



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES

**Gestión del cambio tecnológico de fuentes de iluminación doméstica en
México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :
MAESTRO EN POLÍTICA Y GESTIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

P R E S E N T A :

RIGOBERTO ARROYO CORTEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ROLANDO V. JIMÉNEZ DOMÍNGUEZ

México, D.F., Diciembre, 2013



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D.F. siendo las 16:00 horas del día 12 del mes de noviembre del 2013 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIECAS para examinar la tesis titulada:
Gestión del cambio tecnológico de fuentes de iluminación doméstica en México

Presentada por el alumno:

<u>ARROYO</u>	<u>CORTEZ</u>	<u>RIGOBERTO</u>
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)
	Con registro:	B 1 1 0 8 3 1

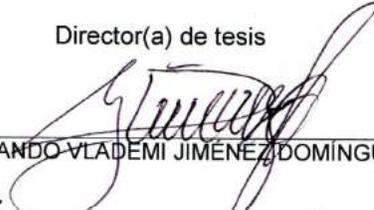
aspirante de:

MAESTRÍA EN POLÍTICA Y GESTIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis


DR. ROLANDO VLADEMI JIMÉNEZ DOMÍNGUEZ

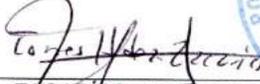

DRA. GEORGINA ISUNZA VIZUET


DRA. MARÍA DEL PILAR MONSERRAT PÉREZ HERNÁNDEZ


M. EN P. JUAN CARLOS BECERRIL ELÍAS


M. EN E. OCTAVIO AUGUSTO PALACIOS SOMMER

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. ZACARÍAS TORRES HERNÁNDEZ





CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

En la Ciudad de México, Distrito Federal, el día 15 del mes de noviembre del año 2013, el que suscribe Rigoberto Arroyo Cortez, alumno del Programa de Maestría en Política y Gestión del Cambio Tecnológico, con número de registro B110831, adscrito al Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS), del Instituto Politécnico Nacional, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Rolando V. Jiménez Domínguez y cede los derechos del trabajo intitulado: "Gestión del cambio tecnológico de fuentes de iluminación doméstica en México", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección de correo electrónico: rigobertoarroyoc@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Rigoberto Arroyo Cortez

A mis padres y hermanos

Agradecimientos

Con afecto y respeto dedico este esfuerzo en primer lugar a mi familia: papá, mamá, hermanas y hermanos, así como a tíos y primos; por sus críticas constructivas, pues me otorgaron fuerza, motivación y apoyo sincero durante estos últimos años de estudios.

A todos mis profesores del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativa y Sociales (CIECAS) por sus excelentes aportaciones, tanto académicas como en intangibles valiosos para mi formación profesional y personal.

A mi director de Tesis, Dr. Rolando V. Jiménez Domínguez por su acertada guía, paciencia y aportaciones durante todo este tiempo de trabajo.

Al Instituto Politécnico Nacional y al CIECAS, que debido al Programa de maestría en Política y Gestión del Cambio Tecnológico (PGCT) recibí la oportunidad de desarrollarme profesionalmente durante esta etapa de postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo invaluable durante mi formación académica dentro del IPN-CIECAS y también durante el tercer semestre de la maestría que realicé en movilidad académica dentro del Politecnico di Milano (Polimi).

A las personas responsables de las oficinas de UPIS-CIECAS, CCA-Zacatenco del IPN por toda la gestión y apoyo previo, durante y posterior a mi experiencia de movilidad académica en el Polimi durante el tercer semestre del programa de la maestría.

A mis once amigos y compañeros de generación del CIECAS-PGCT que durante casi tres años a partir del curso propedéutico convivimos y aprendimos nuevas cosas durante la maestría y, porque se cumplió lo que en grupo nos propusimos: Entramos 12 y salimos 12.

A todos mis amigos dentro y fuera del ambiente académico, por su apoyo espiritual, moral y musical con lo cual encontré equilibrio para desarrollar mi trabajo de investigación.

Resumen

Se presenta en este trabajo de tesis una breve revisión de los orígenes y la evolución de las fuentes de iluminación eléctricas, desde su aparición como curiosidades de laboratorio hasta el actual “estado del conocimiento científico y tecnológico” (estado de la técnica) que las hace imprescindibles en la vida de las sociedades modernas. Mediante las herramientas de la inteligencia tecnológica, se realiza un análisis comparativo entre las diferentes tecnologías actualmente disponibles en el mercado, con el propósito de evaluar las ventajas y limitaciones de cada una en función de los requerimientos de su aplicación final, los costos económicos y los impactos ambientales. Se consideran en particular los *Leds* (diodos luminosos o electroluminiscentes), como una de las tecnologías de punta, y las ventajas que pueden representar para el ambiente, el uso eficiente de la energía y, en el mediano plazo, en la economía. Se muestra que constituye una de las tecnologías de iluminación con mayores ventajas técnicas y ambientales, aunque de momento los costos de inversión, por el precio de mercado de los dispositivos, sean mayores que en los otros casos, sin embargo los esfuerzos tecnológicos marcan una tendencia a la reducción de precios que la harán accesible a las familias para la sustitución. Se presentan datos duros, estimaciones numéricas y tablas comparativas para sustentar cuantitativamente los argumentos expuestos, y se discute el Programa Luz Sustentable de México como un ejemplo de la necesidad nacional por hacer un uso más eficiente de los recursos energéticos y preservar el ambiente, al tiempo que se comenta sobre su prematura obsolescencia y los riesgos ocultos que implica al promover el uso de las lámparas fluorescentes compactas sin alertar a la población sobre sus riesgos. En relación con este programa se hace una propuesta de mejora para una nueva etapa del mismo con mejores tecnologías.

Abstract

In this thesis work a brief description of the origin and evolution of the electric illumination sources is presented, from their birth as scientific curiosities to the present “state of the art” in which they constitute a basic technological convenience in modern societies. A comparative analysis is made, by using the tools of technological intelligence, between the different luminal technologies available at the market in order to evaluate the advantages and limitations of each of them in relation to its final application, prices and ecological impacts. In particular, Leds (light emitting diodes) are considered as one of the more advanced technologies in what has to do with ecology care, efficient use of energy and, in the medium term, the economy, in spite of the fact that for the time being the cost of the devices is still high, although technological efforts mark a trend to reduced prices that will make it accessible to families for replacement. Some real facts, numerical estimates and comparative tables are presented to support the arguments given, and the Mexican “Programa Luz Sustentable” (Sustainable Light Program) is considered as an example of the need to achieve energy efficiency. Some comments are finally made about this program, its early obsolescence and the risks inherent to it for promoting the use of compact fluorescent lamps without alerting the people about their risk. Finally, a proposal is made to improve this program in a new stage using better technologies.

CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
SIGLAS UTILIZADAS	10
INTRODUCCIÓN	11
GLOSARIO DE TÉRMINOS	16
CAPÍTULO 1 GESTIÓN Y VIGILANCIA TECNOLÓGICAS PARA LA VISIÓN HUMANA	22
1.1 GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN.....	23
1.2 VIGILANCIA E INTELIGENCIA TECNOLÓGICAS	27
1.2.1 <i>Bibliometría y análisis de patentes</i>	31
1.2.2 <i>Mapas tecnológicos y mapas de trayectoria tecnológica</i>	32
1.2.3 <i>Resultados</i>	36
1.2.4 <i>Difusión de tecnologías</i>	37
1.3 LA TECNOLOGÍA LED PARA ILUMINACIÓN DE ACUERDO AL OJO HUMANO.	41
1.3.1 <i>Antecedentes</i>	41
1.3.2 <i>Iluminación en México</i>	46
1.3.2 <i>El ojo humano y la mejor percepción de luz-color-objeto</i>	48
1.3.3 <i>Funciones de eficiencia luminosa espectral relativa al ojo humano</i>	50
CAPÍTULO 2 ESTUDIO DE LOS FACTORES NACIONALES E INDUSTRIALES DEL SECTOR EN ILUMINACIÓN RESIDENCIAL EN MÉXICO	56
2.1 FACTORES NACIONALES	57
2.1.1 <i>Estado actual en México sobre la ciencia y tecnología LED para iluminación</i>	57
2.1.2 <i>Entorno económico</i>	58
2.2 FACTORES INDUSTRIALES Y COMERCIALES.....	59
2.3 ÁMBITO INSTITUCIONAL Y POLÍTICA GUBERNAMENTAL	64
2.3.1 <i>Instrumentos de Política pública específicos y de impacto para el sector</i>	65
2.3.1.1 <i>Programas gubernamentales</i>	66
2.3.1.2 <i>Legislaciones en el sector</i>	69
2.3.1.3 <i>Cámaras, asociaciones, institutos, laboratorios del sector eléctrico</i>	70
2.3.1.4 <i>Organismos</i>	71
2.3.1.5 <i>Normalización</i>	72
2.3.2 <i>Derechos de propiedad intelectual (DPI)</i>	74
2.3.3 <i>Incentivos Específicos al sector manufacturero de iluminación LED</i>	75
2.3.3.1 <i>Programa Luz Sustentable</i>	75
2.3.3.2 <i>Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)</i>	75
2.3.3.4 <i>Fondos del PNI</i>	76
2.4 <i>HALLAZGOS Y DISCUSIÓN SOBRE LOS INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS</i>	77
2.4.1 <i>Recientes acciones públicas sobre tecnologías de iluminación LED</i>	81
2.5 <i>TRES GENERACIONES DE DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL (COMPARATIVO TÉCNICO)</i>	82
2.6 <i>PANORAMA TECNO-ECONÓMICO DE LA SOCIEDAD MEXICANA E ILUMINACIÓN DOMÉSTICA</i>	89
2.6.1 <i>Consideraciones económicas de las LFCs y el riesgo de pérdidas debido a la red eléctrica</i>	89
2.6.1.1 <i>Comparativo económico breve entre LFCs vs. LEDs en México (2012)</i>	92

2.6.1.2 Fallas en el suministro Eléctrico en México como riesgo de pérdida en el PLS	94
2.6.3 <i>Características de Calidad de la Energía de los nuevos dispositivos LFC y LED y su papel en la red eléctrica en México.</i>	102
2.6.4 <i>Comparativo breve sobre el impacto ambiental vs. PLS</i>	104
2.6.4.1 El Programa de Luz Sustentable	105
2.6.4.2 PLS - Factores de impacto ambiental y social (salud) en un mundo globalizado	107
2.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS IDÓNEAS PARA DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN LED PARA EL SECTOR DOMÉSTICO.	113
CAPÍTULO 3 VIGILANCIA TECNOLÓGICA PARA LOS LEDS	115
3.1 ANÁLISIS DE PATENTES SOBRE ILUMINACIÓN LED COMO “FRONTERA TECNOLÓGICA”	116
3.2 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO	122
3.2.1 <i>Año 2008</i>	124
3.2.2 <i>Año 2009</i>	125
3.2.3 <i>Año 2010</i>	126
3.2.4 <i>Año 2011</i>	127
3.3 BENCHMARKING DE LÁMPARAS WARM WHITE LED'S DE BULBO CLÁSICO.	130
3.3.1 <i>Resultados del Bechmarking</i>	132
3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RECOMENDABLES HACIA POLÍTICAS PÚBLICAS	135
3.5 ANÁLISIS DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LAS POLÍTICAS DEL SECTOR DE ILUMINACIÓN LED EN MÉXICO.....	137
3.5.1 <i>Propuestas de mejora a la política pública</i>	138
CONCLUSIONES	141
REFLEXIÓN FINAL.....	144
BIBLIOGRAFÍA	146
OTRAS REFERENCIAS	155
ANEXOS	156
ANEXO 1. MODELO NACIONAL DE GESTIÓN TECNOLÓGICA E INNOVACIÓN EN MÉXICO	156
OTROS ANEXOS.....	159
Listado de mediciones de temperatura y tensión desarrolladas en una LFC casera	159
Matriz de la lámpara ideal vs tecnologías utilizadas en iluminación doméstica.....	161
Etiquetas de eficiencia energética de otros países.....	162
Mapa Tecnológico para Iluminación LED en general, 1991-2012.....	163

Índice de figuras

FIGURA 1 - EJEMPLO DE ANÁLISIS DE PATENTES PARA LEDS EN ILUMINACIÓN CON LUZ BLANCA.....	32
FIGURA 2 - MAPEO DE TECNOLOGÍAS EN ILUMINACIÓN LED DE LUZ BLANCA: TRAYECTORIA TECNOLÓGICA EN BASE A PATENTES (IZQUIERDA) Y MAPA DE PALABRAS EN BASE A BIBLIOMETRÍA (DERECHA)	34
FIGURA 3 - CATEGORIZACIÓN DE ADOPTADORES DE INNOVACIONES	38
FIGURA 4 - CAMBIOS DE ILUMINACIÓN EN MÉXICO, DE 1993 A 2003.....	46
FIGURA 5 - CAMBIO EN LA ILUMINACIÓN EN MÉXICO, DE 1992 A 2009.....	47
FIGURA 6 - ILUMINACIÓN EN MÉXICO, 2011 (TRAZO: DEL ÁREA CENTRAL DEL PAÍS A LA PENÍNSULA DE YUCATÁN)	47
FIGURA 7 - ESPECTRO VISIBLE POR EL OJO HUMANO (LÍNEAS DE COLOR CENTRAL) DENTRO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO... ..	48
FIGURA 8 - TRANSFORMACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA (CONSUMO) EN UNA LÁMPARA INCANDESCENTE.....	49
FIGURA 9 - FUNCIONES DE EFICIENCIA LUMINOSA PROMEDIO DEL OJO HUMANO (CIE, 2004)	51
FIGURA 10 - ONDAS ESPECTRALES DE EMISIÓN LED BLANCO FRÍO (IZQUIERDA) Y BLANCO CÁLIDO (DERECHA).....	52
FIGURA 11 - DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PERTINENTES DE LA TECNOLOGÍA LED PARA EL OJO HUMANO.	53
FIGURA 12 - ENTORNO INSTITUCIONAL PARA LAS LÁMPARAS A BASE DE LEDS PARA USO RESIDENCIAL.....	65
FIGURA 13 - DESAGREGACIÓN DEL ENTORNO INSTITUCIONAL PARA UN ESQUEMA DE IMPORTACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	80
FIGURA 14 - EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA LUMINOSA DE LAS FUENTES DE ILUMINACIÓN.....	86
FIGURA 15 - USUARIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, MÉXICO, TOTAL NACIONAL 1994 A 2009.....	90
FIGURA 16 - VARIEDAD DE COSTOS TÍPICOS AL CONSUMIDOR EN MÉXICO.	92
FIGURA 17 - COSTOS DE ENERGÍA kW/HORA (PESOS MX A NOV. 2011) POR USO HASTA 10 AÑOS.....	92
FIGURA 18 - EL CIRCUITO SUTIL DETRÁS DE LA ILUMINACIÓN LED. LOS CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN LED	112
FIGURA 19 - PATENTES CONCEDIDAS VS SOLICITADAS WARM WHITE LED EN AL USPTO, 2002 A 2012.....	117
FIGURA 20 - NÚMERO DE PATENTES CONCEDIDAS Y SOLICITADAS EN LA USPTO PARA TECNOLOGÍAS LED EN ILUMINACIÓN DE LUZ BLANCA.....	118
FIGURA 21 - SOLICITUDES DE PATENTES DE TITULARES EN WARM WHITE LEDS.	120
FIGURA 22 - SOLICITUDES DE PATENTES POR CESIONARIOS EN WARM WHITE LEDS.	120
FIGURA 23 - RESULTADOS DE NÚMERO DE ARTÍCULOS Y NÚMERO DE CITAS, 1998-2011.....	123
FIGURA 24 - MAPA DE PALABRAS (WORD-MAP) SOBRE LED'S DE LOS JOURNALS PARA 2008.....	124
FIGURA 25 - MAPA DE PALABRAS SOBRE LED'S DE LOS JOURNALS PARA 2009.....	125
FIGURA 26 - WORD-MAP SOBRE LED'S DE LOS JOURNALS PARA 2010.....	126
FIGURA 27 - WORD-MAP SOBRE LED'S DE LOS JOURNALS PARA 2011	127
FIGURA 28 - TRAYECTORIA CIENTÍFICA DE LEDS A PARTIR DE JOURNALS (ARTÍCULOS CIENTÍFICOS) 2008-2011.	128
FIGURA 29 - ILUMINACIÓN LED BASADA EN NANOTECNOLOGÍA (PUNTOS QUÁNTICOS)	129
FIGURA 30 - OBJETIVO DEL EJE COMPARATIVO EN BASE A LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA (ANÁLISIS DE PATENTES Y BIBLIOMETRÍA)	130
FIGURA 31 - MAPA DE RADAR DE LITERATURA TÉCNICO-COMERCIAL. RESULTADOS GENERALES DEL	133
FIGURA 32 - GRAFICO DE TENDENCIAS ENTRE TENSIÓN Y TEMPERATURA EN LA BASE DEL BULBO DE UNA LFC.....	160
FIGURA 33 - LÁMPARA IDEAL VS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN ILUMINACIÓN DOMÉSTICA	161

Índice de Tablas

TABLA 1 - CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS FUTURO Y TENDENCIA TECNOLÓGICA	28
TABLA 2 - EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS PARA ILUMINACIÓN GENERAL.	44
TABLA 3 - ESTUDIO DE ENTORNO ECONÓMICO	58
TABLA 4 - ESFUERZOS DE INNOVACIÓN (EI): APRENDIZAJE Y DESARROLLO	60
TABLA 5 - CLASIFICACIÓN SIAVI AL 2013 PARA EL MERCADO DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL A BASE DE LEDs DE LUZ BLANCA	62
TABLA 6 - ÍNDICES DE LA APERTURA COMERCIAL PARA EL INTERCAMBIO COMERCIAL DE DISPOSITIVOS LEDs EN MÉXICO.	63
TABLA 7 - COMPARATIVO DE CASOS DE ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN LED EN 3 SECTORES	88
TABLA 8 - RENDIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN DE ESTADO SÓLIDO (SSL) EN COMPARACIÓN CON LAS TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN CONVENCIONALES EN 2010.....	93
TABLA 9 - INDICADORES OPERATIVOS, SIN ZONA CENTRO.....	94
TABLA 10 - LUZ Y FUERZA DEL CENTRO. NÚMERO DE INTERRUPCIONES POR USUARIO (AÑO MÓVIL AL CIERRE DE CADA PERIODO)	96
TABLA 11 - CFE, NÚMERO DE INTERRUPCIONES POR USUARIO (AÑO MÓVIL AL CIERRE DE CADA PERIODO)	98
TABLA 12 – VIDA ÚTIL NETA DE LAS LFCs DEL PLS DEBIDO A FALLAS EN LA RED ELÉCTRICA MEXICANA.....	101
TABLA 13 - COMPARATIVO BREVE SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL VS. PL	104
TABLA 14 - EMPRESAS DETECTADAS CON MAYOR ACTIVIDAD EN PATENTES DE ILUMINACIÓN LED WHITE LIGHT.....	118
TABLA 15 - PRODUCTOS COMERCIALES QUE CUMPLEN EL EJE COMPARATIVO.	131
TABLA 16 - MAPEO TECNOLÓGICO DE LAS 5 CARACTERÍSTICAS OBJETIVO.	132
TABLA 17 - MAPEO PONDERADO Y AJUSTADO SOBRE LITERATURA COMERCIAL. RESULTADOS GENERALES DEL EJE COMPARATIVO	132
TABLA 18 - ANÁLISIS DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL CONJUNTO DE POLÍTICAS PARA ILUMINACIÓN LED.	137
TABLA 19 - PRUEBA PARA IDENTIFICAR VARIABLES RELACIONADAS EN UNA LFC: TENSIÓN Y TEMPERATURA.	159

SIGLAS UTILIZADAS

- AMVM Área Metropolitana del Valle de México
- CE (ó EC) Comisión Europea
- CFE..... Comisión Federal de Electricidad
- CIDESI Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (Pertenece al Sistema de Centros del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT)
- CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
- CONDUMEX Conductores Mexicanos
- CRI Índice de Rendimiento de Color
- EPO Oficina Europea de Patentes (por sus siglas en inglés, European Patent Office)
- FIDE Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
- GEI Gases de Efecto Invernadero
- IC Inteligencia Competitiva
- ICT Índice de Correlación de Color con Temperatura
- IMPI Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- I+D ó R&S Investigación y desarrollo (I+DT, Investigación y desarrollo tecnológico)
- IT Inteligencia Tecnológica
- ITC Inteligencia Tecnológica Competitiva
- IPN Instituto Politécnico Nacional
- K Kelvin, grado. Unidad para la medición de temperaturas absolutas.
- LASE..... Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la energía
- LED Diodo Emisor de Luz (por sus siglas en inglés, Light Emitting Diode)
- LFC ó LFCA Lámpara Fluorescente Compacta Autobalastada
- MNGdTi Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación
- PEA Población económicamente activa
- PLS Programa Luz Sustentable
- PNT (o PNTi) Premio Nacional de Tecnología e Innovación
- SE..... Secretaría de Economía
- SENER Secretaría de Energía (de los Estados Unidos Mexicanos)
- SIAVI Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (de la SE)
- SIGA Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (del IMPI)
- THD..... Distorsión Armónica Total (por sus siglas en inglés, Total Harmonics Distortion)
- TRI Tasa de retorno de la inversión
- TAF Técnicas de análisis futuros y tendencia tecnológica
- UNAM..... Universidad Nacional Autónoma de México
- UNINTER..... Universidad Internacional (Del Estado de Morelos)
- USPTO..... Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos de Norteamérica (por sus siglas en inglés, United States Patent and Trademark Office's)
- VT Vigilancia Tecnológica

Introducción

En México, La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la energía (LASE) en conjunto con el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) han dado origen al Programa de Luz Sustentable (PLS) del Gobierno Federal, que inició en el año 2011 con el fin de substituir gradualmente las lámparas incandescentes, muy poco eficientes, por “lámparas ahorradoras”. En los primeros dos años de su implantación se han sustituido cerca de 40 millones de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFCs), y se planteó una segunda etapa para lograr que en 2016 las lámparas incandescentes sean totalmente eliminadas del mercado. Sin embargo, al término de esta investigación quizá una buena cantidad de esas lámparas fluorescentes compactas de la primera etapa habrán terminado su vida útil prematuramente, debido a los cortes y variaciones de voltaje, así como otras fallas en el servicio de suministro eléctrico a nivel doméstico. Por lo tanto, una tecnología más resistente y más eficiente lumínicamente, debería entrar en relevo como el mejor cambio tecnológico, aunado a que seguramente se dispondrá de mejores Diodos Emisores de Luz (LEDs) durante este mismo año de 2013, y con precios más competitivos. Incluso durante 2011 y 2012 en México, ya fue posible localizar mejores productos de iluminación doméstica a base de LEDs que emiten un color de luz más apto para el ojo humano, cualidad que sus antecesoras no tenían, pues emitían en un tono de blanco frío (tonalidad azulada), que no resulta confortable para el usuario. En la actualidad existen en el mercado las de tipo “Blanco Cálido” (*Warm White*) o del tipo “Blanco Puro” (*Pure White*), que son colores que más se asemejan a la luz de los focos incandescentes y a la luz natural al atardecer, respectivamente.

El FIDE y el “Programa de crédito para la adquisición de lámparas de LED’s” para usuarios domésticos, parece ser por ahora el único instrumento que incentiva un cambio tecnológico orientado hacia los dispositivos más eficientes; sin embargo, la limitada divulgación del programa y la poca variedad de productos aplicables al mismo dificulta su implementación y no logra mayor alcance.

El presente trabajo es orientado hacia el sector doméstico en México. Se pretende que para facilitar el cambio tecnológico una lámpara altamente eficiente conserve algunas de las características de los focos tradicionales, como el color de la luz emitida, su factor de forma compacta y que utilice los mismos sockets tipo "Edison 26" (e26) para su fácil instalación en cualquier vivienda en México, de cualquier nivel económico, con el fin de evitar así la necesidad de reemplazar/desechar también los luminarios y su consecuente impacto ambiental negativo que producirían tales desechos. Se pretende, en resumen, que el costo y las complicaciones asociadas al cambio de tecnología sean mínimos en favor del usuario, con el fin de facilitar el cambio y alcanzar beneficios en conjunto.

La creación del PLS en México ha sido el primer paso hacia un cambio tecnológico cuya continuación debería impulsar la mejor tecnología disponible (que como se verá es la de los LEDs) para las características del servicio eléctrico en el país, pues las lámpara fluorescentes compactas se funden con facilidad debido a las variaciones de tensión eléctrica, conocidas como "fallas con afectaciones", de las cuales hay demasiadas a lo largo de un año como consecuencia de labores de mantenimiento, variaciones meteorológicas, sobrecargas en la red, etc. Este ha sido el caso del Área Metropolitana del Valle de México (AMVM), donde la Comisión Federal de Electricidad (CFE) entró como nuevo operador de la red zona centro. Por lo tanto, se encuentra en el AMVM una región importante a considerar en este estudio (de 1993 a 2013), debido a sus condiciones.

Las lámparas o focos incandescentes son sumamente ineficientes: convierten en luz visible menos de un 8% de la energía que consumen; el resto lo disipan en calor, generalmente indeseable. El primer intento de sustituirlas se hizo con las lámparas de halógeno, de mejor eficiencia y duración pero más costosas y contaminantes. El segundo intento se está produciendo con las nuevas 'incandescentes con halógenos' (de eficiencia mediocre) así como con las lámparas ahorradoras (LFC), donde ésta últimas reducen hasta en un 75% los consumos de energía pero también son más costosas, de vida útil muy sensible a las variaciones de tensión, y sobre todo peligrosas para la salud cuando se rompen o tienen que ser desechadas, pues sus bulbos de vidrio contienen gases de mercurio, que es sumamente tóxico si es inhalado.

Los dispositivos a base de LEDs permitirían reducir la contaminación electrónica (por su larga duración), al no contener sustancias tóxicas como gases de mercurio, son más seguras y a la larga el costo-beneficio es más atractivo ya que inicialmente se ahorra más en energía consumida y sobre todo, ahora que las tarifas eléctricas han subido considerablemente su tasa de retorno resulta atractiva ya que al consumir hasta 95% menos electricidad significa también la posibilidad de alcanzar tarifas domésticas más bajas (que son subsidiadas) acelerando la recuperación de la inversión al lograr una facturación que retribuye. También, los Leds son más convenientes porque su conexión a la red produce menos interferencia con otros aparatos, en comparación con las LFC. Todo esto se analizará a detalle y por lo tanto, conviene plantearse las siguientes preguntas:

- ¿De qué manera conviene gestionar el cambio tecnológico de las incandescentes y las LFC por las del tipo LED, basándose en las ventajas tecnológicas y de resistencia mecánica de estas últimas?

Para ello, se plantea un ejercicio de Vigilancia de la tecnología LED apta para el ojo humano y por tanto para que sus resultados sean el aporte principal en la elaboración de la caracterización y especificaciones técnicas idóneas. Esto conduce a la siguiente.

-¿Cuáles son los factores internos y externos que favorecen o dificultan el cambio tecnológico de las fuentes de iluminación doméstica?

Ello implica investigar sobre aspectos institucionales y normativos, las políticas de I+D, la posible transferencia tecnológica de otros países, los incentivos que representan los programas de gobierno, los costos y tasas de retorno, tanto económicas como energéticas, así como también las razones ambientales y culturales.

Para lograr ello se requiere realizar una evaluación y comparación de las tecnologías de iluminación doméstica disponibles en el mercado, desde el punto de vista de la eficiencia energética, los impactos ambientales, el cumplimiento de las normas de salud visual y los costos económicos, con el fin de promover el cambio tecnológico hacia la tecnología de mayores beneficios para la sociedad e infraestructura eléctrica nacional.

El objetivo del presente trabajo de tesis consiste en contribuir al desarrollo y adopción de tecnologías de iluminación que aumenten la eficiencia energética, que sean más resistentes ante las variaciones en el suministro eléctrico y que representen ahorros conjuntos tanto de energía al sistema eléctrico nacional como del tipo monetario para las familias mexicanas.

Las hipótesis que orientaron la presente investigación son:

1. Si se fomenta el cambio tecnológico de las fuentes de iluminación doméstica de LFC a LED-WW, se incrementará la eficiencia energética, lo cual representará un ahorro conjunto para las familias (tecnología más resistente con menores reemplazos) y para la red eléctrica (eficiencia y reducción de contaminación eléctrica o interferencias con otros aparatos).
2. Es posible reducir el impacto ambiental (emisión de GEI y basura electrónica) al adoptar estas nuevas tecnologías.

La estrategia metodológica se sustenta en los siguientes procedimientos y herramientas:

- Se pretende emplear las herramientas de la Inteligencia (Vigilancia) Tecnológica (análisis de patentes y bibliometría, principalmente), afinando los resultados mediante un comparativo comercial (*benchmarking*) respaldado en "Indicadores basados en la literatura" (con apoyo en estudios de eficiencia energética y durabilidad tanto en tecnologías de las LFCs y LEDs que laboratorios de alto reconocimiento han llevado a cabo).
- Se hará uso de procedimientos estadísticos que permitan probar los argumentos en la hipótesis respecto a tendencias de ambas tecnologías de LFC vs. LEDs, a mediano y largo plazo (ejercicio de Vigilancia tecnológica: Análisis de Patentes y Bibliometría)
- Se identificarán y construirán fuentes de información estadística, tomando los datos disponibles del INEGI, CFE, y otros organismos que se identifiquen en el transcurso de la investigación.

Las etapas y resultados de la investigación se presentan organizados en tres capítulos como se describe a continuación:

En el primer capítulo se presenta el marco de referencia respecto a conceptos del cambio tecnológico, gestión de la tecnología, vigilancia tecnológica y herramientas utilizadas en este trabajo, así como el análisis sobre las características que deben cumplir los dispositivos de iluminación doméstica de acuerdo al ojo humano.

El Capítulo II se dedica al estudio de las características nacionales e industriales del sector de iluminación residencial en México, abordando también las características de la red de suministro eléctrico a nivel doméstico para la elaboración de las especificaciones más adecuadas para tecnologías de iluminación basadas en LEDs para el mismo sector.

En el tercer capítulo se lleva a cabo la vigilancia tecnológica sobre los dispositivos de iluminación LED para arribar a un estudio comparativo comercial de las tecnologías de frontera para el ámbito doméstico con objeto de proponer una mejora en las políticas públicas similares a una nueva etapa o actualización del PLS en base a las especificaciones técnicas construidas.

Al término de los tres capítulos se emiten las conclusiones de este trabajo de tesis.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

NOTA: Para las fuentes citadas cuya lengua original se encuentran en un idioma diferente al español, el autor es quien ha realizado la traducción para el presente trabajo de investigación.

Balastro (Balastro, acondicionador, *driver*, *starter*).- Es un dispositivo compuesto de componentes electrónicos para el arranque o encendido de las lámparas fluorescentes compactas y tipos similares, proporcionando el precalentamiento necesario de los electrodos y, en combinación con un circuito en serie causa un aumento inicial de tensión y un acondicionamiento posterior según lo requerido por la lámpara. (CIE, 2012)

Benchmarking.- Proceso de evaluación de productos o servicios, formas de operación y métodos de la organización con relación a los de sus competidores o a los de las organizaciones líderes en su campo. (PNTi, 2011a)

Color de iluminación (Color de luz).- Interpretación de la sensación visual como perteneciente a la luz que cae sobre los objetos. (CIE, 2012)

Ejemplos: Color blanco cálido (sensación de ambiente tibio, luz solar, luz de día)
 Color blanco frío (sensación de ambiente a baja temperatura)
 Color blanco puro (sensación relajada, luz solar al atardecer)

Competitividad.- Característica de una organización que le permite diferenciarse de las demás mediante el desempeño superior de uno o más atributos de sus procesos, productos o servicios, resultando en: incremento de ventas y/o participación de mercado, entrada en nuevos mercados, mayor margen de utilidad, incremento de productividad, reducción de costos, etc. (PNTi, 2011a)

Corriente eléctrica (o intensidad de corriente eléctrica). [Unidad: Ampere (A)]. Es la tasa de flujo de cargas a través de una superficie (por ejemplo, la sección transversal de un alambre), y en los semiconductores estas cargas pueden ser positivas (huecos) o negativas (electrones). La intensidad de corriente de "1 Ampere" se define en función de la fuerza de atracción entre dos conductores paralelos por los que circula corriente en uno y otro sentido. (Gieck & Gieck, 2003)

Corriente alterna (CA).- Es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares (ciclos). La frecuencia estándar de la corriente utilizada en México es de 60 ciclos por segundo (60 Hz); en Europa y la mayor parte del mundo es de 50 Hz.

Corriente continua (CC).- o corriente directa (CD) es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna portátil o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua.

Una ventaja de la CA es su económico cambio de voltaje. Además, la pérdida de energía al transportarla a largas distancias es mucho menor que con la CC. (EC, 2009). Las líneas eléctricas de distribución para los hogares son de corriente alterna.

Cultura tecnológica.- Es el conjunto de opiniones individuales, creencias, valores compartidos, normas organizacionales, tradiciones, mitos, símbolos y hábitos de conducta del personal, en relación al propósito y rol que juega la tecnología, y su gestión, en la organización. (PNTi, 2011a)

Desarrollo tecnológico.- Del PNTi (2011), son los “trabajos sistemáticos basados en conocimientos adquiridos mediante investigación y/o experiencia dirigidos a la producción de nuevos materiales, el establecimiento de nuevos procesos, el diseño de nuevos productos o servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes”.

Desechos electrónicos (e-waste).- Dispositivos que han dejado de funcionar y que lo hacían en base a elementos o tarjetas electrónicas compactas como teléfonos celulares, radios, monitores, computadoras portátiles y de sobremesa, impresoras, televisores, etc.

Diodo Emisor de Luz (LED).- Dispositivo de estado sólido que incorpora una unión p-n, que emite luz visible en forma de radiación óptica incoherente cuando es excitado por una corriente eléctrica.

- LEDS cold white (emisión de luz visible con un color de luz percibida como fría)
- LEDS warm white (emisión de luz visible con un color de luz percibida como cálida)
- LEDS pure white (emisión de luz visible con un color de luz percibida como templada)

Dopaje (Doping).- La adición de una impureza a un semiconductor, o la producción de una desviación de composición estequiométrica, para lograr una característica deseada.

Eficacia lumínica (rendimiento luminoso, símbolo: η).- Es la relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente y la potencia total consumida, expresada en lumen por watt (lm/W). Mientras mayor sea el rendimiento mejor será la fuente (lámpara) y menos energía consumirá.

Equivalente luminoso de energía.- Es la relación entre watts y lúmenes y equivale a: 1 watt-luz a 555 nm = 683 lm. (García Fernández, 2013)

Estado de la técnica.- Es la situación actual o grado de avance que guarda el contexto del conocimiento, por lo que también se le denomina ‘Estado del conocimiento científico y tecnológico’ o también ‘últimos avances técnicos’, incluso como ‘estado del arte’, sin embargo, la R.A.E. recomienda no usar esta última expresión por considerarla una copia errónea (calco censurable) del inglés “*state of the art*”.

Flujo luminoso.- (intensidad luminosa) Flujo de luz por unidad de tiempo que se emite dentro de una unidad de ángulo sólido por una fuente de luz puntual que tiene una intensidad luminosa de una candela. (NOM-028-ENER-2010, 2010). Se representa por el símbolo Φ y su unidad es el lumen (lm). Una definición más sencilla en el contexto de este trabajo se puede tomar como “la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible” (García Fernández, 2013); donde tal potencia puede medirse en watts o lúmenes.

Frecuencia.- [Unidad: *hertz* (Hz)]: Variación periódica equivalente a un ciclo por segundo (c/s). (Gieck & Gieck, 2003)

Gestión del cambio tecnológico (GCT).- En ciertas literaturas se toma también como gestión de la innovación, para fines de esta investigación se definirá a la GCT como al "conjunto de procesos, métodos y técnicas que utiliza una organización para conocer, planear, desarrollar, controlar e integrar ordenadamente sus recursos y actividades para direccionar un nuevo equilibrio de satisfacción de las necesidades existentes o la creación de nuevas dimensiones de ventajas para las nuevas necesidades vistas como recombinação de factores existentes (tecnología). [Basado en (PNTi, 2011a) y (Dell'Era & Fecchio, 2012)]

Generación de tecnología.- Desarrollo de nuevas formas de operar, diseñar o elaborar productos, servicios y/o procesos en la organización. Se habla de generación cuando resulta nueva a la organización, a la industria o a su mercado, o representa una forma alterna con alguna ventaja significativa sobre las formas establecidas. (PNTi, 2011a)

Gestión tecnológica.- De la tercera definición del PNTi (2011), Es el conjunto de procesos o actividades de administración que se emplean con la finalidad de asegurar que la tecnología se use de forma adecuada para el logro de los objetivos de la organización y, de manera especial, para aumentar sus ventajas competitivas. (PNTi, 2011a)

Illuminancia (nivel de iluminación).- Es el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m^2 . (García Fernández, 2013)

Índice de Rendimiento de Color (del inglés, Color Rendering Index, CRI). Es un valor numérico, en una escala de 0 a 100, que describe el efecto de una lámpara en el color de los objetos que ilumina en comparación con el color del mismo objeto iluminado por una fuente de luz de referencia. (NOM-028-ENER-2010, 2010).

Innovación.- Es la introducción en el mercado de nuevos productos o servicios o la implantación de nuevos métodos de producción, organización o comercialización, o la modificación sustancial de los mismos, que impactan a favor de la competitividad de la organización. (PNTi, 2011a)

Joule (J): Unidad de medida de la energía o del trabajo realizado. Trabajo realizado por una fuerza de 1 Newton (N), cuando su punto de aplicación se desplaza una distancia de 1 m en la dirección y sentido de la fuerza.

Lámpara Fluorescente Compacta Autobalastada (LFCA, en inglés ACFL) son bombillas de bajo consumo que duran más tiempo y gastan mucha menos energía que las bombillas incandescentes, produciendo el mismo nivel de intensidad luminosa [...] Están formadas por un tubo de vidrio que contiene una pequeña mezcla gaseosa de baja presión, en concreto de mercurio y gases nobles (de 3 a 5mg). El tubo está cubierto en su interior con un material fluorescente que suele ser un compuesto químico del fósforo. Al fluir la corriente, el circuito de arranque produce electrones que estimulan los gases del interior del tubo que, a su vez, liberan radiación ultravioleta. La radiación activa la cobertura del interior de tubo que la hace emitir luz visible a través de la superficie de la lámpara (GreenFacts, 2013).

Lámpara incandescente.- Dispositivo hermético de cristal, al vacío o lleno de gas inerte, dentro del cual se produce luz mediante un filamento que se calienta hasta la incandescencia por el paso de corriente eléctrica. (NOM-028-ENER-2010, 2010)

Lumen (lm).- Unidad en el Sistema internacional (SI) para medir el flujo luminoso, que toma como referencia la radiación visible. La CII (2012) da una definición equivalente: flujo luminoso de un haz de radiación monocromática cuya frecuencia es 540×10^{12} Hz y cuya radiante de flujo es 1/683 W.

Luminancia.- Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente *vista por el ojo humano* en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m^2 . Es importante destacar que el ojo humano sólo ve luminancias, no iluminancias; por lo tanto, la luminancia es la luz que llega al ojo que a fin de cuentas es la que vemos. (García Fernández, 2013).

Luminario.- Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica. (NOM-001-SEDE-2005, 2006)

Luz visible (Espectro visible).- Es la parte de espectro electromagnético que los ojos humanos son capaces de detectar. Cubre todos los colores del azul a 400 nm al rojo a 700 nm. La luz azul contiene más energía que la roja. (EC, 2009).

Lux (lx).- Unidad de medición para el nivel de iluminación, un $\text{lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$.

Nuevos productos o nuevos servicios.- Son productos o servicios que tienen propiedades o atributos diferenciados de lo que antes existía en el mercado o en la organización, representan un cambio en la percepción del mercado e impactan en su competitividad. (PNTi, 2011a)

Potencia (flujo de energía): watt (W): Potencia o flujo de energía que se desarrolla a razón de 1 J/s. La unidad de energía joule (J) se aplica también a los fenómenos térmicos y de cualquier otra clase como eléctricos o magnéticos. Lo mismo corresponde al watt (W). (Gieck & Gieck, 2003).

Potencia eléctrica consumida por una lámpara. [Unidad: Watt (W)]: Es la cantidad de Energía producida/consumida por unidad de tiempo. Cuando se habla, por ejemplo, de 25 W o 60 W de una lámpara, se refiere sólo a la potencia consumida por ese dispositivo de la cual solo una parte se convierte en luz visible, que es el llamado *flujo luminoso*.

Se puede medir en watts, pero parece más sencillo referirlo en unidades de lumen, que toma como referencia la radiación visible. A una radiación de 555 nm de 1 W de potencia emitida por un cuerpo negro le corresponden 683 lumen. (García Fernández, 2013)

Propiedad intelectual.- Conjunto de derechos de carácter exclusivo que otorga el Estado por un tiempo determinado a las personas físicas o morales que han realizado creaciones intelectuales, en particular invenciones tecnológicas y obras literarias o artísticas. Comprende dos ramas: la propiedad industrial (invenciones, marcas, dibujos, modelos industriales, secretos industriales), y el derecho de autor (obras literarias, musicales, artísticas, fotografías y audiovisuales).

Reactancia capacitiva.- (símbolo X_c).- Es la característica interna de resistencia eléctrica que presenta un elemento condensador o capacitivo, a la cual se le denomina reactancia capacitiva para diferenciarla de otros elementos pasivos, si símbolo es X_c y se mide en Ohms.

Responsabilidad social.- Es el compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de la organización tanto en lo interno, como en lo externo, considerando las expectativas de todos sus participantes en lo económico, social o humano y ambiental, demostrando el respeto por los valores éticos, la gente, las comunidades y el medio ambiente y para la construcción del bien común. (CEMEFI)

Responsabilidad social de las empresas (RSE).- La integración voluntaria de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con las partes interesadas (*stakeholders*). La Comisión Europea propone una nueva definición de la RSE como "*la responsabilidad de las empresas por sus impactos en la sociedad.*"

El cumplimiento de la legislación vigente y los convenios colectivos entre los participantes sociales es una condición previa necesaria para hacer frente a este compromiso. Para cumplir plenamente su responsabilidad social, las empresas deben contar con un proceso para integrar los derechos humanos, sociales, éticos, medioambientales y las tensiones de los consumidores en sus operaciones comerciales y en su estrategia básica en estrecha cooperación con las respectivas partes interesadas, con el objetivo de -hacer todo lo posible para crear un valor compartido por sus propietarios / accionistas y sus otras partes interesadas y la sociedad en general; - identificar, prevenir y mitigar sus posibles efectos adversos " [(COM , 2011, p.7), citado por (Maggiolini, 2012, p. 12)]

Semiconductor. Un elemento electrónico capaz de conducir la corriente eléctrica con características de resistividad generalmente en un rango entre los metales y los aislantes en la que la concentración de los *portadores de carga* eléctrica aumenta con el aumento de la temperatura y sobrepasar una cierto rango de la misma. (IEEE, 1980)

Socket (portalámparas).- Dispositivo que mantiene una lámpara en su posición, por lo general por la base roscada o casquillo después de haberlo insertado en él, en cuyo caso también proporciona los medios de conexión de la lámpara a la red eléctrica. (CIE, 2012).

Socket e26, e27 (Base roscada tipo Edison 26 o 27).- Es el correspondiente soporte de un portalámparas, se identifica generalmente por una o más letras seguidas por un número que indica generalmente la dimensión del diámetro de la base, en milímetros. (CIE, 2012); e26 y e27 son estándares americanos y europeos respectivamente, que tienen el mismo diámetro pero la diferencia radica en el largo de la base, que es mayor para la europea.

Tecnología.- Conjunto de conocimientos que cumple con dos requisitos: (1) es compatible con la ciencia y controlable mediante el método científico, y (2) se usa para controlar, transformar y crear objetos y/o procesos del mundo natural o social (Bunge 1999, Citado en Jiménez Domínguez,

2011). A veces pueden tomarse los términos técnica y tecnología como sinónimos; pero en otros contextos la palabra técnica tiene una connotación más amplia. (Jiménez Domínguez, 2011)

Tensión eléctrica (también: diferencia de potencial, tensión eléctrica, potencial eléctrico, fuerza electromotriz) [Unidad: Volt (V)].- Es la fuerza con que la energía es suministrada por la fuente dividida por la carga eléctrica que se conecta a través de la fuente. (NOM-008-SCFI-2002, 202). 1 V es igual a la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito donde una corriente de 1 Ampere desarrolla una potencia de 1 Watt. (Gieck & Gieck, 2003)

Tensión eléctrica nominal.- Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar de la nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos. (NOM-001-SEDE-2005, 2006).

Unión (en inglés *Junction*, juntura o unión en un dispositivo semiconductor).- Una región de transición entre las regiones semiconductoras de diferentes propiedades eléctricas (por ejemplo, nn +, pn, p-p+ semiconductores), o entre un metal y un semiconductor. (IEEE, 1980).

Vigilancia tecnológica (monitoreo tecnológico, *technology watch*).- Actividades que se realizan para monitorear el entorno tecnológico de una organización. Es un proceso sistemático de identificación y evaluación de los avances tecnológicos que son críticos para reforzar las ventajas competitivas de las organizaciones. La vigilancia tecnológica permite identificar: tendencias tecnológicas; oportunidades de negocio; socios estratégicos; tecnologías afines a la empresa; así como investigadores, tecnólogos o colaboradores que podrían ayudarle a desarrollar e innovar tecnologías. Recibe varios nombres, entre otros: alerta tecnológica, inteligencia tecnológica, sistema de información tecnológica. [Adaptado de (PNTi, 2011a)]

Capítulo 1 Gestión y vigilancia tecnológicas para la visión humana

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos sobre las herramientas de Vigilancia Tecnológica utilizadas en la metodología del presente trabajo de investigación, así mismo, son base los conceptos de Innovación y Gestión de la tecnología expuestos al inicio de este capítulo por considerarlos fundamentales para la comprensión del ámbito de VT. Se finaliza con el análisis sobre las características que debe cumplir la iluminación doméstica de tecnologías LED de acuerdo al ojo humano, motivo por el cual se inició este trabajo de investigación pensando en que una vez enriquecido y conjuntado en los sucesivos capítulos pueda ser material de interés para el beneficio social y económico de México a través de instituciones como el FIDE, CFE, ANCE, la LASE, la SE y el sistema SIAVI.

1.1 Gestión de la tecnología e innovación

Saber llevar el control sobre las tecnologías actuales o buscar unas mejores para el futuro requieren primeramente saber en perspectiva, el por qué se usan las técnicas actuales (en qué son distintas a las anteriores) y el cómo podrían solucionar de mejor forma ciertos problemas o necesidades, es decir, entender aquello que las ha cambiado o hace distintas a través de los años, contextos o épocas, para lograr un mejor desempeño.

El cambio tecnológico dentro de la corriente de la economía neoschumpeteriana se define como el fenómeno de sustitución de factores (productos, procesos, diseños, modelos, etc.) de acuerdo a la selección de una nueva técnica donde influyen distintas causas, que son definidas como un 'ambiente' donde concurren tres fuerzas: las del conocimiento endógeno de las empresas, las de conocimiento exógeno, y también las políticas en los mercados que impulsan dicho cambio. Estos factores ambientales tendrán éxito en virar radicalmente las direcciones y procedimientos del avance técnico siempre y cuando sean capaces de propiciar el surgimiento de nuevos paradigmas (Dosi, 1988a).

Los nuevos paradigmas tecnológicos, son las necesidades o problemas "relevantes" que en su contexto tienen el propósito de plasmar el conocimiento específico relacionado con su solución, es decir, los principios científicos utilizados para la tarea y/o la tecnología de los materiales a emplear. Y finalmente, las direcciones o trayectorias de los cambios tecnológicos suelen precisarse por el "estado de la técnica" en uso dentro de una empresa, sociedad, país o época. Por lo tanto, los paradigmas tecnológicos definen las oportunidades para otras innovaciones y algunos procedimientos básicos de cómo explotarlos (Dosi, 1988b).

De esta forma se puede identificar una dinámica innovadora que para asimilarla obedece mayoritariamente a los procesos tecnológicos que a los recursos disponibles, tales procesos de asimilación son sistemáticos, culturales y acumulativos (Dosi, 1988; citado en Aguilar, 2003).

La 'gestión tecnológica' es un concepto originado en los últimos años debido a que cada vez más, tanto la tecnología como trabajos de investigación y desarrollo son los elementos que dan valor agregado a las empresas o institutos que los integran en su cadena productiva y/o estructura organizacional. Así, la introducción y asimilación de tal concepto en la comunidad económico-tecnológica es un ejemplo para definir a la 'innovación', pues ésta implica la aceptación por parte de la sociedad de un nuevo producto o servicio disponible en el mercado (éxito comercial e impacto económico subsecuente).

Gestionar se refiere a un conglomerado de acciones en actividades administrativas y gerenciales que al enfocarse a la tecnología no solamente engloba el carácter comúnmente conocido como *management*; por lo que, la gestión es justamente el enfoque innovador que enriquece el conjunto de "planear, organizar, dirigir, evaluar y controlar" definido por H. Fayol hace un siglo. Cuando se incluyen los términos de *dirección* y *liderazgo* se enriquecen tales actividades y convergen en una sola, la Gestión (Ochoa Ávila, et al., 2007) que entonces es aquel engranaje invisible conjuntado por la administración estratégica de la dirección apoyándose en la función integradora de sus líderes dentro de una organización.

Para integrar el concepto de gestión tecnológica (GT), podemos acudir a la siguiente definición que citan Ochoa et al. (2007) donde se refiere como "[...] las capacidades de innovación de las empresas, la generación de nuevos productos y procesos, los cambios organizacionales y las estrategias de mercado, que se han convertido en una ventaja competitiva clave para su mantenimiento y crecimiento" (Santos Corral, 2003). De esto también se desprende la necesidad en la cual el hombre ha pasado gran parte de su tiempo tratando de predecir el futuro, pero debe conformarse con diseñar algoritmos o tendencias como herramientas para visualizar posibles escenarios económicos y sociales (a corto plazo), más no son confiables para predicciones exactas, sin embargo, el interés para tener un mejor plano de certidumbre para decidir sobre su desarrollo en menor o mayor grado, si lo puede obtener de tales diseños.

La importancia del conocimiento y la aplicación de la ciencia son expresadas en buena medida por la tecnología; su uso y mejora a través del tiempo, aunque es de considerarse también que la tecnología puede generar conocimientos (*know how*) antes que la actividad científica, ya que tiene su propia dinámica (Mayz-Vallenilla, 1983; citado en Jiménez Domínguez, 2011). De igual forma, el aspecto predilecto de la 'gestión de la tecnología' toma en cuenta esta dinámica de intercambio *no lineal* entre la ciencia y la tecnología, pues es un instrumento que vincula a los sectores productivos y de Investigación y Desarrollo (I+D) dentro del proceso de innovación tecnológica; que observado en el plano estratégico a largo plazo, garantiza las actividades de investigación y la transferencia de sus resultados a las entidades productivas (Ochoa et al., 2007).

La ejecución de la gestión tecnológica implica hacerlo bajo un modelo definido que considere lo siguiente: *Acopiar* (y organizar, información), *Vigilar* (la evolución tecnológica local y externa), *Evaluar* (potencializar las estrategias de innovación en base al análisis de la información), *Enriquecer* (todo lo encontrado en la etapa de I+D, si la hay), *Asimilar* (difusión, capacitación, desarrollo, etc.) y *Proteger* (la propiedad intelectual), de todo aquello que resulte y sea útil en la organización innovadora. El modelo mexicano (Anexo 1. Modelo Nacional de Gestión Tecnológica) agrega la Implantación que es la expresión tangible de todo el proyecto innovador hasta el lanzamiento final.

Los modelos de gestión tecnológica son los encargados de indicar, mediante una concepción *estratégica*, qué prácticas son más convenientes. Así que se ha pasado desde los modelos de innovación estáticos, representados inicialmente por Schumpeter hasta los dinámicos, representados por los de Utterback-Abernathy y Tushman-Rosenkopf, para finalmente llegar a los modelos donde también toman en cuenta al individuo tanto como a las diferentes fases que la tecnología tiene en una organización, para entender qué ente tiene la probabilidad de introducir o explotar una innovación (Afuah, 1999: 40-57).

El Modelo Nacional de Gestión Tecnológica (PNTi, 2006), surge como trabajo de grupo (UNAM, UNINTER, CONACYT, CONDUMEX, CIDESI y PNT), y se compone de una

serie de funciones y procesos de GT que integran las actividades que sobre la materia se realizan en una organización comprometida con el desarrollo y la innovación tecnológica.

En general, los modelos de GT tienen como objetivo vigilar que se lleven a cabo todas las relaciones o interacciones entre los componentes tácitos de la gestión tecnológica del conocimiento, pues su fin principal dentro de la organización es que ésta disponga de una ventaja competitiva, y al mismo tiempo dicha ventaja sea sostenible en el tiempo (Paniagua & López, 2007: 6-92).

De lo anterior, un Sistema de Gestión Tecnológica (SGT) se integra al conjuntar herramientas ordenadas que otorguen un accionar eficaz, la obtención de una ventaja en sentido competitivo. Su fin es desarrollar la continua búsqueda, apropiación, creación y utilización del conocimiento aplicado, con la meta de cubrir las necesidades actuales y futuras de la organización así como de la sociedad. De esta idea se entiende entonces ese conocimiento aplicado, el capital intelectual, que es el factor más importante (Kalenatic, et al., 2009). Las actividades fundamentales del SGT pueden describirse en 16 y 18 actividades, según el autor, en general disponen de la metodología de la GT y sus modelos (vigilar, planear, habilitar, proteger e implantar y dar seguimiento). Véase por ejemplo (Preciado, 2010: 2) y (Kalenatic, et al., 2009: 260-262).

La implantación de estos sistemas debe ser una prioridad de las políticas públicas y de los esfuerzos empresariales que buscan el desarrollo del país. (Preciado, 2010). Dentro de un SGT es posible utilizar diversas herramientas según la necesidad de cada organización.

En tal contexto, (Freeman, 1998: 82) sostiene que los neoschumpeterianos han realizado un uso original e ingenioso de la amplia variedad de estadísticas para la medición de varios aspectos del cambio técnico: cienciometría hoy conocida como bibliometría, tecnometría o análisis de trayectoria tecnológica, patentes, gastos y personal en investigación y desarrollo, innovaciones, difusión y otras.

El *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe* (en adelante manual ILPES), con base en Porter (2004) y al Centro de Gestión y Estudios Estratégicos del Brasil, (CGEE), define 10 familias sobre Técnicas de Análisis del Futuro y Tendencia Tecnológica (TAF), y las presenta en su cuadro No. 64 que engloba todas las herramientas de GT y su principal aplicación (Medina & Ortegón, 2006). Para nuestro caso, se presenta un extracto de la adaptación original del CGEE en “Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens” (Miranda, et al., 2004), utilizando expresiones más adecuadas para México.

Para efectos de este trabajo, se utilizará una familia de Monitoreo y Sistemas de Inteligencia, con la Vigilancia Tecnológica como ejercicio base en la ejecución metodológica, por lo que a continuación se definen.

1.2 Vigilancia e inteligencia tecnológicas

La Vigilancia Tecnológica (VT) se define como un conjunto de acciones ejecutadas por un ente inmerso o interesado en el medio científico-tecnológico (llámese empresa, centro de investigación, instituto, Estado, etc.), mediante el esfuerzo sistemático y organizado de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial; se vigila lo que represente una amenaza u oportunidad para el mismo ente. La vigilancia filtra, interpreta, valoriza y difunde la información para permitir a sus usuarios decidir y actuar más eficazmente (Ganzarain & Lakarra, 2007).

Tabla 1 - Clasificación de los métodos y técnicas de análisis futuro y tendencia tecnológica

Familias	Métodos y Técnicas Incluidos
Creatividad	Lluvia de Ideas (Orden de Ideas; Proceso de Grupo Nominales-NGP); Talleres de Creatividad (Talleres de Futuro); Análisis de Ciencia Ficción; método TRIZ; Visiones Generacionales.
Métodos descriptivos y matrices	Analogías; Listas de verificación para la Identificación de Impactos; Modelado de Sistemas de Innovación; Análisis Institucional; Análisis de Esfuerzos; Análisis Morfológico; Análisis de Decisión Multipropósito; Análisis del Entorno; Evaluación de Perspectivas Múltiples; Análisis Organizacional; Árboles de Relevancia (Ruedas del Futuro); Análisis de Requerimientos (Análisis de Necesidades); Matrices de Atributos Tecnológicos; Análisis de Riesgo; Mapeo (Mapas de Trayectorias Tecnológicas de Producto-Tecnología); Evaluación de Impacto Social (Evaluación de Impactos Socioeconómicos); Índices sobre Estado del Futuro; Análisis de Sostenibilidad (Análisis de Ciclo de Vida); Evaluación Tecnológica.
Métodos estadísticos	Bibliometría (Investigación de Archivos; Análisis de Patentes, Minería de Datos) Análisis de Correlación; Análisis de Impacto Cruzado; Demografía; Análisis de Riesgo; Análisis de Impacto de Tendencias.
Criterio de Expertos	Delphi (Encuestas interactivas / iterativas); Grupos de discusión (Paneles, Talleres); Entrevistas; Técnicas de Participación
Monitoreo y Sistemas de Inteligencia	<i>Bibliometría</i> (Investigación de Archivos, Análisis de Patentes, Minería de Datos) <i>Monitoreo</i> (Análisis del entorno, Observación Tecnológica, Inteligencia Competitiva, Vigilancia Tecnológica) <i>Benchmarking</i> (comparación).
Modelado y Simulación	Modelación de Agentes; Modelos Causales; CAS (Modelado de Sistemas Adaptativos Complejos – Caos); Análisis de Impacto Cruzado; Modelado de la Difusión; Modelado de la Base Económica (Análisis de Insumo-Producto); Simulación de Escenarios (Juego de Actores; Escenarios Interactivos); Análisis de Sostenibilidad (Análisis de Ciclo de Vida); Simulación de Sistemas (Sistemas Dinámicos, KSM); Evaluación Tecnológica; Cambio Tecnológico.
Escenarios	Escenarios de Anomalías (FAR); Escenarios con Verificación de Consistencias (Gestión de Escenarios; La prospectiva; GBN, Puma; Pitia); Simulación de Escenarios (Juego de Actores; Escenarios Interactivos).
Análisis de tendencias	Análisis de Ciclos Largos; Análisis de Precusores; Extrapolación de Tendencias (Ajuste de la Curva de Crecimiento y Proyección); Análisis del impacto de Tendencias.
Evaluación y Decisión	Análisis de Acción (Opciones); Análisis de Decisiones de Multipropósito (DEA - Análisis Envolvente de la Información); Procesos Analíticos de Jerarquía (AHP); Análisis Costo-Beneficio (Análisis de Utilidad); Modelado de Base Económica (Análisis de Insumo-Producto); Árboles de Relevancia (Ruedas del Futuro); Análisis de Requerimientos (Análisis de Necesidades, Matrices de Atributos Tecnológicos), Análisis de actores (Captura de las Políticas); Benchmarking (Comparación).
Juego de actores	Análisis de actores (Captura de las Políticas; Análisis de Supuestos); Matriz de Alianzas y Conflictos: Tácticas, Objetivos y Recomendaciones (matriz de alianzas y conflictos: MACTOR); Planeación Estratégica Situacional; Análisis de Actores Implicados; Concilio.

Fuente: Adaptación para México, basada en:

- 1) “Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens” (Miranda, et al., 2004)
- 2) Manual ILPES (Medina & Ortegón, 2006).

La vigilancia tecnológica se ejecuta en cuatro fases en torno a la información objetivo: (1) Acopio, (2) Análisis, (3) Publicación-difusión y (4) Toma de decisiones.

Básicamente las dos primeras etapas difícilmente se original por separado, sino que la segunda es consecuencia de la primera, ya que mientras en la primera se hace una recolección de datos e identificación de fuentes de información (bases de datos), en la segunda fase se comienza el arduo trabajo de examinación sobre ese conjunto de datos para la selección y conformación nuevas bases de datos propias, capaces de construir indicadores o hallazgos pertinentes que antes no eran visibles para sustentar nuevos resultados direccionados a los objetivos del estudio.

En la etapa de difusión es donde se le da a la información un valor agregado que la convierte en conocimiento; la inteligencia se presenta cuando este último es utilizado en la toma de decisiones, definida así como inteligencia tecnológica o competitiva (IT o IC).

La aplicación de esta herramienta debe permear a toda la organización en lo que respecta a la información mediática del desarrollo tecnológico presente y futuro que es clave para la misma, donde la alta dirección podrá tomar decisiones apoyada por el equipo de expertos. La IC le otorgará cierta anticipación a los impactos sobre la organización, generando oportunidades para mejorar su posición o continuar como líder.

Es destacable considerar que a nivel global, la IC es diversa en cada país (según el grado de institucionalización), puesto que el uso y desarrollo de tecnologías difiere incluso regionalmente (un ejemplo es Latinoamérica). También depende de la experiencia y grado de aplicación de los conceptos y métodos, así como de incentivar o no, la colaboración que favorezca el contar con recursos humanos mejor capacitados (Más Basnuevo, 2005).

Sin distinción, la VT y la IC son herramientas fundamentales para detectar las principales fuentes de amenazas y oportunidades (factores exógenos), y la evaluación y análisis de la información, para la toma de decisiones importantes con base en las fortalezas y debilidades (factores endógenos), para la realización de estrategias competitivas en una organización y/o país (Morcillo, 2003).

Finalmente, como un producto de la VT parece resultar la Inteligencia Competitiva, como una "experiencia y método" del esfuerzo sistemático y organizado para la observación, acopio, análisis y difusión de los hechos del entorno relevantes para la organización, para lo cual se necesita un sistema que indague y organice la información. Pero también es posible interpretar a la vigilancia tecnológica como parte del proceso de inteligencia competitiva.

De forma general, en buena porción bibliográfica no se hace una distinción tajante entre vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, sino que la primera, mediante buenas prácticas de análisis tiene la capacidad de producir la segunda, clarificarla y fortalecerla.

De este modo es posible comprender el concepto de Inteligencia Tecnológica Competitiva (ITC), que es una de las herramienta de gestión para detectar tanto amenazas como oportunidades (para su evidente aprovechamiento) y para entender o asimilar mejor los desarrollos encontrados en el estado de la técnica, que tengan el potencial de afectar positivamente la situación competitiva de la empresa. Se aclara que la vigilancia, inteligencia y prospectiva tecnológicas son herramientas que se complementan entre sí, como parte de la GT.

Los aspectos distintivos de la ITC pueden resumirse en: enfoque en el desarrollo científico-tecnológico; identificación, análisis y búsqueda de recursos técnicos y científicos o innovaciones de los competidores; evaluación de desarrollos tecnológicos y mejoras; identificación de colaboradores potenciales, y previsión de amenazas y oportunidades tecnológicas futuras (Solleiro & Castañón, 2008). Es decir, es una fusión de las metodologías de inteligencia de futuros (VT e IC) con la gestión del conocimiento en sinergia con la prospectiva (Medina & Ortegón, 2006, pp. 297-298).

Como resultado de este análisis es posible construir herramientas conclusivas a manera de indicadores y gráficos que aporten mayor facilidad de interpretación, pues potencializarán la base de decisión. El mapa tecnológico es el más representativo de los resultados; utiliza como fuentes de información las relativas al estado de la técnica, como

son las bases de datos de patentes (que en las últimas décadas han mejorado en accesibilidad y calidad de la información), publicaciones científicas y tecnológicas. Así tenemos, por ejemplo, en una primera etapa el análisis de patentes y finalmente la construcción de uno o varios mapas tecnológicos, donde se exprese el *status quo* (estado actual), localización de tecnologías, trayectorias, tendencias, colaboraciones, etc.

A continuación se definen y ejemplifican estos dos elementos.

1.2.1 Bibliometría y análisis de patentes

El análisis de patentes se puede ver integrada a la bibliometría, ambas forman parte tanto de la cuarta familia TFA de 'Métodos Estadísticos' como de la quinta familia TFA de 'Monitoreo y Sistemas de Inteligencia'.

La bibliometría y análisis de patentes (BAP) como métodos estadísticos buscan identificar y medir un hecho de una o más variables independientes importantes sobre el comportamiento futuro de una variable dependiente. El procedimiento podrá probar modelos simples de ajuste (lineal, exponencial, cuadrático o cúbico) para variables dependientes, procurando definir los parámetros del modelo de modo que el error residual sea mínimo. Los modelos econométricos y los no-lineales usan ecuaciones más complejas, fundamentadas en relaciones de causalidad previstas en la teoría de la determinación, en un conjunto de parámetros para una o más ecuaciones simultáneas.

Como monitoreo y sistemas de inteligencia, la BAP busca varios objetivos como son: identificar eventos científicos, técnicos o socioeconómicos importantes para la organización; definir amenazas potenciales para la organización; identificar oportunidades para la organización asociadas a los cambios del entorno; alertar a los directivos sobre las tendencias que están convergiendo, divergiendo, creciendo o disminuyendo. Todo ello para la correcta toma de decisiones.

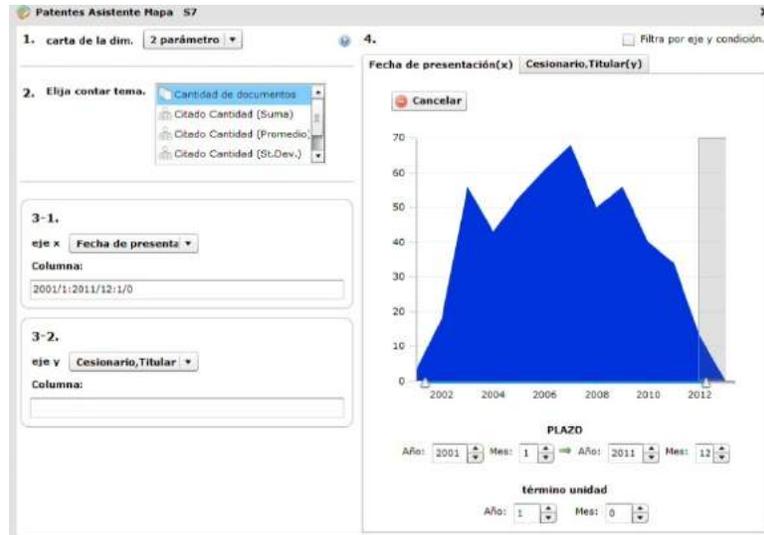


Figura 1 - Ejemplo de Análisis de patentes para LEDS en iluminación con luz blanca
Fuente: *Patent Integration*, Abril 2012

1.2.2 Mapas tecnológicos y mapas de trayectoria tecnológica

Del análisis de patentes es posible derivar el mapeo o construcción de un mapa de trayectorias tecnológicas (MTT) de producto-tecnología. Éste forma parte de la segunda familia TFA, la cual se refiere a los métodos descriptivos y matrices. Los MTT (o TRM— *Technological Roadmapping*) y, en general, esta familia, buscan lograr mayor poder de análisis en el proceso de identificación de futuros alternativos. Dependen del juicio de expertos, de buenas series de datos, de buenas estructuras de comprensión de la modelación de las tecnologías de información y de comunicación. El análisis de patentes usa como materia de información las bases de datos de patentes, donde el análisis puede llevarse a cabo por medio de personal experto y/o mediante programas para computadora (*software* de análisis de patentes).

Del análisis bibliométrico es posible ubicar temporalmente la producción científica en un cierto campo o área del conocimiento. La bibliometría usa como materia prima de información las bases de datos de artículos científicos (*Journals*), donde para su correcto análisis entran en juego también los programas para computadora (*software* de análisis de citas) tanto para la búsqueda y extracción de los datos correctos (minería de datos o *data mining*) como de *software* adicional que correlacione los mismos para poder representar o

modelar lo que al ejecutante le interesa en búsqueda de tendencias o convergencias científicas y tecnológicas, que representen tanto alertas de oportunidad como de amenazas, constituyendo una herramienta con ventajas y desventajas similares a los mapas de trayectorias tecnológicos, en cuanto al deber contar con criterios expertos.

Los mapas tecnológicos (construidos a partir de las trayectorias tecnológicas y datos sobre la producción científica) son representaciones visuales del estado de la técnica en un ámbito o área determinados. Los mapas presentan gráficamente, de forma sintética, las tecnologías en que se ha investigado y aplicado más, y también, en consecuencia, en que aspectos se ha publicado y patentado más en un período determinado. Permiten también detectar aquellas tecnologías emergentes que están experimentando una rápida expansión, mediante la comparación con mapas correspondientes a períodos anteriores. (Escorsa, et al., 2000).

Existen diversos tipos de mapas tecnológicos, según su aplicación; por ejemplo, aplicados a la ciencia e investigación, nacionales, sectoriales, industriales, de producto y de producto-tecnología. La metodología de construcción involucra 3 fases principales: 1) Planificación, 2) Desarrollo del mapa (con especificación de riesgos, costos y beneficios) y 3) Seguimiento. Por lo tanto, un MTT necesita ser revisado y actualizado periódicamente, lo cual puede representar una ventaja o desventaja si quien lo ejecuta cuenta o no con el poder de análisis mediante un grupo de expertos que forme parte de su organización. La bibliometría es una herramienta muy potente porque cuenta a su vez con diversas vertientes de estudio, como es el mismo análisis de patentes o la minería de datos, los cuales podrán aplicarse como métodos estadísticos o de monitoreo.

Los ejemplos de la Figura 2 representan dos mapas: a la izquierda, una trayectoria tecnológica basada en patentes (izquierda) y a la derecha, un mapa de palabras basado en artículos científicos (bibliometría); al combinarse generarán un nuevo mapa en que ambos ámbitos ubicados en el mismo espacio temporal convergen para crear el 'Mapa Tecnológico' del tema de interés. Para el presente estudio se pueden consultar los mapas obtenidos en el capítulo 3 y la sección de 'Otros anexos' (pág. 163).

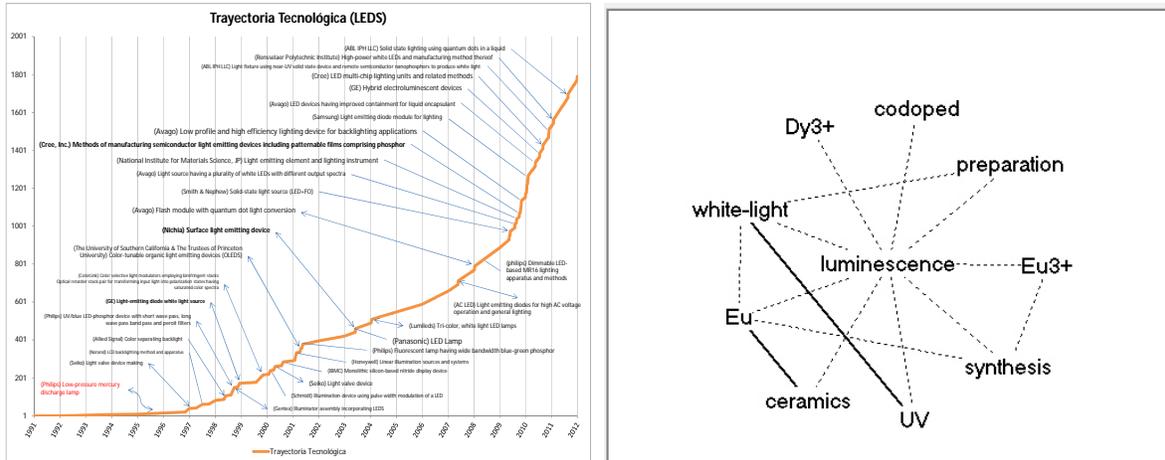


Figura 2 - Mapeo de tecnologías en iluminación LED de luz blanca: Trayectoria tecnológica en base a patentes (izquierda) y Mapa de palabras en base a bibliometría (derecha).

Fuente: Elaboración propia¹ usando bases de datos USPTO y Scopus, 2012.

El proceso de evaluación de productos o servicios, formas de operación y métodos de la organización con relación a los de sus competidores o los de las organizaciones líderes en su campo, es el *Benchmarking* (PNTi, 2011a). El significado de este anglicismo es entonces llevar a cabo un '*análisis comparativo*', tanto al exterior como al interior de la organización o tema de interés, cuyo objetivo es la implementación de nuevas prácticas que mejorarán el estado actual de la organización basándose en los resultados de dicho proceso de evaluación; la importancia radica en que dentro los resultados se detectan las mejores prácticas que efectúan las organizaciones líderes, para implementarlas localmente y lograr una reorientación en las estrategias y/o procesos (de producción) para competir exitosamente. Los pasos o rutas del '*análisis comparativo*' buscaran señales de cambio en la etapa temprana de la gestión tecnológica; también podrán reincorporarse al final como una herramienta para evaluar si el proceso puede aún mejorar.

Desde que Robert C. Camp (1989) publicó su libro sobre Benchmarking basado en su primera experiencia de 1982 se han producido algunas variaciones de esta herramienta. Las cinco fases de la metodología a seguir de Camp en su publicación (Camp,

¹ Imágenes tomado de (Arroyo, et al., 2012 [en prensa]).

1989:34), son pertinentes para este estudio: 1. Planeación: donde se identifica **qué** se va a someter al 'análisis comparativo' y **quiénes** serán las compañías comparables (para el presente trabajo serán *productos*) así como determinar el método de **recopilación** de datos y el acopio mismo. 2. Análisis: determinar la brecha de desempeño actual y proyectar los niveles de desempeño futuros. 3. Integración: comunicar los hallazgos del 'análisis comparativo' y obtener aceptación; establecer metas funcionales. 4. Acción: desarrollar planes de acción, implementar acciones específicas y supervisar el progreso, para finalmente reajustar o retroalimentar el 'análisis comparativo'. Y el último paso, 5. Madurez, se alcanza una vez lograda una posición de liderazgo, donde ya se han logrado prácticas completamente integradas a los procesos. (INDAP, 2008: 5-10)

Cabe mencionar que hacer un análisis comparativo no significa realizarlo una sola vez; involucra una dinámica continua de mejora. Existen cuatro tipos, niveles o métodos clásicos de *benchmarking*: Interno (u operativo o de proceso, por ejemplo: comparativos dentro del servicio público), Competitivo (o su variante, estratégico, son los comparativos entre competidores directos o líderes '*best in class*'), Funcional (comparativos entre funciones dentro y fuera del Servicio público) y Genérico (comparativos para organizaciones "no relacionadas" conocidas por su innovación).

El Temaguide-II (COTEC, 1999), es más rico en los ejemplos, considerando variantes para concebir 4 tipos adicionales de *benchmarking*: Sectorial (variante del tipo interno, sin embargo se refiere a comparativo de procesos dentro de organizaciones concernientes al mismo sector, sin que tengan que ser necesariamente competidoras), de Producto (comparativo de los atributos de funcionalidad del producto de una empresa con el correspondiente de otra empresa), Estratégico (un enfoque de la planificación empresarial estratégica basado en el estudio y adaptación de las estrategias de las empresas reconocidas como las mejores en los procesos que apoyan esas estrategias), y Tácito (una variante del tipo interno que implica la comparación de procesos a corto plazo comparados con los procesos a largo plazo).

Como se mencionó en líneas anteriores, lo pertinente para el presente trabajo será el *benchmarking* de producto (comercial), pues el estudio comparativo que interesa será basado en los mejores atributos tecnológicos, económicos y de prospectiva social de los dispositivos de iluminación basados en LEDS, cuyos resultados sean parte del sustento primordial hacia la resolución de las hipótesis planteadas.

El compartir las mejores prácticas debe ser: amplio y efectivo. Por amplio se refiere al 'cara a cara', en papel o medios electrónicos; dentro de equipos, departamentos, servicio público, un país, el mundo; así como disponible para los empleados y todos los niveles dentro de una organización. Por efectivo se entiende mejorar sistemáticamente los procesos, servicios, satisfacción del cliente y empleados; una descripción breve de los resultados y la práctica, designando una persona de contacto accesible; por los líderes, capacitadores, personal de infraestructura y empleados que respaldan el compartir las mejores prácticas, maximizando las posibilidades tecnológicas actuales y futuras.

1.2.3 Resultados

Luego de realizar el análisis interno y externo (entorno), teniendo en cuenta seis dimensiones básicas de trabajo, se procede al análisis de los escenarios: detección de oportunidades y amenazas; y con enfoque organizacional, también: las debilidades y fortalezas, que representen tales proyecciones (Medina & Ortégón, 2006). Por lo tanto, son contextos construidos de acuerdo con la técnica del análisis morfológico (VT).

Es así como un gestor de la tecnología, al contar con *expertise* en TAF como es la vigilancia tecnológica, y al estar al día sobre la ciencia, la tecnología, la innovación y la economía del país, se vuelve calve para la vinculación e impulso del desarrollo nacional.

El desarrollo nacional se refleja en buena medida en el grado de bienestar social, que ligado al correcto desarrollo y uso de mejores tecnologías, genera eficiencia y menor impacto ambiental (huella ecológica). Así se construye una base de cultura tecnológica que por sí misma es sostenible si además cuenta con instrumentos adecuados de difusión.

Finalmente, con los mejores resultados es pertinente considerar brevemente sobre la teoría de difusión de tecnologías/innovaciones, puesto que sería el aporte hacia la cultura tecnológica ya que va de la mano de las buenas prácticas para la adopción de aquellas tecnologías que otorguen las mejores prestaciones técnicas, ecológicas, económicas y sociales.

1.2.4 Difusión de tecnologías

Actualmente hay disponibilidad de diversas teorías sobre la difusión de la innovación, lo cual puede ser un tema útil para el sistema económico y productivo de un país, y en específico en sectores como el manufacturero, donde el concepto de difusión rápida de innovaciones puede significar un concepto de mercado amplio en conjunción con políticas públicas que incentiven la adopción de ciertos productos claves para su economía y desarrollo. Por tanto, analizar de forma aproximativa las actitudes de los usuarios ante los nuevos cambios que experimentarán por las tecnologías, en este caso de iluminación, constituye uno aspecto fundamental en el terreno de adoptadores ideales. Los modelos de difusión consideran la adopción y adaptación a las nuevas tecnologías como factores primordiales que determinan el éxito o el fracaso de las innovaciones.

Es pertinente exponer un modelo que parta del ámbito doméstico, es decir, desde los usuarios mismos, donde se infiere que en tal sector, la adopción de nuevas tecnologías de iluminación tienen mayor potencial de difusión por medio de acciones tales como compartir información y experiencia de uso de esas innovaciones (de boca en boca y/o efecto grupal '*band-wagon*'), convivencia o cercanía con usuarios expertos o adoptadores clave (usuarios innovadores o *lead users*), cuyas características combinadas con ser líderes de opinión también puede acelerar o derivar en un tipo de contagio tecnológico en base a una masa crítica de usuarios que aprueben y exploten los beneficios de estas innovaciones, donde sin duda el factor tiempo juega un papel crítico, ya sea desde el punto de vista comercial, económico, social o para el menor impacto sobre el medio ambiente. En la Figura 3 se aprecia mejor una síntesis de la evolución de adopción de

tecnologías a través del tiempo en base a la teoría de difusión de la innovación de E. Rogers (1995), que en base a los diferentes tipos de usuarios es posible explicar el por qué la adopción de innovaciones es paulatina y es extremadamente difícil que un universo heterogéneo de usuarios comiencen a utilizar y adoptar nuevas tecnologías al mismo tiempo o en el corto plazo.

“Cada categoría obedece a una serie de características personales, socioeconómicas y educacionales de los usuarios que les configuran como grupo diferenciado”. (Pérez P. & Terrón T., 2004, p. 310)

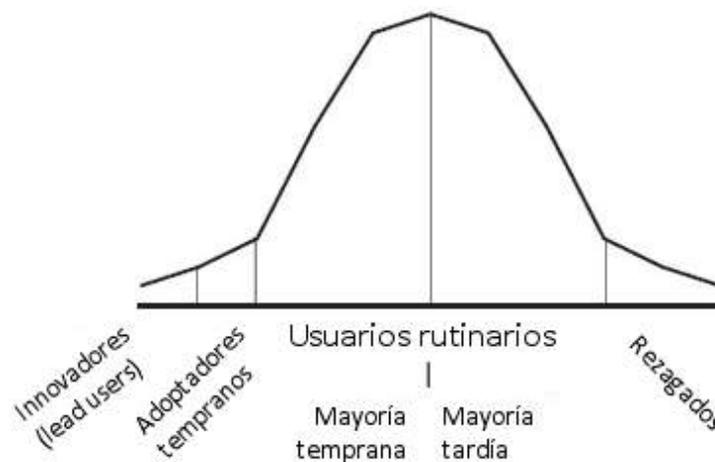


Figura 3 - Categorización de adoptadores de innovaciones

Fuente: Adaptado de Rogers, E. (1995)

Los usuarios innovadores (*lead users*), son guías que se enfrentan ante la necesidad de productos que aún no existen en el mercado, confrontándola con sus propias soluciones durante meses o años antes de que los mercados masivos lleguen a ellos. Claramente, los usuarios innovadores no son los adoptadores tempranos quienes son usuarios que se encuentran entre las primeras personas que compran un producto o servicio existente. Es necesario aclarar que los usuarios innovadores esperan beneficios significativos al encontrar una solución a sus necesidades y como resultado, a menudo estos usuarios desarrollan nuevos productos o servicios por si mismos porque no pueden esperar a que estén disponibles en los mercados.

Los primeros adoptantes, generalmente aceptan la innovación y las estrategias empleadas para su difusión antes que la mayoría, mantienen posiciones de liderazgo entre sus colegas y tienen un cierto peso en la toma de decisiones locales. Los usuarios que conforman una mayoría temprana, juega papel clave en la difusión ya que es experta en mantener canales informales de comunicación, pero se diferencia de las anteriores categorías en que necesita más tiempo para adoptar una innovación. Por su parte, la mayoría tardía, adopta las nuevas ideas por presiones del entorno, por lo que necesita una mayor motivación. La última categoría, es llamada también tradicionalistas o escépticos y son los últimos en adoptar alguna innovación (rezagados) ya que su punto de referencia es el pasado y actúan con reservas en cuanto a la adopción y al papel de los intermediarios. (Pérez P. & Terrón T., 2004)

Como se dijo, para el modelo expuesto, la dimensión del tiempo es clave, es decir, el ritmo de adopción, visto como la velocidad con que una innovación es utilizada dentro de una sociedad. Por lo tanto, por medio una curva S es posible medir el número de individuos que adoptan una idea o innovación en un período determinado de tiempo, éste es un indicador numérico que afecta directamente a la curva, por lo que ésta puede tomar diferentes morfologías.

Los canales de comunicación y el sistema social constituyen los últimos elementos de la teoría de la difusión. Se distingue entre canales interpersonales y medios de comunicación (incluidas publicaciones periódicas). Rogers (1995) sostiene que a través de los canales informales se difunde una innovación más rápidamente. Un ejemplo es el entorno académico cuando desea diseminar los avances de su investigación, ya que la forma de comunicarse entre colegas termina siendo informal. Dentro del sistema social, los canales locales son importantes, es decir las normas, la estructura y los intermediarios en la difusión, los cuales juegan el papel de convencimiento de la adopción de la innovación y realizar los cambios o adaptaciones necesarias en ella para que dé solución a los usuarios y al sistema.

Finalmente, visto que la teoría de Rogers (1995) da una gran relevancia a la toma de decisiones, destaca en ella a la opinión de los líderes, que poseen un estatus suficiente para respaldar y dar credibilidad al resto de los usuarios, así como a los agentes de cambio (tecnológico), que trabajen de manera proactiva para que la innovación se extienda, crear demanda y soportan la toma de decisiones; que dicho entre líneas, se debe poseer el *expertise* tecnológico y los dotes de persuasión que engloben un agente clave y contundente de dicho cambio tecnológico.

Se enfatiza el papel del agente de cambio como miembro externo del grupo y de una alta cualificación técnica, por lo cual, podrían ser interesantes casos de ingeniería conductual como esos agentes de persuasión para el cambio (transmisión del conocimiento especializado), que resulten en la propagación del conocimiento sobre las innovaciones basado en los beneficios técnicos, económicos, ambientales y sociales. Como ejemplo de la aplicación social de la ingeniería conductual se puede consultar a (Montgomery Urdy, 2006).

El aprovechamiento de las innovaciones dirigidas como beneficios técnicos, por ejemplo hacia garantizar la seguridad en la ejecución de tareas por parte del hombre, ha permitido sustituirlo poco a poco en las labores de alto riesgo mediante la construcción de máquinas y artefactos de alta precisión, posibilitándolo de aprovechar mejor un tiempo y espacio de que antes no disponía.

De igual forma, si como es importante que las nuevas tecnologías contribuyan al bienestar general, también es importante que lo hagan considerando el equilibrio somático (*comfort*) de las personas, lo que las mantendrá seguras y competitivas.

Es por ello que a continuación se describe la ubicación y pertinencia de las nuevas tecnologías en iluminación basadas en LEDs, con el propósito de ubicar las características adecuadas, es decir, aquellas que otorguen el mejor nivel de eficiencia y confort visual para el correcto desempeño de todo tipo de tareas (lectura, trabajo general o de precisión, etc.).

1.3 La tecnología LED para iluminación de acuerdo al ojo humano.

1.3.1 Antecedentes

Los primeros experimentos documentados sobre la aplicación de la electricidad para producir iluminación son los realizados por Sir Humphry Davy (1778-1839), químico británico considerado el fundador de la electroquímica. Davy hizo circular una corriente eléctrica por un delgado alambre de platino, y observó que éste emitía una luz intensa. Aunque el platino es un conductor de la electricidad, presenta, sin embargo, una cierta resistencia al paso de la corriente, y si el alambre hecho de este material es muy delgado (filamento), esta resistencia puede ser considerable y disipar, en forma de calor y de luz, una gran parte de la energía eléctrica que pasa por él: el filamento se calienta a varios cientos de grados Celsius y emite luz como cualquier metal a alta temperatura. Estos experimentos de Davy culminaron en 1815 con su invención de una lámpara de seguridad para los mineros, que lleva su nombre.

Sin embargo, el antecedente más reconocido de los focos incandescentes actuales es la lámpara desarrollada por Joseph William Swan (1828-1914), otro físico y químico inglés, quien alrededor de 1850 propuso usar filamentos de carbono contenidos en bulbos de vidrio al vacío para alargar la vida de los dispositivos. Por esa época era muy difícil obtener altos vacíos, y los filamentos de materiales orgánicos quemados (fibras textiles o hilos de algodón) eran muy defectuosos y de corta duración; sin embargo, Swan logró mejorar sus diseños y en 1881 pudo formar una empresa en Inglaterra para comercializar su invento, conocida como la *Swan Electric Light Company*. Pudo obtener la patente británica de su lámpara en 1878 (Sussman, 2009). Al mismo tiempo, Thomas Alva Edison (1847-1931) trabajaba en los Estados Unidos tratando de encontrar filamentos que pudieran tener vidas más largas. Después de miles de ensayos con diferentes materiales, Edison logró diseñar una lámpara con filamento de carbono realmente práctica por su operación y duración, por lo que muchos lo consideran el inventor de la lámpara incandescente, aunque en sentido estricto no fue el inventor sino su perfeccionador. Swan y Edison se asociaron para comercializar sus lámparas incandescentes, formando la empresa *Edison &*

Swan United Electric Light Company (conocida como la Ediswan), pero la patente de Edison en los Estados Unidos se obtuvo un año después que la de Swan en Inglaterra. En 1892 esta empresa de Edison, fusionada con otra también creada por él, se convierte en la *General Electric* (GE) que conocemos en la actualidad. Fue en los laboratorios de la GE donde William Coolidge, entre 1908 y 1910, basándose en sus ensayos con nuevos materiales, desarrolla el filamento de tungsteno, con un color de luz cálida y mayor durabilidad que los filamentos de carbón; ésta es una tecnología que aún perdura (Edison Tech Center, 2010a). La gran competencia comercial a inicios del siglo XX produjo el desarrollo de lámparas incandescentes de muy alta durabilidad, de hasta 2500 horas (Comprar, tirar, comprar. La Historia Secreta de la Obsolescencia Programada, 2011), pero de baja eficiencia luminosa, pues como ya se ha mencionado, menos del 10% de la energía eléctrica consumida se transforma en luz visible (Edison Tech Center, 2010b). A pesar de estas limitaciones, el desarrollo de la lámpara eléctrica incandescente permitió que la mayor parte de las actividades humanas se llevara a cabo bajo una iluminación artificial mejorada, todo ello propiciado también por el enorme crecimiento de la industria eléctrica en el mundo.

Lo anterior ha hecho que se busquen tecnologías más eficientes. Sin embargo, aún existen bondades extras en la luz visible producida por una lámpara incandescente; por ejemplo, al conectarse directamente a la tensión eléctrica el filamento de tungsteno que actúa como resistor al flujo de corriente eléctrica hace que se caliente hasta la incandescencia, produciendo cierto nivel de luminancia fija; y en este punto es muy sencillo controlarla mediante un dispositivo que vaya regulando la tensión eléctrica que lo alimenta, reduciendo o subiendo el valor de dicha tensión que a su vez ajustará la luminancia. Esta facilidad de manipulación es algo que sólo tecnologías selectas de última generación son capaces de otorgar y que han sido detectadas como necesidades en esa fase de nuevas tecnologías, como fue el caso de las lámparas fluorescentes compactas (llamadas comúnmente, "ahorradoras").

Una lámpara fluorescente compacta (LFC), hoy en día tiene propiedades en color de iluminación muy similares a las de un foco incandescente, pero con mejor eficacia lumínica, es decir, con un menor consumo de potencia (en Watts) y menor disipación de calor al medio ambiente; sin embargo, todavía alcanza cerca de los 90°C la temperatura promedio en la base de los tubos de una LFC de 15Watts (mediciones realizadas por el autor de este trabajo, véase la sección de Otros anexos), lo que afecta notablemente la electrónica interna de la balastra que hace operara la LFC para producir luz visible; aun así, su principal ventaja es que solamente consume la cuarta parte (aproximadamente) de la energía eléctrica que requiere una lámpara incandescente del mismo nivel de iluminación, permitiendo un ahorro energético hasta del 75%. Desafortunadamente, mientras no se logre mayor cultura tecnológica, la siguiente afirmación seguirá vigente:

“La industria ha intentado evitar el desgaste de los recursos naturales en la producción de energía eléctrica, pero los seres humanos aún no son conscientes de la urgencia que tiene el uso racional de este recurso para la conservación del planeta.” (Salgado Rodríguez, 2008).

El ejemplo claro se encuentra en los efectos rectificadores² de una válvula de vacío de ‘dos electrodos’ (diodo), lo cual se pudo reproducir con materiales semiconductores de estado sólido. Así, se fueron sustituyendo los diodos de tubos al vacío en los aparatos domésticos e industriales (Pousset, 2009, p. 43), con el consiguiente ahorro de energía. Vemos entonces, que cambios tecnológicos como el que aquí se considera ya han ocurrido en otras ocasiones y sobre diversos dispositivos. Un condensado de la evolución de las tecnologías de interés para nuestro estudio, se presenta en la Tabla 2.

² Conducir electricidad en un solo sentido e impedirla en el sentido contrario.

Tabla 2 - Evolución de las tecnologías para iluminación general.

1875	Joseph Swan (UK), primer bulbo incandescente (filamento de carbón), patentado en 1878.
1907	Joseph Henry Round (1881-1966), primera emisión de luz por un dispositivo semiconductor;
1908-1910	William Coolidge (General Electric), lámpara con filamento de tungsteno (dúctil)
1910	Georges Claude (1870-1960), lámpara de descarga con gas inerte (tubo neón) ;
1927	Oleg Vladimirovich Losev (1903-1942), primera patente de un diodo electroluminiscente inorgánico (LED);
1938	General Electric y Westinghouse corporation, lámpara fluorescente;
1959	Edward George Zubler (1925-2004) y Frederick Mosby, lámpara de halógeno, que ofrecía mejor vida útil que las simples lámparas incandescentes;
1962	Nick Holonyak y Sam Bevacqua de General Electric, primer LED rojo;
1987	Ching W. Tang y Steven Van Slyke, empleados de Kodak en los Estados Unidos de América (EUA), primer diodo emisor de luz orgánico (OLED).
1993	Nichia Corp. (Japón), Shuji Nakamura: primero en desarrollar el LED azul de alto brillo (1 candela, cd), cuya tecnología será base para el LED de luz blanca.
1996	Nichia (JP); Nakamura desarrolla LED a base de Galio, pat. US5578839, "Light-emitting gallium nitride-based compound semiconductor device"
1996	Nichia Corp. (Japón) desarrolla el LED blanco, patente No. US5777350, Nitride semiconductor light-emitting device (Nitrógeno y base de Y Al y Ga: YAG).
2003	Nichia Corp. (Japón) desarrolla el LED <i>blanco cálido</i> ("Technical Innovation Award" at the LIGHTFAIR 2003), patente no. JP- 2002-225043
2003-2006	Primeras aplicaciones comerciales de los LED's con aplicaciones para iluminación general, inicialmente con luz de color blanco frío.
2008-2011	LEDs de alta eficiencia y rendimiento (alto-CRI). Actualmente con blancos cálido y puro. Múltiples fabricantes, principalmente China, Japón, Corea del Sur, Taiwan, Holanda y Alemania.

Fuente: Elaboración propia en base a 1) Listado inicial de Pousset (2009: 43), 2) varias fuentes, entre ellas: USPTO, Nichia corp, (IEEE, 2012), (Sussman, 2009), (Edison Tech Center, 2010a), (Edison Tech Center, 2010b), Arroyo et al. (2012)

Es importante señalar que tanto un diodo rectificador básico como un LED son dispositivos electrónicos discretos básicos, constituidos por dos semiconductores, uno del tipo P y otro del tipo N unidos metalúrgicamente, cuya función restringe o deja pasar la corriente eléctrica en un solo sentido (semi-ciclo positivo o negativo de una onda de

corriente alterna, según el caso) como ya se mencionó, este es el llamado 'efecto rectificador'; sólo que, además, un LED (por los materiales de que está hecho) tiene la característica de emitir luz al paso de los electrones del electrodo negativo al positivo, a este fenómeno se le llama 'electroluminiscencia'. Para efectos prácticos, en arreglos electrónicos simples el consumo de potencia eléctrica de un solo diodo es casi despreciable, manteniéndose atractiva esta característica al construirse arreglos de LEDs más extensos³, que tal ventaja actualmente está siendo trasladada a aplicaciones reales de iluminación general, y en casos como el de este estudio, sobre iluminación doméstica, donde el consumo de potencia es cada vez más bajo incluso que el de una LFC equivalente, además de no precisar de balastras complejas para acondicionar la corriente eléctrica que produce el encendido, a diferencia de un tubo LFC lleno de gas de mercurio que sí las requiere para acondicionar tanto tensión, corriente como frecuencia.

Por tal razón, el tipo de tecnología de iluminación LED o similar de frontera (lámparas magnéticas o a base de LEDs orgánicos: OLEDs) sería clave para subsanar la creciente demanda de nuevos usuarios en la red eléctrica nacional, pues al migrar hacia un consumo significativamente más eficiente, la misma red podría sostener un mayor número de usuarios sin aumentar la capacidad de generación eléctrica del sistema. Esto se puede apreciar de una mejor forma mediante cartografías que muestren los cambios de iluminación en México.

³ A diferencia de un diodo rectificador de uso general que disipa 80 mili watts (mW) a 25°C con tensiones de 80 volts de corriente alterna, un LED de 5mm tipo '30045' (preparado para producir luz super-blanco CIE Coordinates Typ X:0.3 Y:0.31) consume típicamente de 100 a 120 mW con tensiones de 3.6 volts de corriente continua y 20 mili amperes (mA) con temperatura de operación entre -25 a +80°C; además de esta diferencia, este LED típico emite un haz de luz de 16000 mili candelas con un ángulo de 22° (NTE, 2013). Según la luminotecnia, 16000 mcd son equivalentes a 1.85 lúmenes (lm) o bien, 1.85 luxes a 2.95 metros de distancia; por su parte, un foco incandescente típico de 60W produce alrededor de **702 lm** (Koninklijke Philips Electronics N.V., 2010) con un ángulo de 360° y 33% de eficiencia en dicho ángulo para este tipo de lámparas (LedRise, 2013), por lo que se puede inferir que para igualar este nivel de iluminación con LEDs se necesitaría un arreglo de $(n=[702/1.85]*0.33)$ 125 LEDs del tipo '30045' (considerados como 100% eficientes), resultando un consumo de potencia teórica de 15 watts; esto concuerda significativamente con la guía de sustitución de lámparas de Philips, donde su lámpara a LEDs de 12 watts sería sustitutiva para una lámpara incandescente de 60W. (Philips, 2011: 6); claro que el tipo de LEDs que la Philips incluye en su modelo ofertado son diferentes, pero el núcleo de la tecnología base es la misma.

1.3.2 Iluminación en México

De acuerdo a las imágenes disponibles en el Centro Nacional de Información en Geofísica de los Estados Unidos de Norteamérica (EUA), en la región de México es apreciable una concentración significativa de luces de baja intensidad para la zona centro (AMVM), así como una dispersión en todo el territorio de luces nuevas.



Figura 4 - Cambios de iluminación en México, de 1993 a 2003.

Fuente: Adaptado de (NOAA NGDC, 2004)

En la Figura 5, que contiene datos de 1992 a 2009, puede verse que el decremento de iluminación dentro del territorio nacional es imperceptible mientras que la concentración de nuevas luces en las cercanías del centro del país es altamente significativo, lo que hace evidente el aumento de nuevos usuarios en zonas cercanas a las principales ciudades, en especial los alrededores del AMVM, conformando un cinturón central y amplio de nuevas cargas lumínicas en toda la parte baja del golfo de México, prácticamente un cinturón de luces que une el océano atlántico y el océano pacífico, y el broche es el AMVM y ciudades circunvecinas.

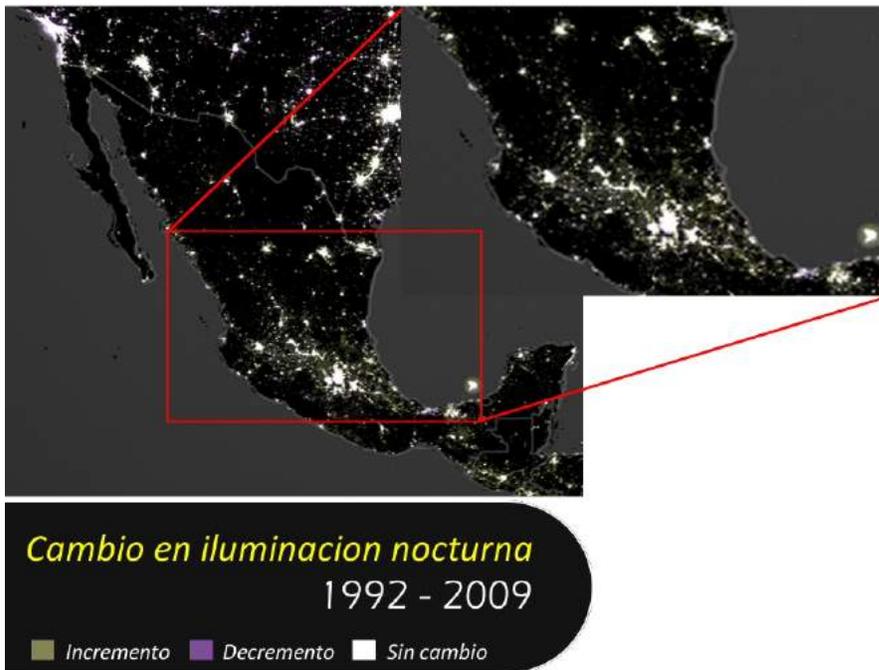


Figura 5 - Cambio en la iluminación en México, de 1992 a 2009.
 Fuente: Adaptado de (NOAA, 2009) para una mejor visualización de México)



Figura 6 - Iluminación en México, 2011 (trazo: del área central del país a la península de Yucatán)
 Fuente: Adaptado de (NASA-Johnson Space Center, 2011)

1.3.2 El ojo humano y la mejor percepción de luz-color-objeto.

Diversos estudios se han hecho respecto al ojo humano y su respuesta a las fuentes de iluminación; por ejemplo, puede consultarse la tesis doctoral de Nicolas Pousset (2009) sobre 'caracterización del rendimiento de colores de las nuevas fuentes: los diodos electroluminiscentes' (*caracterisation du rendu des couleurs des nouvelles sources: les diodes electroluminescentes*), que se ha tomado como una referencia fundamental para el presente estudio. Los resultados obtenidos por Pousset tienen que ver directamente con la comodidad visual asociada a las nuevas tecnologías, cuyo reto principal es ser más eficientes, más duraderas, más sostenibles, y producir un color de luz lo suficientemente cercana a la natural, que es la porción visible de la luz del Sol reflejada dentro de la biósfera terrestre.

La luz visible, dependiendo de los fines prácticos se presenta ya sea en escala dimensional o en relación a la cantidad de energía, en nuestro caso, en la figura 7, se presenta de forma inversa a la dimensional (de menor a mayor energía), donde se parte de longitudes de onda amplias como las de radio (objetos grandes) hacia longitudes de onda muy estrechas como los rayos gamma (escala atómica), por lo que la luz visible en esta gráfica se encuentra en la parte central (para fines prácticos), justo entre el infrarrojo y el ultravioleta, es decir, entre longitudes de onda que van de los 800 y 400 nanómetros, siendo una porción bastante reducida del espectro electromagnético.

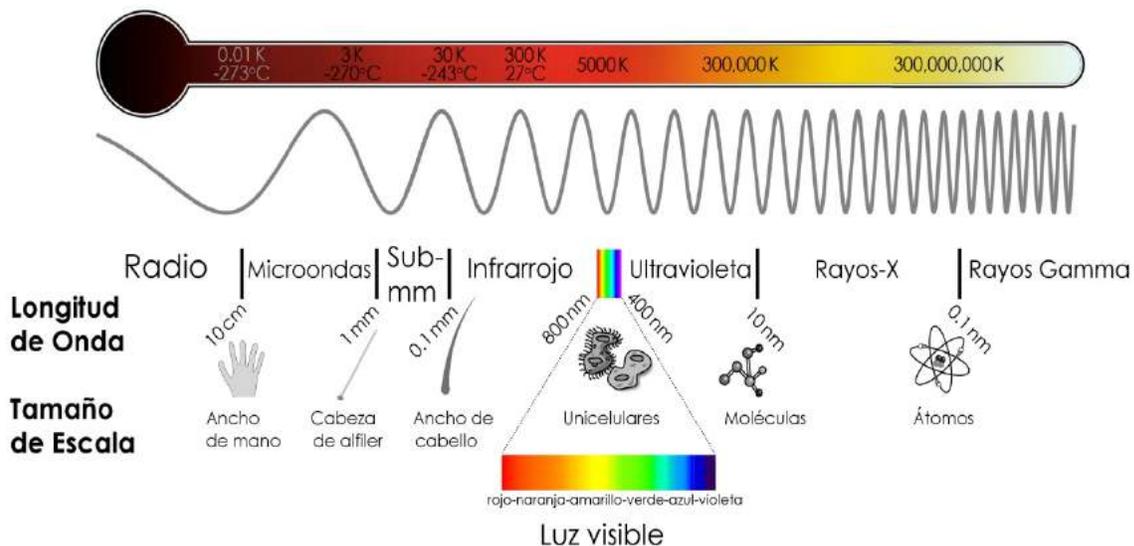


Figura 7 - Espectro visible por el ojo humano (líneas de color central) dentro del espectro electromagnético.

Fuente: Adaptación de Herschel Space Observatory (HSO, 2013)

El mismo color de luz de las simples lámparas incandescentes se puede tomar como referencia, ya que aunado a su muy baja eficacia lumínica siguen teniendo un CRI máximo que tanto las LFC como LED aún no alcanzan, pues como tecnología en extinción ese factor debe ser la estafeta del cambio y, en la medida de lo posible, la construcción más simple de las nuevas lámparas, sobre todo considerando que la vida útil estandarizada de una lámpara incandescente es de 1000 horas (seis meses, si se usa en promedio 6 horas al día) en comparación con “la vida útil promedio de un LED que es del orden de los cinco años bajo las mismas condiciones” (Craford, 1977; citado en DenBaars, 2000).

Es importante aclarar que al hablar de eficacia lumínica, significa que no toda la energía eléctrica consumida por una lámpara se transformaba en luz visible. Parte se pierde por calor, parte en forma de radiación no visible (infrarrojo o ultravioleta), etc. En teoría la manipulación y sintonización de la luz emitida por una lámpara LED no tendría pérdidas por radiaciones invisibles, o serían insignificantes (ver figura 8), mientras que las pérdidas por calor se han reducido en las LFC, en las de tipo LED estas pérdidas son aun menores; por tanto las nuevas tecnologías apuntan hacia un mayor aprovechamiento de la potencia eléctrica convertida en luz visible, es decir, una eficacia lumínica lo más cercano al 100%, sin embargo, ahora se debe considerar que tal novedad sobre cada vez mayor disponibilidad de luz visible (luminancia), en las nuevas tecnologías como las LED, sea apta en respuesta de la visión humana para evitar en lo posible nuevos riesgos, como podrían ser sobre la salud visual.



Figura 8 - Transformación de la potencia eléctrica (consumo) en una lámpara incandescente.

Fuente: (García Fernández, 2013)

“El ojo humano es un órgano sensorial completo que tiene por función recibir los rayos incidentes y transformarlos en señales bioeléctricas para que sean analizadas por el cerebro” (Pousset, 2009) mientras que la luz, acorde a la teoría corpuscular, es semejante

a una lluvia de partículas (fotones), las cuales golpean la retina (rodoxina); los electrones de ésta atrapan esos fotones y la rodoxina produce un pulso electroquímico que viaja hasta el cerebro haciendo posible la percepción (Ganem & Aranda, 2011). La calidad de tal percepción dependerá de una combinación de factores: el objeto de color, la visión humana y lo más importante, la calidad de la fuente luminosa y la distribución espectral de su emisión (donde, en el contexto doméstico es deseable un ángulo de distribución radial lo más cercano a los 360° de la fuente hacia el área de uso o cuarto donde se encuentra instalada la lámpara). Por lo tanto, de acuerdo a Pousset, se considerarán los siguientes parámetros de evaluación:

1.3.3 Funciones de eficiencia luminosa espectral relativa al ojo humano.

Se definen dos funciones de eficiencia luminosa promedio del ojo humano, denominadas $V(\lambda)$ y $V'(\lambda)$, según La comisión Internacional de Iluminación (CIE, por sus siglas en francés 'Commission Internationale de l'Éclairage'). Se presentan a manera de curvas de respuesta (Figura 9), puesto que el ojo humano tiene adaptaciones diferentes durante el día y durante la noche (respuestas diurna y nocturna), donde la respuesta dominante hacia los colores se encuentra en el espectro cercano al verde-amarillo-rojo debido a la luz solar, [curva derecha $V(\lambda)$] y donde el ojo utiliza una variedad de diminutos conos sensibles a los colores; la curva de respuesta nocturna [a la izquierda en línea de trazos, $V'(\lambda)$] se encuentra lejana al rojo y muy cercana al azul, por lo que el rendimiento nocturno del ojo hacia los colores es muy pobre, sobre todo para el rojo; los conos reducen su función y entonces otros sensores diminutos llamados bastones constituyen el soporte para la visión nocturna o bajo ambientes de poca luz. El tiempo de adaptación para pasar de una visión diurna a la nocturna se estima entre 10 y 30 minutos promedio, dependiendo de cada persona.

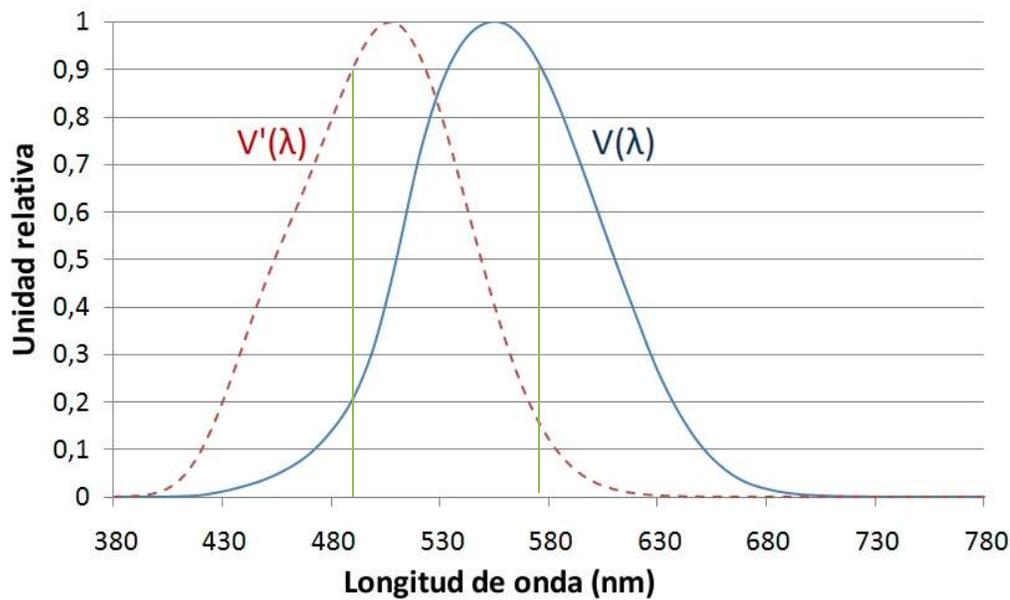


Figura 9 - Funciones de eficiencia luminosa promedio del ojo humano (CIE, 2004)

Fuente: Adaptación de (Pousset, 2009, p. 7)

De la figura 9 se desprende entonces que, para fines prácticos, el promedio eficaz entre ambas funciones oscila entre longitudes de onda que van de los 490 a los 580 nm, para una unidad relativa de 0,9, con picos de respuesta correspondientes a los 505 y 555nm.

En base a dicha respuesta normalizada es necesario comparar las ondas espectrales de emisión LED pertinentes: tanto de las tecnologías llamadas blanco frío (primeras lámparas a LEDs) como las de blanco cálido (frontera LED).

De la Figura 10 se puede apreciar que la curva de izquierda (emisión LED blanco frío) trabaja en dos regiones del espectro, ya que gracias a los dispositivos desarrollados por Nakamura y Chichibu (2000), el LED azul de alto brillo tipo InGaN (Indio-Galio-Nitrógeno) en combinación con fósforo, hizo posible el primer LED de luz blanca, causando así una revolución en la tecnología LED al abrir nuevos y enormes mercados (DenBaars, 2000). Básicamente, al LED azul de InGaN se le agregó una segunda capa fosforada, aislada de la base original, para lograr así una sub-emisión dentro del mismo chip; es por ello que se tienen dos curvas: una de emisión base proveniente de la emisión original en azul y una

de sub-emisión, filtrada de la base, mediante el segundo fosforado, donde ésta última convierte la región emitida en azul a una región apenas cercana al amarillo pero con un rendimiento decaído al 50%. De esta forma se logró el primer LED de emisión en luz blanca (de sensación fría). De la segunda curva se puede inferir que las técnicas para lograr el LED en emisión blanco cálido fueron diferentes, logrando así una respuesta mucho más apta en rendimiento de color, pues la curva lograda ya es bastante similar a la curva de respuesta diurna del ojo humano.

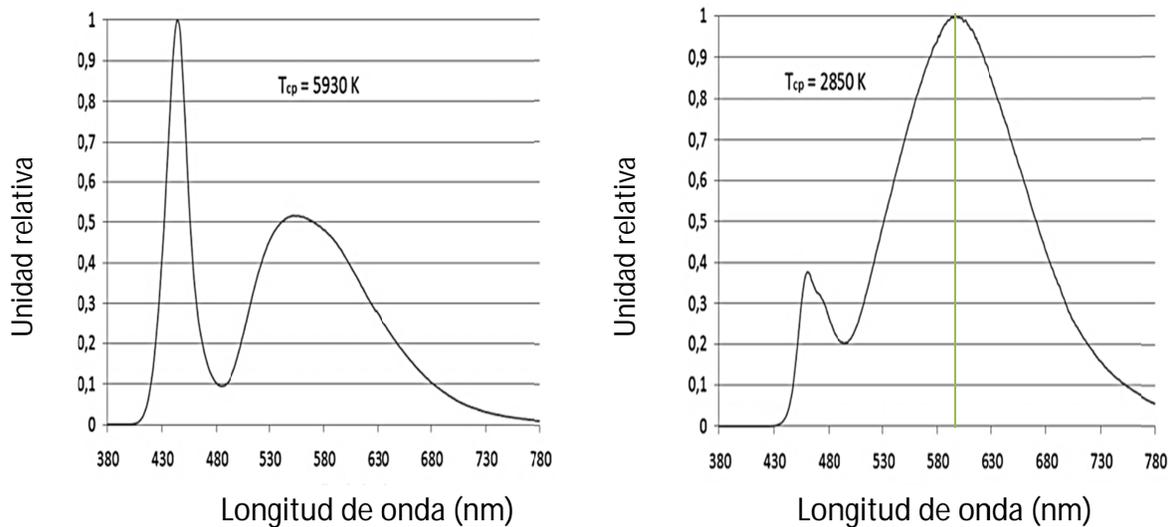


Figura 10 - Ondas espectrales de emisión led blanco frío (izquierda) y blanco cálido (derecha).

Fuente: CIE y (Pousset, 2009, p. 58)

Se desprende entonces que debido a que la “forma de onda espectral de emisión que se logra con el LED blanco cálido” tiene una semejanza óptima con la curva $V(\lambda)$, relativa a las funciones de eficiencia luminosa promedio del ojo humano según la CIE, incluso con un pico entre 570 y 620 nm para una unidad relativa de 0.9, esta fuente queda bien adaptada a la visión humana [el color corresponde a TCP=2850K (ICT, Índice de Correlación de Temperatura)]. En cambio, la onda espectral de emisión LED blanco frío con una temperatura de color de TCP = 5930K no constituye una respuesta óptima respecto a las funciones de eficiencia luminosa promedio del ojo humano, ya que para la respuesta diurna del ojo tan solo alcanza un rendimiento cercano al 50%.

Las longitudes de onda en que responde el ojo humano se relacionan directamente con el Color Correlacionado a la Temperatura (CCT por sus siglas en inglés) expresado en unidades Kelvin. Por ejemplo, 3000K será un color de temperatura que se encuentra fácilmente en la emisión de luz visible de un foco incandescente. Al CCT de 3000K le corresponde una longitud de onda de 590 nm.

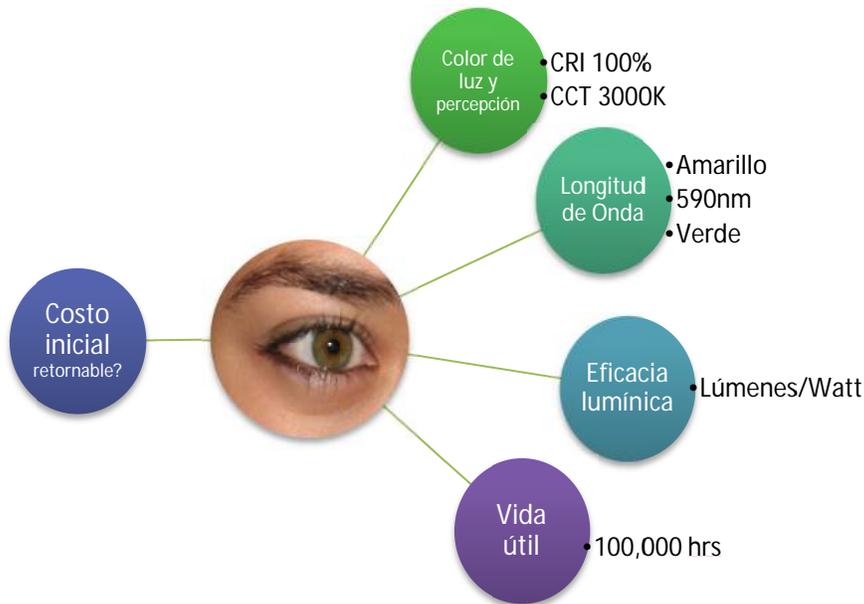


Figura 11 - Determinación de las características pertinentes de la tecnología LED para el ojo humano.

Fuente: Elaboración propia

Yoshi Ohno, en su estudio sobre las 'consideraciones de diseño espectral del rendimiento de color para los LEDs blancos' (Ohno, 2005) obtiene resultados en general buenos para el índice de rendimiento de color (CRI) de diversos tipos de LEDs blancos (tanto encapsulados como arreglo de *chips*); algunos lograron buena eficiencia luminosa, sobre todo los tipos a base de fósforo de *cuádruple-chip*. Sin embargo, se identificaron algunos problemas de medición de CRI en los LEDs blancos, sobre todo enfocados para aplicaciones como fuentes de iluminación convencionales, puesto que uno de los índices (Ra) es desconfiable para la ejecución del rendimiento de color en LEDs blancos.

El CCT de lámparas fluorescentes, por ejemplo, ha sido diseñado para la preferencia de la gente en los mercados objetivo de diferentes países. Para los hogares en los EUA, el blanco cálido 2800 K a 3000 K es dominante; por lo que la luz blanca 6500 K no sería aceptada en estos hogares. Pero en Japón, por ejemplo, 5000 K es dominante. Otros países prefieren aún mayor CCT, hasta 7500 K. Las preferencias para oficinas son diferentes. Por ejemplo, 4200 K es común en los EUA. Por lo tanto, la "luz natural" no es lo más aceptado en todos los mercados y aplicaciones. (Ohno, 2005).

En estudios multidisciplinarios más recientes (Faranda, Guzzetti y Leva, 2010a) en conjunción con (Liu, et al., 2009) se infiere que el desarrollo de la energía LED es cada vez más una solución asequible para satisfacer las necesidades de iluminación moderna tanto en productos como en sistemas. En ese sentido coinciden (Liu, et al., 2009):

“Los LEDs han alcanzado características interesantes, tales como:

- alta eficacia luminosa (por lo menos 90-100lm / W);
- pérdidas inferiores en el control de la distribución del flujo luminoso en comparación con las lámparas tradicionales (ya que emiten sólo un haz de 120°, mientras que las tradicionales emiten en los 360°);
- dimensiones extremadamente pequeñas y, en consecuencia, extrema flexibilidad de uso;
- buena reproducción del color (CRI \geq 80);
- amplia gama de temperatura de color;
- encendido de forma instantánea;
- totalmente regulables (*dimnable*) sin variación de color;
- luz de diversos colores sin necesidad de filtros adicionales;
- control dinámico del color.”

De esta forma, sobre el futuro potencial, teniendo en cuenta las perspectivas tecnológicas de crecimiento de estos dispositivos de iluminación en los próximos años, y los resultados positivos previstos en un tiempo relativamente corto desde su entrada en el diseño de iluminación, puede extenderse a las zonas más tradicionales de iluminación en muy poco tiempo. (Faranda et al., 2010a).

Una última característica a considerar es respecto a la interferencia eléctrica producida por la conexión de estos nuevos dispositivos a la red de distribución doméstica, en comparación con la tecnología actualmente usada para el Programa Luz Sustentable (PLS). Un buen ejemplo de referencia es el estudio puntual que realizaron Dolara y Leva (2012), que consistió en un análisis comparativo en laboratorio sobre el desempeño en calidad de energía eléctrica y de distorsión armónica de los dispositivos para usuario final, es decir, de lámparas residenciales, tanto del tipo LFC como LED.

Los resultados entre ambas tecnologías son muy distintos, tanto en dispositivos LED tipo reflector como en las denominadas nuevas LFCs, que sería una última generación de esta vertiente de lámparas, (ya que se compararon también LFC manufacturadas con tecnología más temprana): los LEDs introducen significativamente menos distorsión armónica que las LFC. Una comparación más general se presenta en el Capítulo 2.

Por lo pronto, el marco de referencia expuesto en este capítulo se considera suficiente para iniciar un estudio de los factores nacionales para el sector de iluminación a base de LEDs en México (Capítulo 2) y posteriormente (Capítulo 3) una búsqueda de frontera en el sector tecnológico y científico (Análisis Patentes y Bibliometría) para la localización de dispositivos de iluminación general basados en LEDs blanco cálido (*warm white*) dentro del mercado tecnológico más grande, que es el de los Estados Unidos de Norteamérica, y la base de datos pertinente será entonces la Oficina de Patentes y Marcas de Los Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés). Por lo que respecta al análisis bibliométrico, se realizará la indagación dentro de la base de datos Scopus-spotlight debido al alto impacto que tiene a nivel global y también a la facilidad de acceso desde la red del Instituto Politécnico Nacional (IPN). La ejecución y resultados del ejercicio de Vigilancia Tecnológica se encuentran en el Capítulo 3.

Capítulo 2 Estudio de los factores nacionales e industriales del sector en iluminación residencial en México.

Se abordan los siguientes aspectos:

- Factores nacionales: de ciencia y tecnología, entorno económico nacional, factores industriales y comerciales (balanza y apertura),
- Ámbito Institucional e instrumentos de políticas públicas en México para el sector de iluminación doméstica a base de LEDs.
- Panorama tecno-económico de la sociedad mexicana en el uso de dispositivos de iluminación doméstica,
- Red mexicana de suministro eléctrico y características de desempeño en calidad de energía de los dispositivos de iluminación doméstica
- Comparativo breve sobre los riesgos ecológicos, las LFC y su disposición final ambientales y un breve caso de estudio sobre *e-waste* en Ghana.
- Hallazgos como mejora y prospectiva de la caracterización tecnológica idónea para el sector de iluminación doméstico en México.

2.1 Factores Nacionales

2.1.1 Estado actual en México sobre la ciencia y tecnología LED para iluminación.

En un último análisis de literatura web (El Universal, 2012), se localizó a México como *nuevo entrante en la investigación científica* para la manipulación (ajuste) del Color de Luz LED (Martínez-Martínez, et al., 2011) mediante algunos Centros de Investigación, tanto públicos como privados, entre ellos el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). Factor potencial para México como eje de desarrollo económico y beneficio social.

A través del CINVESTAV del IPN se ha sumado al desarrollo de las más recientes investigaciones respecto a las técnicas de codopado de LEDs y materiales electroluminiscentes que podrían derivar en nuevas tecnologías aptas para la ergonomía visual que puedan ser implementadas para mejorar la eficiencia energética nacional y así mismo el beneficio en ahorro energético en el sector doméstico, lo cual se vería reflejado en una importante reducción en la facturación de energía entre los usuarios domésticos de la red eléctrica, los cuales representan la mayoría de la población nacional (CFE, 2013a), y que por lo tanto sería susceptible de una política pública eficiente.

Sin embargo, en México, las tecnologías en iluminación basadas en LEDs aún están en una etapa temprana de introducción debido a su maduración desde los ámbitos industriales, iluminación pública y de edificios históricos hasta la reciente mejora en el color de luz emitida capaz de ser confiable para iluminar espacios de trabajo donde se requiere cierto nivel de precisión y cotidianeidad y, el ámbito doméstico es uno de ellos. Por tanto, desarrollar un sector manufacturero en México tipo OEMs (Fabricante de Componentes Originales, por sus siglas en inglés) mantiene aún límites legales y limitado en capacidades de I+D e industriales, sin embargo, sí se cuenta con la capacidad de integrar las más recientes tecnologías en iluminación LED por medio de la manufactura de productos integrados, flexibles y aptos en iluminación general y doméstica.

2.1.2 Entorno económico

Se resume a manera de tabla el sondeo del entorno económico en el sector manufacturero, directamente relacionado con el sector de la industria nacional dedicada (o potencialmente apta) para la producción de dispositivos de iluminación doméstica basados en LEDs.

Tabla 3 - Estudio de entorno económico

<i>Capacidad social</i>	<i>Estructura industrial</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Según datos del Banco mundial, el Producto Interno Bruto per cápita (PIBpc) se ha mostrado con tendencia positiva en los últimos 20 años (1991-2011), con incremento reducido pero constante (PIB per cápita México, Año Base 2003), <i>Fuente:</i> Gross national income per cápita 2010. World Bank ▪ En esta ventana temporal, México se muestra como cierta fortaleza en sus variables macroeconómicas. 	<p><i>Poder de mercado: Crecimiento industrial:</i> <i>Comportamiento Sectorial (Industrias manufactureras)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sector producción estrechamente ligado a la actividad industrial de los EUA ▪ Actividad manufacturera dinámica, creciendo anualmente ▪ 19 de las 21 ramas que la componen registran alzas ▪ Único sector que pudo hacer frente a la recesión del año 2008 ▪ Siendo el <i>sector automotriz</i> la fuente principal de dinamismo, e incide directamente en otros, siendo pilar del sector manufacturero. ▪ En 2010, disminución de la actividad sectorial a nivel (déficit presupuestal en la Unión Europea). <hr/> <p>Comportamiento Subsectorial: <i>Equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muestra un comportamiento irregular de 1991-2011 ▪ 2008, baja productiva ocurrió de forma sostenida ▪ 2009, recuperación que coincide con el alza de la productividad a nivel sectorial y con el alza del PIB per cápita de México. ▪ 2010, la actividad sectorial alcanza un máximo en sus tres rubros (manufacturera > energético, agua y gas). ▪ Comienza una disminución de la actividad sectorial debido a la incertidumbre a nivel mundial (UE). <p><i>Fuente:</i> INEGI: Comportamiento industrial en México por sector (Electricidad, agua y gas; Construcción; Manufactureras); e INEGI/Cuentas naciones: Comportamiento del subsector de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a 1) INEGI, 2) World Bank 3) Arroyo et al. 2012, [en prensa]

La Tabla 3 se puede explicar brevemente, en que precisamente ha sido el sector manufacturero, donde a pesar de las caídas debidas a las crisis económicas en 1994 y 2008, el PIB per cápita nacional ha mostrado una tendencia positiva a través de los años, que incluso ha llegado a superar aunque de forma marginal los niveles más bajos a los que llegó en los años antes mencionados. Para el año 2009 el sector de comercio fue el que tuvo mayor aportación respecto al PIB, con un poco más del 40%, seguido de la industria manufacturera cuya participación representó un 38% respecto de la economía total. (World Bank, 2010).

Es destacable que así como el sector automotriz ha mantenido y liderado el crecimiento, también es notable la inclusión de las tecnologías LED para este y otros sectores, en concreto, desde iluminación interior y accesorios hasta las últimas tecnologías en faros para iluminación externa y de niebla; los sectores pioneros son representados por el sector médico (con sondas y endoscopios) y el automotriz (con iluminación interior), localizados mediante el análisis de patentes.

2.2 Factores Industriales y Comerciales

La tendencia respecto al avance científico y tecnológico transformados como innovaciones en la comercialización de productos de iluminación a base de LEDs son aquellas con dimensiones cada vez más pequeñas, incluso con apariencia a las antiguas lámparas incandescentes (bulbo clásico) donde en lugar de un filamento de tungsteno se comienza a usar microelectrónica de LEDs y también propuestas con nanotecnología, así, las dimensiones pequeñas representarán una gran ventaja y flexibilidad hacia el sector doméstico y por lo tanto, mejores propuestas de políticas públicas y/o actualización de instrumentos como podría ser el caso del Programa Luz Sustentable (PLS, 2011), que se implementó mediante lámparas Fluorescentes compactas (LFC), las cuales se podrían sustituir a corto o mediano plazo con las nuevas tecnologías LEDs de mucho menos impacto ambiental en cuanto GEI y manejo de residuos.

Respecto a Gasto en I+D del sector nacional de iluminación LED, no se tiene reportado en las *encuestas nacionales de innovación*, ni en bases de datos de organismos internacionales como la OCDE, *por lo que no se puede conocer como el subsector de iluminación LED utiliza los recursos o aprovecha las oportunidades*, ver Tabla 4.

Tabla 4 - Esfuerzos de Innovación (EI): Aprendizaje y desarrollo

I. Inversión en capital humano y fijo				
1. <i>Inversión en formación bruta del capital fijo (FBCFIF).</i>				
\$ 130,155.00 Miles de Pesos, periodo 2006-2008 (INEGI)				
2. <i>Calidad del recurso humano (CTIF).</i>				
<i>Subsector 335, "Equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios"</i>				
II. Remuneraciones por obrero ocupado (miles de pesos año base 2003) (INEGI, Encuesta anual del sector privado)				
2005	2006	2007	2008	2009
86.21	70.85	92.03	101.31	159.19
<i>Prom. Trimestral:</i>	<i>Prom. Trimestral:</i>	<i>Prom. Trimestral:</i>	<i>Prom. Trimestral:</i>	<i>Prom. Trimestral:</i>
21.55	17.71	23.01	25.33	39.80
III. Ingresos Corrientes Totales al Trimestre (pesos) [Deciles de Ingresos Corrientes Totales] Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados, con base en la ENIGH.				
Decil	2000	2002	2004	2006
~ IV	9,805	11,649	14,957	16,154
V	11,993	14,343	18,358	19,912
VI	14,709	17,485	22,561	24,333
VII ~	18,413	21,544	28,148	30,195
IV. Aprovechamiento de oportunidades: Gasto en I+D				
No se tiene reportado en las encuestas nacionales de innovación ni en la OCDE.				

Fuente: Elaboración propia basada en INEGI, CEFPCD-ENIGH.

De la Tabla 4, se buscó caracterizar un sector social con potencial de ser el adoptador mayoritario de las tecnologías de iluminación LED, por lo que se ubicaron las remuneraciones de las población económicamente activa (PEA) del subsector en los deciles de ingreso de la población mexicana, se observa que se han ido desplazando de los deciles altos hacia los bajos (celdas en gris entre años 2002, 2004 y 2006), y actualmente se ubican muy probablemente entre los deciles III y V, infiriendo entonces ser una población que cuenta con un ingreso medio y medio-bajo. Cabe destacar que esto

también sería indicador de que la remuneración de los obreros se ha incrementado (aun considerando el efecto inflacionario anual sobre sueldos y salarios), lo que denotaría una mejor calificación de la mano de obra y por ende una mayor demanda por mejores remuneraciones, aún con la caída en el año 2006, por lo que la adopción de nuevas tecnologías domésticas como son las lámparas a base de LEDs podría ser atractiva a corto plazo para sectores base para la economía como lo es la clase media y en consecuencia también la clase alta, que según el INEGI, al año 2010, en términos absolutos a nivel nacional la clase media ascendía en 2010 a 12.3 millones de hogares y a 44 millones de personas; tres cuartas partes de estas magnitudes se concentran en áreas urbanas (INEGI, 2013). La clase media representa el 39.2% de la población mexicana (42.4% de los hogares), mientras que la clase alta tan solo el 1.7% de la población (2.5% de los hogares), teniendo el dato duro del 45% de los hogares mexicanos como posibles adoptadores directos de las tecnologías de iluminación LED doméstica, mientras que el otro 55% pertenecientes a la clase con menos remuneraciones dependerían casi directamente de programas públicos como lo fue el PLS para adoptar estas tecnologías.

En busca de más datos sensibles, en el sector comercial se presentan hallazgos en el comportamiento de la balanza comercial y la apertura comercial acotado al uso residencial, durante el periodo de datos disponibles de 1998 a 2010 (INEGI, 2011).

En cuanto la balanza comercial, al ubicar la clasificación de fracciones arancelarias desde la base de datos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI, administrado por la Secretaría de Economía). Se encontró que debido a la flexibilidad y variedad de aplicaciones de los LED's, aún no existe, una clasificación específica de estos productos para el uso residencial (focos LED). (SIAVI, 2010)

Esto se ratifica en el documento del 'Seminario de la Confederación de Asociaciones de Agentes Aduanales de la República Mexicana (CAASREM) *casos particulares de clasificación de caaarem en el sa 2012*: a la fecha no existe una clasificación específica SIAVI para productos de iluminación basados en LEDs de uso residencial o comercial, y será el año 2017 como objetivo de armonización del sector, ya

sea mediante la modificación/adición de partidas y sub-partidas actuales y agregar el concepto para 'Lámparas de tipo diodo emisor de luz (LED)'. (CAAAREM, 2011). Estas propuestas fueron para inicios del año 2012, y a la fecha no se han detectado cambios.

Tabla 5 - Clasificación SIAVI al 2013 para el mercado de iluminación residencial a base de LEDs de luz blanca

Capítulo 85:	Máquinas, aparatos y material eléctrico y sus partes; aparatos de grabación o reproducción de sonido, aparatos de grabación o reproducción de imágenes y sonido en televisión, y las partes y accesorios de estos aparatos.
Partida 41:	<i>Diodos</i> , transistores y dispositivos semiconductores similares; dispositivos semiconductores fotosensibles, incluidas las células fotovoltaicas, aunque estén ensambladas en módulos o paneles; <i>diodos emisores de luz</i> ; cristales piezoeléctricos montados.
Subpartida 50:	Los demás dispositivos semiconductores.

Fuente: (SIAVI, 2010), consultado en Abril 2012 y Abril 2013

Por lo tanto, la única clasificación SIAVI que cuenta con información disponible en cuanto la balanza comercial es sobre LEDs como componente es la 854150 (tabla 5), donde se encuentra que en el periodo de 1998-2010, existe un déficit comercial para este sector en México, ya que las importaciones de LED´s superan las exportaciones.

Esto se relaciona con el hecho de que en el país no existe empresa o institución alguna (IES) que desarrolle y comercialice o realice esfuerzo en I+D para la elaboración de los dispositivos LED´s, y que además los exporte, aun existiendo el conocimiento de libre acceso para su elaboración (patentes vencidas). Esto se asocia a la falta de capacidades tecnológicas y financieras para reproducir o mejorar esta tecnología.

Bajo este contexto se muestra a México como un país netamente importador de estos productos o al menos del núcleo (*core*) tecnológico, los LEDs.

En cuanto a las exportaciones, aparecieron solamente dos casos puntuales de superávit en el saldo de la balanza comercial durante los años específicos de 1998 y 2000; y se infiere que se debió a las grandes OEMs de semiconductores como la Motorola en Guadalajara, Jal., pero cercano al año 2000 se vendió esta planta a *On-semiconductors*, que cerró operaciones poco tiempo después y el mercado del sector de electrónica y

telecomunicaciones de México perdió competitividad debido a la mejor oferta de contratación internacional. (Pozos Ponce, 2004: 147). Esto está en congruencia con el análisis de caracterización del capital fijo y humano (Tabla 4), donde se infirió que incrementó su demanda por mejores remuneraciones. Se condensan los hallazgos de apertura comercial (importaciones y exportaciones) en la Tabla 6.

Tabla 6 - Índices de la apertura comercial para el intercambio comercial de dispositivos LEDs en México.

AMedM: "Apertura Media por Importaciones" (ec. 2)	Los promedios indican al igual que el saldo de la balanza comercial un déficit comercial en este sector: en las importaciones, los valores son lineales alcanzando tan solo el 0.01% (con respecto al PIB aplicado por año analizado), a excepción del 2008 donde se observa un crecimiento cercano al 0.03%.
AMedX "Apertura Media Comercial por Exportaciones" (ec. 3)	Los promedios no alcanza ni el 0.01% de la AMedM con respecto al PIBi, exceptuando los años 1998 y 2001 donde se aprecia un superávit en la AC del país, mientras que en 1999 y 2000 la apertura comercial alcanza un promedio similar al de la AMedM.
AC "Apertura Comercial" (ec. 4)	Se ve una relación constante con promedios que oscilan entre 0.01% y 0.02%, a excepción del 2008 que al igual que en el saldo de la balanza, la AMedM y AMedX, muestra un claro crecimiento del 0.03%.
APC "Apertura Promedio Comercial" (ec. 5)	Se analizan variaciones en toda la evolución del periodo, con una baja apertura comercial, pero con un crecimiento constante.

Fuente: Elaboración propia

Así se tiene que en México, no existe un saldo verdaderamente representativo en el sector de LEDs que aporte a la balanza y apertura comercial del país en relación con el PIB, ya que casi la totalidad de las empresas que fabrican productos a base de LEDs provienen del extranjero. El hecho es que el ingreso de las tecnologías LED hacia México se está incrementando, y entonces se infiere que se reducirán los precios de los dispositivos en un mercado nuevo y cada vez más competido (sobre todo entre empresas multinacionales), lo cual potencializará una mayor demanda y se ofertará mayor calidad tecnológica en los productos, que haría más atractivas a las nuevas tecnologías LED hacia la actualización de programas públicos como el PLS o FIDE de contar con una tercer etapa en el mediano plazo que lo haga nuevamente mediante licitación pública internacional.

2.3 Ámbito institucional y política gubernamental

Regulación aplicada al sector manufactura de focos LED de luz blanca.

El análisis del entorno institucional es de suma relevancia para el desarrollo de este trabajo, debido a que la tecnología del sector se encuentra dentro de un marco normativo irregular y poco definido. En tal sentido, es de suma importancia prestar especial atención al marco legal en el cual se desarrollan estas actividades productivas.

Al ser un sector manufacturero y comercial que provee de dispositivos eléctricos para iluminación residencial, responde a las normas eléctricas administradas por la Secretaría de Energía, donde intervienen diversos entes, a manera de resumen éstos se reportan en la sección 2.3.1 Instrumentos de política pública específicos y de impacto para el sector, pags. 65-77.

Este entorno se presenta a continuación en forma gráfica (figura 12), según la estructura en base a (Sagasti, 1976), que es la siguiente:

- a) Dispositivo legal: Leyes, decretos, reglamentos o cualquier otra disposición legal, que contiene el conjunto de incentivos que estimulan o inhiben comportamientos.
- b) Estructura organizacional: Instituciones involucradas y sus funciones;
- c) Mecanismos operativos: que son medios de aplicación.
- d) Normas de aplicación: conforme al desarrollo tecnológico de Lámparas a base de LEDs.

Cabe aclarar que esta representación es estática en el tiempo específico de estudio, por lo que más adelante se deriva una segunda (figura 13) en la que ya se detallan o desagregan los efectos sobre la actividad en particular de las políticas públicas del FIDE y PLS respecto a las tecnología de iluminación doméstica basada en LEDs.

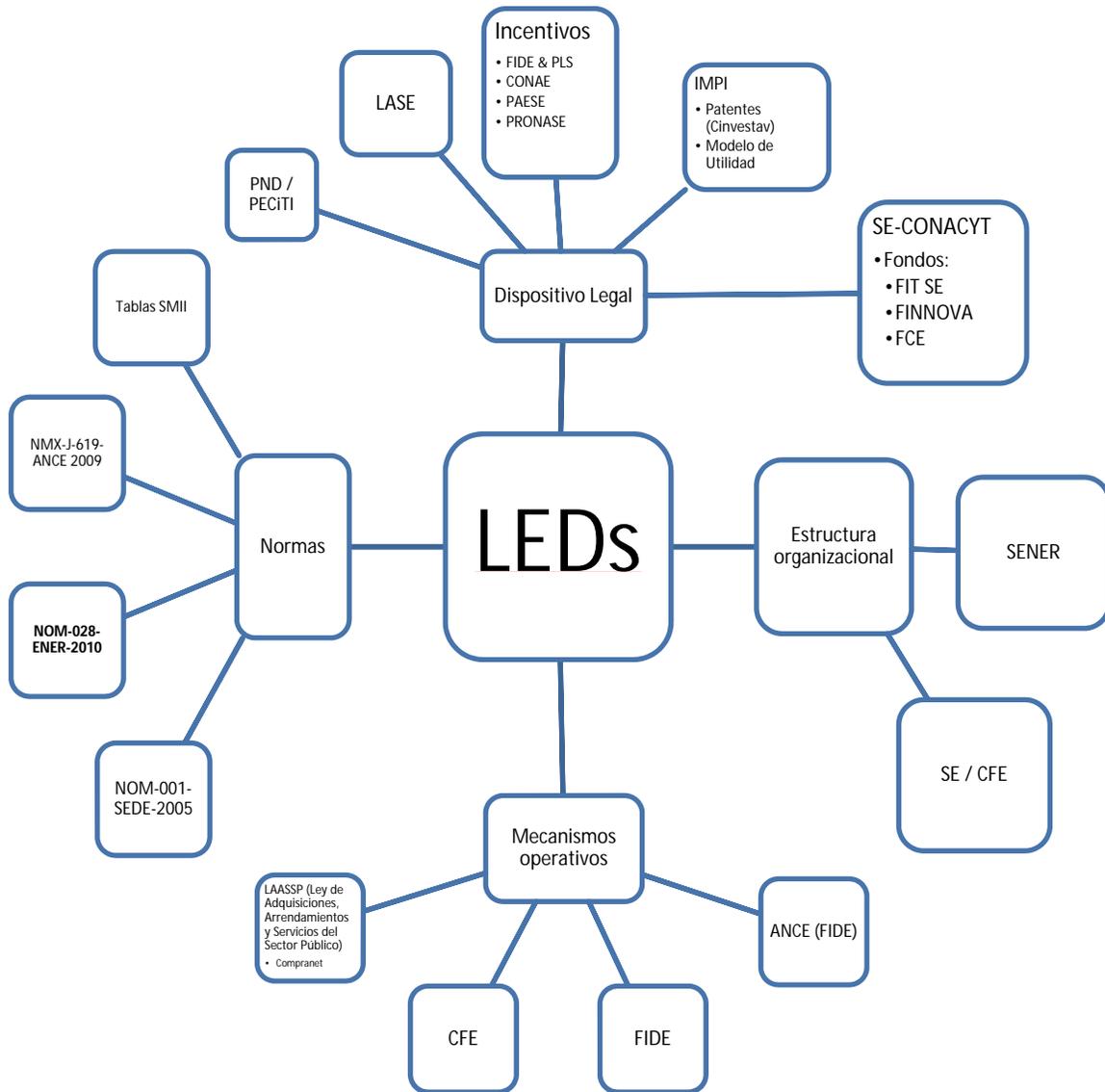


Figura 12 - Entorno Institucional para las Lámparas a base de LEDs para uso residencial

Fuente: Elaboración propia en base a la estructura de (Sagasti, 1976)

2.3.1 Instrumentos de Política pública específicos y de impacto para el sector

El sector de iluminación doméstica a base de LEDs, al ser una nueva tecnología que ha requerido grandes esfuerzos en C-T para ser altamente eficiente respecto al ahorro energético y mínima contribución a la generación de CO₂ (bonos de carbono), encuentra sustento desde las altas macro-fases de política pública en México como es el Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012) en su 4° eje rector sobre Sustentabilidad ambiental,

la Ley de Ciencia y Tecnología en base al art. 3 de la Constitución Política de México (CPEUM) y sobre todo la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) y su Reglamento (RLASE) los cuales parten de la Secretaría de Energía (SENER) en su Marco Legal y Regulatorio del Sector Energético, Subsector de Ciencia y Tecnología.

La SENER por su parte, coordina la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, cuyos resultados se plasman anualmente en la Prospectiva del Sector Eléctrico (PSE), la cual se fundamenta en el Artículo 69 del reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE). Así mismo diversos temas se encuentran delineados en la Estrategia Nacional de Energía (ENE) y son congruentes con las estrategias y líneas de acción del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE).

En particular, la PSE-2012-2026 y el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, destacan el desarrollo de proyectos para impulsar una mayor eficiencia energética, que reduzcan emisiones de Gas de Efecto Invernadero (GEI) en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), y entre sus objetivos que impactan el sector se encuentran: Impulsar el ahorro de energía eléctrica en viviendas, Implementar el programa de ahorro de energía “Para Vivir Mejor” y Fortalecer las acciones de ahorro de energía en el sector residencial mediante instrumentos normativos, principalmente. (SENER, 2012).

Al ser un sector manufacturero-comercial que provisiona dispositivos eléctricos para iluminación residencial, responde primeramente a la normatividad eléctrica y eficiencia energética administradas por la Secretaría de Energía, donde además intervienen los siguientes programas, cámaras, asociaciones, laboratorios, instituciones, Leyes, asociaciones, organismos y normalización.

2.3.1.1 Programas gubernamentales

Estos programas incentivan el sector manufacturero de dispositivos de iluminación de alta eficiencia, donde tecnologías basadas en LED's tienen alto potencial.

Programa Luz Sustentable (PLS)

“Consiste en la distribución de 45.8 millones de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas (LFCAs) en dos etapas, a fin de que sustituyan focos incandescentes de uso residencial. Representará ahorros tanto a la economía de más de 6 millones de familias mexicanas así como a la del país.”

Fue *diseñado por el FIDE* en apego La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (ambos descritos más adelante) y en la primera Etapa del PLS, el gobierno otorgó 22.9 millones de LFC. En la Segunda Etapa del Programa, se podía elegir entre varios modelos y marcas de lámparas ahorradoras que previamente fueron autorizados y registrados ante el FIDE.

Los recursos del PLS provienen del Fideicomiso 2145: “Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.” Estima dos beneficios:

1. *En materia de ahorro en energía eléctrica*: Ahorro en consumo de energía eléctrica de hasta 2,048 gigawatts-hora al año, cifra comparable a casi 2 veces el consumo de 2011 del estado de Campeche o la mitad del consumo del estado de Querétaro.
2. *En materia ambiental*: Evitar la emisión de 1.4 millones de toneladas de bióxido de carbono al año, lo que equivale a sacar de circulación más de 600 mil automóviles; o bien a dejar de consumir 3.6 millones de barriles de petróleo al año.

Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
De 2009-2012 (PRONASE).

DOF (29-nov-2009). Su objetivo es "Incrementar la eficiencia del parque de focos para iluminación" las Líneas de acción 2.1.1 y 2.1.3 que contemplan la publicación de una norma de consumo de energía para iluminación y la implementación de un programa de sustitución de focos incandescentes por tecnologías ahorradoras, respectivamente.

Así mismo, será el encargado del Manejo de residuos del PLS (PLS, 2011):

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
Philips Mexicana S.A. de C.V.
Cool NRG México S. de R.L. de C.V.
Sistemas de Tratamiento Ambiental S.A. de C.V. (SITRASA)

1. *Irapuato, Gto. Separando el aluminio del vidrio de las lámparas incandescentes (LI). (1ª. Etapa: 22.9 millones de LI)*
2. *Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato*

El objetivo de ahorro de energía eléctrica derivado de las estrategias y medidas establecidas en el PRONASE estima que “El ahorro total que se podría alcanzar en 2026 sean 39.2 TWh, y se estima que 71.3% corresponderá al sector residencial. Lo anterior se derivaría por los cambios en la Norma Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010, de eficiencia energética de lámparas para uso general. Estos ahorros se reportarán inicialmente por la sustitución de focos incandescentes por i+halógenos (incandescentes mejorados con halógenos), y posteriormente, por lámparas fluorescentes compactas y lámparas de diodo emisor de luz (LED).” (SENER, 2012)

Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, (PAESE).

Se crea en 1989 por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, en su producción, distribución y en las instalaciones de los usuarios; por lo que es un programa interno que impacta mayoritariamente a la infraestructura de la CFE aunque brinda asesoría y orientación a los usuarios en la materia.

Programa de Crédito para la adquisición de Lámparas de LEDs (FIDE)

Es un programa para apoyar a las familias mexicanas que desean invertir en nuevas tecnologías que promueven el ahorro de la energía eléctrica de sus hogares, donde el FIDE ofrece un crédito a tasa preferencial, que será descontado en 24 bimestres (4 años) en el recibo de luz, por lo que los usuarios interesados no debían tener adeudos previos.

Operación: Se establecieron tiendas y productos participantes como medios de distribución para que los usuarios interesados pudiesen elegir la lámpara de LEDs de su preferencia y entregar la documentación: carta de pre-aprobación de crédito FIDE, recibo de luz sin adeudos, comprobante de domicilio y una identificación oficial. Una vez aprobado, las lámparas eran entregadas y el pago se realizará según el crédito descrito.

La primera etapa del programa (del 2-ene al 29-feb-2012) fue abierto en las ciudades de Guadalajara, Monterrey o Distrito Federal, y los entes gubernamentales que respaldaron el programa: Gobierno Federal, SENER, CFE y FIDE.

2.3.1.2 Legislaciones en el sector

Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE)

(DOF-28-11-2008) Tiene como objeto propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo.

En particular en base a su Artículo 5, donde se establece “En el diseño y aplicación de los programas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía, se promoverá la participación social y la concertación, con el fin de vincular a las instituciones del sector público, a las organizaciones de la sociedad civil y del sector privado, a las instituciones académicas y a la población en general coordinando sus actividades en el ámbito de esta Ley.” Así como en su Art. 7 frac. X, se encuentra una primera estrategia de sustitución de tecnologías de iluminación ineficientes: lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes ahorradoras de energía eléctrica (en dos primeras etapas).

Ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público

(LAASSP)[DOF-4-Enero-2000, última reforma 16-Enero-2012.] Esta ley es de orden público y tiene por objeto reglamentar la aplicación del artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de las adquisiciones, arrendamientos de bienes muebles y prestación de servicios de cualquier naturaleza, que realicen:

- I. Las unidades administrativas de la Presidencia de la República;
- II. Las Secretarías de Estado y la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal;
- III. La Procuraduría General de la República;
- IV. Los organismos descentralizados;
- V. Las empresas de participación estatal mayoritaria y los fideicomisos en los que el fideicomitente sea el gobierno federal o una entidad paraestatal, y

VI. Las entidades federativas, los municipios y los entes públicos de unas y otros, con cargo total o parcial a recursos federales.

Lo destacable de la LAASSP hacia el sector estudiado es lo siguiente:

Beneficios para PyMES

Dentro de las reformas se incluyen disposiciones que supuestamente apoyarán a la industria nacional y, en especial, a las micro y pequeñas empresas (Pymes):

- Se otorga preferencia a las Pymes en la evaluación de sus propuestas y ahora se podrán diseñar licitaciones exclusivas para Pymes.
- Se podrán entregar anticipos a las Pymes en bienes que ocupen más de 60 días en producirse.
- Se reduce el tiempo de pago a proveedores.

2.3.1.3 Cámaras, asociaciones, institutos, laboratorios del sector eléctrico.

Por medio de la Secretaría de Energía (SENER) y el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE) se armonizan las instituciones y regulaciones (leyes) para todos los sectores que se involucran con el ámbito eléctrico, sean dispositivos o instalaciones, la estructura es la SENER y Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía. Por lo tanto, las lámparas eléctricas a base de LEDs, al ser dispositivos cuya eficiencia energética es muy alta, en comparación a una lámpara incandescente, es una tecnología de última generación que cumple con la LASE.

Las siguientes asociaciones y cámaras son claves de seguimiento y/o pertenencia:

Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE)

Realiza las actividades de Normalización, Certificación, Verificación, Certificación de Sistemas, Laboratorio y Operaciones Internacionales.

Como organismo de certificación, ofrece a las autoridades, usuarios, compradores, distribuidores, comercializadores y consumidores una evidencia imparcial, objetiva y confiable de que los productos certificados por la Asociación cumplen con los requisitos especificados en las Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas, Pliegos de Condiciones, Sistemas Fotovoltaicos y próximamente en normas Internacionales.

Al 2009, cuenta con 45 Normas Oficiales Mexicanas (NOM), 30 Normas Mexicanas (NMX), 2 Normas Internacionales (IEC) y 9 Pliegos de Condiciones; acreditados en los términos de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, FIDE.

Fideicomiso privado sin fines de lucro, que con la participación de los sectores público, social y privado, impulsara acciones y programas para fomentar e impulsar acciones de 'ahorro, uso eficiente y aprovechamiento sustentable de la energía eléctrica; fomento de nuevas tecnologías energéticas; el ahorro de energía eléctrica, al mismo tiempo que promoviera el desarrollo de una cultura de uso eficiente de este recurso en la sociedad mexicana, que genere beneficios económicos, sociales y ambientales, en correspondencia con las mejores prácticas internacionales en la materia.

Otras asociaciones y cámaras:

- Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas, AIUME
- Cámara Nacional de Comercio, CANACO
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- Cámara Nacional de la Industria de Transformación, CANACINTRA
- Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C.
- Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME.

2.3.1.4 Organismos

Los siguientes Organismos tienen funciones autónomas y que interactúan directamente con el ámbito eléctrico nacional.

Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Encargada de la red eléctrica nacional, desde la Generación, Transmisión y Distribución de la energía eléctrica en todo el país, así mismo, es el organismo encargado de los servicios de conexión y la facturación bimestral del consumo de energía. Proporciona servicio de energía eléctrica a 35.3 millones de clientes, los cuales han tenido una tasa de crecimiento medio anual de casi 4.5%, durante los últimos diez años. El total de usuarios domésticos en el territorio nacional a diciembre de 2011 representa el 88.39% de todos los clientes, mientras que el Comercial, representa el 10.01%. (CFE, 2012a).

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE).

Es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que cuenta con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE.

Es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, creado por Decreto Presidencial (DOF 01-12-1975) y modificado mediante Decreto (DOF-30-10-2001).

Sus objetivos principales son la investigación, la innovación aplicada, el desarrollo tecnológico, la ingeniería y los servicios técnicos especializados en áreas como la eficiencia energética, la planeación y expansión del sistema eléctrico nacional, la confiabilidad, seguridad, simulación, las energías renovables, la automatización, y las nuevas tecnologías de información. Además realiza la comercialización y transferencia tecnológica de sus desarrollos, ofrece capacitación y actualización de los ingenieros del sector, así como el otorgamiento de grados académicos. (IIE, 2012).

Su participación es clave en los Estudios prospectivos del sector eléctrico nacional.

Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales (LAPEM) de la CFE.

Actualmente el LAPEM no ejecuta Pruebas de caracterización de lámparas a base de LEDs, sin embargo, el ANCE, puede cubrir la función por su experiencia en las pruebas de certificación en LFC's mientras este laboratorio adquiere las capacidades en equipo y normalización propia para llevar a cabo dichas pruebas.

2.3.1.5 Normalización

A continuación se profundiza solo en las normas pertinentes para el sector de iluminación LED, enlistando a las demás normas que juegan un papel secundario.

- NOM-008-SCFI-2002. Sistema general de unidades de medida.
- NMX-J-619-ANCE-2009 – Iluminación- Definiciones y terminología (del ANCE).

- **NOM-001-SEDE-2005- Instalaciones Eléctricas (utilización).** Esta norma es la base en el territorio nacional para todas las instalaciones eléctricas, así mismo, es referencia para ejecuciones de luminotecnia para autopistas.

Aplicación: Cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda [...] y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios [...] (“*como serían los dispositivos de iluminación*”)

Todo equipo eléctrico utilizado en las instalaciones eléctricas debe cumplir con lo establecido en la Sección 110-2 de esta NOM:

- o Los valores de tensión eléctrica de utilización son: En baja tensión: 115/230 V; 208Y/120 V; 460Y/265 y 460 V; como valores preferentes...
- o Art. 930. alumbrado público / Definiciones: confort visual, deslumbramiento, iluminancia,
- o Aparatado 520-25 para Atenuadores (dimmers)

Por lo tanto, el interés inicial que muestre el sector en el diseño y manufactura de productos a base de LEDs podrá incorporarse directamente al cumplir esta norma y en las regiones y países que utilicen este mismo valor de tensión nominal (120VCA), como lo son los Estados Unidos de Norteamérica y casi toda Latinoamérica; no así Europa (220VCA).

- **NOM-028-ENER-2010- Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.** [...] todas aquellas lámparas de descarga en alta intensidad; fluorescentes compactas autobalastadas; fluorescentes lineales; incandescentes; incandescentes con halógenos, y luz mixta) que se comercialicen en el territorio nacional.

Establece límites mínimos de eficacia para las lámparas de uso general y contempla la salida gradual del mercado mexicanos de los focos ineficientes.

Esta norma oficial mexicana **no aplica a las lámparas para iluminación** que cuenten con una MON específica *en materia de eficiencia energética*, así como a “Lámparas de vapor de sodio de baja presión, **LED e inducción**” [...]

De esta Norma (Hallazgos): Las lámparas incandescentes cuya potencia específica en Watts (W) y mayores no podrán comercializarse:

- o La potencia de 100 W y mayores a partir del 31 de diciembre de 2011.
- o La potencia de 75 W a partir del 31 de diciembre de 2012.
- o La potencia de 60 W y 40 W a partir del 31 de diciembre de 2013.

- **Tablas de la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación**, para niveles de iluminación recomendados (en luxes "lx") según los espacios donde sean instaladas una o más lámparas eléctricas.

LINEAMIENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL. Decreto del 21 de abril de 2010 y del 3 de junio de 2010 el Anexo 1:

Recomendaciones de iluminación:

Para "Hoteles, Restaurantes, Tiendas y Residencias": "Residencias" / "Tareas visuales específicas:" (extracto)

- o "Cocina (sobre fregadero u otra **superficie de trabajo**" '500, 300 lx
 - o "Lavadero, mesa de planchado" '500, 300
 - o "Cuarto de estudio (sobre escritorio)" '700, 400
 - o "Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras" '100, 60
 - o "Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego" '100, 60
 - o "Cocina, lavandería, cuarto de baño" 300, 200
- **NOM-025-STPS-2008**, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Del punto anterior, se desprende abordar esta norma, como posible **campo de oportunidad para el sector** sobre todo para la introducción de nuevas tecnologías reflejadas en productos para iluminación doméstica en base a LEDs.

Otras normas:

- NOM-017-ENER-1997 - Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba. (Aclaración de esta norma oficial mexicana publicada el D. O. F. del 4 de abril de 2001)

Sustituida por la **NOM-017-ENER/SCFI-2008**. La cual se debe **mantener bajo seguimiento** pues las lámparas a base de LED's podrían responder a estos límites y métodos de prueba, *incluso ser consideradas dentro de esta misma norma*, así como en la ya descrita NOM-028-ENER-2010.

2.3.2 Derechos de propiedad intelectual (DPI).

Los documentos de Patentes en los EUA sobre artefactos específicos para iluminación basados en Diodos Emisores de Luz blanca LED's, al ser dispositivos cuya tecnología de diseño involucra un arreglo interno que corresponde a la parte central de

una lámpara LED, deberán considerarse en estos dos ámbitos, por lo que cualquier estrategia de búsqueda y análisis de patentes puede ejecutarse considerando patentes de dispositivos a base de LED's de luz blanca en: EUA (USPTO) y México (IMPI-SIGA).

Sin embargo, solo se ha localizado a una sola empresa 100% Mexicana que ha sido capaz de implementar nuevas capacidades para la fabricación de productos de iluminación a base de LEDs mediante la integración de tecnologías ya existentes para generar un modelo de utilidad: "Con una inversión de unos 5 millones de pesos, Industrias Felch SA de CV, una Pyme regia de reciente creación, se convirtió en la primera empresa mexicana en fabricar focos LED (diodo emisor de luz) utilizando tecnología nacional patentada" obteniendo el galardón PYME 2011 como la Mejor empresa de alta tecnología, reconocimiento que otorga la Secretaría de Economía. (SE, 2011)

Cabe aclarar que las figuras de propiedad industrial utilizada por esta empresa han sido el registro de marca otorgada por el IMPI el 24 nov 2010 y modelo de utilidad, solicitud MX/u/2010/000315 (Gaceta: Vol. Enero 2013, Pág. 13) a la fecha en estado de "Requisitos forma y fondo, y abandonos notificados, Oficios referentes a solicitudes de diseños industriales o modelos de utilidad, Enero 2013 (5141356)" (IMPI, 2013).

Se han encontrado otras empresas con actividades en este sector pero su filiación de origen es asiática y/o es importadora/integradora de LEDs o productos terminados. Como son TecnoLite, Lamparas de Led, Master, ASSIC, Tecnologia Led (Fawoo), entre otras, sin considerar empresas internacionales (Philips, Toshiba, Panasonic, Osram, etc.).

2.3.3 Incentivos Específicos al sector manufacturero de iluminación LED

2.3.3.1 Programa Luz Sustentable

Arriba definido en sección 2.3.1.1, ver también más adelante la sección 2.6.4.1

2.3.3.2 Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)

Arriba definido en sección 2.3.1.3

2.3.3.4 Fondos del PNI

Se consideran como esfuerzos directos por parte del gobierno federal para incentivar el sector manufacturero-comercial que innoven en nuevas tecnologías más eficientes, entre ellas la fabricación de dispositivos de iluminación doméstica a base de LEDs, para ello los organismos interesados en el sector pueden acceder a fondos del Programa Nacional de Innovación (PNI):

- 1) *Fondo de Innovación Tecnológica (FIT)*: Fideicomiso público de la SE, la Subsecretaría para la Pequeña y Mediana Empresa (SPYME) y el CONACYT, con el propósito de apoyar, a las Micro, Pequeñas y Medianas empresas, así como a Personas Físicas con actividad empresarial que desarrollen o adopten actividades de Innovación y Desarrollo Tecnológico. Para el sector de iluminación LED entraría en las Modalidades de apoyo 1 y 2 (mejores productos y nuevos negocios) y en el Sector de apoyo 1 y 7 (Sistemas de manufactura avanzada y, Tecnologías limpias y energías renovables)
- 2) *Fondo Sectorial de Innovación (FINNOVA)*: Fondo creado en 2010 en conjunto con CONACYT con el objetivo de impulsar la innovación. Actualmente cuenta con 263 mdp disponibles para impulsar la innovación y se preveía destinar 500 mdp en 2012. Destinado principalmente a proyectos para mitigar los efectos de los GEI, biotecnología, ecosistemas de innovación, así como la creación y fortalecimiento de oficinas de transferencia de conocimiento (OT).
- 3) *Fondo de Capital Emprendedor*: Creado en 2012 conjuntamente por Secretaría de Economía y NAFIN (Nacional Financiera), con el objetivo de incrementar la disponibilidad de capital privado para proyectos innovadores en etapas tempranas. Durante 2011 y 2012, México Ventures se proyectó invertir más de 850 mdp en fondos de capital emprendedor. Se espera que estos fondos a su vez inviertan alrededor de 6,500 mdp en empresas mexicanas que busquen desarrollar nuevas tecnologías e innovación, logrará un efecto multiplicador de los recursos públicos.

En específico, para el FIT se puede aplicar anualmente (desde Abril de 2007), y da cabida las Grandes Empresas que incorporen la coparticipación de al menos diez Pymes (CONACYT, 2013), por otra parte, no se sabe con exactitud el nivel de experiencia en la solicitud y ejercicio de estos fondos para los organismos potenciales del sector, ya que esto conlleva a la entrega de resultados a corto plazo (Identificación de fondos,

Documentación, Solicitud, Seguimiento, Otorgamiento, Ejercicio, Entrega de resultados del fondo) y finalmente si esto efectivamente a corto plazo habrá sido un incentivo de impacto para el fortalecimiento del Capital propio para asegurar la vida, operatividad y legalidad de las empresas del sector.

2.4 Hallazgos y discusión sobre los instrumentos de políticas públicas

En primera instancia, se observa que hasta 2012 no existe una reglamentación plenamente definida y establecida sobre los productos específicos, es decir, focos de tipo LED. En tal sentido, una empresa del sector debe de adaptarse a ciertas normatividades, que pueden o no representa ciertas oportunidades y amenazas para el sector de iluminación LED. Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

De igual forma se encuentra la regulación mediante la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE). En consecuencia, se debe de prestar especial atención a los nuevos criterios y lineamientos de calidad que presente en un futuro esta asociación, en virtud de que en caso de no atenderlos puede representar un grave problema para el sector.

Respecto al marco normativo, se han podido identificar ciertas oportunidades respecto a fondos federales, los cuales pueden fortalecer a una empresa del sector en diversos sentidos. Entre los principales fondos a los que tal empresa puede acceder se encuentran el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica y, en específico, el "Programa de crédito para la adquisición de lámparas de LED'S". A su vez, la unidad económica puede emprender esfuerzos para ser beneficiaria de diversos programas gubernamentales como lo es el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, el Programa de Luz Sustentable y el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

Respecto a la normalización, el marco legal en el que se encuentra inmersa una empresa del sector plantea una situación muy particular y de suma relevancia. Esto debido principalmente a que, como se había mencionado anteriormente, no existe una normalización específica para los productos que produce y oferta una empresa de este tipo en el mercado.

En tal sentido, esto pudiera aparentemente representar un área de oportunidad para el sector, ya que al no contar con un marco normativo riguroso y bien definido, puede plantear un escenario flexible para emprender nuevos proyectos de negocio en diferentes ámbitos. Es decir, una empresa del sector podría contar con la libertad de ofertar diversos productos que no necesariamente estén regulados por ciertas normatividades que sean restrictivas a un estándar bien identificado. En tal sentido, la oportunidad que se identifica no recae en la posibilidad de que una firma pueda ofertar productos deficientes a un bajo costo de producción y a un alto precio en el mercado, sino precisamente en la libertad de poder establecer los propios parámetros de diseño y calidad. Por esto, una nueva empresa entrante en el sector de iluminación LED puede adentrarse en nuevos nichos de mercado y ampliar su gama de productos sin mayores restricciones, aun siendo una empresa integradora con licencia para integrar LEDs patentados en otros países. Incluso competir por establecer sus propios estándares de diseño, clave para asegurar la vida de una empresa del sector.

Sin embargo, el que no exista una normativa bastante clara y definida con respecto a la tecnología LED plantea a su vez un enorme riesgo para su sector comercial. En un primer escenario desfavorable se puede presentar la competencia desleal, esto debido al débil marco institucional que no ampara a las empresas que se posicionen como líderes en caso de que la competencia incurra en piratería.

A su vez, al ser un mercado que se encuentra regulado por una ley y normatividad muy flexible, existe el riesgo de la entrada de nuevos competidores con mayor capital y capacidades de I+D.

Los resultados o efectos que muestra el análisis se plantean en la desagregación del entorno institucional (Figura 13), al ser México un país netamente importador de tecnologías LED, nos permite señalar que el sector debe de tener como objetivo el fortalecer el área referida a la vigilancia del marco regulatorio, tanto institucional como normativo, mientras que la administración pública hace lo propio; esto en el sentido de que existen todavía muchos vacíos legales que, como se planteó anteriormente, pueden representar tanto oportunidades como amenazas para el sector. En tal sentido se requiere un grupo de gestores como apoyo para armonizar este marco irregular; pero mientras esto surge existe la posibilidad de que una transnacional, o grande empresa del sector note dicha irregularidad y podría invertir esfuerzos por impulsar sus propios estándares, con el riesgo de acentuar un mercado imperfecto. Por ello, un grupo gestor de tecnología u otro tipo de grupos multidisciplinarios impulsarían acciones por un marco armonizado y regulado hacia resultados nacionales de crecimiento tecnológico, energético, económico, ecológico y bienestar social.

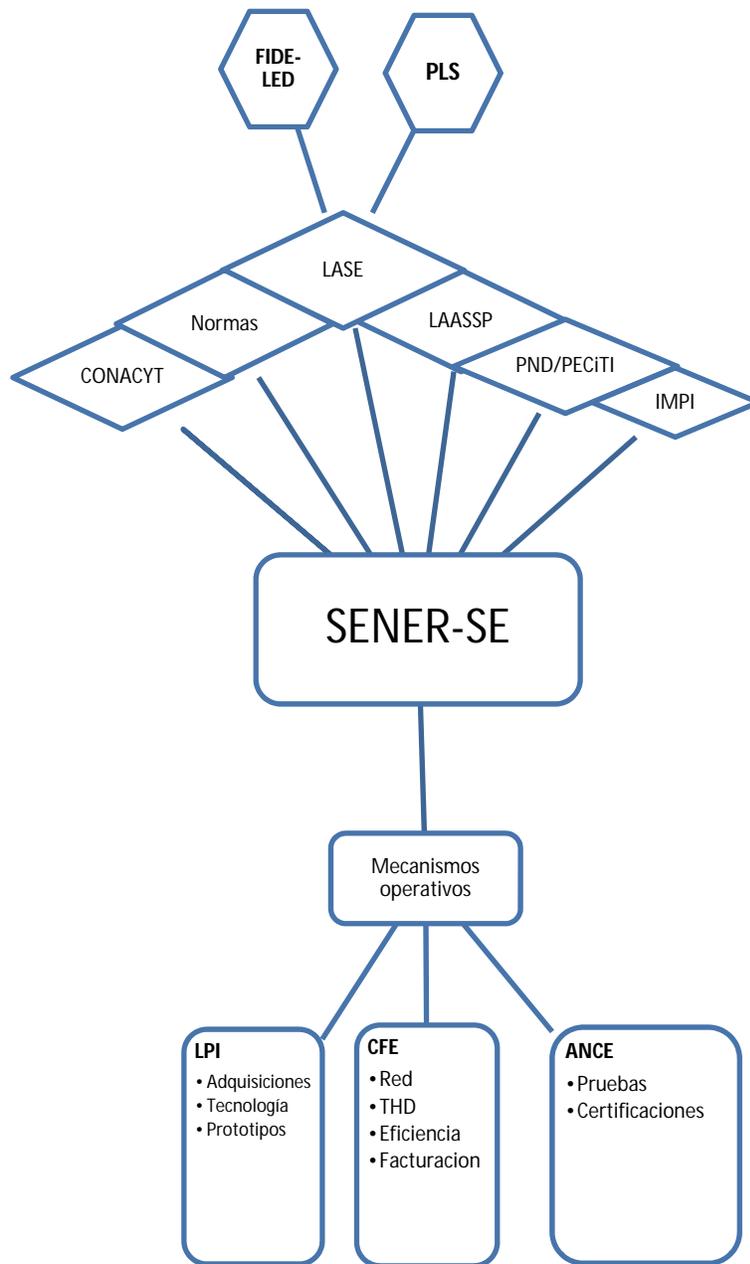


Figura 13 - Desagregación del entorno institucional para un esquema de importación de tecnologías

Fuente: Elaboración propia en base a la estructura de (Sagasti, 1976: 71)

2.4.1 Recientes acciones públicas sobre tecnologías de iluminación LED

Ya en el año 2013, durante el último periodo de investigación, se han localizado nuevas normas que tratan de alinear las tecnologías LED para iluminación general, las cuales son:

- NOM-030-ENER-2012, Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.
- NOM-024-SCFI-1998, Información comercial para empaques, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos.
- ANCE-ESP-01, ed. 3, 2012-08-13. Especificación para lámparas LED.

En esta nueva normativa se ha encontrado que son muy laxas tanto en ámbito tecnológico (NOM-030-ENER-2012) como del comercial (NOM-024-SCFI-2013), incluso en ésta última no se menciona nunca a los dispositivos de iluminación basados en LEDs aunque la primera la refiere; finalmente, las pruebas de conformidad del ANCE (ANCE-ESP-01) van en el mismo tenor ya que son poco agresivas para buscar fijar un estándar alto de calidad tecnológica al solicitar un eficacia mínima de tan solo 80 lm/W cuando la NOM-030-ENER-2012 para dispositivos de iluminación omnidireccional especifique de 83.2 a 95.8 lm/W según la duración de la lámpara (15000 a 50000 horas); en cuestiones de DPI el ANCE solicita como garantía que “será necesario utilizar LED que contengan patente para avalar la calidad y la vida útil del mismo. Por ello se requerirá una carta emitida por el fabricante de la patente del LED a utilizar en la lámpara” (ANCE, 2012), lo cual es una limitante de entrada para la industria nacional si no cuenta dentro de su portafolio tecnológico figuras de PI propias o licenciamiento de terceros. Todo esto es preocupante para un rezago temprano, ya que según la tendencia en iluminación LED, en el presente ya se han superado los 100 lm/W en estas tecnologías e incluso están cercanas a los 150 lm/W (ver más adelante la Figura 14), por lo que a continuación es necesario analizar la evolución tecnológica en el ámbito de iluminación en las tres tipologías de dispositivos utilizados en el sector doméstico en México (incandescentes, LFC y LED).

2.5 Tres Generaciones de dispositivos de iluminación residencial (comparativo técnico)

Las diversas tecnologías de iluminación rinden sus ventajas competitivas y contextualizan su aplicabilidad de acuerdo a ellas; así por ejemplo, desde que la tecnología incandescente hizo su aparición gracias a la primera bombilla desarrollada por J. Swan en el Reino Unido y después perfeccionada y transportada al ámbito comercial por Edison al mejorar el vacío dentro de la bombilla (Edison Tech Center, 2010b), continuó siendo uno de los dispositivos con innumerables mejoras incrementales hasta lograr una máxima confiabilidad y especialización, pues su avance tecnológico y la ciencia experimental fueron explicando poco a poco el por qué y cómo se lograba la producción de luz mediante un par de electrodos unidos por un hilo conductor de carbón, cuyo color de luz daba la sensación de un ambiente frío. Desde 1911 W.D. Coolidge había encontrado que el tungsteno tenía las mejores características como filamento en los focos, tanto en ductilidad, como durabilidad y emisión de color en sensación cálida (Edison Tech Center, 2010a); incluso, para las posteriores fabricaciones en serie pudo ser manipulado a tal grado de fijar su vida útil en un estándar de 1000 horas, algo que responde a una técnica de alto grado, ya que fue la primera tecnología capaz de tener una vida útil programada, algo que además de explotarse mejor comercialmente finalizó con un factor de forma ya clásico; el bulbo o bombilla transparente, conocido como foco (Comprar, tirar, comprar. La Historia Secreta de la Obsolescencia Programada, 2011) y (Zeitgeist Addendum, 2008).

Posterior a las bombillas incandescentes y sus mejoras incrementales (incluidas todas las lámparas de potencia para alumbrado público: de halógenos, sodio, mercurio y aditivos metálicos), de la misma *Edison Company* (posteriormente *General Electric*), surgió la lámpara fluorescente de E. E. Hammer (IEEE, 2012) primeramente encontró aplicación industrial y fue logrando importantes mejoras en eficiencia y rendimiento de color, sobre todo en su vida útil, la cual hasta hoy se ha fijado en un media de 8 a 10 veces más que la tecnología incandescente, sin embargo, en cuanto a costos, esta segunda generación representada hoy por las lámparas fluorescentes compactas (LFC) se ofrece ya a precios

realmente atractivos que oscilan incluso en casos extremos contra una incandescente, de apenas arriba del doble⁴. Sin embargo, hay grandes diferencias técnicas en su operación, ya que mientras una bombilla clásica conecta el filamento de tungsteno directamente a la red eléctrica (efecto resistivo), una LFC requiere una balastra electrónica para acondicionar el valor de tensión eléctrica que es pertinente durante y después del encendido, así como en lugar de un simple bulbo, para darle una mejor estabilidad térmica requiere un arreglo de varios tubos delgados que contienen en su interior polvos fluorescentes y una mínima cantidad de gas mercurio de 3 a 5 mg. (Stahle, et al., 2008). Dicha balastra y tubos de descarga han sido una relativa mejora respecto a la eficiencia lumínica, energética y vida útil de las primeras tecnologías de iluminación (incandescente y de halógeno). Sin embargo, al aumentar su complejidad representan un mayor impacto negativo para el medio ambiente.

Estudios de la Universidad de Maine concluyen que el rompimiento de una LFC representa, por un lado, riesgos a la salud humana debido al peligro asociado al gas de mercurio esparcido en el área, el cual puede permanecer por varios días si no se ventila bien. Así mismo, el desecho y disposición final de estos productos se debe hacer bajo recomendaciones especiales, que los gobiernos de los EUA y Canadá ya difunden (Health Canada, 2011), todo ello mayoritariamente en referencia a lo que representa el arreglo de tubos de descarga de las LFC; no se ha tocado el tema del impacto de la balastra como desecho electrónico (*electronic waste, o e-waste*, usado en lengua inglesa), el cual en otros sectores y países comienza a ser foco de atención por su gran impacto negativo, por la acumulación de enormes cantidades, su mal manejo y disposición; y sobre todo, porque en los grandes vertederos mundiales del *e-waste* (mayoritariamente de computadoras) son personas jóvenes y niños quienes representan la mano de obra de recolección y extracción de metales (mediante la quema de las cubiertas plásticas), exponiéndoles a graves enfermedades de la piel y de la sangre por manipular metales

⁴ Ejemplo, Samsung LFC pleomax T2 de 11w: \$25 M.N. vs. Osram 100w incandescente, \$10 M.N. precios a Junio 2012

pesados así como respirar gases tóxicos; claros ejemplos de emergencia ambiental son los enormes vertederos electrónicos en países como Ghana (Acraa) y China (Guiyu); más adelante se citará brevemente el caso de Acraa [ver pag. 107, PLS - Factores de impacto ambiental y social (salud) en un mundo globalizado].

La tercera generación (lámparas-LED) tiene una trayectoria muy similar a la segunda, respecto a su paulatino desarrollo y primeras aplicaciones industriales y sobre todo en aspectos de diseño y arquitectura para iluminación puntual de edificios históricos. Por citar solo algunos casos concretos en México, está la Torre del Centro Cultural Tlatelolco de la UNAM, la nueva torre HSBC en Paseo de la Reforma, y el santuario Guadalupano en Zamora, Mich. (Iluminet, 2009). Sin embargo su acelerada mejora incremental no tiene antecedente (ver Figura 14) aunque al sector residencial aún se presenta como una tecnología embrionaria y de alta heterogeneidad de productos disponibles en el mercado; en los otros sectores aún no ha presentado una madurez y aceptación como la mejor alternativa paradigmática que releve contundentemente a las dos primeras generaciones. Por esto podría inferirse que la segunda generación está en el punto máximo de maduración; sin embargo, rápidamente podrá iniciar su declive debido a sus desventajas en lo referente al impacto ambiental y la salud.

Faranda, Leva y Guzzetti (2010b) confrontan de forma clara las tres generaciones para sacar a la luz el paso y prospectiva de la tecnología LED, en específico, el LED de potencia, pues han elaborado una propuesta de análisis de costos para algunos casos de aplicación. Esta tecnología viene fuertemente respaldada por la comunidad científica, que lleva a cabo importantes actividades de desarrollo en el corto y mediano plazos. Para el sector residencial se menciona como una interesante solución a corto plazo (Faranda, et al., 2010b), ya que un lapso de dos años se prevé que esta tecnología se encuentre ampliamente difundida. Parece acelerarse tal solución gracias al aporte científico (véase análisis bibliométrico para el año 2011, Capítulo 3, en la página 127), donde prácticamente en este año el aporte científico se concentró en tecnologías LED de alto índice de rendimiento de color (*high CRI*) y estabilidad térmica, que desde el año 2008 se

fueron perfilando debido a mayores esfuerzos en la fotoluminiscencia y color ajustable, el impulso de la alta eficiencia y sobretodo, al entrar en juego la nanotecnología en la que se ha puesto mucho énfasis. Esto último ha producido tecnologías de iluminación basados en “puntos cuánticos” (*quantum dots*), que tendrán máxima aplicación la tercera macro categoría, que Faranda et al (2010) ubican como campos de aplicación favorables para los LEDs de potencia: “la realización de sistemas ópticos especializados, piezas únicas con alto rendimiento de iluminación y pequeño tamaño”.

A diferencia de las LFCs cuya balastro electrónica requiere como base un transformador elevador de tensión (acondicionamiento por reactancia inductiva), las lámparas LED no requieren de un complejo acondicionador de tensión, o al menos así lo indican los primeros dispositivos LED basados en balastros de carga capacitiva (acondicionamiento por reactancia capacitiva). Sin embargo, poco a poco, sobre todo con la llegada del *chip-LED* (o *LED-chip*), la balastro ha sufrido algunas variantes respecto a la frecuencia y estabilidad térmica, por lo cual se puede inferir que deberá ser un punto de cuidado el impacto de contaminación armónica sobre la red eléctrica residencial, pues si estos acondicionadores requeridos para una lámpara LED implican un factor de potencia más bajo que una LFC, producirán una afectación superior sobre las demás cargas electrónicas que se tengan en el hogar. En caso opuesto, si este aspecto viene mejorado con la tecnología LED se tendrá el efecto contrario, es decir, una red eléctrica más limpia debido al mejoramiento considerable del factor de potencia (FP)

Según la CFE, el FP “es un indicador sobre el correcto aprovechamiento de la energía, de forma general es la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo. El factor de potencia puede tomar valores entre 0 y 1” (donde valores que tiendan a 0 se consideran muy malos y del 0.90 al 1 se consideran excelentes). Por lo tanto un FP de 1 es el valor ideal, que indicaría que toda la energía consumida por los dispositivos ha sido transformada en trabajo. La CFE también profundiza al aseverar que “el bajo factor de potencia se origina por la carga inductiva, que algunos equipos requieren para su funcionamiento, es necesario compensar este consumo reactivo mediante bancos de

capacitores y/o filtros de armónicas (Carga lineal y no lineal)". Finalmente si la tendencia inicial de las primeras lámparas LED en usar balastras capacitivas se mantiene y mejora, esto acentuará adicionalmente al ahorro energético por bajo consumo a dos de los cinco beneficios que la CFE reporta sobre corregir el factor de potencia: "1) Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores y líneas 2) Reducción del costo de su facturación de energía eléctrica" (CFE, 2012b). Esto evidentemente tiene el potencial de arrastre de beneficios en cascada a otros sectores análogos al sector doméstico, como son microempresas y Pymes que realizan labores desde casa (*home-office*) e implementan controles de domótica para aumentar la gestión y el ahorro energético, ampliándose así los beneficios conjuntos para la infraestructura de la red eléctrica nacional, la economía familiar y empresarial, el bienestar social y la posibilidades de impulsar nuevos nichos de mercado mediante la implementación y control de los dispositivos iluminación LED. Por esto es necesario profundizar un poco sobre las relaciones con otros sectores como el terciario e industrial.

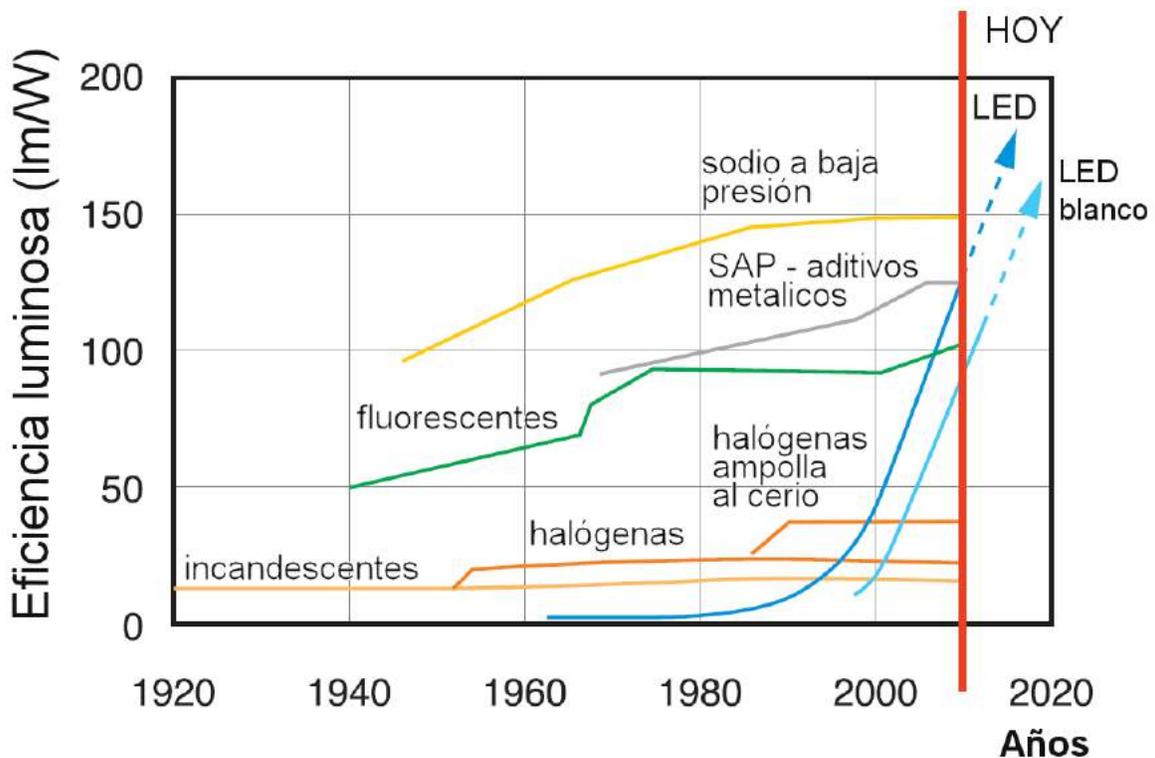


Figura 14 - Evolución de la eficiencia luminosa de las fuentes de iluminación.

Fuente: Adaptación de (Faranda, et al., 2010b)

Por otro lado, la virtuosa aplicación de los LEDs de potencia con su gran variedad de colores ya genera más eficientemente luz monocromática y concentrada (dirigida); es decir, que la llamada *contaminación lumínica*⁵ (como ejemplo, ver Figura 3) podría reducirse con la tecnología LED casi en su totalidad. Esto se podría ver en un futuro próximo, y aunque no es motivo de la presente investigación, es importante mencionarlo:

- Se puede inferir que un dispositivo para iluminación doméstica basado en LEDs que emita un haz de luz monocromática concentrada y que no esté provisto de un bulbo opaco (difusor) podría representar *un riesgo para la salud visual*, sobre todo al momento de la instalación: si se ve directamente a la lámpara se estaría expuesto a una emisión directa (aunque breve) con tal concentración de luz que podría ocasionar molestias por ofuscamiento momentáneo o daño mayor.
- También existe otra consideración, pues habiéndose derivado el LED de luz blanca de los LEDs UV y azules de Nakamura, aún no se conoce si estos serían capaces de dañar la piel o retina (rodoxina) humana por exposición constante (por ejemplo luego de utilizarse por 10 años en una residencia). Todo esto requiere mayor investigación y mejores pruebas.
- La vertiginosa velocidad de desarrollo de la tecnología LED llevada al sector iluminación aun no permite responder a estas inferencias; debemos esperar a que comiencen a publicarse los estudios de impacto en la salud humana (si los hay), por lo que se considera que el riesgo existe, aunque el presente estudio no tiene el propósito de profundizar en el tema se deja abierto a otras investigaciones.
- La innovación y el avance tecnológico están muy ligados a lo que ocurre en la sociedad, por lo que deben llevarse a cabo con una gran responsabilidad social dentro de las empresas. Por lo tanto, lo primero que viene a consideración es la necesidad de regular la fabricación de los nuevos productos de iluminación, entre

⁵ Llamada así por la porción de luz que se dispersa hacia el espacio, por lo que no es aprovechable a nivel local; es típico del alumbrado exterior o público [parafraseando a (Faranda, et al., 2010b)].

los cuales se encuentran los LEDs, de modo que estén contenidos dentro de difusores o bulbos que dispersen la concentración de luz. A nivel doméstico no es requerida una luz dirigida; por el contrario, en estancias, recámaras, salas, etc., es mejor una luz dispersa para disfrutar de una iluminación espacial a 360°; en luminotecnia sí es considerada la reflexión de la luz en paredes, techo y piso, donde el dispositivo de iluminación sea instalado.

Tabla 7 - Comparativo de casos de estudio de tecnologías de iluminación LED en 3 sectores

Sector	Residencial	Terciario	Industrial
Característica			
Esfuerzos I+D	Sustitución de lámparas incandescentes y LFC de primera generación	Iluminación de Espacios públicos Alumbrado de emergencia en Transporte	Productos para Alumbrado Industrial y Público
Tipología	Iluminación general De 180 a 360°	Iluminación secundaria, directa o indirecta	Iluminación directa, sin dispersión.
Importancia de la Contaminación lumínica	No	Medianamente	Si
Prestaciones de iluminación CRI/CCT, eficiencia lm/w, horas	Alta-alta-alta	Media-alta-alta	Media alta-alta-alta
Cercanía de exposición directa	3m de altura o menor	3m de altura o mayor	5 m o mayor
Tiempo de exposición lumínica	Alto (mayor cercanía)	Medio-bajo	Alto y/o Medio-alto
Complejidad del arreglo de LEDs	Bajo	Medio-Alto	Alto
Complejidad de Electrónica	Medio-bajo	Medio-alto	Alto
Factor de forma	Compacto, bulbo clásico	Flexible	Luminario sin pérdidas espaciales
Difusor	Opaco, forzoso	Opaco, opcional	Opaco, opcional
Necesidad de Control Dimmable	No (opcional: domótica)	Opcional	Si
Impacto ambiental % de Desechos *ver también Tabla 13	Media-alto 100% del dispositivo	Medio 50% (LEDs)	Medio 50% (LEDs)
Calidad de Energía THD	Afectación nacional, por el número de usuarios	Poca afectación	Afectación localizada, zonal o regional
Necesidad de Cultura tecnológica	Si, urgente	Medianamente	Si

Fuente: Elaboración propia, 2013

Mediante el estudio de casos es posible probar la tecnología de iluminación en los tres sectores (industrial, terciario, residencial), ver Tabla 7. Posteriormente se obtienen y revaloran las mejores características tecnológicas y económicas para el caso residencial.

Por lo tanto, para uso residencial, al aprovecharse la dispersión a 360° no tiene impacto la contaminación lumínica que pueda proveer el dispositivo; y en este caso sería deseable. En cambio, para el alumbrado público y de edificios esto reduce la eficiencia, por lo que en tales aplicaciones se considera indeseable la dispersión espacial de la luz.

2.6 Panorama tecno-económico de la sociedad Mexicana e iluminación doméstica.

Para implementar el Programa de Luz Sustentable en México, que se describe más adelante, se convocó a licitación por medio del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE/ organismo sin fines de lucro). El ofertante ganador también debería integrar el servicio integral que comprende el suministro de las lámparas fluorescentes compactas autobalastadas (LFCAs), la instalación de los puntos de canje, la entrega y sustitución de las LFCAs por focos incandescentes, así como el acopio y disposición final de éstos [punto 3: Development Business (WB5087-788/10, 2010), noviembre 2010].

2.6.1 Consideraciones económicas de las LFCs y el riesgo de pérdidas debido a la red eléctrica.

El costo por unidad de cada LFCA para la primera etapa del PLS fue de \$23.29 pesos (a precios corrientes 2011), lo que justificaría invertir en investigación y/o desarrollo de nuevas tecnologías de iluminación para una nueva etapa del PLS o similar, puesto que la vida útil media de una LFCA, como han mostrado los estudios de "Caracterización de las bombillas para uso interior comercializadas en Colombia" presentados por el LABE (Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales) del mismo país (UNC, 2008). Con un uso medio de 6 horas diarias, al cabo de 4 años estas LFCAs deberán ser sustituidas por unas nuevas, siempre que la desviación en la calidad de las mismas y una combinación de mal servicio de suministro eléctrico por parte de CFE no sean agentes que repercutan en la

disminución de su vida útil (ver pag. 94). Otro aspecto importante es la cantidad de usuarios domésticos, que sería la mayoría de clientes de la red eléctrica mexicana.

La CFE, paraestatal federal que atiende todo el territorio mexicano, es la encargada de la red eléctrica nacional, desde la Generación hasta la Distribución y Comercialización a nivel doméstico, pasando por la Transmisión y Distribución intermedia de la energía eléctrica en todo el país; es también el organismo encargado de los servicios de conexión y facturación bimestral del consumo de energía. Proporciona servicio de energía eléctrica a 36.5 millones de clientes, los cuales han tenido una tasa de crecimiento medio anual de casi 5.8%⁶ durante los últimos diez años. El total de usuarios domésticos en el territorio nacional a diciembre de 2012 representaba el 88.43% de todos los clientes, mientras que el sector Comercial representaba el 9.95%. (CFE, 2013).

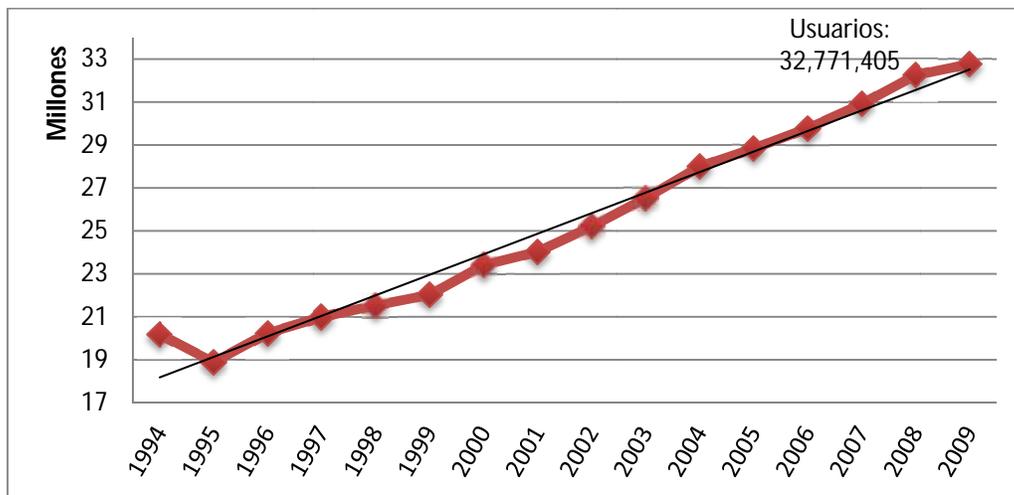


Figura 15 - Usuarios de energía eléctrica, México, total nacional 1994 a 2009

Fuente: (INEGI, 2011) (Consulta por "Área geográfica", Entidad: Total nacional).

Esto representa un gran mercado, aun considerando simplemente el sector doméstico nacional, pues significa que casi el 90% de usuarios del servicio eléctrico

⁶ A diciembre de 2011, la CFE reportaba 36.3 millones de clientes, los cuales han tenido una tasa de crecimiento medio anual de casi 4.5% (CFE, 2012a)

reciben al menos una conexión monofásica de 120VCA, régimen de trabajo de los dispositivos de iluminación residencial, sea incandescente, LFCs, a base de LEDs, etc.

Este gran mercado, asimismo, representa un riesgo de bajo impacto, pero en constante crecimiento, es decir, que si es significativo para la saturación de la red eléctrica en cuanto sus capacidades desde generación hasta la distribución; por lo tanto, las medidas que ha comenzado a tomar el gobierno federal respecto al PLS en el ámbito institucional y normativo son una pequeña válvula de alivio para la infraestructura eléctrica. Sin embargo, aún no se conoce el impacto económico y tecnológico a largo plazo respecto a la salida teórica de 47 millones de cargas resistivas (lámparas incandescentes, que son cargas lineales) y la entrada en su lugar de cargas no lineales (las LFCA), las cuales pueden crear contaminación de la red al requerir de electrónica inductiva para producir iluminación; esto en un zona geográfica pequeña puede resultar poco significativo, sin embargo, programas como el PLS impactan de forma nacional.

De esta forma, retomando el PLS, según la Secretaría de Energía (SENER): *“El objetivo del programa es sustituir alrededor de 47 millones de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas.”* (SENER, 2010a).

Los argumentos arrojados en los estudios del LABE para la tecnología de las LFCs traen a discusión su madurez y agotamiento tecnológico; así mismo, que el impacto ambiental podría ser mayormente negativo en comparación con la tecnología saliente y la de frontera. Mientras esto sucede, es digno considerar el trayecto de desecho que tendrán las LFCs del PLS, pues si no se logra una adecuada difusión y cultura respecto a los verdaderos riesgos a la salud (bajos o altos) y una buena gestión para la disposición final de los residuos, se refuerza la prospectiva del LABE al inferir que sería positivo “localizar la mejor tecnología en LEDs para que entre en relevo” (UNC, 2008). Como dato interesante, Chile ha iniciado en el segundo semestre del 2013 su Programa de Luz Sustentable pero incorporando lámparas de tecnología LED desde un principio.

2.6.1.1 Comparativo económico breve entre LFCs vs. LEDs en México (2012).

El precio de las primeras lámparas LED para uso doméstico, con sistema autobalastado, no está lejos de aquellos en los primeros años en que las LFCs aparecieron para los mercados residenciales. Un bosquejo entre la oferta y la demanda de los tres tipos de lámparas a inicios de 2011 era que “algunos datos duros indican que un LED dura 20 veces más que un foco incandescente; por otro lado está por verse qué pesa más para el consumidor: todas las cualidades del LED o hasta los 40 dólares que costaría la más reciente evolución del foco” (PROFECO, 2010).

Se buscó analizar estudios similares a los del LABE, para monitorear el panorama del desempeño tecnológico en las tecnologías de iluminación y su costo.

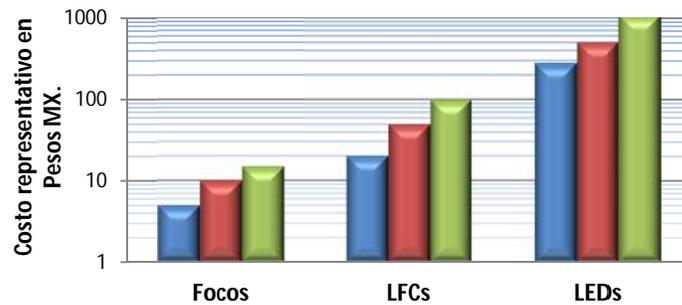


Figura 16 - Variedad de costos típicos al consumidor en México.

Fuente: Elaboración propia (con base al tipo de producto en cada rubro), 2011

Los costos de la energía también han cambiado en los últimos dos años, siguiendo las tendencias mostradas en la Figura 17.

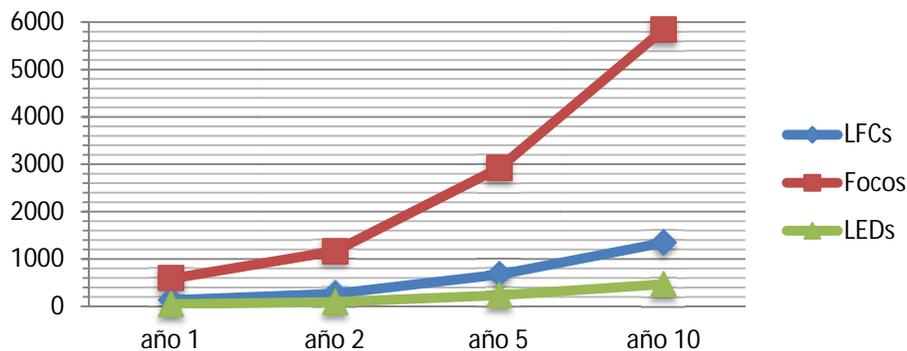


Figura 17 - Costos de Energía kW/hora (Pesos MX a nov. 2011) por uso hasta 10 años.

Fuente: Elaboración propia, con base a un uso diario cercano a 14hrs, para un total de 50,000 hrs. de operación de cada tecnología, sin considerar reemplazamientos.

Los datos de frontera para vida útil de 50,000 horas fueron basados en la Tabla 8 de “*SSL Performance Compared to Conventional Lighting Technologies in 2010*” (UDE, 2011, p. 37).

Tabla 8 - Rendimiento de las tecnologías de iluminación de estado sólido (SSL) en comparación con las tecnologías de iluminación convencionales en 2010.

Product Type	Luminous Efficacy	Luminous Output	Wattage	CCT	CRI	Lifetime
LED White Package (Cool)	144 lm/W	144 lm	1.0 W	2600-3700K	70	50k hours
LED White Package (Warm)	111 lm/W	111 lm	1.0 W	5000-8300K	80	50k hours
LED A19 Lamp (Warm White) ¹	93 lm/W	910 lm	9.3 W	2727K	93	25k hours
LED PAR38 Lamp (Warm White) ²	74 lm/W	1,000 lm	13.5 W	3000K	92	25k hours
LED 2’x4’ Troffer (Warm White) ³	110 lm/W	4000 lm	36 W	3500K	90	75k hours
OLED Panel ⁴	60 lm/W	76 lm	1.3 W	3500K	80	15k hours
HID (High Watt) Lamp and Ballast	123 lm/W 115 lm/W	38700 lm	315W 337W	3100K	90	30k hours
Linear Fluorescent Lamp and Ballast	118 lm/W 108 lm/W	3050 lm 6100 lm	26W 56W	4100K	85	25k hours
HID (Low Watt) Lamp and Ballast	110 lm/W 103 lm/W	7700 lm	70W 75W	3000K	89	16k hours
CFL	63 lm/W	950 lm	15W	2700K	82	12k hours
Halogen	22 lm/W	1100 lm	50 W	3000K	100	5k hours
Incandescent	15 lm/W	890 lm	60W	2760K	100	1k hours

Fuente: (UDE, 2011, p. 37), sobre información en catálogos de productos y lámparas LED basadas en los productos registrados de Lighting Facts: GE 2010, Cree 2010, Philips Lighting 2010, OSRAM Sylvania 2010

Por lo tanto, sería viable un indicador econométrico actualizado respecto a los costos arriba expuestos y las externalidades para mostrar un panorama que involucre las variables de Costo de la Tecnología, Costo Energético y Costos por reemplazamientos prematuros causados por fallas en el sistema eléctrico. Se destaca que ya existe un primer modelo econométrico que satisface parcialmente la presente investigación, cuya tipificación predictiva apunta hacia factores de consumo, ahorro y externalidades, por lo tanto, una primera propuesta puede partir de lo presentado para el *sector residencial* dentro del *Informe de Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025* (SENER, 2010c), particularmente en su Capítulo 4 y Anexo 2 “Modelos econométricos sectoriales para la proyección del mercado eléctrico A.1 residencial”.

2.6.1.2 Fallas en el suministro Eléctrico en México como riesgo de pérdida en el PLS.

En este apartado se analiza brevemente los datos estadísticos disponibles por la CFE en cuanto la calidad de la red de suministro eléctrico que afectan negativamente al sector doméstico en cuanto al desempeño de los dispositivos de iluminación conectados en la red; para apartado específico ya no se encuentran datos directos publicados por la CFE, ya que de la Tabla 9, los apartados específicos para 'Calidad en el servicio' y 'Calidad del suministro de energía eléctrica' en su página web se encuentran sin datos para todos los años reportados (2004 a 2013), por lo tanto, se utilizarán otros rubros para obtener una aproximación hacia la afectación de los dispositivos de iluminación doméstica en México, manejando entonces los datos publicados como "Número de Interrupciones por Usuario (con y sin eventos ajenos al Organismo)" (SENER, 2013), con la salvedad de que tales datos no incluyen a la zona centro debido la transición de operación desde la extinción de 'Luz y Fuerza del Centro' (LyFC), compañía que operaba antes de que CFE tomara el control de la red en dicha zona (AMVM).

Tabla 9 - Indicadores operativos, sin Zona Centro

Indicador	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013*
Calidad en el servicio										
Plazo de conexión a nuevos usuarios (días)	1.1	1.05	1.33	1.02	0.96	1.76	0.97	0.83	0.79	0.97
Cumplimiento de los compromisos de servicio (%)	96.11	95.59	92.01	94.35	94.89	96.18	97.18	98.43	98.46	97.14
Inconformidades por mil usuarios-mes	3.75	3.93	4.98	5.44	5.15	4.54	4.4	4.34	3.9	3.70 ¹
Calidad del suministro de energía eléctrica										
Tiempo de interrupción por usuario (min.) sin afectación	89	77	79	84	79	71	60	50.06	45.9	29.71

Continúa...

Población con acceso al servicio de energía eléctrica (%) anual	96	96.01	96.09	96.56	96.72	96.85	97.68	97.89	98.11^{1/2}	
Operación y productividad										
Generación Bruta (TWh)	159.53	170.1	162.5	157.5	157.2	154.1	163.1	170.4	175.8	131.63
Generación Bruta (TWh) de Productores Independientes de energía (No incluye cogeneradores ni autoabastecedores)	45.86	45.56	59.43	70.98	74.23	76.5	78.44	84.26	81.73	63.53
Usuarios por trabajador de operación	349.33	359.2	371.5	381.1	392.3	401.5	417.9	415.7	419.3	427.52
Oportunidad de la cobranza (%)	96.6	102.3	101.4	99.7	99.53	99.82	99.2	99.57	100.2	99.12
Certificación de centros de trabajo en ISO 9001	480	456	472	471	466	467	447	452	477	476

^{1/} Incluyen tanto las inconformidades procedentes como las improcedentes

^{2/} Dato definitivo

* Al mes de septiembre de 2013.

Fuente: (CFE, 2013b)

De la tabla anterior, se aprecia que el tiempo de interrupción por usuario (minutos) sin afectación, ha tenido una tendencia considerablemente decreciente del 48% entre 2004 al 2012, de lo cual se infiere una mejora continua en este rubro, esto puede deberse a dos factores o una combinación de ambos: se ha reducido el número de interrupciones y/o se ha reducido el tiempo de atención y reparación de fallas que provocan las interrupciones (factores externos). Por lo tanto, si estos esfuerzos se han mantenido también desde la entrada de operación de la CFE en la zona centro podría reflejarse en una diferencia *ex-ante* y *ex post* con respecto a LyFC, beneficiando también al desempeño de los dispositivos de iluminación conectados en ésta región, sin embargo al no existir tampoco datos directos al respecto se harán inferencias respecto al desempeño general de la CFE dentro del resto de la red nacional de suministro.

Se presentan a continuación los datos publicados por la SENER (2013) respecto al desempeño tanto de LyFC como de CFE para el 'Número de interrupciones por usuario '.

Tabla 10 - Luz y Fuerza del Centro. Número de interrupciones por usuario (Año Móvil al Cierre de Cada Periodo)

Número de Interrupciones por Usuario		
(Eventos / Año)		
Años	Con	Sin
	Afectaciones	Afectaciones
2000		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005	4.1	4.0
2006	4.2	4.1
2007	4.2	4.0
2008		
Enero	4.6	4.2
Febrero	4.6	4.2
Marzo	4.8	4.4
Abril	5.8	5.3
Mayo	6.0	5.4
Junio	6.0	5.5
Julio	6.0	5.4
Agosto	6.2	5.5
Septiembre	6.2	5.5
Octubre	6.1	5.4
Noviembre	6.1	5.5
Diciembre	6.0	5.3
2009		
Enero	5.6	5.1
Febrero	5.6	5.0
Marzo	5.5	4.9
Abril	4.6	4.0
Mayo	4.5	3.9
Junio	4.6	3.9
Julio	4.7	3.9
Agosto	4.5	3.7
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Continúa...

Variación Respecto al Año Anterior (%)		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005		
2006	4.5	2.1
2007	(1.5)	(2.4)
2008	42.7	33.8
2009		
Enero	22.4	21.1
Febrero	20.5	19.0
Marzo	14.8	11.4
Abril	(20.4)	(25.8)
Mayo	(24.1)	(28.1)
Junio	(23.5)	(28.5)
Julio	(22.9)	(27.7)
Agosto	(27.4)	(32.2)
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Fuente: SENER (datos de Luz y Fuerza del Centro)

Del desempeño de LyFC es notable una variación considerable a través de sus últimos años de operación en la zona centro (ciudad de México y AMVM), denotando inestabilidad para buscar controlar o reducir ésta variable sobre todo del año 2005 a 2008. Del promedio de 4 interrupciones con afectaciones durante los años 2005 a 2007, se notó un ligero incremento entre 2008 y 2009, llegando a superar las 6 interrupciones, para finalmente quedar en 4.5 a inicios del tercer trimestre de 2009, por su parte el número de interrupciones sin afectaciones tuvo un comportamiento similar en tendencia, terminando en un dato duro de 4 interrupciones promedio mensual por usuario al 2009.

En contraste, para el caso de la CFE, en la Tabla 11 se puede apreciar que el número de interrupciones por usuario tanto con afectaciones como sin afectaciones (para la red eléctrica nacional sin incluir la zona centro), ha tenido una tendencia siempre a la baja, ya que desde el año 2000 donde se tenían como dato duro un promedio mensual de 4 interrupciones con y sin afectaciones, a lo que va del año 2013 (septiembre), se tienen un promedio de casi 1 interrupción mensual por usuario, denotando una mejora continua para reducir ésta variable.

Tabla 11 - CFE, Número de interrupciones por usuario (Año Móvil al Cierre de Cada Periodo)

Años	Número de Interrupciones por Usuario (Eventos / Año)	
	Con Afectaciones	Sin Afectaciones
2000	3.8	3.7
2001	3.7	3.6
2002	3.5	3.4
2003	3.3	3.2
2004	2.6	2.5
2005	2.3	2.1
2006	2.4	2.3
2007	2.5	2.3
2008	2.3	2.1
2009	1.9	1.8
2010	1.9	1.6
2011	1.7	1.4
2012		
Enero	1.7	1.4
Febrero	1.6	1.3
Marzo	1.6	1.2
Abril	1.5	1.2
Mayo	1.5	1.3
Junio	1.4	1.3
Julio	1.5	1.3
Agosto	1.5	1.3
Septiembre	1.4	1.3
Octubre	1.4	1.3
Noviembre	1.4	1.3
Diciembre	1.4	1.3
2013		
Enero	1.3	1.2
Febrero	1.3	1.2
Marzo	1.3	1.2
Abril	1.3	1.2
Mayo	1.3	1.2
Junio	1.3	1.2
Julio	1.3	1.2
Agosto	1.2	1.1
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Continúa...

Variación Respecto al Año Anterior (%)		
2001	(2.0)	(3.2)
2002	(4.2)	(6.9)
2003	(6.9)	(5.5)
2004	(21.3)	(20.0)
2005	(11.4)	(15.3)
2006	3.4	6.3
2007	4.5	(0.1)
2008	(7.3)	(6.4)
2009	(16.6)	(15.3)
2010	(3.2)	(11.7)
2011	(5.9)	(10.8)
2012	(21.6)	(11.3)
2013		
Enero	(22.1)	(11.9)
Febrero	(15.6)	(2.2)
Marzo	(16.2)	(3.0)
Abril	(12.4)	1.2
Mayo	(9.3)	(5.8)
Junio	(9.6)	(6.1)
Julio	(13.2)	(13.3)
Agosto	(14.8)	(13.7)
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Nota: No incluye área central

Fuente: SENER (datos de Comisión Federal de Electricidad)

Por lo tanto, se considera como característica típica de una interrupción en el servicio de suministro eléctrico como promedio mensual, esto lleva a desglosar ahora un nuevo análisis extrapolado para el ámbito doméstico y la afectación que tendría sobre el desempeño de los dispositivos de iluminación.

Suponiendo el caso probable de que un consumidor reemplazó sus lámparas incandescentes por las del tipo LFCs del PLS, si el servicio eléctrico sufre un corte de energía con o sin afectaciones, estos disturbios afectan directamente sobre la vida-útil de las LFCs, reduciendo el número de horas dependiendo del número de interrupciones anuales a las que se les puede asignar una estimación en base a las siguientes inferencias:

- Por características eléctricas, cada evento de corte del servicio eléctrico (interrupción) provoca un aumento del valor de la corriente eléctrica al momento en que se restablece el servicio, esto es debido por características intrínsecas del

comportamiento de los circuitos eléctricos, donde dependiendo del tipo de carga se puede tener varias veces el valor de la corriente nominal al momento del arranque o restablecimiento (por ejemplo, para motores eléctricos, éstos toman de 7 a 14 veces el valor corriente al momento del arranque), lo cual provoca un desgaste considerable en la vida útil de los dispositivos mientras más veces se presenten éste tipo de interrupciones.

- Por tanto, se puede construir un indicador aproximando considerando el consumo en KWh y el valor de corriente nominal durante toda la vida útil de los dispositivos de iluminación para intuir cómo las interrupciones tienen impacto para reducir dicha vida útil en base al aumento de la corriente en cada evento.
- Existe una característica adicional que se debe considerar para éste análisis, ya que el restablecimiento del servicio eléctrico puede llevarse a cabo mediante equipos automáticos (restauradores), los cuales, en caso de detectar un problema de sobrecarga para la zona donde opera no se logrará el restablecimiento del servicio, procederá a desconectar automáticamente y esperará un lapso de tiempo para volver a intentar restablecer el servicio (a ésta función de los equipos restauradores se le llama re-cierre), hasta dos o tres veces más. Por tanto, si el caso de la falla requirió de un corte y 3 re-cierres, terminarán siendo tres fluctuaciones repentinas de restablecimiento del suministro, es decir, tres veces donde el dispositivo de iluminación pudo recibir un valor de corriente muy elevado, con el riesgo de provocar el fundido de los dispositivos y otros equipos conectados en ese momento. Es importante aclarar que ésta función, es típica en las interrupciones con afectaciones ya que después de los intentos automáticos si no se logra éxito en el restablecimiento, la CFE inicia trabajos en campo para aislar o reparar la falla que lo está impidiendo, por lo que podría considerarse que una interrupción con afectaciones en realidad, conlleva de dos a tres eventos de sobre-corriente para el dispositivo en un periodo de tiempo muy corto y uno final después de que se llevó a cabo la intervención en campo.

- Para el caso de lámparas domésticas, se considerará como su vida útil equivalente en los KW/h totales bajo condiciones ideales (sin interrupciones), así por ejemplo, considerando que una LFC del PLS tiene las siguientes características:

- Marca y modelo: Philips Mexicana, S.A. de C.V./ Twister 23W Luz Clara / Neutra
- Características eléctricas: 23W 120V~ 60Hz I=350mA
- $t_a = -10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C} / t_c = 50^{\circ}\text{C} / K 1G$
- No utilizar con atenuadores de luz (dimmers)
- Potencia: 23W equivalente a 100w incandescentes
- Color: neutral white

Con una vida útil especificada por el fabricante de 10,000 horas, un uso diario de 8 horas durante un año conectada a la red nacional de baja tensión a 127VCA y con una sobre-corriente de 10 veces el valor nominal en cada evento de interrupción-restablecimiento, una LFC del PLS se verá afectada como sigue.

Tabla 12 – Vida útil neta de las LFCs del PLS debido a fallas en la red eléctrica mexicana

	Lámpara PLS con CFE hoy	Lámpara PLS con LyFC (Cómo hubiese sido antes)
Potencia nominal de la lámpara		23 W
Corriente nominal de la lámpara		0.350 A
Corriente de falla		3.5 A
Horas de operación diaria		8 hrs
F.P. de la lámpara (W/S)		$[23/(127*0.35)]=0.548$
Kwh diarios nominal		$[(23/1000)*8]=0.184 \text{ KWh}$
Kwh anual nominal		67.16 KWh-a
Watts por falla		$[127*35*0.548]=243.42$
Merma en Kwh por falla		0.243 KWh
Interrupciones sin afectaciones /mes	1	5
Interrupciones con afectaciones /mes	1	4
Re-cierres por int. con afectaciones	$[3*1]=3$	$[3*4]=12$
Total de eventos de interrupciones netos/ anual	$[1+3]*12= 48$	$[5+12]*12= 204$
Merma en Kwh anual	11.7	49.6
% reducción de vida útil anual	17 %	74 %
Vida útil nominal		$[10000/8]/365 = 3.4 \text{ años (41 meses)}$
Vida útil neta	2.84 años (34 meses)	0.75 años = 9 meses

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 12 se encuentra que debido las características de fallas promedio mensual por usuario dentro de la red eléctrica nacional (sin considerar la zona centro), la CFE ha ido reduciendo ese número de fallas de forma continua, lo que le otorga un mayor

intervalo de confianza para garantizar que la vida útil de las LFCs del PLS se mantenga significativamente cercana al su valor nominal. Esto, aunado a que hoy en día también opera la CFE en la zona centro, se infiere entonces que también afectara de forma positiva a la vida útil de las LFCs conectadas en la ciudad de México y AMVM si es que el organismo mantiene el control de la red eléctrica con tendencias igualmente a la baja en cuanto al número de interrupciones promedio mensual, sin embargo, aún habría que esperar a los reportes estadísticos actualizados.

A pesar de ello, éste análisis se considera suficiente para inferir que así como la vida útil de las LFCs del PLS se verán afectadas en niveles poco significativos (17%), los dispositivos de iluminación doméstica a base de LED podrán gozar de una conexión a la red eléctrica nacional con una cantidad reducida de fallas en el suministro, por lo que México en el corto y mediano plazo se encontrará listo para garantizar el uso de tecnologías de iluminación doméstica a base de LEDs con muy bajo riesgo de sufrir pérdidas por reemplazamientos prematuros, potencializando y confirmando la viabilidad del beneficio conjunto en cuanto a la justificación de la inversión en tecnologías más costosas de inicio como las tipo LED pero que al contar con vida útil de 5 a 10 veces mayor que con las LFC y hasta 3 veces menor gasto energético, la reducción de la facturación y posibilidad de acceder a mejores tarifas sería significativa para que el retorno de la inversión se realice en un periodo atractivamente corto.

2.6.3 Características de Calidad de la Energía de los nuevos dispositivos LFC y LED y su papel en la red eléctrica en México.

Siguiendo como ejemplo la Tabla 12, se considera que las fallas en el suministro eléctrico son una de las principales externalidad negativas para la economía familiar respecto a los dispositivos de iluminación, pues estas fallas conducen al prematuro reemplazamiento de los dispositivos de iluminación (columna de LyFC), lo que constituye un egreso reiterativo para el usuario, que a mediano plazo no percibiría un ahorro global desde el punto de vista económico, sino simplemente un ahorro energético, lo que crea un desajuste en el beneficio social. Esto ocurriría en dirección externa hacia el dispositivo

mismo, es decir, de las condiciones inestables propias del sistema de suministro eléctrico hacia una lámpara doméstica.

En lo que respecta a la visión contraria, es decir, de las afectaciones que podrían inyectar los dispositivos de iluminación por la forma en que consumen energía vistas como contaminación armónica hacia la red eléctrica donde se conecten (calidad de la energía), Sonia Leva y Alberto Dolara, investigadores del Politécnico de Milán (Italia), en diciembre de 2012 experimentaron con dispositivos de última generación, tanto del tipo LFC como Lámparas LED tipo spot de diferentes fabricantes, con balastras interconstruidas sin capacidad de ser *dimmables*; y contrastaron los resultados con una muestra de cuatro lámparas tipo LFC, donde dos de ellas son de una generación temprana y las otras dos son de última generación, encontrando datos duros y pertinentes para la presente investigación y que se discuten a continuación.

De la prueba con cuatro tipos de lámparas LED utilizadas, se encontraron diferencias poco significativas en el desempeño respecto a la calidad de la energía, sobre todo en las variables pertinentes para el presente estudio, donde la distorsión armónica total en corriente (THDi) va del 10 al 18% y la de tensión (THDv) se mantuvo en 1.7% mientras que el factor de potencia se mantiene entre un 0.922 y 0.985. En contraste, los dispositivos del tipo LFC de última generación, la THDi osciló en un considerable 24%, la THDv en 1.6% y el Factor de potencia fue de 0.96

En conclusión, (Dolara & Leva, 2012) afirman que todos los dispositivos, tanto tipo LED como LFC generan armónicos debido al uso de balastros electrónicos necesarios para su funcionamiento. Y sobre la nueva generación de balastras, se utilizan filtros con circuitos de control de interrupción, tales como rectificadores activos, esto para reducir la inyección de armónicos en el sistema de potencia. Por otro lado, para el FP, éste puede alcanzar el valor unitario y la THDi es muy pequeña, cercana al 10%. Finalmente, los resultados obtenidos y reportados muestran un mejoramiento del comportamiento de la calidad de energía en la nueva generación de LFC en comparación con las nuevas de LED.

Esto da un punto a favor de las LFC de última generación en cuanto a desempeño tecnológico general por lo que queda realizar un comparativo a fondo sobre el aspecto del impacto ambiental entre estas dos tecnologías (LED y LFC), así como incluyendo a sus predecesoras incandescentes como referencia de contraste más claro, el comparativo se condensa en la Tabla 13.

2.6.4 Comparativo breve sobre el impacto ambiental vs. PLS

Tabla 13 - Comparativo breve sobre el impacto Ambiental vs. PL

Características	Incandescente	Fluorescente Compacta	LED ww & de frontera
Potencia comercial	100W	23W	12W
PLS x 4 lámparas	X 4 = 400w	x4 = 92	4 = 48w
Potencia disipada/14 horas	5.6 kW/h	1.288 kW/h	0.672 kW/h
EU average marginal CO2 factor (0.75 CO2t/MWh) ⁷ , por tanto en kilogramos = 0.75 CO2k/kWh	0.0042 CO2t =4.2 CO2k	0.000966 CO2t =0.966 CO2k	0.000504 CO2t =0.504 CO2k
	4.2 kilogramos de CO2 diarios	≈ 1kg CO2 diarios	≈ ½ kg CO2 diarios
*(ETC 29x10 ⁹ J)			
Componentes potencialmente reciclables	- Aluminio rosca e27, - Vidrio del bulbo, - Tungsteno - Otros metales	- Aluminio rosca e27 - Gas mercurio - Plástico de base	- Aluminio rosca e27 - Aluminio disipador - Difusor, dispensor de luz - Electrónica base (Xc) - Plásticos varios
Componentes no reciclables		-Vidrio contaminado con mercurio -Electrónica carbonizada -Plástico carbonizado (cercano a los tubos)	-Electrónica agotada (LEDs) o carbonizada (base)
Total:	~100%	<50%	>50%

Fuente: Elaboración propia

⁷ (EC, 2012)

De la tabla del comparativo de impacto ambiental, tabla 13, se encuentran interesantes convergencias entre las tecnologías catalogadas como ineficientes, es decir, las incandescentes con respecto a las consideradas de frontera, es decir, las de tipo LED; convergencias en aspectos de componentes potencialmente reciclables, mientras que en el aspecto de equivalencia de generación de CO₂ son claramente opuestas. Las tecnologías de LFC, aun con su baja emisión equivalente de CO₂ resultan poco atractivas debido a los componentes no reciclables, los cuales resultan de mayor impacto negativo para el ambiente, como es el vidrio contaminado con vapores de mercurio.

Esto lleva a la necesidad de profundizar el caso del impacto ambiental del programa público Luz Sustentable en México ya que las tecnologías otorgadas fueron precisamente del tipo LFC.

2.6.4.1 El Programa de Luz Sustentable

En México el 26.3% de la electricidad generada se consume en las viviendas, que constituyen aproximadamente el 83% de las edificaciones del país. El 73.7% restante de la energía eléctrica se divide entre el uso industrial (58%, tanto en edificios como en procesos de producción), comercio (5.7%), agricultura (6.45) y servicios públicos (3.6%), según datos de la CFE (2011). Como un gran porcentaje del consumo se destina al servicio doméstico, esto trae como consecuencia un notable crecimiento de la demanda de energía, pues es precisamente el nivel doméstico el que mayor índice de crecimiento registra en los países en desarrollo, tanto debido al aumento de la población como a la mejora de los niveles de vida.

El uso más extendido de la energía eléctrica en las viviendas del país es en la iluminación, con porcentajes que van desde un 60% en los hogares con pocos electrodomésticos hasta un 7% en los hogares de mayores ingresos. El Programa de Luz Sustentable, puesto en práctica en todo el país por el Gobierno Federal desde el inicio de 2011, tiene como finalidad primera la gradual suspensión de la venta al público de lámparas incandescentes, y a la fecha ha contribuido al reemplazo de unos 40 millones de estos focos por lámparas ahorradoras fluorescentes compactas (LFC), pero su impacto

quizá más perdurable es la creación de una conciencia en el consumidor acerca de lo conveniente que resulta adoptar las nuevas tecnologías que reducen los consumos energéticos y contribuyen al cuidado del ambiente. Este programa tiene, sin embargo, algunos riesgos y limitaciones superables: si *Greenpeace Internacional* hubiese estudiado antes el real impacto a gran escala que tiene el uso de las LFCs en los hogares y sus riesgos para la salud (aunque se presumen muy bajos), quizá hubiese dudado en presionar tanto a los representantes políticos por substituir las lámparas incandescentes por las “ahorradoras”, puesto que estudios recientes indican que cuando los bulbos de vidrio de éstas se rompen y liberan el gas de mercurio contenido, la peor decisión que alguien puede tomar es limpiar de inmediato la zona donde se rompió la lámpara, (Stahle et al., 2008).

Los dispositivos adquiridos comúnmente en los supermercados de México no contienen instrucciones suficientes relativas a su correcta disposición final (desecho), a diferencia de las detalladas recomendaciones en las páginas electrónicas de los gobiernos de EUA y Canadá, donde expresan que “la prioridad es no limpiar el área donde ocurrió el rompimiento del bulbo de una LFC, sino que en su lugar debe abandonarse el recinto y ventilarse durante los primeros 15-20 minutos; posteriormente, la limpieza deberá hacerse con sumo cuidado mediante el uso de guantes, y depositar los vidrios, material electrónico de la(s) LFC(s) y los mismos guantes utilizados durante la limpieza *dentro de una botella de vidrio con tapa metálica*” (Health Canada, 2011). Por el contrario, en varios productos de este tipo, incluido el paquete de 4 LFC’s del PLS (2011), se asegura que se puede desechar todo dentro de una bolsa plástica gruesa, lo cual deja expuesto el vidrio de los tubos (que contienen hasta 5mg de vapor de mercurio), con alto riesgo de romperse en su traslado (o en los camiones recolectores de basura o en los vertederos si es que no se difunde que deben usarse los mecanismos de acopio). También, si el personal de los centros de acopio no está consciente y capacitado para la recepción y manejo de estas bolsas plásticas, se tendrá un serio problema ambiental y de salud.

Este es un claro ejemplo de que a veces en el país se implantan medidas que funcionan bien en otros países pero sin tener el panorama completo de lo que está detrás;

en este caso el gobierno mexicano en su Programa de Luz Sustentable no utilizó los estudios previos de EUA y Canadá (incluida la información pública) para producir una política pública orientada a concientizar a la población respecto al uso, riegos y disposición final de la tecnología involucrada en las LFCs, es decir, fomentar la cultura tecnológica.

2.6.4.2 PLS - Factores de impacto ambiental y social (salud) en un mundo globalizado

Partimos del concepto de *globalización* definida básicamente como la “*tendencia de los mercados y de las empresas a desarrollarse a escala mundial fuera de sus fronteras*” (RAE, 2001; citado en Lozano Aguilar, 2011). Por la globalización, la ética empresarial tiene que ser asumida desde un punto de vista mundial. A causa de la globalización las empresas han tenido que tomar un mayor número de responsabilidades ya que deben dar respuestas a las expectativas; estas son: la creación de empleo, incremento del bienestar social y económico, expansión de los derechos humanos por medio del ejemplo de la empresa misma, y cuidado y protección al medio ambiente, entre otras. Cada vez crece más el número de responsabilidades de la empresa y es importante que ésta considere que al no cumplir sus obligaciones puede caer en una situación de mala imagen o reputación, lo que puede manchar su imagen corporativa y todo lo que esto significa.

En términos de tecnología se ha dicho que la globalización es un “hecho tecnológico”, y esto se sustenta con la idea de que debido a los cambios tecnológicos se han revolucionado varios aspectos de la vida que influyen directamente en áreas como la transferencia tecnológica, la salud, la cultura, etc.

La globalización ha favorecido al desarrollo tecnológico; sin embargo, no se ha tenido la misma suerte con el desarrollo económico. La economía ha experimentado recurrentes crisis, lo cual puede deberse a una falla fundamental en la concepción y funcionamiento actual del modelo capitalista, que por no ser estático, su propia dinámica lo ha llevado a situaciones muy distintas de lo que prevalecía hace medio siglo: un resultado de la globalización es que en la actualidad el poder de los gobiernos ha sido sobrepasado por el de las grandes corporaciones. Es indicativo el hecho de que de las 100 más grandes economías del mundo, 51 son grandes transnacionales. Este sistema también

evoluciona vertiginosamente, lo cual debe ser un factor de riesgo a considerar constantemente. Por ejemplo, en el campo de la salud ya existen tratamientos para la cura de enfermedades para las que antes no se tenían, sin embargo, en algunos casos siguen siendo incurables pero no por limitaciones de los avances de la medicina sino por razones económicas.

Otro de los aspectos en los que la globalización influye es en el desarrollo de la ciencia o la I+D. En la actualidad los científicos, al menos en los países en desarrollo, se preocupan más por el reconocimiento que se les significan las publicaciones, que se traducen con frecuencia mayoritariamente en recompensas económicas que en aportar soluciones prácticas a los grandes problemas nacionales. Así, debido a la característica del conocimiento mismo (un bien no-exclusivo y no-rival), son los países más adelantados los que cuentan con mejores capacidades para la explotación de las investigaciones que se generan por los países que están en vías de desarrollo una vez publicadas.

Un punto muy importante en términos de globalización es la contribución a la Transferencia de tecnología, ya que ésta se da con mayor facilidad cuando existe una política de estado que la incentiva. Los mejores ejemplos de este tipo de transferencia se encuentran en países asiáticos como China, que han aprendido a hacer las cosas que anteriormente era muy complicado que hicieran. Uno de los megaproyectos científicos de China es el desarrollo de la tecnología para equipos de fabricación de placas de circuitos integrados de alta capacidad. Este año se logró avanzar en la tecnología para la producción de *chips* de 65 nanómetros, a través de un equipo cuya magnitud de movimiento se calcula en nanómetros, es decir una millonésima de milímetro. Innumerables sensores controlan cada movimiento de forma precisa. Los *chips* sirven para la fabricación de casi todos los productos electrónicos de uso cotidiano. (CNTV, 2010) Con este tipo de avances globales, se va transformando poco a poco el orden económico de los países.

En otro rubro, respecto a la capacidad de observar, manipular y controlar las propiedades de la materia, las nuevas tecnologías han logrado hacer esto a escala

nanométrica (10^{-9} metros), es decir, es como tomar 1 milímetro de algo, dividirlo en 1 millón de partes y luego tomar una de esas divisiones para un determinado fin. Esta capacidad técnica de manipular la materia a esa escala es conocida con el término de nanotecnología (Delgado, 2009). Aunque a estas alturas del año 2013, lo nano vendrá a ser el subproducto de las tecnologías que ya funcionan o manipulan a un nivel mucho más pequeño. Esto tiene aplicaciones en la microelectrónica de un dispositivo para hacerlo funcionar, por ejemplo un teléfono celular o una lámpara a base de Quantum LEDs.

Específicamente, las esferas de la técnica que crecen con mayor rapidez son los métodos de la tecnología de la información para la gestión (22,7%), las microestructuras y la nanotecnología (20,7%), aunque el número total de solicitudes de patentes presentadas para esta tecnología sigue siendo relativamente bajo (WIPO, 2008). En cuanto a los países líderes en este tema, destacan los tigres asiáticos como Japón, Corea del Sur y China, seguidos por los Estados Unidos de Norteamérica, Alemania y Francia.

El avance de la tecnología aplicada a nano-escala reducirá drásticamente el impacto ambiental producido por componentes electrónicos no bio-degradables, pues se ha visto con el paso del tiempo que el ser humano primero busca concebir desarrollos funcionales y prácticos, y una vez que lo ha logrado, el siguiente paso es procurar reducir su impacto contaminante o re-integración rápida a la naturaleza una vez que tal desarrollo ha terminado su vida útil. En la actualidad solo las grandes empresas desarrolladoras tienen implementados programas de reciclaje y retorno a fábrica (por ejemplo, Dell, HP, Toshiba) de los productos que ya cumplieron su ciclo de utilidad, así como de las fuentes de energía (baterías) y consumibles (como los cartuchos o *toners*). Sin embargo, dichos programas no detallan los destinos finales de las piezas y equipos recolectados.

En este tema la controversia ha dominado en los escenarios políticos y su impacto ha alcanzado ya ciertos lineamientos internacionales sobre responsabilidades ambientales y sociales de las empresas, como lo dejan ver la Norma Ambiental ISO14000 y la Guía de Responsabilidad Social ISO-26000).

Es necesario que tanto los líderes y representantes de un país como las asociaciones pro-ambientalistas, sean nacionales o internacionales (como *Greenpeace*), participen con orientaciones y asesorías en las áreas de investigación de las diversas ramas (geofísica, biotecnología, nanotecnología, electrónica, química, etc.). En algunos países se han constituido grupos de estudio que se dedican a analizar el impacto de las nuevas tecnologías en la sociedad y la ecología, y sus proyecciones a futuro; estos grupos realizan actividades en lo que se denomina *Technology Assessment* (Evaluación de la Tecnología), y por lo general alertan a la sociedad sobre los riesgos y problemas nuevos que pueden venir asociados con el desarrollo tecnológico. Mediante el apoyo de la academia es como se pueden conocer los verdaderos avances de la tecnología y por lo tanto identificar las mejores entre ellas, cuyo impacto negativo en la ecología sea el mínimo posible; esto es importante para el crecimiento sostenible⁸ de un país. Es necesario impulsar políticas públicas para este propósito y llevar a cabo una amplia labor de información y concientización de la sociedad para que participe eficazmente en la conservación de los recursos y el medio ambiente propios. No se puede dejar que las grandes trasnacionales depreden los recursos de la Tierra sin control, y tampoco se puede esperar que los gobiernos hagan solos esos deberes.

En lo que respecta al *e-waste*, se pueden citar brevemente los casos de Accra y Agbogbloshie⁹, en Ghana, que se han convertido en vertederos internacionales de desechos electrónicos, casi en su totalidad compuestos por monitores y computadoras inservibles que llegan bajo el rubro de “donativos” desde Australia, Japón, Inglaterra y EUA (Keilholz, 2009). Es un problema de ética tecnológica y empresarial en todos los niveles, desde el individuo, usuario final en un país desarrollado, que opta por notificar al

⁸ En diversos escritos se usa indiferentemente ‘crecimiento sustentable’ o ‘crecimiento sostenible’, sin embargo, acudimos a la desambiguación de la palabra sustentable según la RAE “que necesita mantenerse”, por lo que es preferible usar sostenible “que se mantiene por sí solo”, que es la pertinente en la discusión.

⁹ Agbogbloshie, basta insertar una búsqueda de imágenes en un motor de búsqueda como “google” para tener una idea del grave problema mundial en que se pueden convertir los desechos incontrolados del avance tecnológico.

fabricante para la recolección a domicilio de un accesorio o computador obsoleto, sin informarse si la empresa tiene un verdadero programa de reciclaje. Ocurre muchas veces que los metales y materiales valiosos sí se recuperan pero la mano de obra que efectúa esta operación es la de los países más pobres, donde simplemente se queman las cubiertas de plástico para liberar el metal de los cables y la electrónica, con la consecuente emisión de gases tóxicos. El material valioso puede regresar al país de origen pero el inservible y contaminante se queda en la región del vertedero.

Pero el problema no termina en cuestiones ambientales, este problema ha desencadenado un problema colateral, ya que ahora, desde Ghana, se están creando mercados de tráfico de información con los discos duros usados; esta información se usa para posibles extorsiones (bancarias) al recuperarse la información contenida en tales discos duros que arriban en las computadoras donadas pero inservibles. (E-Waste Hell - Ghana, 2011)

Sin duda el tema es delicado y se deja abierta para otras investigaciones. Para profundizar en el caso se puede consultar el texto de LUTHER, Linda (2010) "Managing Electronic Waste: Issues with Exporting E-Waste", CRS Report for Congress. R40850, así como el material multimedia del FRONTLINE/World citado en el mismo texto (Luther, 2010: 3).

En lo que respecta a los problemas de *e-waste* en el sector iluminación residencial, comienza a acentuarse mayormente en la segunda generación, las LFCs. Sin embargo, la tercera generación también corre riesgo de generar una mayor electrónica adaptada para un arreglo de LEDs, un ejemplo es la lámpara LED que ganó el "L prize-winning LED lamp" (IEEE Spectrum, 2012).

Se aprecia en la Figura 18, gracias al uso de Rayos X, el incremento sustancial de la electrónica en la segunda y tercera generación, preocupantemente más en esta última para el modelo en particular; sin embargo, es de considerarse que tal modelo, como fue publicado por la IEEE Spectrum, ha sido el primero en ser considerado realmente el

sucesor de una lámpara incandescente de 60Watts por sus características probadas en laboratorio (L-Prize-DOE, 2012). Los resultados revelan un mejor desempeño que las LFCs, pero se debe considerar que para lograr tal desempeño han surgido nuevas especificaciones técnicas (tales como electrónica de alta frecuencia) que no estaban presentes en la 2ª generación. Es importante considerar casos como el de Ghana para evitar su reproducción a escala mayor, si es que va a cuidarse el medio ambiente para generaciones futuras.

El problema del impacto negativo sobre el ambiente, producido por las innovaciones, aparece cuando dichas novedades comienzan a dañarlo ya sea por los desechos y sus malos manejos, o por los materiales tóxicos no identificados durante la fase de fabricación debido a no seguir un modelo o protocolo de pruebas para analizar su contenido, tanto de forma separada como de forma integral (holístico), para explicar su real función y los impactos negativos tanto de componentes como de emisiones.



Figura 18 - El Circuito sutil detrás de la iluminación LED. Los circuitos de iluminación LED de respaldo plantean retos difíciles.

Fuente: Adaptación de las Imágenes de David Arky (IEEE Spectrum, 2012)

Uno de los esfuerzos interesantes al respecto, sobre todo en cuando a extender la responsabilidad de los fabricantes de dispositivos de iluminación a nivel doméstico se encuentra en el proyecto piloto en Chile por parte de la iniciativa *en.lighten* sobre “El enfoque integrado de *en.lighten*: Control, Verificación y Fiscalización”, donde se ha aprobado el desarrollo de la legislación y actividades vinculadas al control de calidad de los productos de iluminación, incluyendo control del mercado, pruebas de laboratorio y fiscalización; y así mismo se destaca notoriamente la preocupación del impacto ambiental y la medida de presionar a los fabricantes de extender sus responsabilidades a la post-venta de este tipo de productos, esto es, para la recuperación y disposición final así como al manejo de residuos, lo cual los lleva a jugar un papel cada vez más dinámico y en sintonía con la responsabilidad social de las empresas, y ya no el simple hecho de limitarse a una garantía sobre la calidad y desempeño de los mismos, como sucede a menudo.

Como resultado del presente capítulo es posible inferir la primera caracterización técnica para los dispositivos de iluminación basados en LEDs que el sector doméstico en México encontraría como idónea, a continuación se enlista esta caracterización a manera de especificaciones técnicas.

2.7 Especificaciones técnicas idóneas para dispositivos de iluminación LED para el sector doméstico.

- Dispositivo de iluminación residencial para conexión tipo rosca, socket e-26/27
- Alimentación de red 127VCA +/- 10%
- Rango de potencia lumínica inicial, aproximada: 600 a 1000 lm
 - Comparable con un nivel de iluminación incandescente de 60 a 100W
- Consumo de potencia entre 5 y 10Watts, respectivamente.
- Arreglo interno de tecnología LED en un rango de emisión equivalente entre 2700 y 4100 K, que va del blanco cálido (amarillo) al blanco neutro (blanco puro).
 - No son recomendables las emisiones equivalentes o cercanas al blanco frío (espectro cercano al azul), 5000 a 7000K, ya que son menos adecuados para la buena reproducción de colores y por lo tanto a la comodidad visual.
 - Deberá funcionar en estabilidad térmica y muy alto CRI, las pruebas que el Laboratorio del departamento de Energía de los EUA desarrollaron para el

Premio-L (L-Prize-DOE, 2012) se consideran base respecto a especificaciones eléctricas y ópticas, sin embargo, se propone incluir especificaciones complementarias para: %THD total, valores de emisión en rayos UV y su exposición equivalente a N horas diarias de uso doméstico.

- Acondicionador de tensión/corriente cuyo F.P. no sea inferior a 0.95
 - Es altamente recomendable un F.P. capacitivo sin transformadores ni variadores de frecuencia internos.
 - Sin electrónica o que ésta sea muy reducida, para que el impacto ambiental en la etapa de disposición final sea mínimo o lo más parecido al de una lámpara incandescente; no deberá incluir metales pesados, componentes cuyo funcionamiento genere ácidos, gases tóxicos o GEI.
 - Deberá funcionar en estabilidad térmica y baja temperatura durante toda su operación, de preferencia en equilibrio con la temperatura ambiente.
- Factor de forma: Bulbo clásico con acondicionador de tensión/corriente interconstruido.
 - No es aconsejable un bulbo transparente que deje entrever el 100% del arreglo interno de LEDs por lo que el bulbo deberá ser siempre opaco o translúcido para la dispersión de la luz, evitando puntos de luz muy concentrada que pueden poner en riesgo a la persona al momento de su instalación si es que el interruptor se ha dejado accionado por olvido o error.
- Vida útil en horas: 25,000 a 50,000 (ideal: 100,000)
- Dimensiones preferentes: LHA: 11x7x7 cm +/- 10%
- Certificación nacional (ANCE, FIDE)
- *Precio objetivo para usuario final \$150.00 M.N. +/- 20%

Recomendaciones: Los hallazgos reflejados como especificaciones técnicas son fundamentales tanto para el impulso de políticas de beneficio social, tal cual ha sido el PLS. También, es una fuente de difusión sobre la cultura tecnológica para saber adquirir los mejores dispositivos de iluminación basados en LEDs, ya que debido a ser aún una tecnología embrionaria, se encuentra una gran heterogeneidad, representando riesgos de pérdida de la inversión por adquisición de dispositivos de baja calidad o que no sean aptos para la salud visual.

Capítulo 3 Vigilancia tecnológica para los LEDs

En el presente Capítulo se desarrolla con base en las necesidades de la misma investigación que fueron expresadas al final del Capítulo I, es decir, la búsqueda en el sector tecnológico (Análisis de Patentes) para la localización de dispositivos de iluminación general basados en LEDs cálidos (*warm white*) dentro del mercado tecnológico más grande (base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de Los Estados Unidos, USPTO), así como el perfil de uso y aplicabilidad (mercado) de los dispositivos *target* que son pertinentes en México, no así otras bases de datos (EPO, PAJ, etc.). Se concluirá el presente capítulo con la redacción de especificaciones técnicas sobre la prospectiva a futuro que podrá guardar la conveniencia a medio y largo plazo en lo que respecta a la aplicabilidad y beneficio económico mutuo entre el sector doméstico (residencial) y el sector de la red de distribución eléctrica que se abordó en el capítulo anterior.

3.1 Análisis de patentes sobre iluminación LED como "frontera tecnológica"

Del primer capítulo se arroja la necesidad de llevar a cabo una Vigilancia Tecnológica dada la salida de LEDS blancos de primera generación (*cold white*) por ser poco aptos al ojo humano) y ejecución sobre los más recientes LEDS *warm white*" y *pure white* por emitir un color de luz semejante a la incandescente, que en el mismo capítulo se ha confirmado ser la más apta para las respuestas naturales del ojo humano (curvas CIE de la Figura 9).

Por lo tanto, para encontrar la frontera tecnológica, la temporalidad para la primera estrategia de búsqueda será a partir de la literatura encontrada respecto a la invención del LED blanco cálido (*warm white LED*), la cual ostenta la empresa Nichia Corp. en el año 2003:

Nichia Corp. (Japón). Desarrolla el LED blanco cálido ("Technical Innovation Award" at the LIGHTFAIR 2003), patente no. JP- 2002-225043.

Se utilizó la búsqueda avanzada de la USPTO debido a que es posible la utilización de una clasificación específica (USPC) para el sector iluminación (362) y posteriormente varias sub-clasificaciones para iluminación basada en LEDS (545, 555, 612 y 800).

De esta forma, la estrategia de búsqueda para localizar concesiones de patentes de 2002 a la fecha relativas a LEDS blanco cálido, sin importar si la frase clave se encuentre en el título, resumen o el cuerpo de las patentes, queda como sigue:

"isd/1/1/2002->05/31/2012 and ccl/362/(545 or 555 or 612 or 800) and "warm white LED".

Mientras que en lo relativo a las solicitudes de patentes para el mismo periodo:

"apd/1/1/2002->05/31/2012 and ccl/362/(545 or 555 or 612 or 800) and "warm white LED".

Resultado: 13 documentos de patente concedidas y 13 solicitadas.

La gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 19, donde esta tecnología muestra poca capacidad de análisis, puesto que la igualdad en los pocos resultados tanto de patentes solicitadas como de concesiones no es representativo de la consolidación del sector, mientras que el número de empresas sobresalientes como desarrolladoras de warm white LEDS apenas indica una en 2008 (Cree, Inc.).

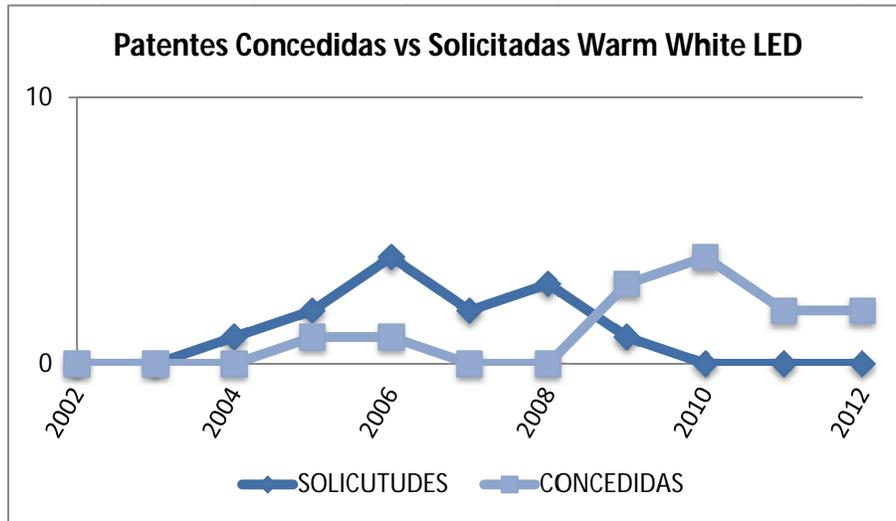


Figura 19 - Patentes Concedidas vs Solicitadas Warm White LED en al USPTO, 2002 a 2012

Fuente: Elaboración propia con base en USPTO

Por tanto, para ampliar el espectro de visión sobre el comportamiento del sector, se ejecuta una segunda estrategia de búsqueda para la primera generación de luz blanca en LEDS (1996) basada en el fosforado sobre el LED azul que Nakamura obtuvo en 1993, es decir, las palabras clave son "White light" y "phosphor" cuya temporalidad, a partir de 1996 a 2011, alcanza 15 años, quedando como siguen:

Patentes solicitadas:

apd/1/1/1996->12/31/2011 and ccl/362/(545 or 555 or 612 or 800) and "white light" and "phosphor"

Patentes concedidas:

isd/1/1/1996->12/31/2011 and ccl/362/(545 or 555 or 612 or 800) and "white light" and "phosphor"

Los resultados en esta estrategia arrojan una cantidad significativa para el análisis y detección de Empresas Líderes en la primera generación del sector de iluminación LED.

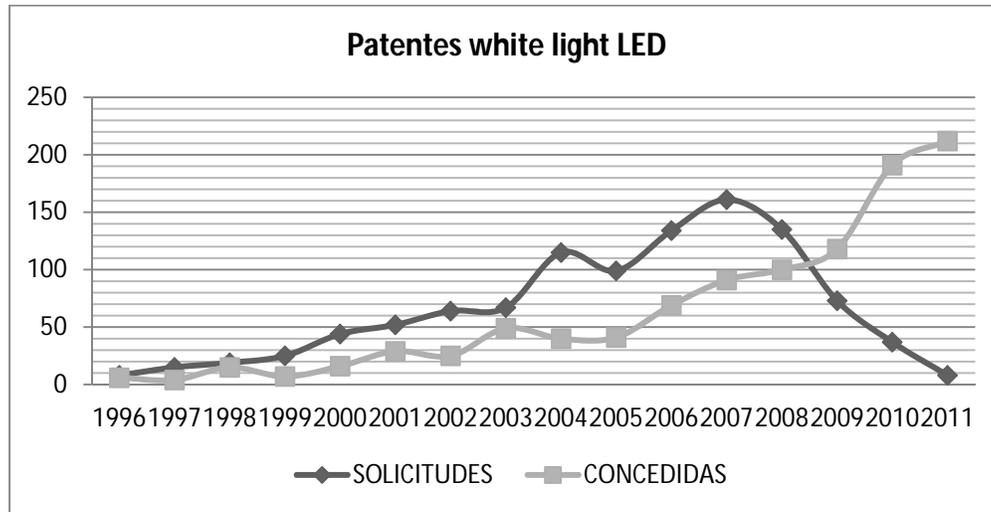


Figura 20 - Número de Patentes Concedidas y Solicitadas en la USPTO para tecnologías LED en iluminación de luz blanca.

Fuente: Arroyo C. et al., 2012 [en prensa] basada en USPTO

A continuación se muestran las Empresas que fueron líderes en la primera generación en White Light LED y muy posiblemente, una buena porción de ellas continúa actualmente.

Tabla 14 - Empresas detectadas con mayor actividad en patentes de iluminación LED White light

NOMBRE DE EMPRESA	Nacionalidad	Observaciones
Koninlijke Philips Electronics N.V.;	(NL) Holanda	Incluye "Color Kinetics Inc." adquirida por Philips.
3M Innovative Properties Company	(US) Estados Unidos de Norteamérica	
Cree, Inc.	(US) EUA	I+D en LEDS
Panasonic	(JP) Japón	Incluye Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., antiguo nombre de Panasonic.
General Electric	(US) EUA	
Gentex Corporation	(US) EUA	
Samsung	(KR) Corea del Sur	
Donnelly Corporation	(US) EUA	
Nichia Corporation	(JP) Japón	I+D en LEDS
Osram	(DE) Alemania	
Avago Technologies	(SG) Singapur	I+D en LEDS
Toshiba	(JP) Japón	
LG	(KR) Corea del Sur	

Fuente: Elaboración propia a partir de USPTO

De las empresa de la Tabla 14 se hizo una primera indagación de la literatura Web y se extraen únicamente a las Empresas cuya comercialización de productos terminados están

dirigidos hacia el sector de iluminación general y/o doméstico, quedando fuera los desarrolladores de LEDS: Cree, Inc., Nichia Corp., Avago Technologies pues hasta el año 2011 no se encontró que produzcan productos terminados para iluminación doméstica sino únicamente los semiconductores que sirven de materia prima para el sector. Las empresas cuya literatura web marcó un enfoque totalmente distinto al del presente estudio fueron 3M, Gentex Corp., y Donnelly Corp., cuyo enfoque es el Médico y Automotriz.

El primer listado queda como sigue:

- Philips
- Panasonic
- General Electric
- Samsung
- Osram
- Toshiba
- LG

Como *segundo acotamiento*, se utilizó el software *Patent Integration*, para localizar a las Empresas Líderes del periodo más reciente en warm white LEDS (2001-2011) cuya nacionalidad resulto destacable en la USPTO; por tanto, se seleccionaron las Bases de datos de patentes de los siguientes países dentro del software mencionado:

Estados Unidos de Norteamérica (US), Japón (JP), Corea del Sur (KR) y Alemania (DE), además se incluyen también Francia (FR) y China (CN) por flexibilidad del mismo software y por considerarse países de interés sobre empresas con actividad de frontera en relación a productos de iluminación LED cálidos que pudiesen cumplir con el eje comparativo.

A continuación se presentan dos tipos de gráficas de resultados en *Patent Integration*, una de Solicitudes de patentes de titulares y otra de Cesionarios.

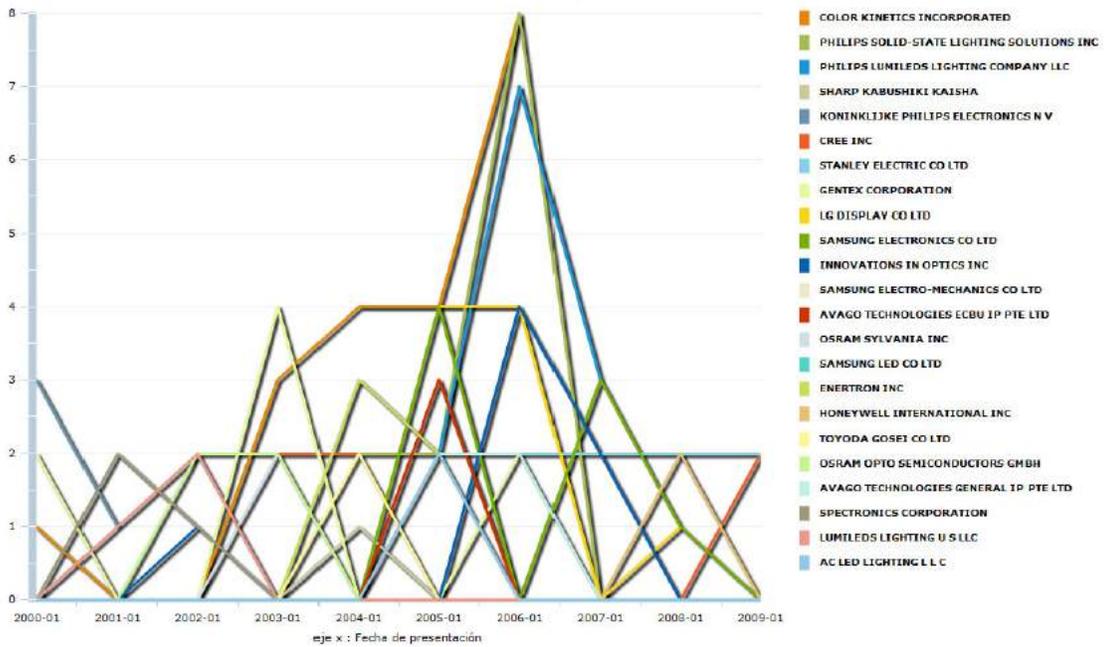


Figura 21 - Solicitudes de patentes de titulares en Warm White LEDs.

Fuente: *Patent Integration*, 2012

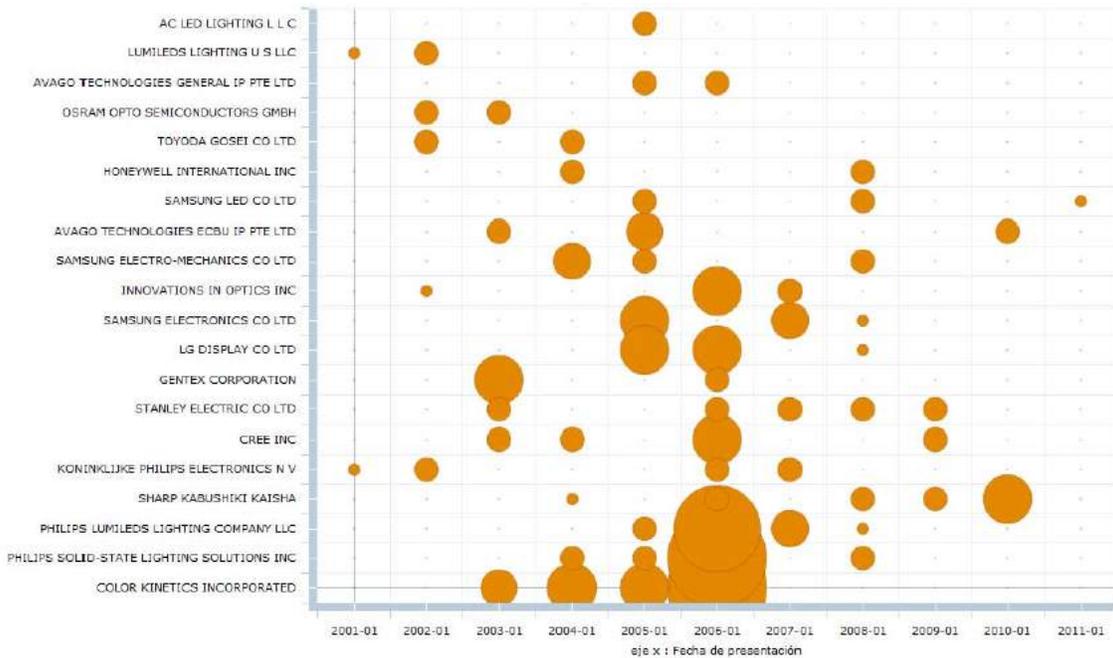


Figura 22 - Solicitudes de patentes por Cesionarios en Warm White LEDs.

Fuente: *Patent Integration*, 2012

De las empresas nuevas detectadas son *Enertron Inc.*, *Honeywell International Inc.*, y *Sharp Kabushiki Kaisha*, además de otras cuya baja actividad y diferente perfil de iluminación se han omitido, pues ya se habían descartado desde la generación de “White light”, éstas son: Stanley, Innovation in optics Inc., Toyoda Gosei Co Ltd, Lumileds Lighting US LLC y AC LED lighting LLC.

Sin embargo se encuentra que estas tres nuevas empresas (Enertron, Honeywell y Sharp) no realizan actividad significativa en productos de iluminación general ya que, revisando su literatura web, los perfiles son de lámparas fluorescentes híbridas, Aeroespacial y fabricación de LEDS como materia prima, respectivamente.

En ese contexto, las Empresas de la primera generación “white light” seguirían dominando, y por lo tanto se recurrirá al análisis bibliométrico para la vigilancia de la producción del conocimiento en el campo de los LEDS de luz blanca, donde se obtendrán palabras clave para ubicar la posible la frontera comercial.

3.2 Análisis bibliométrico

La producción del conocimiento en el campo tecnológico de iluminación LED es muy amplio y heterogéneo, sin embargo, para alcanzar un espectro significativo y alineado sobre las últimas tendencias en ergonomía visual de los LED, se usará la estrategia de Keywords respecto a “White light” and “phosphor”, esto en base al tecnológico que posibilitó la producción de Luz blanca a través de un LED, ya que está fundamentado en un par de invenciones previas: la primera fue basada en el método de producción de LED's de luz Ultra violeta (UV) obtenidos a finales de los 80's en Japón (Nakamura & Takagi, 1990), y la segunda, como se mencionó antes, fue sobre los LEDs azules de alto brillo con aplicación comercial por el mismo Shuji Nakamura cuyas investigaciones comenzaron en 1989 cuando aún laboraba para la empresa Nichia Corporation (SSLEC-UCSB, 2011) y que finalizó en 1993 por cuenta propia una vez que la empresa suspendiera el proyecto (TJT, 2002). Posteriormente, en 1996, mediante un agregado de fósforo y nitrógeno en los LED azules, fue posible filtrar luz de color blanca, “White light”. Esta técnica de fosforado se ha mantenido hasta la fecha y ha sido motivo de controversias legales entre Nichia y diversas Empresas, puesto que la técnica fundamental de la empresa nipona es la utilización del compuesto $Y_3Al_5O_{12}$ mejor conocido por “YAG” (“tri-itrio penta-aluminio granate”, por su color grana) como compuesto base y mediante el dopado y co-dopado con elementos fosforescentes se logran diversas tonalidades de luz blanca, “white light”, lo que a Nichia Corp. le llevó a desarrollar el warm White LED en 2002, ganando el “Technical Innovation Award” en el LIGHTFAIR de 2003 (Nichia Corp., 2011) cuya patente es la JP- 2002-225043.

Por lo tanto, mediante la base de datos de Scopus-Spotlight la estrategia de búsqueda como “Warm White light” puede ser limitación para encontrar nuevas tonalidades de luz blanca en armonía con la respuesta natural del ojo humano si es que en el campo científico se han mejorado las técnicas de doapdo y co-dopado, por lo tanto una estrategia más general puede significar también la inclusión de la verdadera frontera para el “White

light”, por tanto la estrategia final para bibliometría incluye en los campos de coincidencias para título, resumen y las mismas keywords.

La estrategia final de bibliometría queda como sigue:

Base de Datos de “Scopus/Spotlight” : **TITLE+ABS+KEY**

- Palabras claves: *LED AND “white light” AND phosphor*
- Período de búsqueda: 1996-2011, debido al primer LED de luz blanca de 1996.

Los resultados por medio del análisis bibliométrico arrojan lo siguientes datos tangibles en publicaciones científicas (*Journals*) desde 1998 hasta 2011.

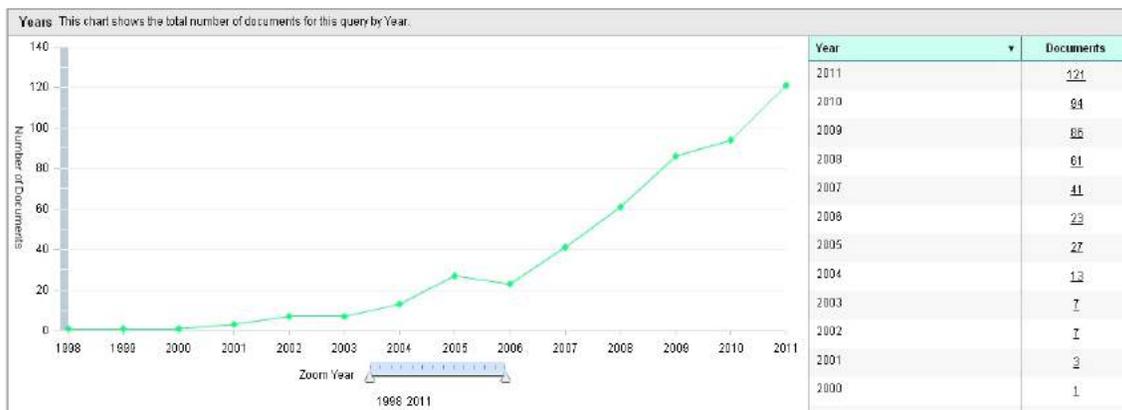


Figura 23 - Resultados de Número de Artículos y Número de citas, 1998-2011.

Fuente: Base de datos de “Scopus-Spotlight” (en adelante Scopus), 2012

Del total de artículos científicos, se exportaron los resultados en formato CVS, cuyo análisis puede hacerse en forma relativamente sencilla en hojas de cálculo y archivos de texto, se hace la selectividad de los resultados para los últimos años, comprendidos de 2008 a 2011, para el uso de palabras clave, significativas para identificar productos de frontera en el Benchmarking comercial.

Por tanto, de los resultados de Scopus, se analizaran los títulos de los *Journals* mediante un software de Mapas de palabras como lo es *Redes 2005* de la Universidad de

Granada, a través del cual será posible observar las Keywords más ampliamente relacionadas (mapa de telaraña y subredes) para la producción del conocimiento en iluminación LED y por lo tanto establecer un punto de búsqueda de productos de alta eficiencia para el benchmarking del presente trabajo.

La relación de palabras de los de los títulos de Journals en el año 2008 es el siguiente:

3.2.1 Año 2008

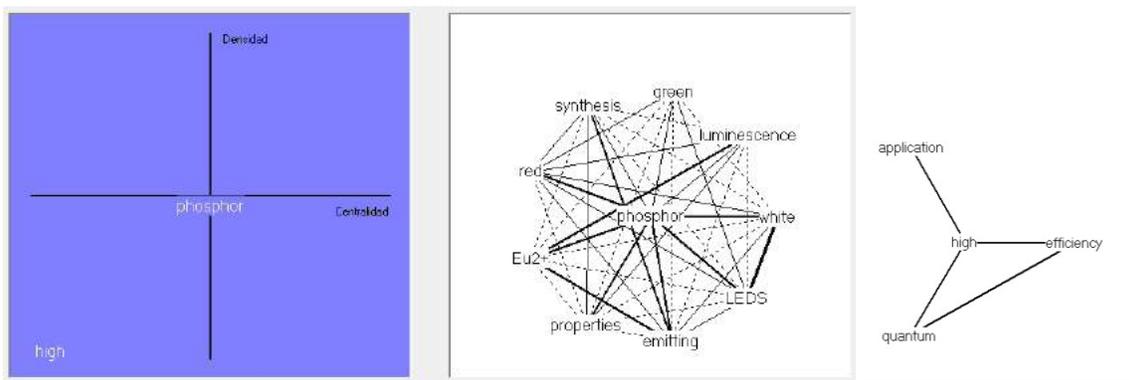


Figura 24 - Mapa de palabras (Word-map) sobre LED's de los Journals para 2008

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y software Redes 2005, 2012

En la Figura 24, se muestra que durante el año 2008, es notable la centralidad y densidad total (máxima) que muestra el fosforo, creciendo fuertemente las relaciones directas entre luminiscencia y el Europio (agente de dopado Eu^{2+}), así mismo, aprecian relaciones directas de la síntesis de los elementos fosforescentes.

Es destacable la subred "high", donde el grado de especialización en los materiales fosforescentes los lleva a un siguiente paso, donde se infiere que es buscar alta-eficiencia (high-efficiency), por ello la producción del conocimiento comienza a virar en este rubro durante este año, además de buscar una mayor aplicación. Destaca también la relación directa que hay entre la Eficiencia y los Cuantos (quantum dots), lo que denotaría la entrada tangible de la **nanotecnología** en los LEDES, es decir, que aunque ya se viniera trabajando en el tema, es hasta este año que se comienza a notar mayor actividad.

3.2.2 Año 2009

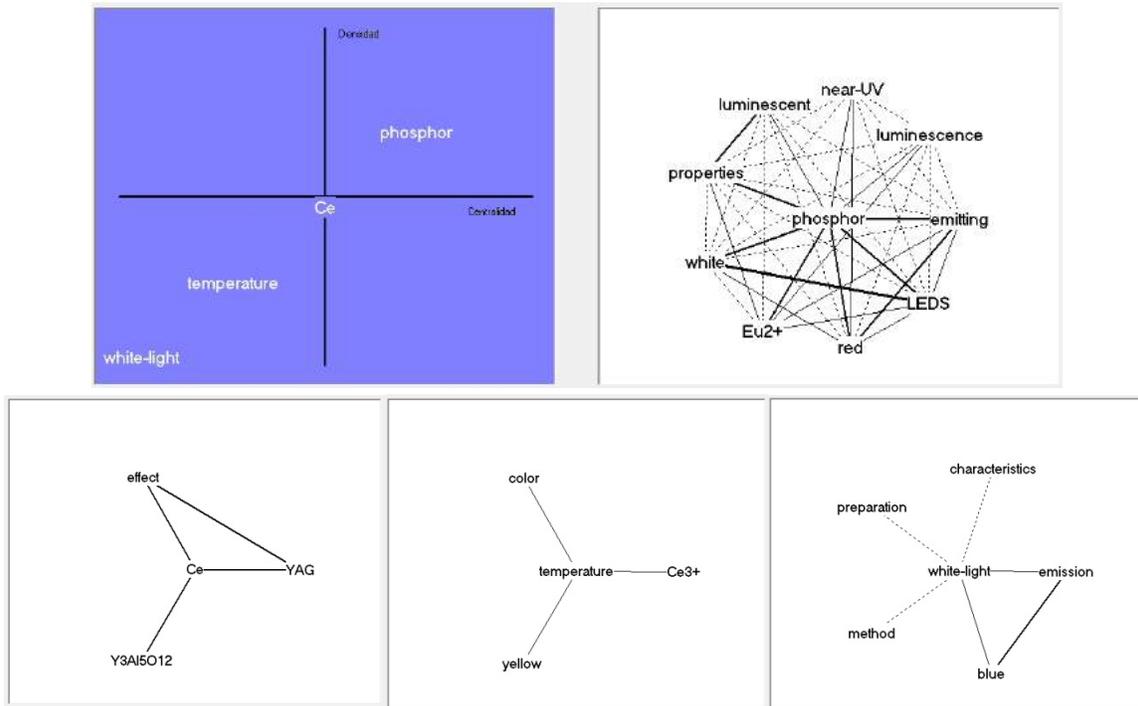


Figura 25 - Mapa de palabras sobre LED's de los Journals para 2009

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y software Redes 2005, 2012

Para el año 2009 (Figura 25), los materiales fosforescentes como tema asimilado pierden centralidad, pero conservan densidad, el lugar central lo ocupa ahora el elemento químico del Cerio (Ce), ya como tema consolidado en nanotecnología, cuya relación directa en sus efectos como agente de dopado en los nano-cristales cerámicos a base de YAG (ver sub-red Ce) comienza a tomar importancia en la producción de conocimiento.

La luz cercana al ultravioleta (near-UV) se retoma como tema de estudio y nacen otras sub-redes, por ejemplo para *temperatura* con baja densidad y mediana centralidad, donde se relaciona directamente con el *color*, el *amarillo* y el *Cerio* como agente de dopado (Ce^{3+}). Esto denota el rumbo del conocimiento hacia producir LEDS cuyo color de temperatura estén mejor adaptados a longitudes de onda que responden más adecuadamente al ojo humano, debido a su pertinencia con el rango del espectro visible entre el amarillo y verde que va en armonía con la curva de respuesta diurna según la (CIE, 2004), ver figura 9: Funciones de eficiencia luminosa promedio del ojo humano de la pag. 51.

3.2.3 Año 2010

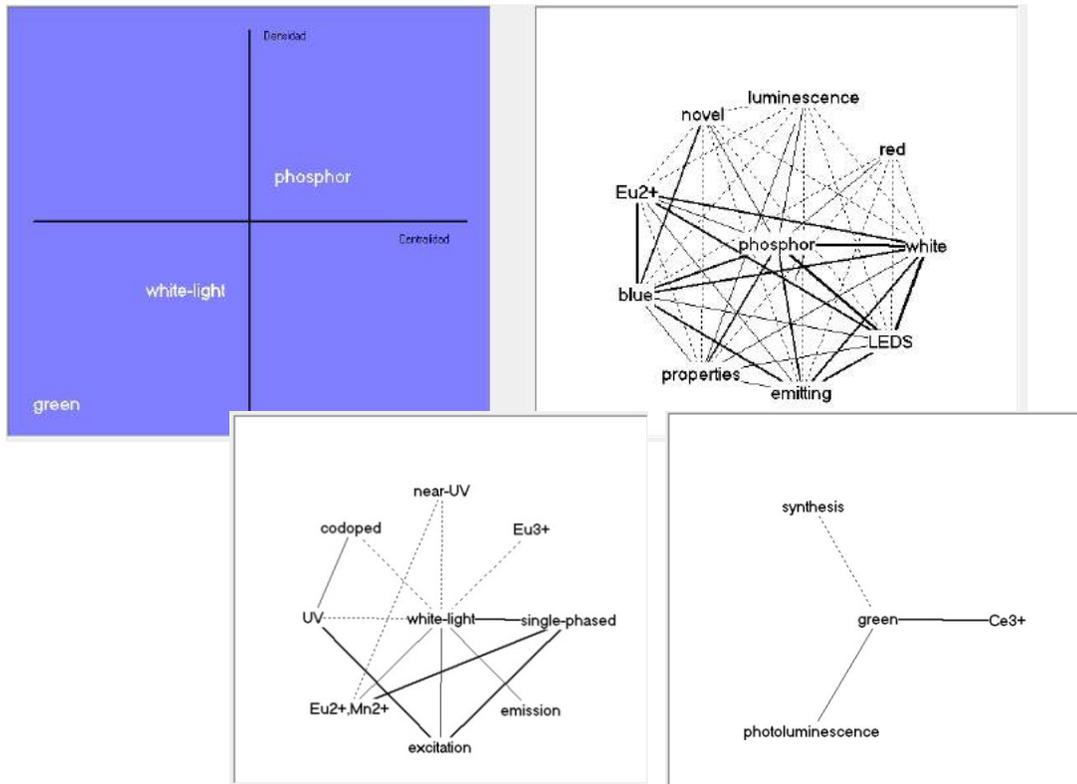


Figura 26 - Word-map sobre LED's de los Journals para 2010

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y software Redes 2005, 2012

Para el año 2010 (Figura 26), se retoma el tema del azul como novedad pues hay relación directa; así mismo reaparece el agente de dopado Eu^{2+} relacionado directamente con el blanco y el azul. Este hecho está relacionado con la subred de "White-light", que a diferencia del año anterior ha ganado densidad y centralidad relacionándose medianamente con la *emisión* y los agentes de Eu^{2+} y Mn^{2+} así como el *co-dopado* vinculado en baja proporción con la *luz-blanca*.

En la segunda subred (*Green*, de baja centralidad y baja densidad) aparece el agente Eu^{3+} como *novedad* pero con una baja relación con la *luz-blanca*. El conocimiento ya presenta un dominio en las técnicas de dopado y co-dopado para diversos intereses, lo cual lleva a muchos campos las propiedades de emisión de los materiales fosforescentes aplicados en los LEDs, que en años subsecuentes se visualizarán mejor.

3.2.4 Año 2011

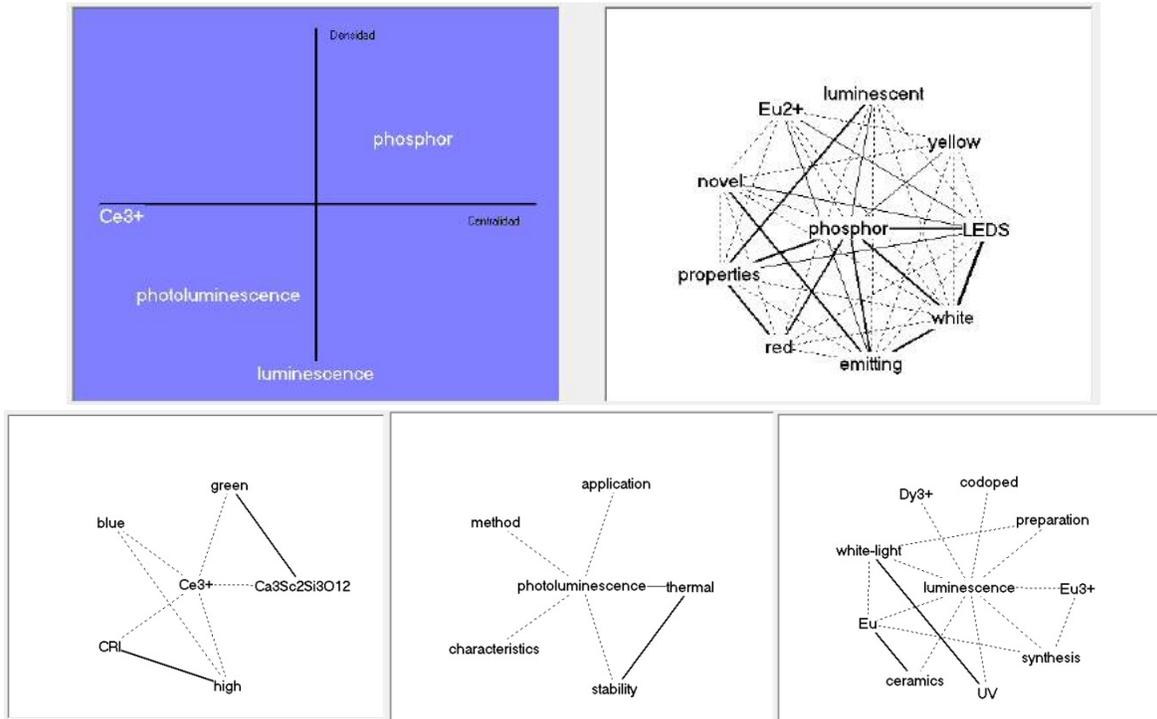


Figura 27 - Word-map sobre LED's de los Journals para 2011

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y software Redes 2005, 2012

El último mapa de telaraña analizado es para el año 2011 (Figura 27), donde aparece el amarillo y el fosforo medianamente relacionados, indicando posiblemente una re-exploración del conocimiento y continua expansión de la aplicación de los LEDs en sus diferentes emisiones, puesto que el LED amarillo ya se había desarrollado años atrás.

El fosforo se ha alejado solo un poco de la centralidad y densidad para dar cabida al nuevo agente Dy^{3+} , el codopado, la síntesis, la preparación, luz-blanca y UV (relacionados directamente), también aparecen los *cerámicos* relacionados directamente con el *Europio*.

La subred de la *fotoluminiscencia* presenta una baja relación entre *características*, *aplicaciones*, *método* y *estabilidad*, sin embargo guarda una relación mediana con lo *térmico* que si tiene relación directa con la *estabilidad*, lo que expone una producción del conocimiento enfocada en sistemas de iluminación altamente eficientes y estables térmicamente.

Finalmente, la subred del agente Ce^{3+} , que ha tomado mucha mayor centralidad que en comparación al año 2010, expone que está relacionado con los materiales fosforescentes a base de *Calcio* ($Ca_3Sc_2Si_3O_{12}$) que son emisores ajustables de color completo (tunable full-color-emiting), que relacionados con el verde, denota una avance importante hacia la manipulación del color de luz emitida de forma más sencilla en la tecnología LED.

Finalmente, es destacable, que en esta última sub-red aparecen directamente relacionadas el *high-CRI* con el Ce^{3+} , es decir, la importancia del Índice de Rendimiento de Color (CRI, por sus siglas en inglés), ahora se posiciona en la frontera de la tecnología LED para múltiples aplicaciones consolidadas y que al año 2011 se encuentran en la fase tanto de alta eficiencia como mejor producción de color (rendimiento), y su base es mediante el dopado de materiales fosforescentes con Ce^{3+} .

Del breve análisis de bibliometría para la tecnología LED en iluminación para el periodo de 2008 a 2011 se desprende entonces el Mapa de Conocimiento con las palabras clave (*Keywords*) de la figura 28, que son pertinentes para afinar el benchmarking.

Se consideran trascendentes como keywords: Alta eficiencia y Puntos Cuánticos (nanotecnología) en 2008, Alto Índice de Rendimiento de color (high CRI) y Estabilidad térmica en 2011. No se considerarán el YAG:Ce, La fotoluminiscencia y Color ajustable por considerarse poco significativas en la búsqueda de productos comercializados con tales keywords, puesto que se infiere que son términos a nivel del Desarrollo experimental.

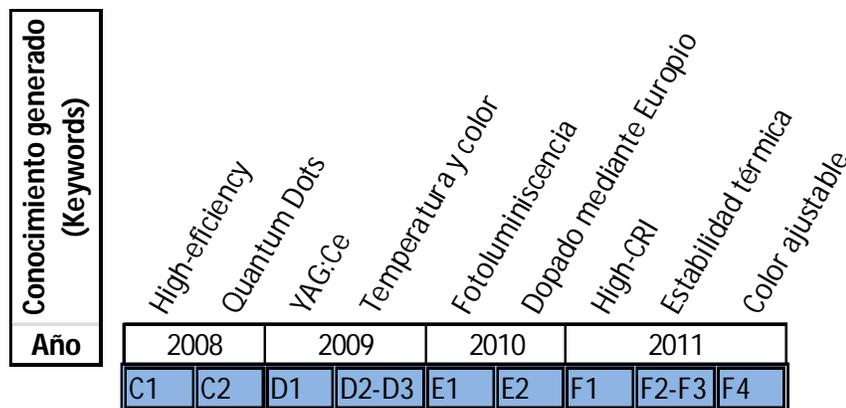


Figura 28 - Trayectoria científica de LEDS a partir de Journals (Artículos Científicos) 2008-2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y software Redes 2005, 2012

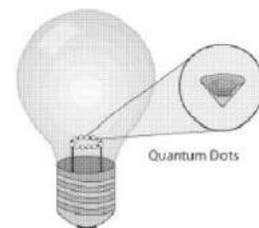
Es imprescindible una última acotación, lo relativo al *cambio tecnológico* que ligado directamente con el *factor de forma* actual (dimensiones de los productos), se encuentran una gran variedad de tamaños y tecnologías LED para iluminación, por lo tanto, en base al análisis bibliométrico, donde debido a la inclusión de la nanotecnología y debido a que los productos alcanzaran una máxima compatibilidad en longitud de onda emitida hacia respuesta natural del ojo humano y estabilidad térmica se infiere que no requerirán grandes espacios para la disipación de calor, por lo que se redondeará en una alta eficiencia general y reducción de materiales en su fabricación, disminuyendo también de forma significativa el impacto ambiental, que se aclara, no es el motivo principal del presente trabajo de investigación aunque si como una hipótesis secundaria del mismo.

En ese tenor, el cambio tecnológico recae en productos cuyas dimensiones o manejo no represente cambios adicionales (por ejemplo de luminarios) y solamente lo concerniente a la instalación de las lámparas basadas en LEDs warm white (CCT cercano a 3000K y un CRI >90%).

Así entonces, la tendencia respecto al avance científico y tecnológico es producir lámparas LEDS pequeñas (ver el mapa tecnológico en la sección de anexos, pag. 163), incluso con apariencia a las antiguas lámparas incandescentes (bulbo clásico) donde en lugar de un filamento de tungsteno se usarán LEDS a base de Puntos Quánticos, cuya base nanotecnológica devela a la frontera científica que será la base de las nuevas tecnologías en iluminación LED y que podrían encontrarse comercialmente disponibles en los próximos años. Como ejemplo, se presenta en la figura 29, un dispositivo de ese tipo, apuntando con gran potencial de ser el cambio tecnológico óptimo para el sector doméstico e iluminación general.

Figura 29 - iluminación LED basada en nanotecnología (Puntos Quánticos)

Fuente: patente US2010177496



Como se mencionó en el capítulo anterior, es interesante encontrar en el análisis de literatura web, que México ha entrado en el presente año (2012) al sector científico para la manipulación (ajuste) del Color de Luz LED mediante el CINVESTAV. Se confirma entonces, que quizá estas investigaciones se dan en un tiempo propicio con potencial de ser un factor clave para México como eje de desarrollo económico y beneficio social, a tal grado que se considera viable para nuevos estudios que puedan ahondar al respecto.

A continuación se da paso al Benchmarking comercial de Lámparas *warm white* para uso doméstico considerando el avance en micro y nanotecnología, por lo cual la última acotación será respecto a productos comercializados cuya dimensión será similar a un bulbo clásico (flexibilidad)

3.3 Benchmarking de Lámparas warm white LED's de bulbo clásico.

En el presente análisis comparativo se revisó la situación actual de las tecnologías de iluminación basadas en LED's con aplicaciones en el Sector doméstico, acotado al tipo de tecnología apta para los hogares en México y alineadas a las 5 variables objetivo que fueron expresadas en la metodología y visualizadas en el mapa de radar (Figura 30).

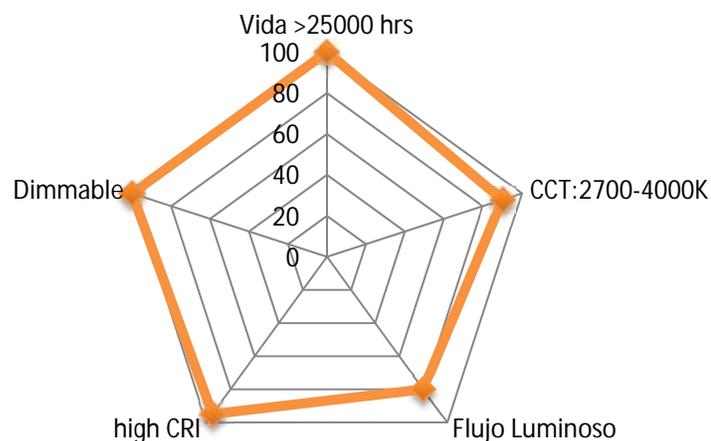


Figura 30 - Objetivo del eje comparativo en base a la Vigilancia Tecnológica (Análisis de patentes y bibliometría)

Fuente: Elaboración propia, 2012

Las características de los dispositivos a base de LED's existentes en el mercado localizados en la literatura web se tomaron de *las marcas* relativas a las empresas identificadas en el análisis de patentes y se realizaron nuevas búsquedas de productos en base a las *keywords* de bibliometría, resultando entre ellas algunas marcas reconocidas y algunas genéricas (Chinas). Dichas características de han mapeado con la técnica adoptada con (1) y (0) para argumentar el éxito o fracaso en el cumplimiento de las 5 características objetivo; este mapeo se muestra en la Tabla 16 y a continuación de muestra un primer listado de productos conforme a los alcances marcados (Figura 30).

- Productos identificados en Patentes white-light: Philips, Panasonic, Osram-Sylvania, Samsung, GE, LG, Toshiba.
- Productos identificados en literatura comercial *Warm white* (de páginas Web de las mejores empresas) en base a la bibliometría: Verbatim, Pharox, Tubelight, Frog, Segula LED, Whitenergy y Master LEDs.

De acuerdo al eje comparativo, ya no figuran GE y LG, puesto que no se ha encontrado información comercial relativa a productos de iluminación LED cuya avance científico este acorde a al nuevo eje comparativo.

Por lo tanto, los productos que cumplen satisfactoriamente para de este estudio son diez: *Philips, Panasonic, Osram-Sylvania, Samsung, Toshiba, Verbatim, Pharox, Segula LED, Whitenergy y Master LEDs.*

Tabla 15 - Productos comerciales que cumplen el eje comparativo.

									
Philips (NL)	Panasonic (JP)	Osram (DE)	Samsung (KR)	Toshiba (JP)	Verbatim (JP)	Pharox (NL)	Master (CN)	White- energy (PL)	Segula GmbH (DE)

Fuente: Elaboración propia, 2012

3.3.1 Resultados del Bechmarking

Tabla 16- Mapeo tecnológico de las 5 características objetivo.

Marca	Vida >25000 hrs	CCT:3000K	Flujo >400 Lm	High CRI	Dimmable	Precio
Philips	1	1	1	1	0	Más alto
Panasonic	1	1	1	1	1	Alto
Osram	1	1	1	1	1	Medio-alto
Samsung	1	1	1	1	0	Medio-alto
Toshiba	1	1	1	1	0	Alto
Verbatim	1	1	1	1	1	Alto
Pharox	1	1	1	1	1	Alto
Master	1	1	1	1	0	Medio-alto
Whitenergy	1	1	1	1	0	Medio
SegulaLED	1	1	1	0	0	medio

Fuente: Elaboración propia en base a la información web de las diez mejores empresas del eje comparativo.

Finalmente, se ha adaptado el mapeo en % de cumplimiento para la elaboración de los Gráficos de Radar, tanto el Deseado, como el de la Tecnología Actual.

Tabla 17 - Mapeo ponderado y ajustado sobre literatura comercial. Resultados generales del Eje comparativo

Vida a 50000 hrs	CCT:3000K	Flujo a 800 Lm	High CRI	Dimmable
50%	77%	100%	80%	100%
80%	77%	59%	80%	100%
50%	86%	17%	70%	100%
80%	86%	69%	80%	100%
80%	77%	38%	80%	100%
80%	86%	54%	80%	100%
70%	86%	42%	86%	100%
100%	79%	31%	60%	0%
60%	89%	41%	70%	100%
30%	74%	31%	75%	100%

Fuente: Elaboración propia basada en la información web de las mejores diez empresas del eje comparativo.

Dada cierta heterogeneidad en los valores máximos y mínimos del eje comparativo se han ajustado los valores buscados de 25,000 horas de vida a 50,000 pues diversos productos ya han superado el valor objetivo, así mismo el valor esperado de Flujo luminoso a 400 lm fue llevado al doble respecto a la Figura 30. Como resultado del ajuste y target final se exhibe el nuevo mapa de radar (figura 31).

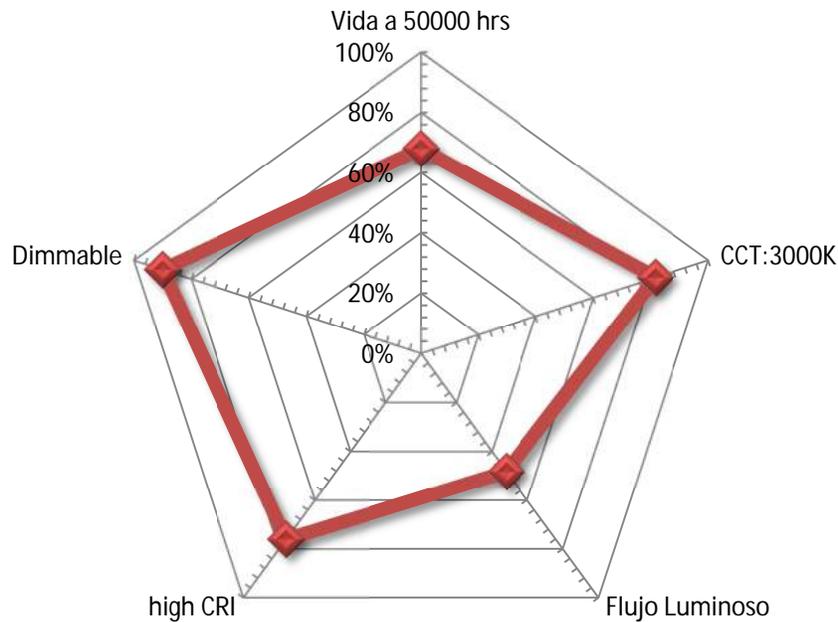


Figura 31 - Mapa de radar de literatura técnico-comercial. Resultados generales del Eje comparativo.

Fuente: Elaboración propia, 2013

En la Figura 31 es notable los grandes avances en muy poco tiempo respecto a las tecnologías de iluminación basadas en LEDs para un CCT warm white y su vida útil, la cual se puede considerar que esta por duplicarse, mientras que es uniforme el alto Rendimiento de Color y el Flujo Luminoso, aunque era la variable más baja esperada, la heterogeneidad en esta variable indica que son pocas las empresas que ofrecen una plena satisfacción del comparativo, destacando los casos de Panasonic, Verbatim y Samsung por su homogeneidad en las 5 variables y como observación final, estas tres empresas son de filiación Asiática.

Un breve análisis final de este capítulo induce a pensar que el estado actual de la tecnología LED que se busca para el sector doméstico en México cumple cada vez mejor con las cinco variables objetivo, sin embargo aún no es plenamente satisfactorio; y dado el factor que la nanotecnología ha ido fortaleciendo las variables que representaban debilidad en la primera generación, es decir al flujo luminoso y CRI. Esto significa un campo de oportunidad para México pues de las tres empresas asiáticas, solamente se visualiza la presencia Coreana, por lo que para México puede representar un campo de oportunidad para desarrollar una tecnología propia que cumpla 100% con las variables establecidas, la cual dependerá del grado de vinculación entre las instituciones mexicanas que ya cuentan con el conocimiento científico, como el CINVESTAV, y el incentivo público hacia la incubación de empresas (*Start-ups* o *Spin-offs*) que cuenten con las capacidades de desarrollo a una escala comercialmente atractiva para el sector iluminación en general, que a mediano plazo alcance también al sector doméstico. Sin embargo, esto no es concerniente al presente trabajo de investigación, por lo que se podrá retomar este aspecto en otros estudios, por ejemplo a nivel doctorado, que sean enfocados a la aportación o creación de un ente económico.

3.4 Especificaciones técnicas recomendables hacia políticas públicas

De acuerdo a las conclusiones del ejercicio de VT desarrollado y la primera propuesta al final del capítulo 2, se presentan las especificaciones finales que debiesen cumplir los dispositivos de iluminación basados en LED's para la mejor ejecución de tareas en base la comodidad visual en ámbito residencial, se pretende que estas especificaciones sean referencia útil tanto para políticas públicas como guía para adquisiciones de tecnologías de iluminación LED para licitaciones públicas internacionales (LPI) en México.

Especificaciones técnicas finales para dispositivos de iluminación basados en LED's para el sector doméstico:

- Dispositivo de iluminación residencial para conexión rosca, socket e-26.
- Alimentación de red 127VCA +/- 10%
- Rango de potencia lumínica inicial, aproximada: 600 a 1000 lm
 - Comparable con un nivel de iluminación incandescente de 60 a 100W
- Consumo de potencia entre 5 y 10Watts, respectivamente.
- Arreglo interno de tecnología LED en un rango de emisión equivalente entre 2700 y 4100 K, que va del blanco cálido (amarillo) al blanco neutro (blanco puro).
 - No son recomendables las emisiones equivalentes o cercanas al blanco frío (espectro cercano al azul), 5000 a 7000K, ya que son menos adecuados para la buena reproducción de colores y por lo tanto a la comodidad visual.
 - Deberá funcionar en estabilidad térmica y muy alto CRI, las pruebas que el Laboratorio del departamento de Energía de los EUA desarrollaron para el Premio-L (L-Prize-DOE, 2012) se consideran base respecto a especificaciones eléctricas y ópticas, sin embargo, se propone incluir especificaciones complementarias para: %THD total, valores de emisión en rayos UV y su exposición equivalente a N horas diarias de uso doméstico.
- Acondicionador de tensión/corriente cuyo F.P. no sea inferior a 0.95
 - Es altamente recomendable un F.P. capacitivo sin transformadores ni variadores de frecuencia internos.
 - Sin electrónica o que ésta sea muy reducida, para que el impacto ambiental en la etapa de disposición final sea mínimo o lo más parecido al de una lámpara incandescente; no deberá incluir metales pesados, componentes cuyo funcionamiento genere ácidos, gases tóxicos o GEI.

- Deberá funcionar en estabilidad térmica y baja temperatura durante toda su operación, de preferencia en equilibrio con la temperatura ambiente.
- Factor de forma: Bulbo clásico con acondicionador de tensión/corriente inter-construido.
 - No es aconsejable un bulbo transparente que deje entrever el 100% del arreglo interno de LEDs por lo que el bulbo deberá ser siempre opaco o translúcido para la dispersión de la luz, evitando puntos de luz muy concentrada que pueden poner en riesgo a la persona al momento de su instalación si es que el interruptor se ha dejado accionado por olvido o error.
- Vida útil en horas: 50,000 horas (ideal: 100,000)
- Dimensiones preferentes: LHA: 11x7x7 cm +/- 10%
- Certificación nacional (ANCE, FIDE), cuyo objetivo en lm/W sea actualizado constantemente a la tendencia tecnológica, por ejemplo a 50,000 horas de vida útil y 130 lm/W.
- Precio objetivo para usuario final \$130.00 M.N. +/- 20% para un dispositivo de iluminación residencial basado en LEDs cuya luminancia emitida sea equivalente a 60 watts incandescentes o más, que el color de luz (CCT) sea 3000K y un CRI > 90, así como constar de bulbo de vidrio opaco que impida la exposición directa hacia el usuario de la luz emitida por los LEDs.

Como herramienta conclusiva y de los hallazgos expuestos se construye la siguiente matriz de Fortalezas y debilidades del conjunto de políticas respecto al sector de las tecnologías de iluminación LED en México.

3.5 Análisis de Fortalezas y Debilidades de las políticas del sector de iluminación LED en México.

Tabla 18 - Análisis de Fortalezas y Debilidades del conjunto de políticas para iluminación LED.

Instrumento de PP	Fortaleza	Debilidad
PLS Programa Luz Sustentable	-Propuesto directamente desde el gobierno federal hacia el sector residencial alcanzando a la población de menos recursos para reducir su facturación, mejorar el SEN y las emisiones de CO ₂ . -En base a la experiencia, el futuro podría incluir a los focos de tecnología LED mediante una actualización del PLS.	- Se enfocó y realizó experiencia en las lámparas fluorescentes compactas (LFC) -Se esperan impactos ambientales considerablemente negativos si el programa de manejo de residuos del PLS no se mantiene en el nuevo sexenio 2012-2018.
FIDE Programa de Crédito para la adquisición de lámparas LED.	-El sector manufacturero-comercial puede incorporarse directamente a nuevos programas como éste, ampliando sus alcances de difusión de las nuevas tecnologías LED en iluminación eficiente. -Incorporar en los productos el sello del programa FIDE para ser identificados como productos ahorradores.	Poca difusión por parte de las diversas asociaciones y sobre todo del FIDE.
LASE Ley para el Aprovechamiento Sustentable de Energía	-Existe un ambiente propicio para la sustitución de focos incandescentes por ahorradores, incluyendo los dispositivos de tecnología LED. -El sector puede adaptarse flexiblemente y con cierta ventaja para difundir sus propios estándares	-No existe una reglamentación plenamente definida y establecida sobre los productos específicos, lámparas domésticas a LEDs. -El sector LED sería susceptible a agravar su heterogeneidad, permitir dispositivos de baja calidad y a prácticas de competencia desleal.
LAASSP Ley de Adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público	-Apoyo y preferencia a las Pymes nacionales respecto a: *Evaluación de propuestas *Licitaciones exclusivas *Posibilidad de anticipos *Reducción del tiempo de pago	- La calidad en los productos de las Pymes nacionales aún es bajo en comparación con grandes empresas extranjeras.
Ley de Ciencia y Tecnología CONACYT	Disponibilidad de diversos fondos e incentivos a la innovación del sector de iluminación doméstica a base de LEDs (ver más adelante "Fondos")	Gasto en I+D del sector: no se puede conocer como el subsector aprovecha las oportunidades ya que no se tiene reportado en las encuestas nacionales de innovación, ni en la OCDE.
NOM-030-ENER-2012 y NOM-024-ENER-SCFI-2013	- Prohibición y retirada gradual (2011 a 2013) de todas las lámparas incandescentes desde 100w hasta 25 watts, por ser las más ineficientes. - Reduciendo las emisiones de GEI y ahorro energético en el SEN.	-La normatividad específica NOM para dispositivos de tecnología LED es débil, lo que podría propiciar la aparición de productos poco estandarizados, aumentando la heterogeneidad en el mercado y afectando negativamente los posibles nuevos programas del FIDE.

Continúa...

ANCE	<p>Cuenta con capacidades de certificación y difusión de sellos de calidad y etiquetado que identifique el nivel de eficacia de las nuevas tecnologías de iluminación doméstica a base de LEDS, como ya se tiene en otros países (ver el anexo de 'Etiquetas de eficiencia energética de otros países.' en la pag. 162)</p>	<p>Puede representar sanciones o desventaja al no contar con altos estándares certificación para lámparas LED, como es el caso de la ANCE-ESP-01</p>
Fondos FIT, FINNOVA, FCE	<p>-Fondos muy bien alineados para el aprovechamiento del sector. -Acceso relativamente fácil para las PYMES del sector a la obtención de recursos federales para financiar proyectos de innovación en iluminación LED. -Estos fondos promueven la Transferencia tecnológica por lo que está abierto a proyectos conjuntos entre Grandes Empresas y Pymes al mismo tiempo.</p>	<p>-Muy pocas empresas nacionales incursionando en el sector, como ejemplo solo se encontró una en Monterrey N.L. (también podría ser campo de oportunidad por los pocos competidores nacionales) -Grandes Empresas internacionales que con mayor capital y capacidades de I+D para el sector LED. -Proyectos escasos y vínculos débiles con instituciones de investigación y/o colaboraciones con grandes empresas del sector.</p>
Balanza y Apertura Comercial (SIAVI)	<p>-Favorece la importación de insumos básicos lo que propicia la creación de nuevas empresas nacionales ensambladoras de focos de tecnología LED con los respectivos licenciamientos de patentes como solicita el ANCE. -Amplia apertura comercial representa la entrada de una mayor variedad de insumos lo que brinda al sector doméstico la oportunidad de a corto-plazo adquirir aquellos con la mejor relación costo-calidad.</p>	<p>-Poco control debido a la laxa clasificación arancelaria (SIAVI). México en la actualidad es un país 100% importador tanto del core de estas tecnologías (LEDs) como 99% de productos terminados</p>
Propiedad Industrial (IMPI)	<p>-Contar con activos intangibles de propiedad industrial (marca, patente y diseño industrial) en un territorio con muy poca actividad patentaria en el sector.</p>	<p>-Brazo comercial no consolidado. -No se tienen datos del gasto en I+D en la rama, por lo tanto, no es posible tener certeza de la capacidad de actividades de innovación del sector nacional. -En caso de optar por ser desarrolladores tecnológicos, se podría tener dificultad para establecer vínculos con instituciones generadoras de conocimiento que previamente hayan firmado contratos de exclusividad con empresas internacionalmente competitivas.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.5.1 Propuestas de mejora a la política pública

Los resultados que muestra el análisis de instrumentos de políticas públicas para el sector de iluminación doméstica a base de LEDs en México nos permite señalar que es

necesario fortalecer el área referida la vigilancia del marco institucional y normativo mientras que la administración pública sintoniza los prematuros huecos legales como la nueva normatividad NOM y el Gasto en I+D del sector, los cuales, pueden representar tanto oportunidades como amenazas al sector, siendo ya un ambiente heterogéneo. En tal sentido, es importante que se emprendan esfuerzos para acelerar e implementar las propuestas como las de de la CAAAREM (en el SA 2012) respecto a una clasificación específica para el SIAVI para productos de iluminación basados en LEDs de uso residencial o comercial, y no esperar al año 2017 como objetivo de armonización del sector, ya que otros países como Chile ya cuentan con una solución de armonización para identificación, importación y fiscalización de dispositivos LED para iluminación, de esta forma se podría dar seguimiento a este tipo de propuestas para ir corrigiendo el propio marco.

En el entorno institucional, es quizá el escenario más favorecedor para la instrumentación de políticas de alto impacto para articular centros de investigación, parques tecnológicos y proyectos de innovación en el sector de iluminación a base de LEDs de última generación, debido a que las regulaciones gubernamentales actuales están abriendo oportunidades hacia las tecnologías más eficientes. Específicamente, la LASE y los programas que se desprenden a partir de la misma. Como lo es la salida total de las lámparas incandescentes en el año 2014. La normatividad en torno a este escenario conllevaría a las empresas a la necesidad de adaptación o reconfiguración (por ejemplo, aquellas que fabricaban focos incandescentes pueden buscar la oportunidad de ensamblar focos-LEDs mediante la re-configuración de su infraestructura e inversiones en I+D), puesto que los incentivos por parte de la LASE es mediante programas para crear conciencia en la población, lo cual sería importante considerar la tendencia internacional hacia la actual normativa (voluntaria) sobre la Responsabilidad Social de las Empresas (SA8000 e ISO26000), tomándolas no solo como estrategia competitiva como medio para aumentar la demanda en base a la buena imagen sino como política al interior de las empresas del sector para asegurar su supervivencia, continuidad y desarrollo sostenible de la región y/o país donde operen estas empresas.

Como se mencionó, no existe en el SIAVI una clasificación más específica que ayude a recabar información clara y precisa en cuanto a la actividad comercial sobre las tecnologías de lámparas de LEDs en México, además de saber que en el país no existe un marco institucional sólido que regule y controle la actividad comercial de esta nueva tecnología en el país que se vea reflejado en un conjunto de normas sólidas y congruentes el estado de la técnica (NOM-030-ENER-2013, NOM-024-ENER-2013, ANCE-01), lo que mantiene un ambiente tibiamente regulado, y gran apertura comercial.

En cuestiones de creación de políticas públicas e incentivos hacia el sector, se nota una disyuntiva, pues por un lado, a mediano plazo de vislumbra pertinente la actualización del PLS hacia tecnologías LED ya que son aún más eficientes que las LFC, con impacto ambiental muy reducido y fácil manejo de residuos, lo cual si cumpliría con los objetivos de los instrumentos base del eje SENER-ENE-PRONASE-LASE.

Esta oportunidad contiene los elementos para apostar fuertemente en dirigir inversiones públicas y considerar el sector dentro de una prospectiva nacional como lo ha hecho la SENER en la PSE del 2010-2025 (SENER, 2010b: 128, 193), así como su más reciente actualización (2012-2026), sin embargo, el punto débil parece estar en quienes toman las decisiones en la administración pública, por lo que los resultados de ésta investigación propone elementos y evidencia sólida para una mejor toma de decisiones.

Finalmente, para México representa una oportunidad puntual para desarrollar una tecnología propia que cumpla 100% con las variables del ultimo avance científico y tecnológico en iluminación LED de uso masivo en el sector residencial y sectores análogos, la cual dependerá de la política pública propicia para mejorar la vinculación entre las instituciones que cuentan con el conocimiento científico (como es el caso del CINVESTAV), y los incentivos (fondos públicos) hacia la incubación de empresas de base tecnológica que cuenten con las capacidades de desarrollo a escala comercial, así como los niveles de calidad y competitividad internacional. Esto sumado a que la Ley de Adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público, da preferencia a los productores nacionales, específicamente Pymes es posible incluso pensar en un clúster o parque industrial propio.

Conclusiones

En esta investigación se ha encontrado congruencia muy significativa entre la factibilidad tecnológica, la viabilidad económica y bajo impacto ambiental (y de GEI) de los dispositivos de iluminación a base de LEDs, para su aplicación en el sector residencial de México; ya que al confrontar los objetivos se verifican las dos hipótesis planteadas: mediante los resultados del estudio de benchmarking es posible contribuir al desarrollo y adopción de la mejores tecnologías de iluminación LED que tengan el mejor desempeño para aumentar la eficiencia energética hacia la red eléctrica nacional, así mismo, mediante los hallazgos del análisis de patentes y bibliometría se verifica que las tecnologías de iluminación LED se producen con nuevas y mejores técnicas de dopado que producen emisiones aptas para el confort visual humano, se ha incrementado considerablemente el CRI superando ya la unidad relativa de 90 y son más estables térmicamente lo que las hará más fuertes ante las variaciones en el suministro eléctrico, con lo cual funcionarán durante un plazo muy certero respecto a la vida útil especificada, representando entonces la sustitución de los dispositivos solo hasta un plazo largo que consolidará una tasa de retorno bastante atractiva sobre las inversiones monetarias que se hayan hecho; propiciando así, los ahorros conjuntos tanto de energía al sistema eléctrico nacional como disminución de costos para las familias mexicanas reducir la facturación mensual y acceder a mejores tarifas de consumo eléctrico a nivel doméstico, todo ello debido una correcta gestión del cambio tecnológico por sustitución de lámparas incandescentes y LFC por dispositivos de iluminación a base de LEDs del mismo tipo (base e26).

Los dispositivos de iluminación doméstica a base de LEDs son las actuales tecnologías con mayor eficiencia energética, mayor vida útil en horas de funcionamiento (e incrementando cada vez más esta característica), y que al reducirse el número probable de reemplazamiento de los mismos, tienen un impacto ambiental que es de 8 a 10 veces menor que el de sus equivalentes fluorescentes compactas. Además, como se ha reportado, los precios de mercado están bajando aceleradamente, en parte por la gran

competencia entre fabricantes y la gran cantidad de investigaciones que se realizan, todo ello estimulado por la enorme demanda que tiene la tecnología LED hacia muchos sectores no solo la iluminación residencial (iluminación terciaria, industrial, sector médico, automotriz, etc.) y que se consolida por aspectos de ahorro energético y económico.

Por otro lado, en cuanto a la segunda hipótesis, aunque las tecnologías LED a corto y mediano plazo no generen asiduamente desechos electrónicos como es el caso de las LFCs, sería interesante seguir su análisis a muy largo plazo, donde a pesar de su menor impacto ambiental debido a la buena cantidad de componentes reciclables (>50%), al confrontar este aspecto con las lámparas incandescentes y su variante con halógenos (las cuales no requieren de componentes electrónicos como balastras), se encuentra que éstas últimas, por ser reciclables casi en un 100%, siempre tendrán el impacto ambiental más bajo con respecto a las LFCs y se vislumbra que temporalmente también sobre las lámparas LED, al menos mientras llega el momento en que la nano o femto-tecnología sean el *core* base de la iluminación de estado sólido, con lo cual se mejorará sustancialmente este aspecto.

Se enfatiza que gracias a la herramienta de vigilancia tecnológica ejecutada en este trabajo de investigación como metodología central, fue posible detectar las tendencias tecnológicas y científicas en cuanto a los dispositivos de iluminación a base de LEDs para el sector doméstico y finalmente mediante el benchmarking comercial fue posible identificar a los líderes del sector, los cuales van en congruencia con los temas relevantes que contienen los mayores esfuerzos en aspectos tecnológicos, científicos y de innovación, otorgando información valiosa para México ya que se encuentra en un momento muy oportuno para vincular de forma eficiente las investigaciones científicas propias en iluminación LED, las capacidades tecnológicas de la industria saliente (fábricas de lámparas incandescentes) y de innovación (incubación), así como el mejoramiento de políticas públicas hacia este sector, pues se identifica como un campo de oportunidad, de crecimiento económico y social, aunado a los beneficios para la infraestructura eléctrica nacional debido a la eficiencia energética y menor contaminación por distorsión armónica.

Ahondando en los resultados de VT, se prevé que el papel que jugará la nanotecnología en los dispositivos de iluminación LED será el factor clave para desarrollar nuevas y contundentes mejoras incrementales de tales dispositivos, pues los hallazgos del estudio bibliométrico ejecutado en este trabajo apuntan hacia la posibilidad de crear hilos compuestos de diminutos puntos luminosos (*nanoleds o quantum dots*) emulando a los filamentos de tungsteno que hacen funcionar una lámpara incandescente. Por lo que todo señala que para encender un filamento-LED (estable en operación térmica según la misma tendencia del estudio bibliométrico), la balastra se reduzca simplemente a un rectificador básico que a fin de cuentas también se trata de diodos y que podrían ir integrados al mismo arreglo de LEDs, con lo cual se eliminaría el problema de contaminación asociado a la disposición final, pues será posible reciclar un dispositivo a base de una sola tarjeta electrónica sin balastra, una base roscada de aluminio y bulbo opaco de vidrio.

Mientras esto sucede, la iniciativa internacional denominada *en.lighten*, recientemente está promoviendo la implementación de “programas de luz sustentable” en países como Chile, Argentina y Brasil, por sólo mencionar algunos, pues las tecnologías seleccionadas en esos casos ya es la de LEDs, lo cual en apariencia pondría en atraso a México en lo relativo en actualizar su propio PLS. Sin embargo, ante otras desventajas actuales en México como es la falta de armonización general en aspectos normativos, arancelarios, fiscalización y cultura tecnológica, también representa la oportunidad de monitorear los resultados que tengan los países mencionados mientras se lleva a cabo la armonización interna, pues cuando ello suceda México podría sumarse a tal iniciativa con la posibilidad de hacerlo con tecnologías propias o con mejores dispositivos que se encuentren disponibles para entonces, puesto que eso denotan las tendencias encontradas en las trayectorias tecnológicas, científicas, comerciales y también de costos a la baja sobre los productos de iluminación doméstica a base de LEDs.

Finalmente se recomienda hacer un seguimiento continuo de las características expuestas en el mapa de radar del benchmarking comercial para que los entes involucrados en la armonización interna en México otorguen pautas pertinentes, pues ello

los mantendrá cercanos al *status quo* del máximo desempeño tecnológico para el sector doméstico y también para otros sectores transversales que sin duda obtendrán un beneficio conjunto equivalente.

Reflexión final

Como puntos adicionales y a manera de reflexión, estudios tan completos y de gran visión prospectiva en cuanto a desempeño tecnológico que se han hecho sobre LFCs del LABE (Colombia), sobre LEDs de la DOE/IEEE (EUA) y que al confrontarlas en aspectos de calidad de energía por parte del Politecnico di Milano, arrojan al escenario nuevas variables que se debiesen considerar para las tecnologías de frontera, ya que por ejemplo, el conocimiento sobre impactos en salud visual y epidérmica (piel) se vislumbran necesarios para futuras investigaciones, incluso en el corto plazo, sobre todo para la tecnología LED de luz blanca de primera generación (desarrollo de Nakamura), ya que el núcleo tecnológico deriva de las emisores en luz ultravioleta y azul de alto brillo, que prácticamente sus patentes originales, para el año 2013 ya entran en la modalidad de libre uso, por lo que el mercado de iluminación doméstica (y de paso las basadas en paneles solares) se han visto invadidos por una gran heterogeneidad de lámparas de emergencia y de uso residencial pero que denotan baja eficacia lumínica debido a que son del tipo blanco frío, es por ello que es urgente una concientización y fomento a la cultura tecnológica dentro de la sociedad mexicana para que sean difundidos los aspectos técnicos idóneos sobre la iluminación LED (donde por ejemplo los gobiernos de las ciudades más habitadas del país podrían utilizar los resultados de ésta investigación como apoyo en difusión de la cultura tecnológica y mejores prácticas en iluminación LED) y de esa forma, tanto las familias mexicanas como las pequeñas empresas sepan seleccionar del mercado los dispositivos que representen el mejor del beneficio conjunto: el ahorro energético, el pronto retorno de la inversión monetaria, confort y salud visual, así como el menor impacto ambiental en el largo plazo.

A futuro, habrá que esperar nuevos estudios fotométricos complementados con estudios médicos para conocer con seguridad si una nueva tecnología como es la iluminación LED debido su uso cotidiano en el sector doméstico donde estos dispositivos se encontrarían instalados a menor distancia de las personas a diferencia del alumbrado público (ver tabla 7, pag. 88), en el largo plazo puedan producir efectos secundarios en salud general (visual y epidérmica) cuando la vida útil de estos dispositivos comience a declinar, es decir, si es que ello representase el desgaste del fosforado (dopado) que hace posible la óptima emisión en color de luz (longitud de onda) para el confort visual y en su lugar se tenga el riesgo de que los dispositivos alteren la longitud de onda que emiten (por ejemplo a emisiones en UV o cercanas) pues al ser una tecnología que emite luz en ángulos concentrados, serían de efectos negativos y acelerados en la salud humana debido a la exposición cercana y cotidiana.

Bibliografía

Afuah, A., 1999. *La dinámica de la innovación organizacional: el nuevo concepto para lograr ventajas competitivas y rentabilidad*. 1a. Edición en Español ed. México: Oxford University Press.

ANCE, 2012. ANCE-ESP-01, *Certificación de producto*. Especificación para lámparas LED. Edición 3, 2012-08-13. p. 3 [En línea]

Disponible en: <http://www.ance.org.mx/AnceVerde%5CAnceVerde.html>

[Último acceso: 28 10 2013].

Arroyo, R., Martínez, L., Arias, S. & Fuentes, E. F., 2012 [en prensa]. Vigilancia Tecnológica. Tecnología de LED's de luz blanca para aplicaciones de iluminación residencial. México, p. 30.

Ashton, W. & Klanvas, R., 1997. Keeping abreast of science and technology: technical intelligence for business.. *Battelle Press*, p. 555.

CAAAREM, 2011. *Confederación de Asociaciones de Agentes Aduanales de la República Mexicana*. [En línea]

Disponible en:

[http://www.caaarem.mx/Bases/Noticias07_09.nsf/1489bfcc6d2df64c86256d970071e03b/4462b57ed186b0b68625796b0061b2ab/\\$FILE/CASOS%20PARTICULARES%20CAAAREM%202012.pptx](http://www.caaarem.mx/Bases/Noticias07_09.nsf/1489bfcc6d2df64c86256d970071e03b/4462b57ed186b0b68625796b0061b2ab/$FILE/CASOS%20PARTICULARES%20CAAAREM%202012.pptx)

[Último acceso: 29 Abril 2013].

CFE, 2011. *Subsecretaría de Electricidad*. [En línea]

Disponible en: http://www.sener.gob.mx/portal/indicadores_de_cfe_y_lyfc.html

[Último acceso: Junio y Noviembre 2011].

CFE, 2012a. *Comisión Federal de Electricidad*. [En línea]

Disponible en:

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/Paginas/Clientes.aspx

[Último acceso: Junio 2012].

CFE, 2012b. *Consejos para ahorrar. Factor de potencia*. [En línea]

Disponible en: <http://www.cfe.gob.mx/Industria/AhorroEnergia/Paginas/Consejos-para-ahorrar.aspx>

[Último acceso: 13 Octubre 2013].

CFE, 2013a. *Comisión Federal de Electricidad*. [En línea]

Disponible en:

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/Paginas/Clientes.aspx

[Último acceso: 7 3 2013].

- CFE, 2013b. *CFE > Conoce CFE > Acerca de CFE > Estadísticas*. [En línea]
Disponible en:
http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/Paginas/Indicadores-operativos.aspx
[Último acceso: 31 10 2013].
- CIE, 2004. *Photometry - The CIE System of Physical Photometry*. Vienna, Austria: CIE Central Bureau.
- CIE, 2012. *The International Commission on Illumination*. [En línea]
Disponible en: <http://eilmv.cie.co.at/>
- CNTV, 2010. *Nuevos avances científicos y tecnológicos de China*. [En línea]
Disponible en: <http://espanol.cntv.cn/20101221/103932.shtml>
[Último acceso: 2012].
- Comprar, tirar, comprar. La Historia Secreta de la Obsolescencia Programada*. 2011. [Película]
Dirigido por Cosima Dannoritzer. España, Francia.: Arte France, Televisión Española, Televisió de Catalunya.
- CONACYT, 2013. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. [En línea]
Disponible en:
<http://www.conacyt.gob.mx/FondosyApoyos/Sectoriales/DesarrolloTecnologicoInnovacion/FIT/Paginas/default.aspx>
[Último acceso: Abril 2013].
- COTEC, 1999. *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y de la Innovación para Empresas. TEMAGUIDE tomo II*. Madrid: COTEC.
- Craford, M., 1977. *IEEE Trans. Electron. Devices, ED-24*, p. 935.
- Delgado, G. C., 2009. "Nanotecnología y producción de alimentos: impactos económicos, sociales y ambientales". *Estudios sociales 34*, pp. 186-205.
- Dell'Era, C. & Fecchio, C., 2012. *Gestione dell'Innovazione e dei Progetti, Management of Innovation and Project Management*. Milano: Politecnico di Milano.
- DenBaars, S. P., 2000. Basics Physics & Materials Technology of GaN LEDs and LDs. En: *Introduction to Nitride Semiconductor Blue Lasers and Light Emitting Diodes*. Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 1-28.
- Dolara, A. & Leva, S., 2012. Power Quality and Harmonic Analysis of End User Devices. *energies*, pp. 5453-5466.

- Dosi, G., 1988a. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *J Econ Lit*, 1120(71), p. 26(3).
- Dosi, G., 1988b. The nature of the innovative process. En: *Dosi G, Freeman C, et al., editors. Technical change and economic theory*. London:Printer: s.n.
- EC, 2009. *Glosario Scientific Committees de la Comisión Europea*. [En línea] Disponible en: <http://ec.europa.eu/health/opinions/es/lamparas-bajo-consumo/glosario/def/espectro-electromagnetico.htm> [Último acceso: 09 09 2013].
- EC, 2012. *Impact Assessment. Guidelines on certain State aid measures in the context of Greenhouse Gas Emission Allowance Trading Schem*. [En línea] Disponible en: http://ec.europa.eu/governance/impact/ia_carried_out/docs/ia_2012/swd_2012_0130_en.pdf [Último acceso: 06 Marzo 2013].
- Edison Tech Center, 2010a. *Edison Tech Center*. [En línea] Disponible en: <http://edisontechcenter.org/coolidge.html> [Último acceso: Febrero 2012].
- Edison Tech Center, 2010b. *Edison Tech Center*. [En línea] Disponible en: <http://www.edisontechcenter.org/incandescent.html> [Último acceso: 03 2012].
- El Universal, 2012. *El Universal - Secciones - Ciencia*. [En línea] Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/69949.html> [Último acceso: 01 Abril 2012].
- Escorsa, P., Maspons, R. & Rodríguez, M., 2000. Mapas tecnológicos, estrategia empresarial y oportunidades de mercado. El caso de los textiles para usos médicos. *Boletín INTEXTER (U.P.C.)*, p. 12.
- E-Waste Hell - Ghana*. 2011. [Película] United Kingdom: SBS Australia & Journeyman Pictures Ltd. .
- Faranda, R., Guzzetti, S. & Leva, S., 2010a. "Design and Technology for Efficient Lighting" on Paths to Sustainable Energy. *InTech*, pp. 597-620.
- Faranda, R., Guzzetti, S. & Leva, S., 2010b. La virtuosa applicazione dei Led. Nel settore dell'illuminazione. *L'Impianto Elettrico & Domotico*, pp. 44-49.
- Freeman, C., 1998. La economía del cambio tecnológico. En: *La economía de la Innovación*. s.l.:Cambridge University Press, pp. 50-116.
- Gallego, J., 2003. El cambio tecnológico y la economía neoclásica. *DYNA*, p. 12.

- Ganem, E. & Aranda, M. D. I. Á., 2011. *El explicador*, México: s.n.
- Ganzarain, J. & Lakarra, I., 2007. Esquema conceptual Vigilancia/Inteligencia y su aplicación en estrategia e Innovación empresarial. *Conferencia Visio*, p. 5.
- García Fernández, J., 2013. *Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores*. [En línea]
Disponible en: http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/magnitudes-unidades.html#Flujo_lum
- Gieck, K. & Gieck, R., 2003. *Manual de fórmulas técnicas*. México, D.F.: Alfaomega.
- GreenFacts, 2013. *Glosario de GreenFacts*. [En línea]
Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/glosario/jkl/lamparas-compactas-fluorescentes.htm>
[Último acceso: 09 09 2013].
- Health Canada, 2011. *IIT'S YOUR HEALTH: The Safety of Compact Fluorescent Lamps*, s.l.: Minister of Health of Canada.
- HSO, 2013. *UK Herschel Space Observatory*. [En línea]
Disponible en: <http://herschel.cf.ac.uk/science/infrared>
- IEEE Spectrum, 2012. *The Subtle Circuitry Behind LED Lighting*. [En línea]
Disponible en: <http://spectrum.ieee.org/energy/environment/the-subtle-circuitry-behind-led-lighting>
[Último acceso: 09 2012].
- IEEE, 1980. IRE Standards on Solid-State Devices: Dejininitions of Semiconductor Terms, 1960. (Reaffirmed 1980). *IEEE Std 216-1960*, p. 4.
- IEEE, 2012. *Institute of Electrical and Electronics Engineers - Edison Medal Recipients*. [En línea]
Disponible en: http://www.ieee.org/about/awards/bios/edison_recipients.html#sect11
[Último acceso: 6 2012].
- IIE, 2012. *Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)*. [En línea]
Disponible en: <http://vmwl1.iie.org.mx/sitioIIE/sitio/control/01/index.php?tipo=01>
[Último acceso: Abril 2013].
- Iluminet, 2009. <http://www.iluminet.com>. [En línea]
Disponible en: <http://www.iluminet.com/estrena-iluminacion-el-santuario-guadalupano-de-zamora/>
[Último acceso: 06 2012].

- IMPI, 2013. *Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI)*. [En línea]
Disponible en:
<http://siga.impi.gob.mx/#busquedas#operator=all#search=Felch%20industrias#gaceta=-1#resultados=25#skip=0#order=fechaPublicacion>
[Último acceso: 06 2013].
- INDAP, 2008. *Manual de Benchmarking / Gerencia de Clase Mundial*. [En línea]
Disponible en:
http://portal.indap.cl/component/option,com_remository/Itemid,114/func,select/id,425/
[Último acceso: 17 Septiembre 2011].
- INEGI, 2011. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. [En línea]
Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/?e=1&m=0&ind=1010000030>
[Último acceso: 16 01 2012].
- INEGI, 2013. Clases medias en México. *Boletín de investigación Núm. 256/13*, 12 Junio.p. 27.
- Infante, J. M., 2007. Anthony Giddens. Una interpretación de la globalización. *Trayectorias, vol. IX num. 23. UANL, México.*, pp. 55-66.
- Jiménez Domínguez, R. V., 2011. Tecnología, Creatividad e Innovación: el surgimiento de la Metatécnica. *Metodología de la Ciencia. Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación, A.C.*, 1(Numero Especial, Enero-Diciembre de 2011), p. 16.
- Kalenatic, D., González, L., López, C. & Arias, L., 2009. EL SISTEMA DE GESTIÓN TECNOLÓGICA COMO PARTE DEL SISTEMA LOGÍSTICO EN LA ERA DEL CONOCIMIENTO. *Pontificia Universidad Javeriana. Colombia Cuadernos de Administración*, pp. 257-286.
- Keilholz, D., 2009. *Where does the majority of e-waste originate? (segmento 5 de 10)* [Entrevista] (23 Junio 2009).
- Koninklijke Philips Electronics N.V., 2010. Guía inteligente de iluminación. *Luz con simplicidad*, p. 23.
- LedRise, 2013. *LedRise*. [En línea]
Disponible en: http://www.ledrise.com/shop_content.php?coID=17
[Último acceso: 27 Mayo 2013].
- Liu, T., Yang, F., Yu, J. & Wang, Y., 2009. Designing of LED Illuminating System and Testing Notice. *Proc. WASE International Conference on Information Engineering*, pp. 277-280.
- Lozano Aguilar, J. F., 2011. *Qué es la ética de la empresa*. España: Proteus Editorial.

- L-Prize-DOE, 2012. *Lightingprize. 60W Replacement Competition*. [En línea]
Disponible en: <http://www.lightingprize.org/60watttest.stm>
[Último acceso: 9 2012].
- Luther, L., 2010. Managing Electronic Waste: Issues with Exporting E-Waste. *CRS Report for Congress. R40850*, p. 16.
- Maggiolini, P., 2012. *Ciò che è bene per la società è bene per l'impresa. Una rivisitazione di teorie e prassi della Responsabilità Sociale d'Impresa*. Milano: FrancoAngeli.
- Martínez-Martínez, R. y otros, 2011. Luminescence properties of Ce³⁺-Dy³⁺ codoped aluminium oxide films. *Optical Materials*, 33(8), pp. 1320-1324.
- Más Basnuevo, A., 2005. Una revision de términos sobre inteligencia -en sus diferentes acepciones- y su aplicación en diferentes países (primera parte). *Ciencias Holguín/redalyc*, p. 17.
- Mayz-Vallenilla, E., 1983. Ratio Technica. *Colección Estudios*, p. 278.
- Medina, J. & Ortégón, E., 2006. *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social.
- Miranda, M., Massari, G., Santos, D. & Fellows, L., 2004. Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. *Parcerias Estratégicas*, Dezembro.Issue 19.
- Montgomery Urday, W., 2006. *Revista PsicologiaCientifica.com*, 8(12). [En línea]
Disponible en: <http://www.psicologiacientifica.com/ingenieria-comportamiento-tecnologia>
[Último acceso: 05 Octubre 2013].
- Morcillo, P., 2003. Vigilancia e Inteligencia Competitiva: Fundamentos e Implicaciones. *Madrid: Revista (Vigilancia Tecnológica)*, Junio-Julio.Issue 17.
- Nakamura, S. & Takagi, H., 1990. High-Power and High-Efficiency P-GaAlAs/N-GaAs:Si Single-Heterostructure Infrared Emitting Diodes. *Jpn. J. Appl. Phys.*, pp. 2694-2697.
- NASA-Johnson Space Center, 2011. *Image Science and Analysis Laboratory, NASA-Johnson Space Center*. [En línea]
Disponible en:
http://eol.jsc.nasa.gov/Videos/CrewEarthObservationsVideos/Videos_NorthAmerica.htm
[Último acceso: 27 11 2011].
- Nichia Corp., 2011. *Nichia, Corporate Information*. [En línea]
Disponible en: http://www.nichia.co.jp/en/about_nichia/history.html
[Último acceso: 31 05 2012].

- NOAA NGDC, 2004. *NOAA National Geophysical Data Center*. [En línea]
Disponible en: <http://sabr.ngdc.noaa.gov/ntl/>
[Último acceso: 2011].
- NOAA, 2009. *Nightlights Changes 1992 – 2009*. [En línea]
Disponible en: <http://sos.noaa.gov/datasets/Land/nightlights.html>
[Último acceso: Agosto 2011].
- NOM-001-SEDE-2005, 2006. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización).. *D.O.F.*, p. 792.
- NOM-008-SCFI-2002, 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida. *D.O.F.*, p. 60.
- NOM-024-SCFI-1998, 1999. Información comercial para empaques, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos. *D.O.F.*, p. 7
- NOM-024-SCFI-2013, 2013 Información comercial para empaques, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos. *D.O.F.*, p. 7
- NOM-028-ENER-2010, 2010. *NORMA Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.*. México D.F.: *D.O.F.*, p. 18
- NOM-030-ENER-2012, 2012. Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba. *D.O.F.*, p. 29
- NTE, 2013. *Discrete LED Indicators*. [En línea]
Disponible en: http://www.nteinc.com/Web_pgs/LED.php?a=8
[Último acceso: 27 Mayo 2013].
- Ochoa Ávila, M., Valdés Soa, M. & Quevedo Aballe, Y., 2007. *Innovación, tecnología y gestión tecnológica*. [En línea]
Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol16_4_07/aci08107.htm
[Último acceso: 21 Agosto 2011].
- Ohno, Y., 2005. Spectral design considerations for white LED. *Optical Engineering* 44(11), 111302, p. 9.
- Paniagua, E. & López, B., 2007. *Fundamentos de la gestión tecnológica del conocimiento*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Pérez P., M. & Terrón T., M., 2004. La teoría de la difusión de la innovación y su aplicación al estudio de la adopción de recursos electrónicos por los investigadores en la Universidad de Extremadura. *Revista española de Documentación Científica*, 27, 3., pp. 308-329.
- Philips, 2011. Lámparas que ahorran energía. *Alumbrado Interior*, p. 39.

- PLS, 2011. *Plan Especial de Manejo de Residuos PLS*. [En línea]
Disponible en: http://www.luzsustentable.gob.mx/downloads/Plan_de_Residuos_de_Manejo_Especial_PLS.pdf
[Último acceso: 2012].
- PLS, 2011. *Programa Luz Sustentable*. [En línea]
Disponible en: <http://www.luzsustentable.gob.mx/paginas/home.php>
[Último acceso: Mayo-Diciembre 2011].
- PNTi, 2006. *Modelo Nacional de Gestión de Tecnología*. [En línea]
Disponible en: www.pnti.org.mx
[Último acceso: 21 Agosto 2011].
- PNTi, 2011a. *Glosario de Términos*. [En línea]
Disponible en: www.pnti.org.mx
[Último acceso: 3 Septiembre 2011].
- PNTi, 2011b. Integrar un Sistema de Gestión de Tecnología, es un factor clave para su competitividad. *Fundación Premio Nacional de Tecnología*, p. 3.
- Pousset, N., 2009. CARACTERISATION DU RENDU DES COULEURS DES NOUVELLES SOURCES: LES DIODES ELECTROLUMINESCENTES. Dans: s.l.:Conservatoire national des arts et métiers.
- Pozos Ponce, F., 2004. Guadalajara: ¿en búsqueda de una nueva función urbana?. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, X(29), pp. 135-160.
- Preciado, A., 2010. *Premio Nacional de tecnología e Innovación*. [En línea]
Disponible en: www.fpnti.org.mx/boletin/Junio_2010/Pdf/Sistema_de_Gestion.pdf
[Último acceso: 09 2011].
- PROFECO, 2010. El foco evoluciona, otra vez. *Revista del Consumidor en Línea*, 9 Abril.p. 1.
- RAE, 2001. *Real Academia Española*. [En línea]
Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/?val=globalizaci%C3%B3n>
[Último acceso: 12 12 2012].
- Sagasti, F., 1976. *Methodological guidelines for the stpi project*. s.l.:s.n.
- Salgado Rodríguez, G., 2008. Claves de las bombillas ahorradoras. *UN Periódico, de la Universidad Nacional de Colombia*, Marzo, pp. 19-20.
- Santos Corral, M. J., 2003. Perspectivas y desafíos de la educación, la ciencia y la tecnología. *Colección México ante los escenarios del Nuevo Siglo*.

- SE, 2011. *Secretaría de Economía*. [En línea]
Disponible en: <http://www.economia.gob.mx/eventos-noticias/sala-de-prensa/informacion-relevante/6800-boletin260>
[Último acceso: 06 2013].
- SENER, 2010a. Secretaría de Energía. [En línea]
Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/portal/Mobil.aspx?id=1828>
[Último acceso: Junio 2011].
- SENER, 2010b. Secretaría de Energía. [En línea]
Disponible en: www.sener.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf
[Último acceso: Junio 2011].
- SENER, 2010c. Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025, México: Dirección General de Planeación Energética.
- SENER, 2012. Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026. *Secretaría de Energía*, p. 237.
- SENER, 2013. *Subsecretaría de Electricidad*. [En línea]
Disponible en: http://www.sener.gob.mx/portal/indicadores_de_cfe_y_lyfc.html
[Último acceso: Junio, Noviembre (2011) y Octubre (2013) 2011 y 2013].
- SIAMI, 2010. *Sistema de Información Arancelaria Via Internet*. [En línea]
Disponible en: <http://www.economia-snci.gob.mx>
[Último acceso: 16 Marzo 2012].
- Solleiro, J. & Castañón, R., 2008. La inteligencia tecnológica competitiva como herramienta básica de gestión tecnológica. En: *Gestión Tecnológica*. México: Plaza y Valdés, p. 405.
- SSLEC-UCSB, 2011. *Shuji Nakamura, PH.D.*. [En línea]
Disponible en: <http://sslec.ucsb.edu/nakamura/index.html>
[Último acceso: 11 Mayo 2012].
- Stahle, D., Ladner, S. & Jackson, H., 2008. *Maine Compact Fluorescent Lamp Study*, Augusta, Maine: Maine Dept. of Environmental Protection.
- Sussman, H., 2009. *VICTORIAN TECHNOLOGY, Invention, Innovation, and the Rise of the Machine.*. Santa Barbara(California): ABC CLIO, LLC..
- Time, 2009. *Going Green - E-Waste Not*. [En línea]
Disponible en: <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1870485,00.html>
[Último acceso: 14 Diciembre 2012].

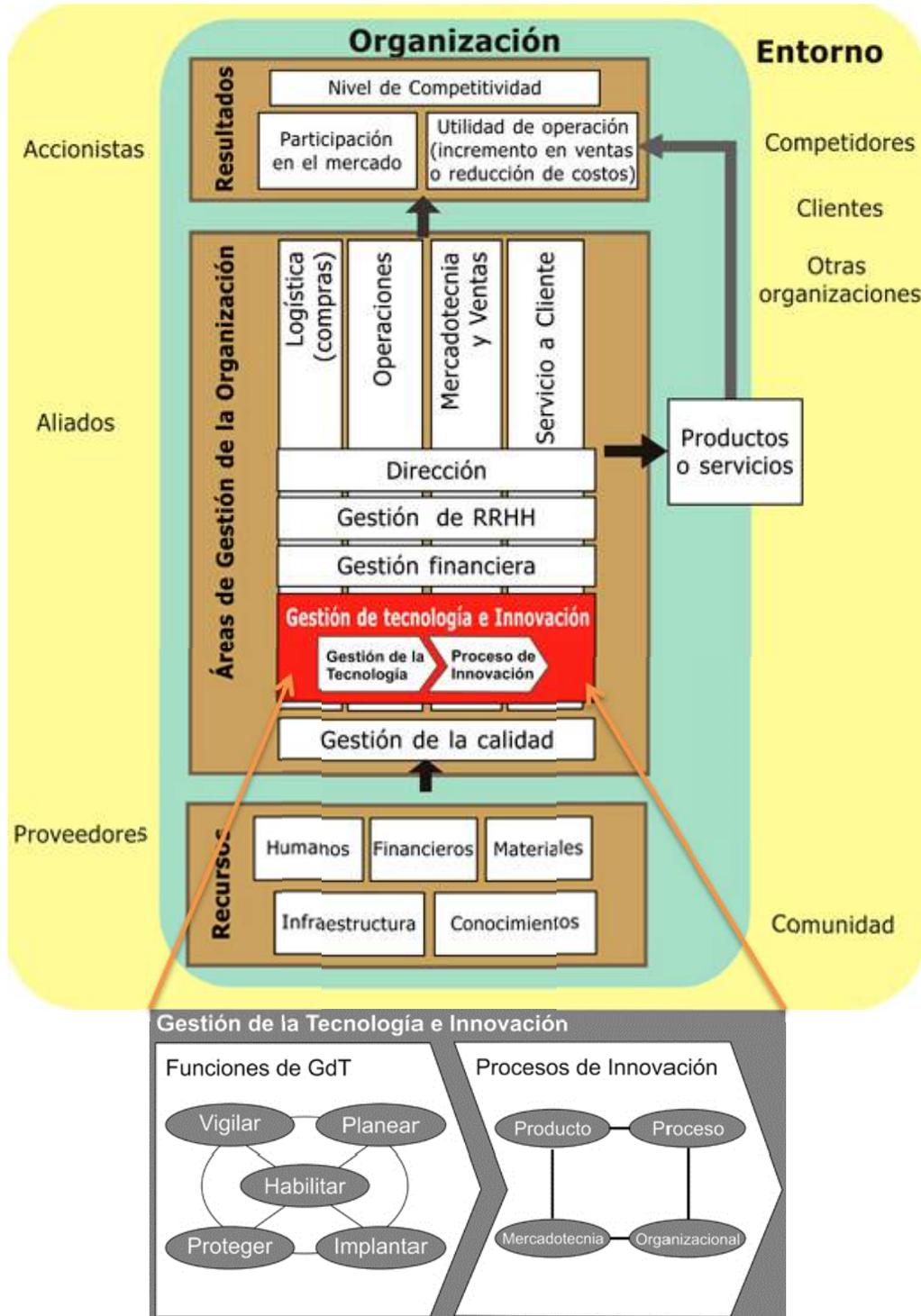
- TJT, 2002. *Court dismisses inventor's patent claim but will consider reward*. [En línea]
Disponible en: <http://www.japantimes.co.jp/text/nn20020920a2.html>
[Último acceso: 11 05 2012].
- Torontostandard, 2011. <http://www.torontostandard.com/foreign-desk>. [En línea]
Disponible en: <http://www.torontostandard.com/foreign-desk/sodom-and-gomorra-as-e-wasteland>
[Último acceso: 28 12 2012].
- UDE, 2011. *Solid-State Lighting Research and Development: Multi Year Program Plan, March 2011 (Updated May 2011)*, Washington, D.C: Bardsley Consulting, Navigant Consulting, Inc., Radcliffe Advisors, Inc., SB Consulting, and Solid State Lighting Services, Inc..
- UNC, 2008. *Universidad Nacional de Colombia*. [En línea]
Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Iluminacion/IFR.pdf>
[Último acceso: Junio 2011].
- WB5087-788/10, 2010. *Developement Business*, s.l.: s.n.
- WIPO, 2008. *World Intellectual Property Indicators - 2011 Edition*. [En línea]
Disponible en: <http://www.wipo.int/ipstats/en/wipi/index.html>
[Último acceso: 11 Abril 2012].
- World Bank, 2010. Gross national income per cápita 2010. *World Bank*.
- Zeitgeist Addendum*. 2008. [Película] Dirigido por Peter Joseph. California, EUA: Gentle Machine Productions LLC.

Otras referencias

- Dosi G., 1982. Technological paradigm and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Res. Policy*; 11:147–162
- Pérez, Carlota, 2001. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Cepal*; 75: 115-136
- Rogers, E.M., 1995. *Difussion of Innovation*. 4.a ed. Nueva York; The Free Press.
- Vitelli, G., 1982. La caótica economía del cambio tecnológico: una sistematización a partir de la selección de técnicas. *El Trimestre Económico*. México: Fondo de Cultura Económica, 645- 701, México.

Anexos

Anexo 1. Modelo Nacional de Gestión Tecnológica e Innovación en México



El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación (MNGdTi) del PNTi tiene por objeto impulsar el desarrollo de las organizaciones mexicanas, para direccionarlas a niveles competitivos internacionales mediante una gestión de tecnología explícita, sostenida y sistemática.

El Modelo del Premio Nacional de Tecnología ha cumplido diez años de vigencia y ha madurado incorporando experiencias y conocimientos provenientes de su operación, de las organizaciones participantes, de su Grupo Evaluador, de líderes de opinión y de expertos en gestión de tecnología nacionales e internacionales.

En su *estructura* el MNGdTi consta de cinco funciones que son: vigilar, planear, habilitar, proteger e implantar; se muestran de manera simplificada, e interrelacionada.

En su Descripción, el MNGdTi se compone de una serie de funciones y procesos de gestión de tecnología que integran las actividades que sobre la materia se realizan en una organización comprometida con el desarrollo y la innovación tecnológica. Incluye también las actividades y procesos que despliega la organización para integrar su sistema de gestión y los resultados que la gestión de tecnología aporta a la organización.

Evoca a que como en todo trabajo administrativo o gerencial que se realiza dentro de una organización, los procesos, actividades o tareas de gestión de tecnología pueden agruparse, dado su naturaleza similar, en funciones que faciliten su organización y coordinación. Estas funciones de gestión de tecnología agrupan procesos o actividades similares que se realizan en una organización para el logro de un fin común. Su agrupación permite hacer más eficiente su gestión.

Sostiene que cuando las actividades de gestión de tecnología se realizan de forma secuencial, sistemática, tienen objetivos y metas claras, y muestran cómo las cosas cambian en el tiempo, constituyen la base de un proceso de gestión de tecnología.

De esta forma, el PNTi es el máximo reconocimiento que, en cada edición anual, reciben las organizaciones ganadoras. Ya que su *misión* se orienta a apoyar el desarrollo

empresarial y de otras organizaciones, mediante el reconocimiento, promoción y estímulo de procesos exitosos de *gestión de tecnología e innovación* (GTi).

Entre sus objetivos se cuentan los siguientes:

- Promover que las organizaciones se sirvan mejor de la tecnología para ser competitivos, generando valor de forma socialmente responsable.
- Reconocer organizaciones que, apoyadas en sus modelos y procesos de gestión de tecnología, desarrollen e innoven tecnología.
- Identificar modelos y procesos de gestión de tecnología exitosos en México para su difusión.
- Ofrecer un Modelo de Gestión de Tecnología que sirva de referencia para que las organizaciones se comparen y mejoren sus procesos.
- Atraer organizaciones que no hacen tecnología hoy, para que incorporen procesos de gestión de tecnología e innovación.

Otros anexos

Listado de mediciones de temperatura y tensión desarrolladas en una LFC casera

Mediante una prueba personal, como antecedente que impulsó el interés en desarrollar el presente trabajo de investigación, el autor ejecutó un experimento de monitoreo sobre el comportamiento de tensión eléctrica y temperatura en un dispositivo de iluminación doméstico tipo LFC, se reportan las mediciones en la Tabla 19, cabe mencionar que este experimento inicial ha encontrado un complemento final en el estudio de Calidad de la Energía de (Dolara & Leva, 2012), que fue posible conocer gracias al semestre de movilidad académica durante el tercer semestre del programa.

Tabla 19 - Prueba para identificar variables relacionadas en una LFC: Tensión y Temperatura.

Tiempo de la lectura	Temperatura base del bulbo (°C)	Tensión (Volts de C.A.)
18:47*	75	126.5
18:58	76	126.8
18:59	80	126.8
19:00	81	126.5
19:01	83	126.8
19:02	83	126.3
19:20	88	123.9
19:24	87	123.9
19:28	88	124.5
19:34	86	120.6
19:38	86	119.5
19:41	85	123.0
19:48	86	123.0
20:04	85	123.0
20:10	85	123.0
20:14	85	119.6
20:17	84	120.6
20:23	84	121.0
20:30	84	120.0
Promedio	83.74	123.44

*5 min. Después de encendido

Especificaciones de la LFC utilizada: Potencia: 15watts, Eficiencia luminica (60w) lm/m2, marca: Great value. Método de medición: multímetro de gancho con puerto para termopar tipo K. Fecha de prueba: Junio 2011

Fuente: Elaboración propia. 28 de Julio, 2011

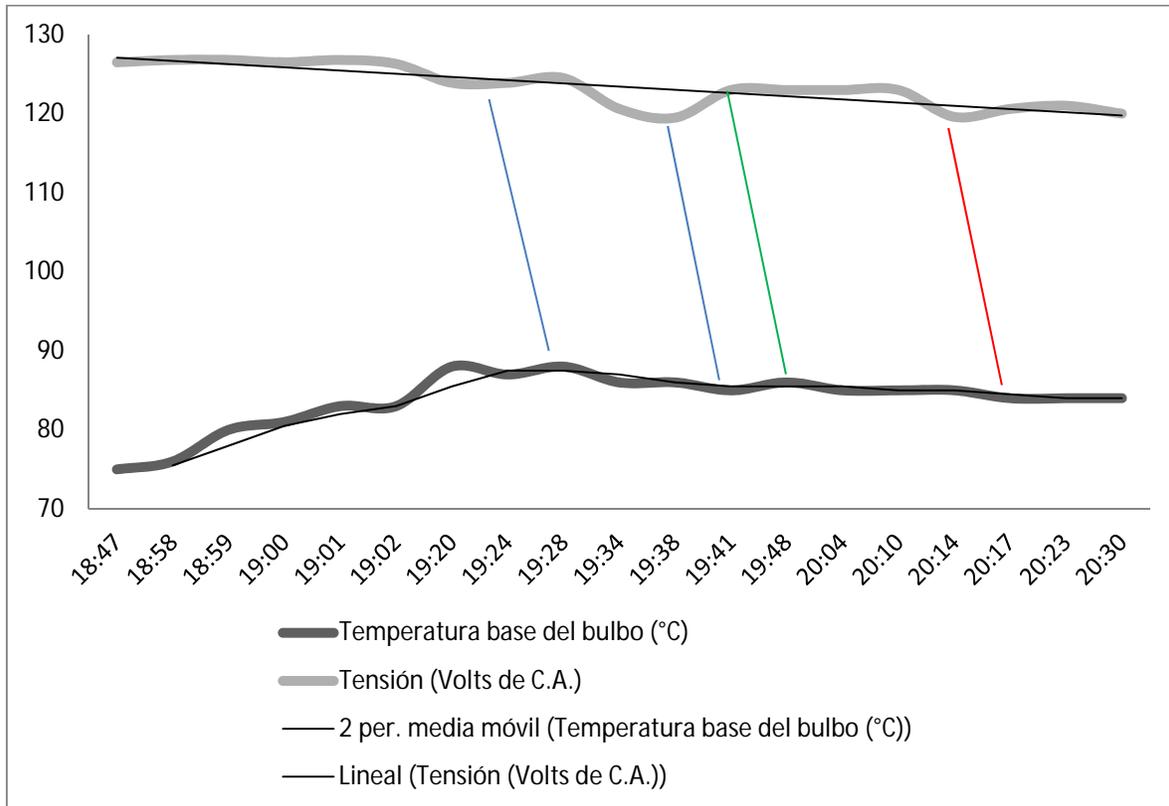


Figura 32 - Grafico de tendencias entre Tensión y Temperatura en la base del bulbo de una LFC

Fuente: Elaboración propia, Julio 2011

Como breve interpretación, de este experimento se infirió que después del tiempo de estabilidad de la Temperatura de la LFC (indicadas de izquierda a derecha con las dos primera líneas -azules-), si existe una variación en la tensión de alimentación de la LFC se notará una respuesta similar de la Temperatura en un breve tiempo posterior debido a que la temperatura es una variable de respuesta lenta, sin embargo al graficar las lectura tomadas durante un tiempo de uso normal (en este caso cerca de dos horas de operación continua), es posible seguir el comportamiento de dichas variaciones, encontrando que sí representan una afectación directa sobre el rendimiento y posible daño del dispositivo en caso de desarrollarse variaciones significativas de tensión (dos últimas líneas, verde y roja). Lo cual, si la red eléctrica inyecta variaciones demasiado agresivas, incluyendo eventos de "fallas con afectaciones" por parte del sistema de suministro, lo cual se vería reflejado en la posibilidad de grandes oscilaciones tanto en los valores de tensión nominal como en los ciclos de corte y restablecimiento del servicio, la vida útil del dispositivo se verá directamente afectado incluso con el riesgo de falla total prematura.

Matriz de la lámpara ideal vs tecnologías utilizadas en iluminación doméstica

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> incandescente & i +halógena </div>	LFCA & LED	Baja-med eficiencia Temp $\approx 90^{\circ}\text{C}$	CRI = 100	Sin electrónica significativa	Corta duración
		Mediana eficiencia Temp $\sim 50^{\circ}$	CTT $\sim 3000\text{K}$	Dimmable	Mediana duración
		Media o Mucha Electrónica	Long. Onda única [Sin emisiones UV]	Muy alta eficiencia Temp $\leq 20^{\circ}\text{C}$	Muy larga duración
LED		LFCA	<div style="border: 1px solid black; background-color: #c8e6c9; padding: 5px; display: inline-block;"> Lámpara ideal </div>		

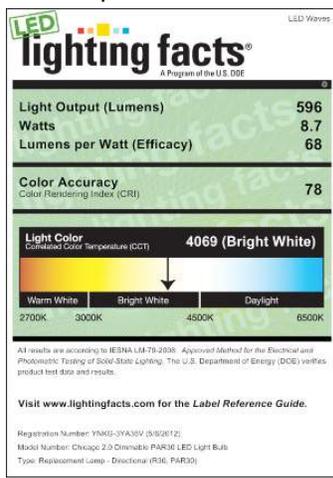
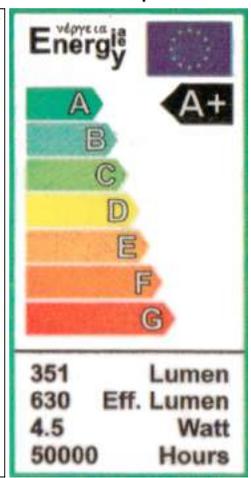
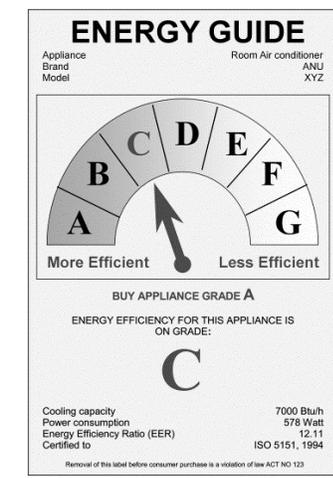
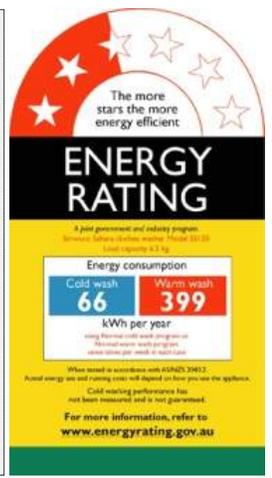
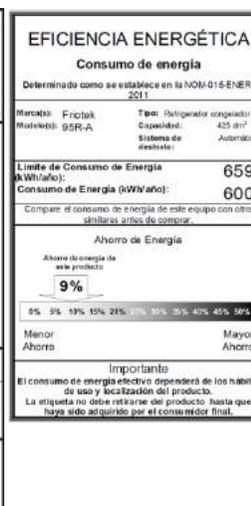
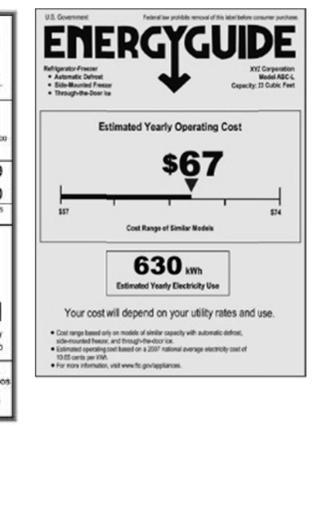
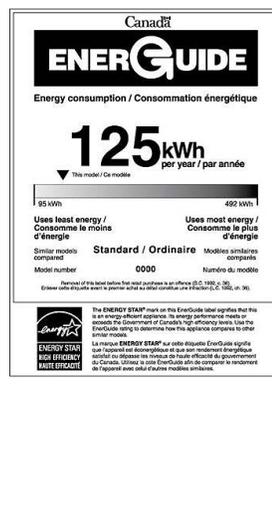
Figura 33 - Lámpara ideal vs tecnologías utilizadas en iluminación doméstica

Fuente: Elaboración propia en base a las conclusiones generales (para el contexto Mexicano)

La matriz de la Figura 33 se elaboró en base a los hallazgos y conclusiones del presente trabajo de investigación, donde se infiere la caracterización de una Lámpara ideal mediante una serie de particularidades intrínsecas, que aún no es posible encontrar en su totalidad en ninguna de las tres generaciones de dispositivos de iluminación doméstica expuestos en el capítulo 2, sin embargo es curioso notar que tanto la tecnología menos eficiente (incandescente) como la tecnología más eficiente y de frontera (LED), son las únicas que convergen en ciertas características que envolverían a una tecnología ideal, y sobresalen dos principales, otorgar un CRI de 100% y que el dispositivo sea capaz de funcionar sin precisar de un balastro electrónico o en su defectos con un balastro cuya cantidad de electrónica contenida sea muy poco significativa. Todo parece indicar que este escenario sería factible de alcanzarse con la incursión de la nanotecnología y los puntos cuánticos ya que de la revisión de información comercial, empresas como la Panasonic han comenzado a producir prototipos y algunos productos (aun con baja eficiencia lumínica en lm/watt) con una premonición de lo que sería un filamento similar al que utilizan las lámparas incandescentes pero esta vez hecho a base de nano-diodos, lo cual adicionalmente a lo encontrado en el análisis bibliométricos de los últimos años donde los esfuerzos científicos se han enfocado cada vez más en los aspectos de estabilidad térmica para los diodos electroluminiscentes, la difusa estampa de la lámpara ideal se devela cada vez más y es posible que dentro de pocos años se vean reflejados en productos comercialmente atractivos para que las familias mexicanas y la red eléctrica nacional se vean mutuamente beneficiadas de forma sólida a través de un cambio tecnológico con aires retro en la imagen de un verdadero "foco LED".

Etiquetas de eficiencia energética de otros países.

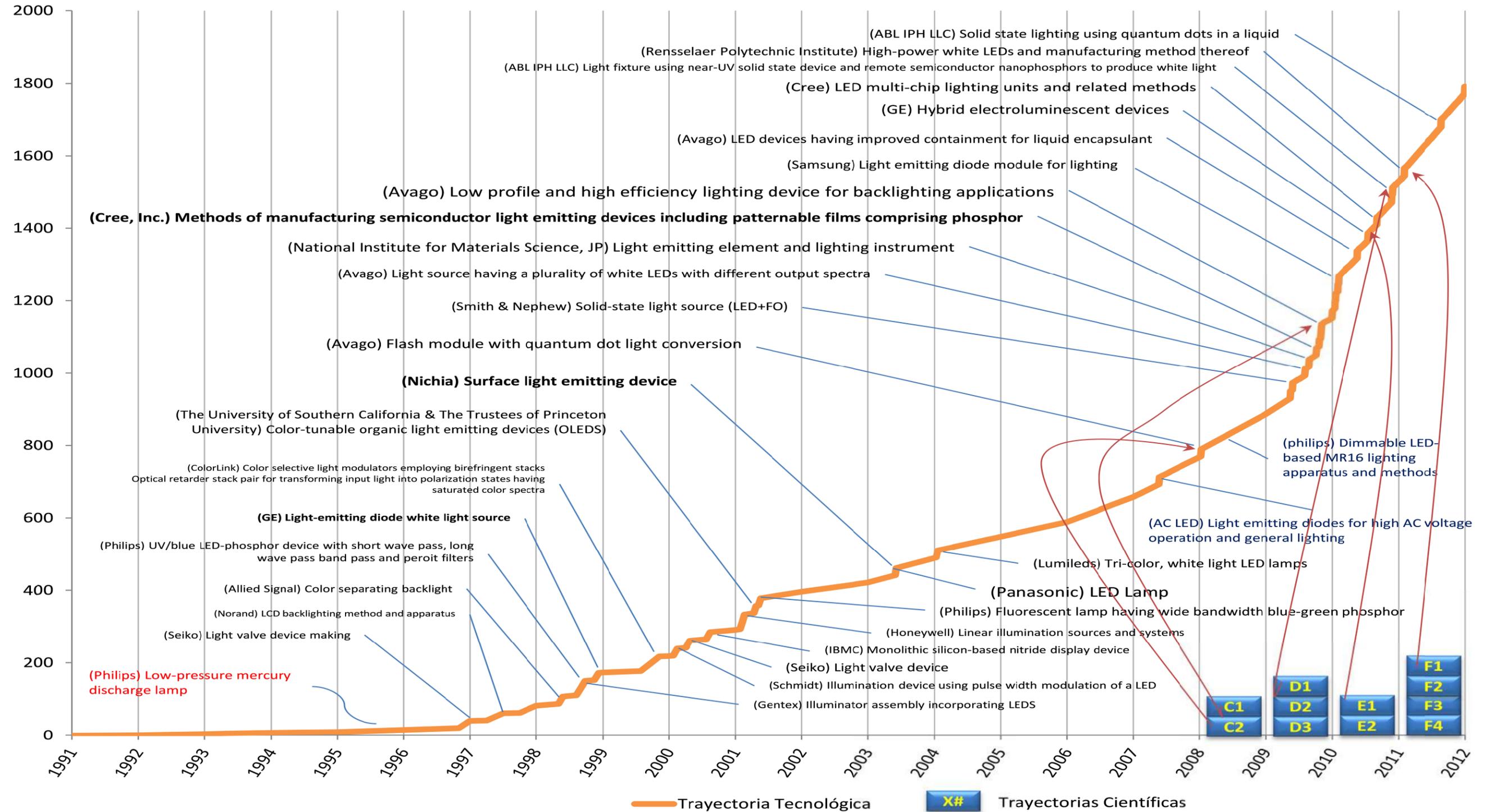
Se muestran algunos ejemplos de etiquetas de identificación para clasificación de la eficacia energética según el tipo de dispositivos, donde algunos países consideran casos especiales para iluminación LED como EUA y Europa, donde incluyen información sobre eficacia luminosa, color y CCT en unidades K, vida útil y consumo neto en watts.

<p>EUA para focos LED</p> 	<p>Europa</p> 	<p>Malasia</p> 	<p>Australia</p> 
<p>Chile</p> 	<p>México</p> 	<p>EUA</p> 	<p>Canadá</p> 

Fuente: Google, buscador de imágenes con base a la estrategia "energy efficiency label"

Es destacable que para los casos de México, Estados Unidos y Canadá existe la 'Normalización y etiquetado de eficiencia energética en América del Norte', por lo que aunque la tendencia global se esté adecuando al formato europeo mediante colores y código alfabético (incluso en América del sur), el cual resulta más amigable y es de consulta rápida para los usuarios finales, una armonización por buscar un etiquetado más práctico en cuestiones de eficiencia energética se vuelve rígida para México, que en el caso de iluminación a base LED podría optar por una etiqueta por separado y específica, como ya lo empieza a hacer EUA (etiqueta superior izquierda), en la cual se incluyen todos los aspectos técnicos relevantes para tales dispositivos, lo que fomentaría una cultura tecnológica muy pertinente en México.

Mapa Tecnológico para Iluminación LED en general, 1991-2012



Fuente: (Arroyo et al. 2012), en base a bases de datos USPTO y Scopus-spotlight.

