decreto número 51 del año 2015 del Ministerio de Energía que aprueba Reglamento de Alumbrado Público de Bienes Nacionales de uso Público destinados al Tránsito Peatonal [5].
- Decreto Supremo número 43 del año 2012 del Ministerio del Medio Ambiente que establece Norma de Emisión para la Regularización de la Contaminación Lumínica, elaborada a partir de la revisión del Decreto Supremo N°686, de 1998, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción [6].

V. CATASTRO

En Chile, SEC ha establecido la obligación de certificar el funcionamiento de todo producto eléctrico desde la perspectiva de seguridad eléctrica y prohibición de comercialización de todo producto que no cuente con un sello de aprobación. Esta certificación es ejecutada por organismos acreditados, quienes a su vez tienen la obligación de informar respecto de todo producto aprobado y rechazado. En ese sentido, toda luminaria de exterior también debe ser certificada, esto se ejecuta en base a los protocolos P.E. N°5/07 [8] y P.E. N°5/19 [9] y por lo tanto, todo producto disponible para comercializar está catastrado y registrado.

De acuerdo a estos registros, entre enero del 2018 y agosto del 2019 se aprobaron un total de 1.759.869 luminarias de exteriores correspondientes a un total aproximado de 260 modelos diferentes para ser comercializadas en el país. Un detalle a destacar es que la mayoría de estos productos corresponden a la tipología de Proyectores de Alumbrado Público, este tipo de productos se orienta principalmente a la iluminación de grandes áreas, así como playas de estacionamientos, centros deportivos, algunas áreas verdes, o patios industriales; y es precisamente esta última aplicación la que pudiese justificar tal diferencia, en el entendido de la relevancia económica que tiene la actividad minera en el país.



Esto significa que el mercado posee una amplia gama de alternativas disponibles y por lo tanto tiene la capacidad de satisfacer cualquier necesidad específica de alumbrado público. No obstante, y como se ha mencionado anteriormente, las características específicas de funcionamiento son y deben ser definidas en base al destino. Por tanto, las características técnicas de los productos comercializados realmente son definidas por los compradores (municipios) en respuesta a las necesidades de usuarios.

Un análisis de licitaciones de recambios masivos de alumbrado de exteriores (es decir, recambios a un lote mayor a 1.000 luminarias en un proceso de compra), publicadas en el portal de mercado público durante el año 2019 muestra el siguiente estándar en las características técnicas solicitadas por municipios y otras entidades públicas, el cual se podría definir como el estándar básico de calidad de luminarias de alumbrado público en el mercado chileno al año 2019, determinado principalmente por las características de la tecnología en relación a las demandas de los actores del mercado.

Los datos de la Tabla I han sido obtenidos al analizar las bases técnicas de licitaciones publicadas y/o cerradas en un periodo de un año (septiembre 2018 – agosto 2019). Del análisis llama la atención dos aspectos característicos: Los niveles de rendimiento lumínico y los rangos de temperatura de color exigidos. Respecto de la primera variable, la moda indica un estándar mayor o igual a 110 lm/W, en un rango que oscila entre 80 lm/W y 140 lm/W.

VI. CONCLUSIONES

Muchas de las luminarias analizadas corresponden a productos destinados a parques y plazas los cuales por efecto propio de sus características constructivas pierden mucho flujo luminoso y por tanto su rendimiento lumínico es menor, mientras que, si solo analizamos productos destinados al alumbrado vial, los estándares van por sobre los 120 lm/W.

Características mecánicas	Índice Hermeticidad	IP	≥66
	Resistencia al Impacto	IK	≥08
Características luminicas	Eficiencia	(lm/W)	≥110
	Temperatura Color Correlacionada	(°K)	3,000 - 4,500
	Rendimiento de Color	CRI	≥70
	Vida Útil	(hrs)	L70 = 50,000
Características eléctricas	THD	(%)	≤20
	Factor de Potencia	CosΦ	≥0,93
	Tensión	(V)	220
	Protección	-	Sobretensión 10kV

Tabla I, Moda de especificaciones técnicas en licitaciones publicadas durante el año 2019

La diversificación de estos números no solo depende de las características constructivas o de diseño de las luminarias, sino que también es una característica muy propia de la tecnología LED que aún no ha alcanzado su madurez y se encuentra aún en proceso de cambios. Los productos comercializados en Chile no necesariamente incluyen un chip o LED package de última generación y por tanto su estándar de eficiencia podría ser distinto al estándar definido para el estado del arte de la tecnología actual. Estos datos muestran un paso por debajo con las proyecciones hechas por la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de Estados Unidos en 2011 (Tabla II), por lo cual se deduce que aún la brecha de crecimiento es bastante amplia.

Respecto de la temperatura de color correlacionada especificada, la mayoría de las especificaciones analizadas se centran en el rango denominado “Blanco Neutro” que va entre 3.000K y 4.500K. En retrospectiva esto es un gran avance si se compara con los estándares especificados en años anteriores. El mercado ha comprendido que el rendimiento luminoso no es el único aspecto relacionado con eficiencia, y de manera paulatina ha dejado los rangos de altas temperaturas de color correlacionada.

Esta definición también explica la diferencia entre el estándar proyectado por el departamento de eficiencia energética y energía renovable de los Estados Unidos (US EERE) en la Tabla II, ya que dicho cuadro ha sido construido en base al desarrollo de LED packages en tonalidades de color sobre 5.500K que por características propias de la tecnología LED son más eficientes en términos de flujo luminoso emitido (lm) en relación a la potencia consumida (W), por lo cual resulta lógico que al definir tonalidades de color a temperaturas menores o más cálidas, también disminuya la relación de lúmenes por watts.

	2011	2015	2020	Objetivo
Eficiencia del led (lm/W)	97	162	224	226
Eficiencia térmica	0.86	0.88	0.9	0.9
Eficiencia del driver	0.85	0.89	0.92	0.92
Eficiencia de la luminaria	0.86	0.89	0.92	0.92
Total Eficiencia	63%	70%	76%	76%
EFICIENCIA DE LA LUMINARIA lm/W	61	113	171	172

Tabla II, Proyección de evolución del rendimiento de LEDs de US EERE

La vida útil de estos productos es una de las características de luminarias LED que mayor trascendencia han tenido en el éxito de esta tecnología, sin embargo, sabemos que estos abultados números dependen de ciertas condiciones de funcionamiento. El estándar característico revisado indica una depreciación de flujo de un máximo de 30% a 50.000 horas de funcionamiento, este estándar es verificado mediante ensayos de laboratorios en base a la norma IES LM-80 que consiste en medir el decaimiento de flujo luminoso de un grupo representativo de luminarias durante 6.000 horas o más y en base a los resultados obtenidos proyectar el decaimiento a futuro. Debido a los costos de este ensayo (aproximadamente 8 meses de funcionamiento continuo a un lote de al menos 10 luminarias), es muy difícil que algún proveedor de luminarias posea ensayos o certificados efectuados a toda la oferta de luminarias que ofrece, sin embargo, para el caso del package, muchos fabricantes incluyen dicha información dentro del paquete de documentación técnica del producto, pero dado que el comportamiento de un mismo chip LED puede variar drásticamente dependiendo de las características de diseño de la luminaria donde se instala, podemos ver que esta información no es una garantía fidedigna, lo que sugiere la necesidad de establecer protocolos e indicadores de calidad que permitan al usuario tener una noción más precisa respecto de la real vida del producto.

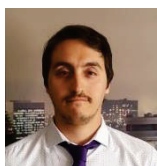
VII. RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Tucumán, proyecto PIUNT E627, y al CONICET, por el apoyo en la realización de este trabajo.

VIII. REFERENCIAS

- [1] International Electrotechnical Commission (IEC) (2002a) IEC 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP code).
- [2] International Electrotechnical Commission (IEC) (2002b) IEC 62262 Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code).
- [3] Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción (2005) Reglamento para la Certificación de Productos Eléctricos y Combustibles, Dto N°298. Chile.
- [4] Ministerio de Energía (2014) Reglamento de Alumbrado Público de bienes Nacionales de uso público de vías de tránsito vehicular. Chile
- [5] Ministerio de Energía (2015) Reglamento de Alumbrado Público destinado al tránsito peatonal. Chile
- [6] Ministerio del Medio Ambiente (2012) Norma de emisión para la regulación de la Contaminación Lumínica, elaborada a partir de la revisión del Decreto Supremo N°686, de 1998 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Chile
- [7] Preeti Bisht (2022) Global HB-LED Market 2014-2022. Allied Market Research.
- [8] Superintendencia de Electricidad y Combustibles (2009) Protocolo de Análisis y/o Ensayos de seguridad de producto eléctrico: Luminaria para Alumbrado Público, P.E. N°5/07. Chile
- [9] Superintendencia de Electricidad y Combustibles (2009) Protocolo de Análisis y/o Ensayos de seguridad de producto eléctrico: Luminaria Proyector o Proyector de Área, para uso en Alumbrado Público, P.E. N°5/19. Chile.

IX. BIOGRAFÍAS



Pedro Galleguillos. CEO Laboratorio y Asesorías LAMBDA spa, es investigador y asesor en Luminotecnia. Diseñador Industrial; Magister en Tecnologías del Diseño; Especialista en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente (MAVILE), y Candidato a Doctor en Luminotecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Desarrolló su carrera en el ámbito del alumbrado público como diseñador de luminarias y análisis de proyectos de iluminación durante más de 10 años dirigiendo la unidad de I+D de la empresa Aladdin Lighting en Chile. Actualmente a la dirección del laboratorio de fotometría LAMBDA, la medición y/o de niveles luminotécnicos en terreno y asesor en procesos de implementación normativa de iluminación en entes del estado.



Eduardo Roberto Manzano, Es Doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España; Magister en Ingeniería e Ingeniero Eléctrico por la Universidad Nacional de Tucumán. Fue Director del Departamento de Luminotecnia Luz y Visión (DLLyV) FACET UNT (2012-2018), Director del Departamento de Ciencia y Técnica FACET UNT (2018-2022). Director Académico de la Maestría en Luminotecnia (2008-2022). Director de proyectos PICT (2006) CAFP-BA (2009-2017), PIUNT (2005-2022), Programa de articulación y fortalecimiento federal de las capacidades en ciencia y tecnología COVID-19 (2020). Profesor titular del DLLyV asignatura Diseño y Taller de Iluminación exterior. Dirige tesis de postgrado en Maestría en Luminotecnia y Doctorado MAVILE.