



MINIFORO MEM-CYTED

EFICIENCIA ENERGETICA en *ALUMBRADO PUBLICO*

Gerencia de Proyectos Estratégicos
Comisión Nacional de Energía Eléctrica
Noviembre de 2014



INDICE

- Alumbrado publico y su importancia
- Cómo opera el AP
- Importancia y composición del parque de lámparas
- Pérdidas energéticas
- Consumo incluyendo pérdidas
- Ahorros por cambio de tecnología
- Metodología para la evaluación económica
- Aspectos ambientales
- Regulaciones y normativas
- Opciones tecnológicas
- Consideraciones finales

Alumbrado público

- Servicio de iluminación de vías y calles públicas de libre tránsito de personas y vehículos que es prestado por los municipios.

Confiere
seguridad
en espacios
públicos

Previene
accidentes

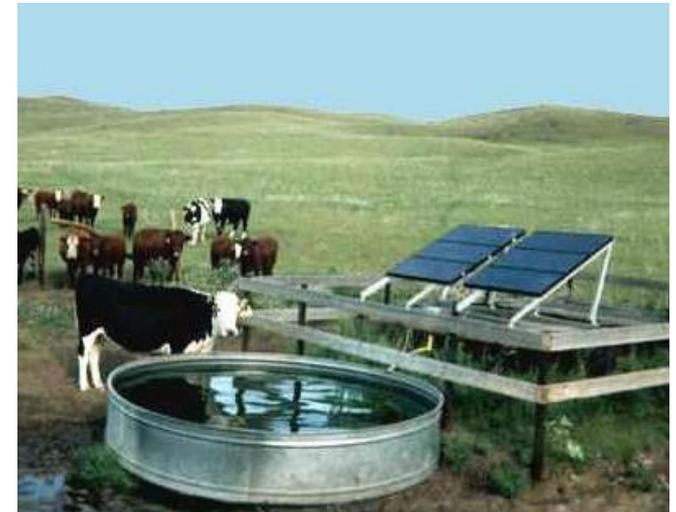
**PRINCIPALMENTE
EN CENTROS URBANOS
CASI –INEXISTENTE- EN
EL AREA RURAL**

Contribuye
al Ornato
urbanístico
nocturno

Permite
actividades
productivas
en horario
nocturno

Iluminación en el mundo Energía desarrollo económico y calidad de vida

Regiones y países con mayor luminosidad artificial en el mundo



Fuente: National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Cómo opera el AP



prestar el servicio de AP. (artículo 68 del código municipal)

El consejo municipal establece el monto que aparece en la factura de electricidad del



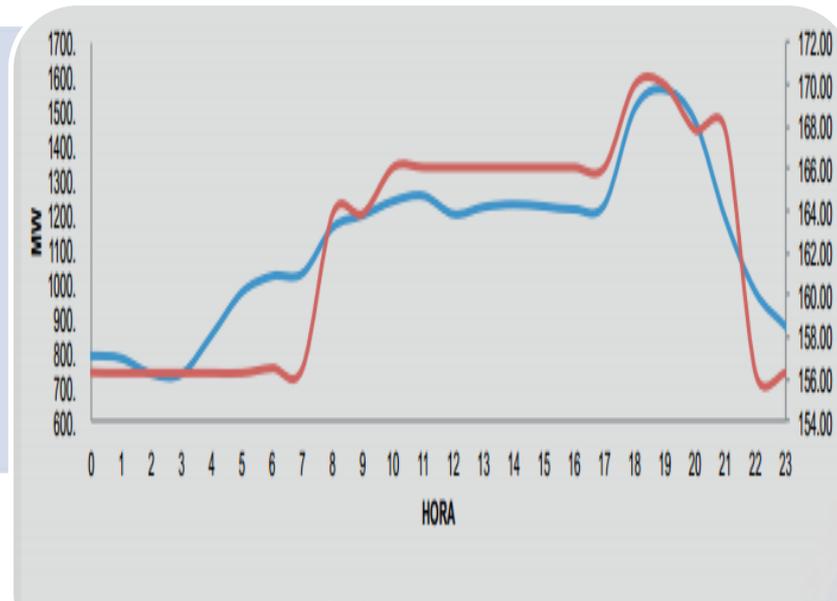
El servicio se presta a través de las redes de las distribuidoras

Distribuidoras recaudan en sus cajas el cobro del AP que paga el vecino.



La Comisión Nacional de Energía Eléctrica participa técnicamente en relación a la tarifa.

Importancia de la iluminación en la demanda diaria horaria de electricidad



19 marzo 2013
1,564 MW

El pico del consumo diario de electricidad se produce entre las 18 y 22 horas, influido por el aumento de la demanda de iluminación en esas horas, obligando al parque generador del sistema eléctrico a operar a su máximo.

Parque de lámparas: **Total aprox. 440,000 lámparas**



Vapor de sodio de
100 Watts:
68,662 lámparas
15.6%



Vapor de Mercurio de 175
Watts:
302,000 lámparas
68.6%



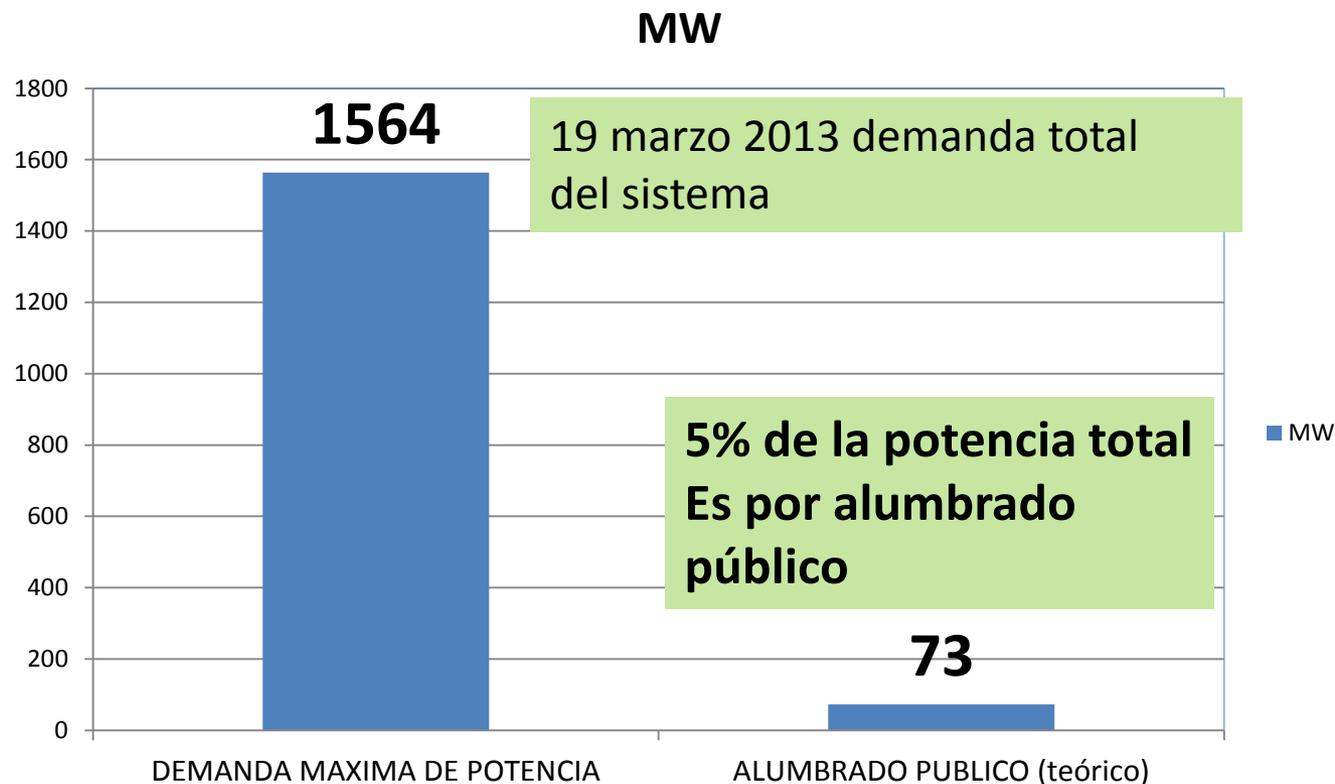
Guatemala muy atrasada tecnológicamente: aún usando mayoritariamente vapor de mercurio ineficiente

Composición del parque de AP por distribuidora en unidades

DISTRIBUIDORA	Vapor Mercurio 175 W	Mercurio 250 W	Mercurio 400 W	Vapor Sodio 100 W	Sodio 150 W	Sodio 250 W	Sodio 400 W	OTROS	TOTAL 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	149,839
DEORSA	97,572	681	358	5,829		528	818	14,471	120,257
Total ENERGUATE	234,936	1,587	1,155	8,506		552	2,183	21,177	270,096
TOTAL	302,100	1,587	1,155	68,662	1,042	24,623	15,161	25,599	439,929

El total de lámparas suma aprox. 73 MW de demanda de potencia. De lo cual 58 MW aprox. son lámparas ineficientes de Mercurio

Participación relativa del AP en la demanda de potencia del sistema



1 central generadora

73 MW para AP



Estudio de pérdidas: Mediciones de la Gerencia de Calidad de CNEE para establecer pérdidas de energía eléctrica en AP



Se identifico y comprobo el funcionamiento de la luminaria en donde se instala el equipo.



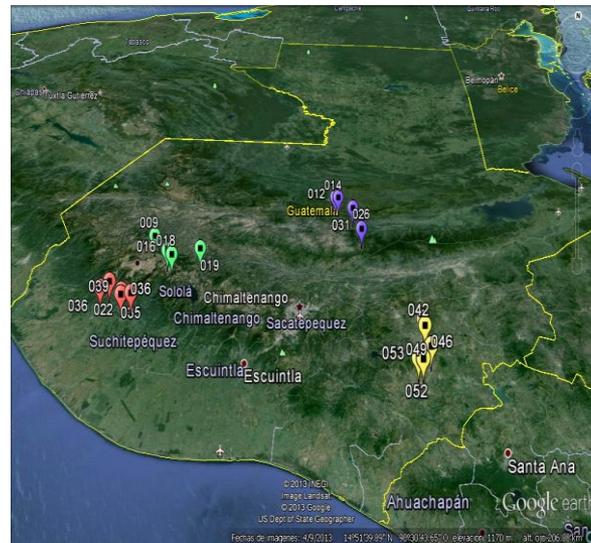
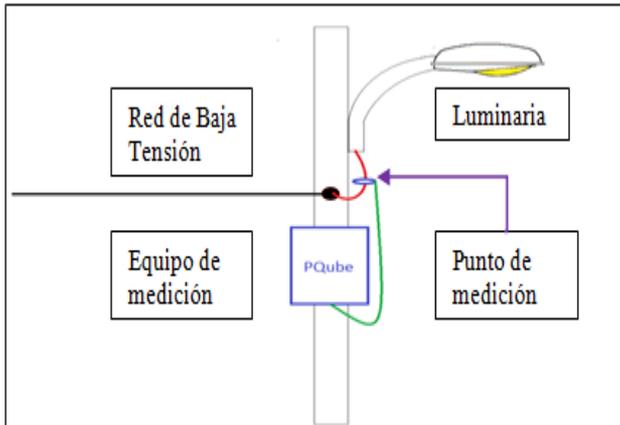
Instalacion de equipo PQube en el area de conexion de la lampara a la red de Distribucion de BT.



Se realiza levantamiento, identificando los medidores y el centro de transformacion de donde se instalo el equipo.



Se comprueba el funcionamiento del equipo al haber quedado instalado.



**ZONA DE
ENERGUATE
DEOCSA Y
DEORSA**

Resultados: Consumo diario por luminaria incluyendo pérdidas en el balastro área de ENERGUATE

ILUMINARIA DE	POTENCIA POR LAMPARA WATTS	POTENCIA BALASTRO + CABLE CONEXION	POTENCIA PROMEDIO WATTS	FACTOR DE AJUSTE DE PERDIDAS
Vapor de Mercurio	175	16.88	191.88	1.0965
Vapor de sodio	100	13.04	113.04	1.1304

Fuente: Estudios de mediciones de la Gerencia de calidad de CNEE

Potencia lámpara	Potencia Promedio	Consumo Diario por lámpara 12 horas por día
175 W Mercurio	191.88 W	2.3026 Kwh
100 W Sodio	113.04 W	1.3564 Kwh

ZONA DE ENERGUATE: DEOCSA Y DEORSA

Consumo y factura AP en 2013

Distribuidora	Kwh en 2013	Facturado (energía y red) en USD	US\$/Kwh
EEGSA	153,600,594.00	41,520,109.81	0.2703
DEOCSA	120,640,681.00	32,936,224.27	0.273
DEORSA	89,402,670.00	27,396,079.72	0.3064
TOTAL	363,643,945.00	101,852,413.80	0.28009

No incluye Empresas Eléctricas Municipales

Estimación del Ahorro por cambio de Mercurio a Sodio

Cambio de aprox . 300 mil lámparas de mercurio por sodio

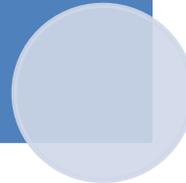
- Demanda actual lámparas mercurio:
- 58 MW

MERCURIO



- Demanda Proyectada cambio de lámparas a sodio:
- 34 MW

SODIO



- AHORRO :
- 25 MW



AHORRO



La inversión requerida para implementar (1) un MW de generación se encuentra entre 1 y 4 millones de USD dependiendo de la tecnología. Un ahorro total entre US \$ 25 Y 100 millones para 25 MW de ahorro.

Metodología para la evaluación económica de alternativas

COSTO ANUAL POR LAMPARA EN USDólares

Tecnología	Inversión Inicial USD por lámpara	Costo Anual Equivalente de la Inversión Inicial por lampara	Costo anual de mantenimiento * (estimar monto)	Costo anual del suministro (energía y distribución)	Costo Total Anual en USD por año por lampara	Vida Util (años)	Costos al final de la vida útil **	FRC al 10% anual	Energía por año (365días) En KWh	USD /KW h
VAPOR MERCURIO 175 W	30	7.914	medio	235.33	243.24	5	muy alto	0.264	840.449	0.3
VAPOR DE SODIO 100	93	24.5334	medio	138.62	163.16	5	medio	0.264	495.086	0.3
LED 68 W	600	88.08	muy bajo	87.61	175.69	12	bajo	0.147	312.9	0.3

El menor costo económico es para vapor de sodio, seguido de cerca por LED haciendo salvedad que no se han computado todos los costos

*Costos de mantenimiento:

- Para establecer una mejor cifra del costo anual de las alternativas:
- Se recomienda investigar y ahondar sobre el costo de mantenimiento de las lámparas de AP en los diferentes municipios: Cambios de fotoceldas, monitoreo, control, reparación y sustitución de lámparas, a cargo de los municipios.
- Es de esperar que estos costos de mantenimiento se reduzcan en la medida que se utilicen tecnologías más modernas, como vapor de sodio y LED, por ejemplo.

**** Costos/ingresos al final de la vida útil**

- **El otro valor pendiente que hay que establecer para la evaluación económica es:**
- **Tratamiento de los desechos al final de la vida útil:**
- En el caso de las lámparas de vapor de Mercurio y de vapor de sodio, los costos al final de la vida útil pueden ser importantes, pues los desechos son muy contaminantes que requieren un tratamiento especial, considerando que el mercurio es un elemento venenoso, muy perjudicial a la salud humana.
- **En este aspecto, tienen ventaja las lámparas LED, menos contaminantes.**

Aspectos ambientales

Peso medio de 320 mil lámparas de vapor de mercurio

NOMBRE	PESO Kg	PESO
		TOTAL Kg (320,000 U)
Brazo	2.357	754,240
Fotocelda	0.086	27,520
Cabezote	0.825	264,000
Reflector	0.145	46,400
Refractor Prismático(difusor)	0.351	112,320
Balastro	1.422	455,040
Bombilla (foco)	0.158	50,560

INVESTIGAR
Posible
VALOR DE VENTA de
Los deshechos para
RECICLAJE

FUENTE: **TESIS Ing. Alex Suntecún**
GESTIÓN INDUSTRIAL 2010 USAC

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN

proyecto FODECYT 19-2010

- Se estableció: Un ***PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE RECUPERACIÓN Y TRATAMIENTO DEL MERCURIO METÁLICO PROVENIENTE DE LOS TUBOS DE DESCARGA (AMPOLLAS DE CUARZO) DE LAS LÁMPARAS DE ALTA PRESIÓN.***



“DETERMINACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”



SEPARACIÓN DE LOS COMPONENTES METÁLICOS DE LA AMPOLLA DE CUARZO



Desecho Tóxico (Mercurio)

Proyecto Fodecyt 19-2010



Incluye tratamiento térmico, costo??



Para concentrar
EL MERCURIO



Regulaciones, normas y certificaciones

- En Guatemala no hay regulaciones obligatorias de AP
- Internacionalmente: hay Varias: Reglamento Técnico de Alumbrado Público Retilap Colombia
- ANSI, ISO, EN ANSI, ISO, EN EN, ISO, ANSI, ANSI/IEEE, IEC, FIDE
- *Si en Guatemala se prohíbe en un período de 5 años el uso del mercurio en las lámparas de AP del parque, estas se renovarán por sí mismas en el mediano plazo, en virtud que tienen una vida útil limitada a 5 años. Poner Barreras ambientales a las importaciones.*

Eficiencia energética de una instalación de alumbrado publico

La eficiencia es proporcional al área de superficie que ilumina en M2, a la iluminancia media en lux e inversamente a la potencia que consume P.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

siendo:

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \cdot \text{lux}/\text{W}$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares)
(W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

Normas mexicanas

A continuación se indican las Normas Oficiales Mexicanas vigentes que tienen relación con los sistemas de alumbrado público:

- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas (utilización)
- NOM-002-SEDE-1999 Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución
- NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas
- NOM-058-SCFI-1999 Balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas
- NOM-064-SCFI-2000 Luminarios para uso en interiores y exteriores
- NMX-J-230-ANCE-2007 Balastos para lámparas de vapor de mercurio en alta presión y aditivos metálicos
- NMX-J-503-ANCE-2005 Balastos para lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas de vapor de sodio en baja presión
- NMX-J-507/1-ANCE-2005 Coeficiente de utilización de luminarios para alumbrado público de vialidades.

En Guatemala: Ley del Sistema Nacional de Calidad: aborda el tema de la normativa.



CAPACIDAD INSTALADA EN C.A.

Laboratorio de Eficiencia Energética Costa Rica



INTE 28-01-09-08: Eficiencia energética — Método de ensayo para determinar las medidas eléctricas y fotométricas de fluorescentes compactos y circulares de un solo casquillo.

Esta norma es equivalente con la norma IESNA LM-66-00 "Approved Methods for the Electrical and Photometric Measurements of Single-Ended Compact Fluorescent Lamps"



Laboratorio de pruebas Eficiencia Energética (acreditado) en C.A.:



LABORATORIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

En etapa final de acreditación INTE ISO IEC 17025



Opciones tecnológicas



Lámparas AP



SODIO

Es un tipo de lámpara de descarga de gas que usa vapor de sodio para producir luz. Son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que proporcionan gran cantidad de lúmenes por vatio.

El tiempo de vida de estas lámparas es muy largo, ya que esta por encima de las 24000 horas. Se usa preferentemente en alumbrado vial: rutas, autopistas, muelles, depósitos, etc.

Actualmente las **lámparas de led** se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como son su elevado costo inicial y mantenimiento.



El alumbrado público es una de las aplicaciones de la tecnología LED que más aceptación está teniendo, esto se debe al importante ahorro que se obtiene con la sustitución de las lámparas convencionales mediante lámparas LED.

MERCURIO

Estas lámparas han sido usadas principalmente para iluminar avenidas principales, carreteras, autopistas, parques, naves industriales y lugares poco accesibles ya que el periodo de mantenimiento es muy largo.

Proporcionan luz suficiente para ver que están encendidas, pero no proporcionan una luz útil para una superficie de trabajo situada debajo y no resultan aptas para un alumbrado eficiente en términos energéticos.

El tiempo de vida de estas lámparas varia entre 5,000 y 20,000 hrs.



Alex Ramírez de Genertek

CARACTERISTICAS

VAPOR DE SODIO ALTA
PRESION
BC

VAPOR DE ADITIVOS
METALICOS
BC C

VAPOR DE ADITIVOS
METALICOS
BC PS

INDUCCION
INDUCTOR EXTERNO
HF HT

LEDs BLANCO
HT



Derechos Reservados @ Alex Ramirez Rivero / 112-05/2009

Fuente Luminosa

	Sin	Con	Con	Sin	Sin
Electrodos de Arranque	Sin	Con	Con	Sin	Sin
Vida nominal promedio (Hr)	24,000	18,000	20,000	100,000	100,000
Vida Util (L ₇₀) (Hr)	18,000	13,000	16,000	60,000	50,000
Depreciación de Lúmens de Lámpara (Adim)	0.70 a 0.85	0.45 a 0.65	0.60 a 0.75	0.80 a 0.90	0.50 a 0.70
Horas de Uso con 30% de Pérdida de Flujo Luminoso	15,000	5,000	11,000	85,000	50,000
Indice de Rendimiento de Color (Adim)	20 a 22	63 a 66	65 a 75	80 a 93	45 a 85
Aspecto Cromático (M)	454 a 526	227 a 312	244 a 333	154 a 370	143 a 400
Eficacia Convencional Inicial (Im _{conv} /w)	50 a 140	50 a 110	70 a 120	65 a 93	55 a 83
Eficacia Convencional Promedio (Im _{conv} /w)	38 a 109	28 a 61	47 a 81	55 a 79	33 a 50
Eficacia Verdadera Inicial (tlm/w)	34 a 96	68 a 150	96 a 164	105 a 149	98 a 148
Eficacia Verdadera Promedio (tlm/w)	26 a 72	38 a 83	65 a 111	89 a 127	59 a 89
Velocidad de Encendido (Im ₉₀)	30 a 60 seg	120 a 300 seg	60 a 180 seg	Menos de 5 seg	Menos de 0.5 seg
Velocidad de Reencendido (Im ₉₀)	Menos de 60 seg	360 a 900 seg	120 a 360 seg	Menos de 0.5 seg	Menos de 0.5 seg
Sensación visual	Efecto de aura	Natural	Natural	Muy natural	Natural a Muy Natural
Factor de Daño	Medio	Medio a alto	Medio a alto	Muy bajo	Nulo
Parpadeo visible	Bajo	Bajo a Medio	Bajo a Medio	Indetectable	Nulo
Contenido de Mercurio en 100,000 Hrs (mgHg)	31 a 239	54 a 484	39 a 350	5 a 28	Nulo

Copyright @ Enerlum v2 3 Genertek SA de CV

CARACTERISTICAS	VAPOR DE SODIO ALTA PRESION BC	VAPOR DE ADITIVOS METALICOS BC C	VAPOR DE ADITIVOS METALICOS BC PS	INDUCCION INDUCTOR EXTERNO HF HT	LEDs BLANCO HT
-----------------	--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------



Derechos Reservados @ Alex Ramirez Rivero / 112-05/2009

Bal / Gen / Driv	Balastro / Genenerador HF / Controlador	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Generador HF	Controlador LF
	Ruido audible	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
	Puntos de falla	Medios a Altos	Medios a Altos	Medios a Altos	Bajos	Bajos
	Pérdidas balastro / Generador HF / Controlador	De medias a bajas	De medias a bajas	De medias a bajas	Muy bajas	Muy bajas
Sistema	Coefficiente de Utilización	Medio	Medio	Medio	Bajo a Medio	Medio a Muy Alto
	Garantía	2 a 3 años	2 a 3 años	1 a 5 años	5 a 10 años	1 a 5 años
	Costo inicial para potencia equivalente	Medio	Medio a Alto	Alto	Muy Alto	Sumamente Alto
	Costo de Operación	Medio	Muy Alto	Alto	Muy bajo	Muy bajo

Lámparas solares



Aplicaciones

Estacionamientos, Accesos peatonales, Plazas comerciales, Parques y jardines, Comunidades rurales, Hoteles, Fraccionamientos, Casas de campo.

Usan baterías, cargan en el sol del día, para uso En el horario nocturno

Evaluar técnica y económicamente, considerando la inversión inicial.



Comentarios de expertos:

- Alex Ramírez: El maestro Ramírez Rivero es el único latinoamericano invitado al Taller para expertos “Federal Relighting Initiative” auspiciado por el Departamento de Energía de Estados Unidos (USDOE por sus siglas en inglés). Ha asesorado más de 1400 proyectos energéticos, tres de ellos ganadores del Premio Nacional de Ahorro de Energía, ganando también premios en República Dominicana, Panamá, Brasil y Colombia y la nominación al Science Grant de la UNESCO. “La tecnología LED no es el futuro, es lo de hoy, aunque en alumbrado público debemos esperar todavía un cierto tiempo de maduración para superar algunos puntos de incertidumbre como la vida económica, la depreciación de flujo, las tolerancias en temperatura de color, la garantía afianzada y los protocolos de prueba, entre otros. Su principal problema es el control de la temperatura pues aunque es la única fuente de luz que tiene un despreciable factor de daño (DF) y largo tiempo permisible de exposición (PET), en la junta se puede elevar la temperatura hasta valores inconvenientes que pueden cambiar el color y reducir drásticamente la eficacia y la vida útil; el diseño y fabricación de los luminarios es complejo y más importante de lo que parece, pero también debe ponerse muy especial atención al drive

Consideraciones Finales para un cambio tecnológico

- Considerar la calidad de la red y de la energía, voltaje, etc. En los municipios. **Asesorarse con expertos**
- Procurar que ya se apliquen las mejores medidas de mantenimiento, cambio de fotoceldas dañadas, distribución del alumbrado, etc., antes de invertir en nuevas luminarias.
- Eliminar lámparas innecesarias y reubicar.
- Implementar y mantener un monitoreo de censo y facturación eléctrica
- Una cuidadosa evaluación técnica y económica de las alternativas.
- Opciones de financiamiento y cooperación para la inversión inicial
- Regulaciones obligatorias para prohibir el uso del mercurio.
- Tomar en cuenta los gastos para el manejo de los desechos y los costos de mantenimiento.

Instrumentos, fuentes y Entidades Financieras a considerar

- Organismos de la Cooperación Internacional
- Crédito de los Proveedores
- Banca Comercial
- Instituto de Fomento Municipal INFOM
- Programas Presupuestarios Ministeriales MEM, MINGOB, etc.
- Transferencias Presupuestarias Entidades de Gobierno: Ministerio de Gobernación, Secretarías de la Presidencia, etc., mediante Convenios.
- Fideicomiso para garantías.
- Créditos de corto y mediano plazo
- Donaciones

- *Criterios de Selección de Municipalidades candidatas para un Proyecto Piloto:*

- Municipios con alta proporción de lámparas ineficientes en el parque.
- Situación financiera y administrativa solvente.
- Con adecuado control, información técnica, ubicación y mantenimiento de su parque.
- Consideraciones de vías de acceso y ubicación.
- Que estén interesados en cambiar.

- Gracias por su atención !!