



Alumbrado Público de Guatemala

Alternativas para el Ahorro y la Eficiencia Energética

Departamento de Eficiencia Energética
División de Proyectos Estratégicos
Comisión Nacional de Energía Eléctrica

Tabla de Contenido

1. Inventario del parque de lámparas-luminarias	4
a. Tecnologías del Parque de lámparas de AP	4
b. Composición del parque de tecnologías de Alumbrado Público	5
2. Demanda y Consumo de Electricidad de las lámparas ineficientes de Vapor de Mercurio de 175 W	7
3. Alternativas Tecnológicas de Alta Eficiencia para AP	8
Características y Ventajas de alternativas Propuestas para Sustitución	8
4. Beneficios Energéticos y Económicos por Sustitución Tecnológica del AP	10
Dimensionamiento de Ahorros	10
a. Ahorros Eléctricos	10
b. Ahorros Económicos	13
5. Costo de Alternativas Tecnológicas para Alumbrado Público	14
i. Inversión unitaria por Sustitución de lámpara-luminaria VS 100 W Convencional	14
ii. Inversión unitaria por Sustitución de lámpara-luminaria de VS 100 W HE	14
6. Dimensionamiento de Inversiones	14
a. Luminaria tipo Cobra con lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W Convencional	14
b. Luminaria tipo Cobra con lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W de Alta Eficiencia	15
7. Recuperación de la Inversión en Sustitución de AP	15
8. Conclusiones	16
9. Recomendaciones	17

TABLAS

Tabla 1: Cantidad de lámparas por Distribuidora de Electricidad	5
Tabla 2: Composición del Relativa del Parque de Alumbrado Público	5
Tabla 3: Demanda y Consumo del Vapor de Mercurio de 175 W por Distribuidora de Electricidad	7
Tabla 4: Consumo y demanda eléctrica por utilización de AP de Vapor de Sodio convencional de 100 W	10
Tabla 5: Ahorros Energéticos por sustitución VM 175 W por VS 100 W Convencional	10
Tabla 6: Consumo y demanda eléctrica por utilización de AP de Vapor de Sodio de Alta Eficiencia en vez de Vapor de Mercurio de 175 W	11
Tabla 7: Ahorros Energéticos por sustitución VM 175 W por VS 100 W de Alta Eficiencia	11
Tabla 8: Ahorros energéticos comparativos por Tecnologías de Alta Eficiencia de AP Propuestas	13

Tabla 9: Comparación de Precios Lámpara-Luminaria VS 100 W Convencional –Cobra Head-	14
Tabla 10: Comparación de Precios Lámpara-Luminaria VS 100 W High Efficiency –Cobra Head-	14
Tabla 11: Inversión por sustitución VM 175 W por VS 100 W Convencional	14
Tabla 12: Inversión por sustitución VM 175 W por VS 100 W Convencional	15
Tabla 13: RSI para sustituir VM 175 W por VS 100 W Convencional	15
Tabla 14: RSI para sustituir VM 175 W por VS 100 W Alta Eficiencia	16

ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Iluminación con lámpara NEMA HEAD -Canasta-	6
Ilustración 2: Iluminación con lámpara COBRA HEAD -Cobra-	7

GRÁFICAS

Gráfica 1: Parque de AP por tecnología/distribuidora de electricidad	6
Gráfica 2: Comparación de Beneficios Energéticos Alternativas de Alta Eficiencia Energética en AP	12
Gráfica 3: Ahorros equivalentes a Consumo casas de 3,600 kWh/año	13

CUADROS

Cuadro 1: Comparación de Ahorros Globales por Sustitución Tecnológica	12
---	----

Análisis actualizado de la propuesta para sustitución del Alumbrado Público para las EEGSA y ENERGUATE (DEOCSA y DEORSA) actual por tecnología de Alta Eficiencia

El siguiente informe pretende aportar y actualizar la información, así como las ventajas técnicas y económicas de la propuesta para la sustitución tecnológica por elementos de alta eficiencia energética de las instalaciones de Alumbrado Público en los municipios de la República de Guatemala.

Se han realizado avances en la investigación de alternativas de alta eficiencia, siendo hasta el momento el vapor sodio de alta presión la ruta recomendada, además de la más utilizada en la actualidad en ciudades y países con regulación al respecto de Alumbrado Público o con programas de eficiencia energética (e.g. México, Chile), por los fabricantes de marcas reconocidas y cuyas inversiones en investigación y desarrollo hacen posible que sea ésta –actualmente- la que recibido mayor aceptación en su uso diseminado en toda instalación que cumpla con los propósitos para la prestación del servicio de iluminar las vías públicas cuando se reduce la presencia solar. Asimismo, considerando positivas relaciones costo/beneficio.

1. Inventario del parque de lámparas-luminarias

El inventario se basa en la información proporcionada por la División de Regulación de Calidad de CNEE, y cuya fuente son las bases de datos aportadas por las empresas distribuidoras en la cuantificación del sistema de alumbrado público de las comunas, de sino todas será la gran mayoría, de la República de Guatemala.¹

a. Tecnologías del Parque de lámparas de AP

La nomenclatura a las tablas y tecnologías a tratar en el presente documento se muestran a continuación:

1. de VM 175 W: Vapor de Mercurio de Alta Presión con bombillas de potencia de 175 W. Esta tecnología de vapor de mercurio está catalogada como una de las menos eficientes (desde el punto de vista de la eficiencia energética) en su aplicación para Alumbrado Público. Además, países se ha prohibido para su uso en instalaciones de AP². Su alto consumo energético y su alto contenido de mercurio las hace candidatas potenciales para sustituirse por tecnologías de menor consumo, reducido impacto ecológico (por bajo contenido de mercurio), mayor desarrollo tecnológico y mejor aplicación en AP.
2. de VS 100 W: Vapor de Sodio de Alta Presión con bombillas de potencia de 100 W. Esta ha sido la elección de países preocupados por el consumo y demanda de electricidad, dado las necesidades de AP y otras características tales como:

¹ La CNEE dispone de información de las distribuidoras: EEGSA, DEOCSA y DEORSA únicamente.

² Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP. Colombia. Sección 310.6, inciso c).

su alta eficacia luminosa y sus relativamente cortos períodos para retornos de inversión en relación a tecnologías emergentes e innovadoras. Se encuentra tanto en tecnologías convencionales como de alta eficiencia; aunque ambas se consideran de Alta Eficacia. La diferencia entre una y otra radica principalmente en: a) la reducción relativa de pérdidas en la de alta eficiencia, b) el incremento de la vida útil en un 50% en la de alta eficiencia, y c) un ligero pero no poco importante mejoramiento índice de reproducción de colores –CRI o IRC por sus siglas en inglés-; todas las anteriores comparadas con respecto a la tecnología convencional.

3. Otras: todas las tecnologías y potencias diferentes a las dos anteriores, y que se contabilizan por las distribuidoras por instrucciones de las Municipalidades como de uso y aplicación en Alumbrado Público. Entre estas se encuentran lámparas de Sodio y Mercurio de distintas potencias a las indicadas previamente, Haluros o Aditivos Metálicos, lámparas Incandescentes, lámparas de Inducción, lámparas fluorescentes, lámparas LED, y hasta las recientemente utilizadas lámparas fluorescentes compactas autobalastadas –LFC- en AP.

b. Composición del parque de tecnologías de Alumbrado Público

El parque de tecnologías y potencias se compone de las siguientes tecnologías de Alumbrado Público, a saber:

Tabla 1: Cantidad de lámparas por Distribuidora de Electricidad

DISTRIBUIDORA	VM 175 W	VM 250 W	WM 400 W	VS 100 W	VS 150 W	VS 250 W	VS 400 W	OTROS	PDFACTURAR	TOT LÁMPARAS
EEGSA	67,164			60,156	1,042	24,071	13,467	3,933		169,833
DEOCSA	137,364	906	797	2,677		24	876	7,195	404,228	149,839
DEORSA	97,572	681	358	5,829		528	818	14,471	369,051	120,257
TOTAL	302,100	1,587	1,155	68,662	1,042	24,623	15,161	25,599	773,279	439,929

Fuente: Inventario Enero 2012, EEGSA, DEOCSA y DEORSA; División de Regulación de Calidad, CNEE³

La anterior muestra cifras totales. Éstas se han convertido a unidades relativas para observar la existencia e impacto de la tecnología VM 175 W –de muy baja eficiencia- en cada una de las instalaciones de las empresas distribuidoras, tal y como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 2: Composición del Relativa del Parque de Alumbrado Público

DISTRIBUIDORA	VM 175 W	VS 100 W	OTROS	TOT LÁMPARAS
EEGSA	39.5%	35.4%	25.0%	100.0%
DEOCSA	91.7%	1.8%	6.5%	100.0%
DEORSA	81.1%	4.8%	14.0%	100.0%

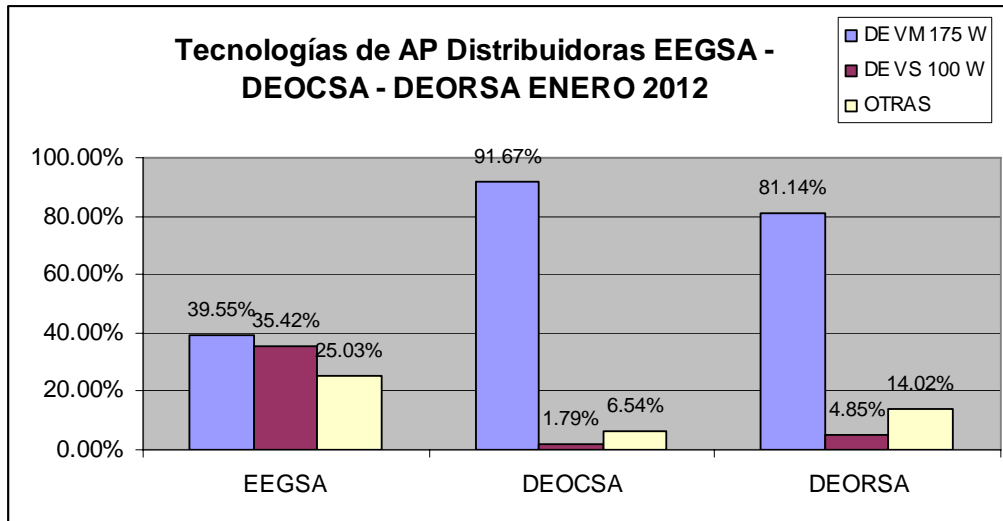
Fuente: Inventario Enero 2012, EEGSA, DEOCSA y DEORSA; División de Regulación de Calidad, CNEE

La tabla anterior arroja una composición de tecnologías en AP, siendo la mayoritariamente utilizada la de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 175 Watt –W-

³ PDFACTURAR corresponde a Potencia Dejada de Facturar. Potencia que se traduce a energía y luego a unidades monetarias, resultando en un cargo realizado por la distribuidora por desconocer la fecha de adición de lámparas realizado por la Municipalidad –propietaria y prestataria del servicio de AP- desde el último censo o cuantificación del parque de lámparas-luminarias

en las instalaciones de ENERGUATE -del orden del 92% en DEOCSA y de un 81 % en DEORSA-. Asimismo, para EEGSA resulta del orden de un 40%, aunque aplica extensivamente también Vapor de Sodio de 100 W en una relación con respecto a su totalidad de unidades de un 35 %. Asimismo, y derivado de observar las infraestructuras en AP, la lámpara principalmente instalada en las redes de EEGSA es Tipo Cobra, mientras que en las redes de ENERGUATE es Tipo Canasta.

Gráfica 1: Parque de AP por tecnología/distribuidora de electricidad



Fuente: Inventario Enero 2012, EEGSA, DEOCSA y DEORSA; División de Regulación de Calidad, CNEE

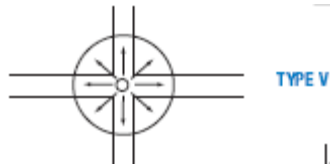
Resulta importante señalar que hay diferencia entre lámpara y luminaria, a saber:

Lámpara: Todo dispositivo que en su conjunto o individualmente producen la conversión de energía eléctrica en luz (e.g. balastro, bombilla, arrancador, ignitor, etc.)

Luminaria: Todo dispositivo físico que protege la lámpara, distribuye el flujo luminoso producido por la lámpara, contiene los medios para su fijación y el o los medios de control para la operación de la lámpara (e.g. casing o cuerpo, difusor, refractor, interruptor –en AP para Guatemala se utilizan fotoceldas que son interruptores accionados por el nivel de iluminación existente-, etc).

En las instalaciones de ENERGUATE las luminarias colocadas por las municipalidades son principalmente del tipo Canasta, y cuya fotometría es de la clasificación Tipo V – produce una esfera de iluminación alrededor de la luminaria-. La Tipo V está diseñada para aplicación y montaje a una altura no mayor a los 3 metros del nivel del suelo, por lo que se sugiere su sustitución por un conjunto lámpara - luminaria de alta eficiencia y que aporte la fotometría acorde a las necesidades de las vialidades, es decir la Tipo III – la cual posee características en el conjunto difusor-refractor que forman una diseminación de la iluminación principalmente hacia los lados y limitada hacia enfrente y atrás de la luminaria.

Ilustración 1: Iluminación con lámpara NEMA HEAD -Canasta-



Fuente: Streetworks Outdoor Catalog by Cooper Lighting Divisions

La curva anterior muestra que la aplicación es principalmente para cruces donde se requiere iluminación omnidireccional, pero para una altura de montaje no mayor a 3 metros –diseñada para uso en seguridad-. La limitada diseminación del flujo aunada a las distancias interpostales –distancia entre postes- crea regiones oscuras –normalmente denominado efecto zebra-.

Ilustración 2: Iluminación con lámpara COBRA HEAD -Cobra-



Fuente: Streetworks Outdoor Catalog by Cooper Lighting Divisions

La ilustración anterior muestra lo que consigue una luminaria que aporta la fotometría Tipo III. Su principal propósito y objeto es mantener la distribución de la iluminación principalmente a los lados –sobre la vía-, y toma en consideración la distancia interpostal (que se puede prudentemente asumir con un promedio de 50 metros de separación entre postes para Guatemala), y sin invadir con luz en grado extremo las viviendas a uno y otro lado de la calle (iluminación indeseada e innecesaria), no obstante es de utilidad para el tránsito y considerando además el tránsito peatonal en aceras.

2. Demanda y Consumo de Electricidad de las lámparas ineficientes de Vapor de Mercurio de 175 W

Como un proceso de gestión energética en AP, resulta importante y como punto de partida el cuantificar energéticamente las lámparas instaladas, es decir su demanda de potencia y consumo de energía eléctrica, y su participación o aporte en el total de la demanda y consumo de electricidad del Sistema Nacional Interconectado de la República de Guatemala.

Tabla 3: Demanda y Consumo del Vapor de Mercurio de 175 W por Distribuidora de Electricidad

DISTRIBUIDORA	CANTIDAD	POTENCIA -kW-	Total -kW-	Tiempo -h/año-	Consumo -kWh/año-
EEGSA	67,164	0.2	13,433	4380	58,835,664
DEOCSA	137,364	0.2	27,473	4380	120,330,864
DEORSA	97,572	0.2	19,514	4380	85,473,072
TOTAL	302,100		60,420		264,639,600

Fuente: Propia con datos de potencia del Fideicomiso para el Ahorro de Electricidad de México (FIDE)

El valor de potencia –de 200 W o 0.2 kW- utilizado previamente es la demanda de potencia que se consideran solicitan todos los elementos que componen la lámpara, es decir: bombillo, balastro, arrancador, etc, para la lámpara de VM 175 W.

El consumo de energía eléctrica en AP, por la tecnología de VM de 175 W, es de 264.64 GWh/año⁴, lo que con respecto al total de energía del SNI de Guatemala para el año 2011 fue de un total de 3.68 % de la energía total⁵. La potencia resulta de 60.4 MW aproximadamente. Es importante aclarar que para el cálculo anterior no se tomaron en cuenta las lámparas-luminarias de las Empresas Eléctricas Municipales, no obstante el total de la energía consumida en el año 2011 les incluye en relación al consumo de todos los suministros eléctricos de los municipios de la toda Guatemala.

3. Alternativas Tecnológicas de Alta Eficiencia para AP

Las alternativas que se han evaluado para la sustitución de conjuntos de lámpara-luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 175 W NEMA HEAD –Conocida también como Canasta-, son por luminarias del tipo Cobra Head y con lámparas de las tecnologías:

- a) Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W Convencional
- b) Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W Alta Eficiencia (High Efficiency –HE-)

Características y Ventajas de alternativas Propuestas para Sustitución

- a. Lámpara-luminaria COBRA HEAD con lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W -**Convencional**-

- i. Características

- 1. El luminario posee fotometría Tipo III.
 - 2. La tecnología de Vapor de Sodio por su tonalidad amarilla consigue mayor penetración en las regiones oscuras que la luz blanca
 - 3. Posee mayor penetración en la oscuridad que la luz blanca
 - 4. Posee una vida útil de 24,000 horas, igual que el mercurio de 175.
 - 5. Posee un Índice de Reproducción de Colores –IRC- del 25%, mientras que el Vapor Mercurio posee un IRC de 50%. Este índice aporta idea de la calidad con la que se reproducen los colores.
 - 6. El VSAP posee pérdidas porcentuales mayores que la tecnología de VM 175 W -de 12.5 %-, y que es de un 40%, pero que se compensa ampliamente con una mayor eficacia luminosa ($>>lm/W$)–mayor o igual flujo luminoso con menor potencia-

- ii. Ventajas

- 1. La luminaria con fotometría III realiza una iluminación apropiada para vialidades y considera las distancias interpostales.

⁴ Equivalente a 73,511 casas con un consumo mensual promedio de 300 kWh/mes, o 3,600 kWh/año.

⁵ El consumo, según datos de la División de Mercado Eléctrico de CNEE, del año 2011 por electricidad fue de 7,556.25 GWh.

2. La distribución del flujo luminoso permita eliminar o reducir las zonas oscuras por la ubicación interpostal –efecto zebra-
 3. Luminario creado con mejores condiciones de protección interna y externa. Lo anterior aporta una probabilidad de mayor vida útil para la lámpara.
 4. La lámpara emite un flujo luminoso ligeramente superior a la tecnología de Vapor de Mercurio de 175 W (8,600 lúmenes –lm-), es decir de 9,500 lm.
 5. La eficacia luminosa del VSAP es de 95 lm/W, mientras que la de Mercurio es de 49.1 lm/W.
 6. Posee un decaimiento luminoso del 90 % al llegar a la totalidad de su vida útil (cuando se han dañado al menos el 50% del lote de lámparas o bombillas).
- b. Lámpara-luminaria COBRA HEAD con lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W –**de Alta Eficiencia Energética**–
- i. Características
 1. La tecnología de Vapor de Sodio por su tonalidad amarilla, es decir una temperatura de color de 2,000 K - mejoramiento de la tecnología de alta eficiencia –
 2. Posee mayor penetración en la oscuridad que la luz blanca
 3. Posee una vida útil de 36,000 horas, mientras que la de mercurio de 175 W resulta de 24,000 horas.
 4. Posee un IRC mejorada de 30, mientras que el Vapor de Sodio Convencional es de 22.
 5. Un flujo luminoso de 10,700 lm
 6. La tecnología de VSAP de Alta Eficiencia posee pérdidas porcentuales muy similares que la tecnología de Vapor de Mercurio de 175 W (de alrededor de 12.5 %), y que resulta de alrededor de un 15 %.
 - ii. Ventajas
 1. La luminaria posee una distribución del flujo luminoso de tal forma que permita eliminar o reducir las zonas oscuras por la colocación interpostales.
 2. Luminario se ha creado con mejores condiciones de protección interna (hermeticidad) y de protección mecánica (IK). Aporta mayor probabilidad de conseguir la vida útil esperada de la lámpara.
 3. Posee un flujo luminoso muy similar a la tecnología de Vapor de Mercurio de 175 W, es decir de 9,000 lm.
 4. La eficiencia luminosa del VSAP de Alta Eficiencia es de 90 lm/W, mientras que la de mercurio es de 49.1 lm/W.
 5. Posee un decaimiento luminoso del 90 % al llegar al 100% de su vida útil.
-

4. Beneficios Energéticos y Económicos por Sustitución Tecnológica del AP

Dimensionamiento de Ahorros

Los ahorros calculados a continuación son debido a la reducción de la potencia de los conjunto lámpara-luminaria, de sustituir los conjuntos de Mercurio de 175 W por Sodio, tanto por tecnología Convencional como de Alta Eficiencia. Las alternativas sugeridas se componen de dispositivos de mayor eficiencia –eficacia luminosa- han reducido su demanda eléctrica (de potencia), conseguido un flujo luminoso - similar o mejor-, y mayor distribución de éste.

a. Ahorros Eléctricos

Los primeros beneficios que se pueden mencionar, y que para muchos son de los más importantes, es el impacto que inicialmente se tendría en el consumo a nivel nacional de sustituir todo el parque de AP por tecnologías más eficientes, lo que pudiese traducirse en beneficios para la población en el mediano plazo –tras pagarse con los ahorros los costos de inversión- y que pueda ver reducido su gasto por el cargo de AP que aplica en la factura mensual de electricidad la distribuidora a solicitud de la Municipalidad (propietaria de los elementos de AP y prestataria de tal servicio).

i. Sustitución VM 175 por VS 100 W Convencional

Las siguientes muestran el consumo proyecto en el escenario que tal sustitución se diera, que es el reemplazar la tecnología de VM de 175 W por VS de 100 W Convencional.

Tabla 4: Consumo y demanda eléctrica por utilización de AP de Vapor de Sodio convencional de 100 W

DISTRIBUIDORA	Sustituto	CANTIDAD	POTENCIA -kW-	Total -kW-	Tiempo -h/año-	Consumo -kWh/año-
EEGSA	VS 100 W Conv	67164	0.138	9,269	4380	40,596,608
DEOCSA	VS 100 W Conv	137,364	0.138	18,956	4380	83,028,296
DEORSA	VS 100 W Conv	97,572	0.138	13,465	4380	58,976,420
TOTAL		302,100		41,690		182,601,324

Fuente: Propia, con información técnica de fabricante de lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W Convencional

El cálculo anterior muestra que comparativamente el escenario de sustituir toda la tecnología de modificar la existencia de AP en conjuntos de VM de 175 W por VS 100 W de tecnología Convencional, se reduce la potencia a 41.69 MW (reducción de 31 % comparativamente a la tecnología de VM 175 W) y una reducción en la energía a 162.60 GWh/año (reducción de 31 % comparativamente).

De ocurrir la sustitución del parque actual de AP de VM 175 W, los beneficios energéticos se estiman en la siguiente tabla:

Tabla 5: Ahorros Energéticos por sustitución VM 175 W por VS 100 W Convencional

Distribuidora	MW/m VM 175 W	GWh/año VM 175 W	MW/m VS 100 W	GWh/año VS 100 W	Ahorro MW/m	Ahorro GWh/año	% Ahorro
EEGSA	13.43	58.84	9.27	40.60	4.16	18.24	31.0%
DEOCSA	27.47	120.33	18.96	83.03	8.52	37.30	31.0%
DEORSA	19.51	85.47	13.47	58.98	6.05	26.50	31.0%
TOTAL					18.73	82.04	

Fuente: Propia

La sustitución por tecnología de Vapor de Mercurio de 175 W por Vapor de Sodio de 100 W Convencional resulta en un ahorro de poco más de 18 GWh/año (gigavatio-hora por año) para EEGSA, de unos 37 GWh/año para DEOCSA, y de 26.5 GWh/año para DEORSA.

Los ahorros totales por la sustitución de los conjuntos de VM 175 W por VS 100 W convencional resulta para las tres grandes distribuidoras de 82.04 GWh/año⁶ (equivalentes a millones de kilovatios-hora por año). La reducción de la demanda de potencia es de poco menos a los 19 MW.

ii. Sustitución VM 175 por VS 100 Alta Eficiencia

Las siguientes muestran el consumo proyecto en el escenario que tal sustitución se diera, que es el reemplazar la tecnología de VM de 175 W por VS de 100 W de Alta Eficiencia.

Tabla 6: Consumo y demanda eléctrica por utilización de AP de Vapor de Sodio de Alta Eficiencia en vez de Vapor de Mercurio de 175 W

DISTRIBUIDORA	Sustituto	CANTIDAD	POTENCIA -kW-	Total -kW-	Tiempo -h/año-	Consumo -kWh/año-
EEGSA	VS 100 W HE	67,164	0.115	7,724	4380	33,830,507
DEOCSA	VS 100 W HE	137,364	0.115	15,797	4380	69,190,247
DEORSA	VS 100 W HE	97,572	0.115	11,221	4380	49,147,016
TOTAL		302,100		34,742		152,167,770

Fuente: Propia, con información técnica de fabricante de lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W de Alta Eficiencia

El cálculo anterior muestra que se demandará potencia en 34.74 MW (reducción de 42.5 % comparativamente con respecto al VM 175 W) y un consumo en energía que asciende a 152.17 GWh/y (reducción del 42.5 % comparativamente con VM 175 W).

Tabla 7: Ahorros Energéticos por sustitución VM 175 W por VS 100 W de Alta Eficiencia

Distribuidora	MW/m VM 175 W	GWh/año VM 175 W	MW/m VS 100 W	GWh/año VS 100 W	Ahorro MW/m	Ahorro GWh/año	% Ahorro
EEGSA	13.43	58.84	7.724	33.83	5.71	25.01	42.5%
DEOCSA	27.47	120.33	15.797	69.19	11.68	51.14	42.5%
DEORSA	19.51	85.47	11.221	49.15	8.29	36.33	42.5%
TOTAL					25.68	112.47	

Fuente: Propia

⁶ Equivalente a 22,789 domicilios consumiendo 300 kWh/mes o 3,600 kWh/año

La sustitución por tecnología de Vapor de Mercurio de 175 W por Vapor de Sodio de 100 W de Alta Eficiencia resulta en un ahorro de poco más de 25 GWh/año (gigavatios-hora por año) para EEGSA, de unos 51 GWh/año para DEOCSA, y de 36.33 GWh/año para DEORSA.

Los ahorros totales por la sustitución de los conjuntos de VM 175 W por VS 100 W convencional resulta para las tres grandes distribuidoras de 112.5 GWh/año (equivalentes a millones de kilovatios-hora por año). La reducción de la demanda de potencia es de poco menos a los 26 MW.

Los ahorros en energía se calculan a través de la sustitución de cada una de las alternativas propuestas previamente.

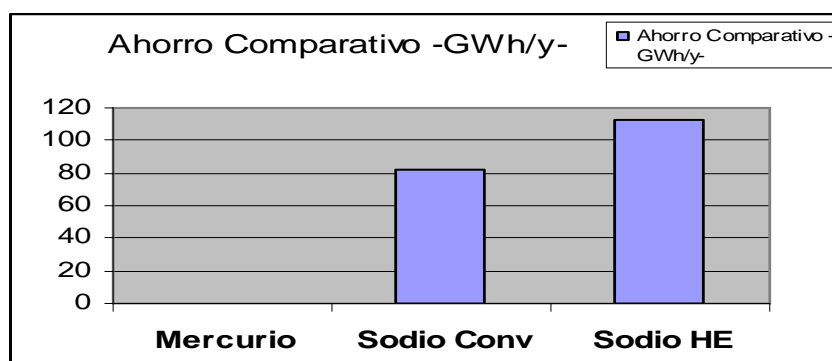
Cuadro 1: Comparación de Ahorros Globales por Sustitución Tecnológica

Tecnología	Cantidad	Demanda - MW/m-	Consumo - GWh/año-	Ahorro Comparativo - GWh/año-
Mercurio	302,100	60.4	264.6	
Sodio Conv	302,100	41.7	182.6	82.0
Sodio HE	302,100	34.7	152.2	112.5

Fuente: Propia

La comparación hace notorio que existe ahorro al sustituir la tecnología VM 175 W por el VS 100 W, siendo aún mayor el beneficio al utilizarse la alternativa de más alta eficiencia. La gráfica siguiente muestra el efecto de cada una de las medidas.



Gráfica 2: Comparación de Beneficios Energéticos Alternativas de Alta Eficiencia Energética en AP



Fuente: Propia

La siguiente gráfica compara o realiza la equivalencia de los ahorros energéticos en domicilios con consumos mensuales de 300 kWh/mes o 3,600 kWh/año

Gráfica 3: Ahorros equivalentes a Consumo casas de 3,600 kWh/año

Tecnología AP	=	Ahorro Equivalente
<input type="checkbox"/> VSAP 100 W Convencional	=	22,789 
<input type="checkbox"/> VSAP 100 W Alta Eficiencia	=	31,242 

Fuente: Propia

b. Ahorros Económicos

Los ahorros se basan la conversión de la energía en cantidades monetarias. Resulta el valor de la energía el del precio promedio de los últimos cuatro ajustes trimestrales para cada una de las empresas distribuidoras -EEGSA, DEOCSA y DEORSA-. No obstante lo anterior, resulta un punto de partida el considerar el precio indicado en los pliegos tarifarios dado que no existe por el momento mayores datos que consideren un precio de AP por diferencia tecnológica y en el que se han de reconocer en función de pérdidas por tecnología a utilizar. Los valores son el promedio de AP por distribuidora de los últimos cuatro trimestres, incluyendo el actualmente vigente (Noviembre 2012 a Enero 2013).

El precio del kWh de AP tiene un precio superior a los precios que se cargarían simplemente por la energía consumida y cargos por potencia nominal de la bombilla, los cuales tienen incluido en el precio de kWh el reconocimiento de las pérdidas de AP de mercurio –de entre otras tecnologías utilizadas, e.g. haluros metálicos, lámparas fluorescentes, etc.-, (e.g. 19.3 % para EEGSA).

Extrayendo los beneficios energéticos de las alternativas evaluadas, y utilizando los beneficios energéticos de la alternativa de Vapor de Sodio de Alta Presión de Alta Eficiencia, los ahorros se muestran en la siguiente:

Tabla 8: Ahorros energéticos comparativos por Tecnologías de Alta Eficiencia de AP Propuestas

Distribuidora	GWh/año VM 175 W	GWh/año VS 100 W	Ahorro GWh/año	% Ahorro	Q/kWh	Ahorros -MQ/año-
EEGSA	58.84	33.83	25.01	42.50%	2.30358	Q57.60
DEOCSA	120.33	69.19	51.14	42.50%	2.11715	Q108.27
DEORSA	85.47	49.15	36.32	42.50%	2.45858	Q89.30
TOTAL			112.47			Q255.18

Fuente: Propia, e información de Pliegos Tarifarios para EEGSA, DEOCSA y DEORSA

Los ahorros resultan de la tabla anterior al haber elegido la alternativa de Vapor de Sodio de Alta Presión de Alta Eficiencia. Los resultados son de ahorros en energía por 255.2 millones de quetzales anuales.

5. Costo de Alternativas Tecnológicas para Alumbrado Público

Si bien es cierto que las bondades de la eficiencia energética en la tecnología de VSAP para AP se han listado, su principal impacto se puede mostrar en la parte económica.

Luminaria tipo Cobra con lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W. Esta tecnología es la más ampliamente utilizada por EEGSA dada la buena distribución del flujo luminoso, y sus costos se pueden dividir en dos alternativas, a saber:

- i. Inversión unitaria por Sustitución de lámpara-luminaria VS 100 W Convencional

Tabla 9: Comparación de Precios Lámpara-Luminaria VS 100 W Convencional –Cobra Head-

Proveedor	PRECIO INSUMOS Y SERVICIOS		TOTAL POR SUSTITUCIÓN / UNIDAD
	Conjunto lámpara-luminaria VS 100 W Convencional	Mano de obra	
IMPELSA	Q1,458.33	Q200.00	Q1,658.33

Fuente: Cotizaciones de proveedores e información de servicios realizada por la División de Regulación de Calidad de CNEE

- ii. Inversión unitaria por Sustitución de lámpara-luminaria de VS 100 W HE

Tabla 10: Comparación de Precios Lámpara-Luminaria VS 100 W High Efficiency –Cobra Head-

Proveedor	PRECIO INSUMOS Y SERVICIOS		TOTAL POR SUSTITUCIÓN / UNIDAD
	Conjunto lámpara-luminaria VS 100 W High Eff	Mano de obra	
IMPELSA	Q1,522.79	Q200.00	Q1,722.79

Fuente: Cotizaciones de proveedores e información de servicios realizada por la División de Regulación de Calidad de CNEE

La tecnología que resulta de mayor valor es la de alta eficiencia, la que posee una diferencia de Q 64.46 con respecto a la convencional.

6. Dimensionamiento de Inversiones

No obstante la recomendación de sustituir la tecnología actual de Vapor de Mercurio de Alta Presión con potencia de 175 W para AP por Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W de Alta Eficiencia, se evaluará también la tecnología convencional de 100 W.

- a. Luminaria tipo Cobra con lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W Convencional

Tabla 11: Inversión por sustitución VM 175 W por VS 100 W Convencional

DISTRIBUIDORA	CANTIDAD	PRECIOS		TOTAL POR SUSTITUCIÓN
		INSUMOS	SERVICIOS	
EEGSA	67,164	Q1,458.33	Q200.00	Q111,380,076.12
DEOCSA	137,364	Q1,458.33	Q200.00	Q227,794,842.12
DEORSA	97,572	Q1,458.33	Q200.00	Q161,806,574.76
TOTAL Q				Q500,981,493.00
TOTAL US\$				\$62,622,687

Fuente: Propia con cotizaciones de Oferente local⁷

Para sustituirse por Sodio de 100 W Convencional, se requiere una inversión por sustitución estimada en 501 millones de quetzales; considerando únicamente el suministro de lámpara-luminaria (sin brazo ni fotocontrol) y el costo de la mano de obra por sustitución.

- b. Luminaria tipo Cobra con lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 W de Alta Eficiencia

Tabla 12: Inversión por sustitución VM 175 W por VS 100 W Convencional

DISTRIBUIDORA	CANTIDAD	PRECIOS		TOTAL POR SUSTITUCIÓN
		INSUMOS	SERVICIOS	
EEGSA	67,164	Q1,522.79	Q200.00	Q115,709,467.56
DEOCSA	137,364	Q1,522.79	Q200.00	Q236,649,325.56
DEORSA	97,572	Q1,522.79	Q200.00	Q168,096,065.88
TOTAL Q				Q520,454,859.00
TOTAL US\$				\$65,056,857

Fuente: Propia con cotizaciones de Oferente local⁸

Para sustituirse por Sodio de 100 W de Alta Eficiencia, se requiere una inversión por sustitución estimada en 520.5 millones de quetzales; considerando únicamente el suministro de lámpara-luminaria (sin brazo, ni fotocontrol) y el costo de la mano de obra por sustitución.

7. Recuperación de la Inversión en Sustitución de AP

El Retorno Simple de la Inversión –RSI- en años arroja un valor como se muestra a continuación para la sustitución de VM 175 W por VS 100 W Convencional

Tabla 13: RSI para sustituir VM 175 W por VS 100 W Convencional

Distribuidora	GWh/y VM 175 W	GWh/y VS 100 W	Ahorro GWh/año	Q/kWh	Ahorros -MQ/año-	Inversión -MQ-	RSI -años-
EEGSA	58.84	33.83	18.24	2.30358	42.02	111.38	2.65
DEOCSA	120.33	69.19	37.30	2.11715	78.97	222.79	2.82
DEORSA	85.47	49.15	26.50	2.45858	65.15	161.81	2.48
TOTAL			82.04	Q186.14			

Fuente: Propia

Los períodos de recuperación de la inversión para los casos de Vapor de Sodio de tecnología Convencional resultan de entre 2.5 y 3 años. Lo anterior no es necesariamente negativo, ya que la vida útil de los equipos resulta en poco más de 5 años.

⁷ Razón de cambio de Q 8 = 1 US\$

⁸ Razón de cambio de Q 8 = 1 US\$

Tabla 14: RSI para sustituir VM 175 W por VS 100 W Alta Eficiencia

Distribuidora	GWh/y VM 175 W	GWh/y VS 100 W	Ahorro GWh/año	Q/kWh	Ahorros -MQ/año-	Inversión -MQ-	RSI -años-
EEGSA	58.84	33.83	25.01	2.30358	57.60	115.71	2.01
DEOCSA	120.33	69.19	51.14	2.11715	108.27	236.65	2.19
DEORSA	85.47	49.15	36.32	2.45858	89.30	168.10	1.88
TOTAL			112.47		Q255.18		

Fuente: Propia

Los períodos de recuperación de la inversión para los casos de Vapor de Sodio de tecnología de alta Eficiencia resultan de entre 1.9 y 2.2 años. Lo anterior resulta muy positivo, ya que la vida útil de los equipos se estima según datos del fabricante en poco más de 7 años.

8. Conclusiones

- Los ahorros de sustituir Vapor de Mercurio de 175 W por Vapor de Sodio 100 W convencional resultan en 82 GWh/año, y cuyo equivalente anual es de 22,789 casas con un consumo promedio de 300 kWh/mes. La reducción en potencia resulta en 18.7 MW.
- Los ahorros de sustituir Vapor de Mercurio de 175 W por Vapor de Sodio 100 W de Alta Eficiencia resultan en 112.5 GWh/año, y cuyo equivalente anual es de 31,242 casas con un consumo promedio de 300 kWh/mes. La reducción en potencia resulta en 25.7 MW.
- Muchos de los insumos de AP actuales se considera que ya han envejecido al grado que es muy recomendable su sustitución tanto en la lámpara como en su luminario.
- La diferencia en precio al adquirir el luminario y lámpara de sodio convencional por el de sodio de alta eficiencia es relativamente baja, de alrededor de un 4.42 %, lo que es de Q 64.46.
- La tecnología de sodio de alta eficiencia dispone de una vida útil mucho mayor que la de mercurio, por lo que el recambio se producirá a períodos mayores.
- El proceso actual de cobro del AP considera varias cosas que vale la pena explorar y generar indicadores:
 - El cobro se realiza sobre la base de una operación fija de 12 horas por día.
 - El cobro considera que todas las lámparas están encendidas durante la noche, sin importar si es así o no.
 - Se ha evaluado un factor de pérdidas de la heterogeneidad del parque de AP, la cual podría segmentarse por tecnología (e.g. sodio convencional, mercurio, haluros metálicos, sodio de alta eficiencia, LED, inducción, etc.).
 - Existen tecnologías innovadoras, tales como la LED y lámparas, que serán objeto de estudio en etapas posteriores para validar su aplicación en AP.
 - Existe un proyecto interno en CNEE, el cual dentro de sus objetivos está el validar las pérdidas eléctricas de tecnologías utilizadas en AP, así como las tratadas en este informe.

9. Recomendaciones

- Considerar como un proyecto piloto de AP, iniciando con:
 1. El establecimiento de MEPS (o estándares mínimos de desempeño energético del acrónimo en idioma inglés) para las tecnologías de AP. Se pueden tomar como referencia los indicadores de eficacia lm/W – lúmenes por vatio- de las tecnologías evaluadas en el presente informe.
 2. Exploración del apoyo legal con mecanismos y políticas que favorezcan el cambio de AP por tecnologías de mayor eficiencia y eficacia. Se considerará para proyectos nuevos, y para las adquisiciones para reposición de equipos dañados.
 3. Búsqueda y evaluación de un sistema de Control, Verificación y Fiscalización de las tecnologías utilizadas para AP.
 4. Considerar con alianza con expertos en temas ambientales, la mejor ruta a seguir para que tras su implementación (sustitución tecnológica) exista una gestión ambiental sostenible de los productos desechados de iluminación (de baja y alta eficiencia energética).
- Considerar el realizar las instalaciones siguiente un protocolo y reglamento de alumbrado público, lo cual permitirá:
 1. Una instalación segura para los usuarios
 2. Una instalación segura para los equipos y que provean la funcionalidad y vida útil para la cual fueron diseñados.
 3. Una aplicación correcta de los conjuntos de lámpara y luminaria
 4. Una aplicación correcta de la potencia requerida en función de la necesidad de iluminación y la vía a alumbrar.