

**Mercado
Eléctrico**

<http://www.mercadoelectriconet.com.ar>

<http://www.melectriconet.com.ar>

melectrico@melectrico.com.ar

El presente documento integra
la biblioteca de **Mercado Eléctrico**

TEL/FAX: (54-11) 4489-1031/1055/1058 - Argentina



**COMISIÓN DE INTEGRACIÓN ELÉCTRICA REGIONAL
COMITÉ NACIONAL VENEZOLANO**

**Área de Distribución y Comercialización – Congreso CIER 2000–
Identificación del Trabajo: VE-01/DC
Buenos Aires, Argentina, Noviembre de 2000**

**INNOVACION Y TECNOLOGIA APLICADA EN LAS MEJORAS DE LA CALIDAD DE SERVICIO EN
LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PUBLICO DE LA CIUDAD DE CARACAS - VENEZUELA**

Autor/es: MIGUEL EREÚ

Empresa o Entidad: C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS

Palabras Claves:

Bombillo,
Sodio,
Mercurio,
Ignitor

DATOS DEL AUTOR

Nombre: Miguel Ereú
Cargo: Ingeniero Electricista
Dirección: Calle Adrián Rodríguez, Chacao,
C/S Chacao, Electricidad de Caracas,
Caracas, Venezuela.
Código Postal: 1010
Teléfono: (58-02)2795404/2795613/2795279
Fax: (02)2795478
E-Mail: miguel.ereu@grupoedc.com

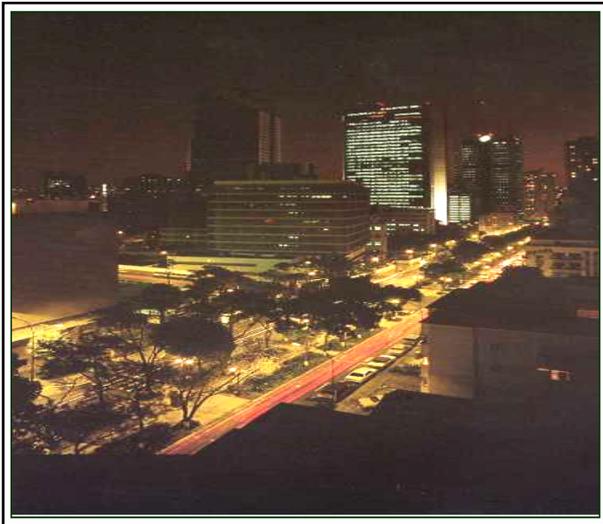
Resumen:

En 1995, la C.A La Electricidad de Caracas inició los estudios para mejoras del nivel de iluminación del alumbrado público de Caracas. La fuente de iluminación se cambió de vapor de mercurio a vapor de sodio, esta última tecnología ofreció un incremento del cien por ciento del nivel de iluminación en comparación con la existente. Se experimentaron y estudiaron alternativas que involucraran mayor iluminación a menor inversión, la primera de ellas fue innovadora, y la segunda con tecnología que ofrecían los fabricantes. Con este cambio se obtuvieron beneficios en la seguridad automotriz, personal, imagen de la ciudad y ahorro energético.

I. INTRODUCCIÓN

Es importante conocer los tipos de fuentes de luz (Incandescente, Luz mixta, Mercurio y Sodio) en especial sus características principales, funcionamiento y su distribución espectral que nos ayudará a escoger el tipo de fuente a utilizar para el cambio de mejoras del nivel de iluminación.

A raíz de este estudio se ha determinado que las lámparas de vapor sodio por su gran emisión lumínica y su larga vida útil (Bajo costo de mantenimiento) es la escogida para el respectivo cambio, además, se especifica el tipo de luminarias y estructuras que utilizan las calles y autopistas de Caracas. También se realizan los estudios de las características eléctricas de cada componente de los equipos auxiliares de las luminarias como lo es el balasto, condensador y el arrancador(Ignitor) con la finalidad de determinar a fondo su funcionamiento.



Actualmente, la mayoría de las autopistas de Caracas están iluminadas a base de vapor de mercurio (90 %), y las zonas residenciales, calles y urbanizaciones en su totalidad están iluminadas con incandescente, luz mixtas y vapor de mercurio (70 %), esto nos indica el bajo porcentaje de iluminación con vapor de sodio con que cuenta la ciudad de Caracas. La C.A La Electricidad de Caracas ha querido comenzar a mejorar el nivel de iluminación por las vías más importantes de la ciudad que serian en este caso las autopista. En este artículo se ha realizado el estudio técnico - económico de las diferentes opciones para el cambio de luminarias de vapor de mercurio existente por sodio para luego seleccionar la óptima. Además, se presenta una solución para los bombillos de vapor de mercurio retirados los cuales pueden ser recuperados para su posterior utilización. Cabe destacar que se ha hecho gran hincapié en el estudio de la alternativa presentada por la unidad de alumbrado público que, a través de mediciones y pruebas realizadas en campo ha sido la escogida por dar muy buenos resultados. Dicha alternativa consiste en repotenciar a sodio las luminarias de mercurio existente colocando el ignitor y reemplazando el bombillo de vapor de mercurio por

sodio, dando así un aumento del 105 % del nivel de iluminación con una mínima inversión. Esto ha sido innovador ya que siempre se ha utilizado la alternativa tradicional que consiste en el reemplazo total de la luminaria de mercurio por una nueva de sodio. El objetivo principal era el de aprovechar al máximo los parámetros eléctricos de los equipos auxiliares de las luminarias de mercurio existentes, repotenciandolas a sodio con una conversión efectiva.

Además se realiza un estudio de las instalaciones eléctricas que alimentan toda la red de alumbrado público ya que estas nos garantizan la calidad del servicio y la continuidad de las misma, para así evitar reclamos generados por el cliente.

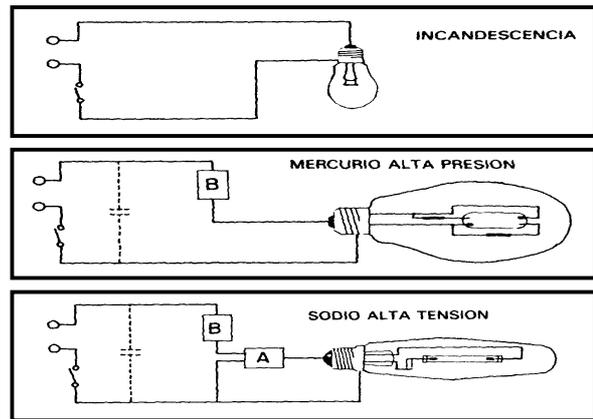


Fig. 1. Esquema de conexión de los circuitos de las lámparas.

II. LAMPARAS

A. Tipo de Lámparas

Las fuentes luminosas artificiales utilizadas en el alumbrado público de las calles, urbanizaciones, autopistas y otras áreas públicas la ciudad de Caracas son:

Lámparas Incandescentes

Lámparas Luz Mixta

Lámparas de vapor de mercurio (Hg)

Lámparas de vapor de sodio alta presión (Na)

En la "Fig.1" se representan los distintos esquemas de conexión. Las lámparas incandescentes y luz mixtas se pueden conectar a la red, mientras que las de descargas de alta intensidad como las de mercurios y vapor de sodio utilizan equipos auxiliares para su funcionamiento que son el balasto, como elemento que limita la corriente de arco para así evitar

el daño del tubo de descarga, y el condensador para mejorar el factor de potencia (> 0.9). El sodio alta presión, además de los equipos que contiene la lámpara de mercurio, necesita para su encendido un equipo adicional que es el arrancador (ignitor) con pico de tensión de 1,5 Kv a 5 K Kv.

HRC-250/ 400	HG	250-400	208	AVENIDAS AUTOPISTAS
M-200	NA	100	120	BARRIOS CALLES
SRC-250-400	NA	250-400	208	AVENIDAS AUTOPISTAS
CAOMA	INCD/ L.M	300-160-250	120/240	BARRIOS CALLES

IV. ÁREA SERVIDA

TABLA 3
PUNTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA ZONA ESTE DE CARACAS.(DATA 95)

El grupo de mantenimiento de alumbrado público del centro de servicio chacao de la C.A La Electricidad de Caracas se encarga de atender toda la zona este de la zona metropolitana de Caracas el cual esta dividida en zonas de urbanización y zonas de vías rápidas (autopistas).

ZONAS	INCD./L.M	MERCURIO	SODIO	TOTAL
URB./BARRIO	15.171	14.326	18.968	48.465
VIAS RAPIDAS	-	9.648	1.015	10.663
TOTAL	15.171	23.974	19.983	59.128

V. NORMAS UTILIZADAS EN ALUMBRADO PÚBLICO

El propósito de estas normas es dar los lineamientos necesarios para la elaboración de los proyectos de alumbrado público realizados por parte de la empresa. Con esto se ha de escoger los niveles de iluminación, de acuerdo a la zona a

TABLA 4
VALORES DE NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

iluminar, verificación de la uniformidad para evitar el efecto cebra y el deslumbramiento que ocasionan molestias en los conductores y la disposición de las luminarias en las vías (unilateral-bilateral-trebolillo-central).

TIPO DE CALZADA	Emed LUX	Lmed Cd/m ²	Ug Lmin/Lpro	U1 Lmin/Lmax	G >	% TI <
A	30	2.5	0.4	0.7	6	10
B	20	1.2	0.4	0.6	5	10
C	12	0.7	0.3	0.6	4	20

TABLA 2
LUMINARIAS UTILIZADAS EN LA CIUDAD DE CARACAS

DENOMINACION	FUENTE	POTENCIA (W)	VOLTIO (V)	APLICACION
OV-25	HG	400	208	AUTOPISTAS
HU-250/175	HG	250-175	208	URBANIZACIONES

III. LUMINARIAS

Las luminarias son aparatos que controlan la distribución de la luz generada por el bombillo. Contienen en su interior todos los elementos necesarios para protección y funcionamiento adecuado del bombillo, así como para la conexión a la red y su fijación al poste. En la tabla 2 se muestran las luminarias normalizadas en la empresa .

VI. OPCIONES PARA EL CAMBIO DE ILUMINACIÓN DE MERCURIO POR SODIO

El estudio consiste en evaluar las diferentes opciones de forma técnica – económica que nos permitan mejorar el nivel de iluminación vial de la zona metropolitana de Caracas, en especial el de las autopistas utilizando las estructuras existentes en el terreno.

A. Proyectar Reemplazo con Luminarias de Sodio Nuevas

Esta alternativa consiste en retirar y bajar las luminarias de mercurio existente (OV-25,400W Hg) y reemplazarlas por luminarias de sodio alta presión de la misma potencia (OV-25,400W Na).

B. Luminarias de Sodio Repotenciadas en Fábrica

Esta alternativa consiste en retirar y bajar las luminarias de mercurio existentes para ser llevadas a la fábrica donde serán reacondicionadas y convertidas a sodio de 400 W. Esta conversión consiste en cambiar todos sus componentes auxiliares de mercurio y sustituirlos por el de sodio (Balastos - Condensador - Ignitor).

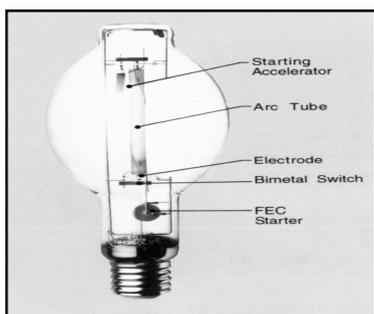


Fig. 2. Bombillo con arrancador interno compatible con equipos de mercurio.(Marca Iwasaki- Eye).

C. Reemplazo del bombillo de mercurio por lámparas de sodio compatibles (Tecnología)

Estas lámparas de sodio son compatibles a las luminarias de mercurio y su encendido es a través de un elemento de arranque que se encuentra en su interior y además, utilizan otros aditivos de gases para su rápida ionización (no necesita ignitor). Las corrientes de operación y arranque de estos bombillos son similares a las de mercurio, lo cual nos indica que pueden utilizar los componentes auxiliares de mercurio. Para lograr esta similitud fue necesario reducir su potencia. Estos bombillos vienen en potencias de 150 W, 220 W y 360 W.

Cabe destacar que la conversión de estas luminarias con la nueva tecnología es efectiva y además nos da un ahorro de energía en cada una de ellas del 15 % al 37 %.Las luminarias de mercurio a las cuales se les harán la repotenciación a sodio reemplazando solamente el bombillo de mercurio por el sodio compatible se muestran en la tabla 5.

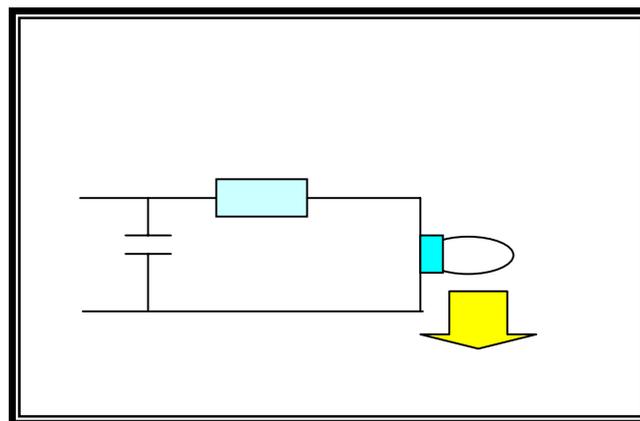


Fig. 3. Repotenciación de la luminaria de mercurio a sodio utilizando bombillos compatibles.

TABLA 5
REEMPLAZO DE LUMINARIAS DE MERCURIO POR SODIO CON LÁMPARAS COMPATIBLES

LUMINARIA	TIPO BOMBILLO COMPATIBLE	FABRICANTE
HU-175	UNALUX 150 Na SILVANIA	OSRAM
HU-250	NHT-220LX IWASAKI	EYE
OV-25 Y HRC-400	NHT-360 LX IWASAKI SON-H 350	EYE PHILIPS

D. Repotenciación a sodio colocando el arrancador y bombillo(Luminaria O.M.D)

Consiste en colocarle a la luminaria de mercurio existente un arrancador (Ignitor) paralelo al sócate de la lámpara y reemplazar su bombillo de mercurio por sodio convencional, manteniendo o disminuyendo su potencia y aumentando así su nivel de iluminación. Esta conversión se hace efectiva ya que sus equipos auxiliares (Balastos-condensador) pueden

soportar las elevadas corrientes que producen las lámparas de vapor de sodio. Todos estos estudios técnico fueron realizados y comprobados en los talleres de la empresa. Las luminarias que pueden ser convertidas con esta alternativas se muestran en la tabla 6.

TABLA 6
REPOTENCIACIÓN DE LUMINARIAS DE MERCURIO A SODIO CON IGNITOR-BOMBILLO

LUMINARIA	IGNITOR	BOMBILLO DE SODIO CONVENCIONAL
HU-175	LCR-002	150 W
HU-250 HRC-400	LCR-002	150 W 250 W
OV-25	LCR-002	400W

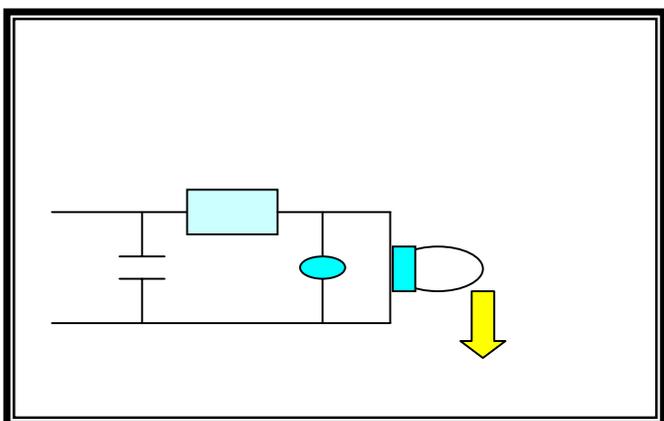


Fig. 4. Repotenciación de las luminarias de mercurio a sodio colocándole arrancador y reemplazando el bombillo de mercurio por sodio convencional.

VII. PRUEBAS DE LUXOMETRÍA EN CAMPO

Esta prueba consiste en realizar los ensayos fotométricos de las luminarias repotenciadas a sodio, con el objeto de obtener el porcentaje de mejoras de iluminación respecto a la de mercurio. También se realizarán los ensayos de las luminarias de sodio original como referencia para la comparación con las repotenciadas. Estas pruebas fueron realizadas en el Centro de Servicio Chacao tomando varias muestras e utilizando el método de los nueve puntos.

Es importante tomar en cuenta los puntos ópticos de los bombillos ya que influyen en la distribución fotométrica de la curva de la luminaria. En los ensayos para luminarias OV-25 400W sodio se utilizaron bombillos de sodio Americanos (Ceramalux - Philips) y bombillos de sodio Europeos (NAV-T 400 W Osram), dando como buen resultado de iluminación el bombillo Europeo, esto se debe a que su punto óptico está mas desplazado que el Americano, a pesar de tener la misma potencia y de igual flujo luminoso. La curva Isolux de una

luminaria puede ser desplazada a través del punto óptico del bombillo, el cual puede ayudar a mejorar la uniformidad global o longitudinal. En la tabla 9 se muestran los resultados obtenidos y el cual se hacen las comparaciones.



Fig. 5. Iluminación de una urbanización con fuente de mercurio y fuente de sodio.

TABLA 7
RESULTADOS DE LUXOMETRÍA EN CAMPO

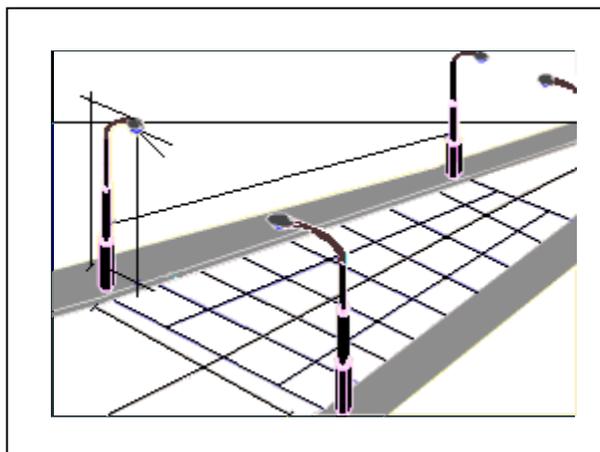
Luminaria	Bomb.Denominación (w)	p.Óptico (mm)	Tipo	Flujo Lumen	Iluminancia (lux)
OV-25, Hg	400HG G.E	-----	O	23000	39.56
OV-25 Na Nueva	400w Ceramalux	146	T	48000	58.88
OV-25, Hg (Ign-Bomb.)	400 W Ceramalux	146	T	48000	60.56
OV-25, Hg (Ign-Bomb.)	NAV-T 400 OSRAM	175	T	48000	83
OV-25, Hg Iwasaki	NH-360 lx Na	182	O	45000	94.11
OV-25, Hg Iwasaki	NHT-360 Lx Na	175	T	48000	81
OV-25,Hg Son-h	SON-H 350 W Na	----	O	34500	62

O: Ovoide, T: Tubular.

VIII. ESTUDIO ECONÓMICO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Presentado todas las alternativas que pueden realizar los diferentes cambios a sodio con su respectivo estudio técnico, se hará un estudio económico el cual será decisivo para escoger la alternativa óptima que presente una baja inversión y un beneficio para la C.A La Electricidad de Caracas. En la tabla 9 se muestran los costos unitarios de cada equipo – data 1995. Con la alternativa de colocar bombillos compatibles, la conversión se puede realizar de manera efectiva a luminarias de mercurio HU-175, HU-250, OV-25 y HRC-400, ya que los balastos pueden soportar las corrientes de operación de los bombillos de sodio (Ver Características técnicas de los balastos y bombillos en los catálogos. Además nos ofrece un ahorro energético en cada reemplazo y su inversión inicial es baja en comparación a las alternativas tradicionales. El bombillo de sodio compatible que tiene mejor característica en lo que respecta a su flujo luminoso y vida útil (24.000 hrs), la cual estaría ligada directamente al costo por mantenimiento, son de la marca IWASAKI (NHT 220W - NHT 360 W).

Lo que respecta al bombillo especial SON-H 350 de la



Philips no será tomado debido a su corta vida útil (16.000 hrs) y su poca emisión lumínica (34500 lum). Esta alternativa fue seleccionada para repotenciar la Av. BOYACA (Cota Mil) y sus distribuidores, el cual fue tomada por la alta Gerencia Ejecutiva de la C.A La Electricidad de Caracas al presentarle dicho estudio. Con la alternativa de colocar ignitor y bombillos de sodio convencional (Luminaria O.M.D) la conversión se hace efectiva para las luminarias de mercurio OV-25 y HU-175, ya que para luminarias de mercurio HRC-400 y HU -250 (Para la misma potencia de cambio) se ven comprometidas con un aumento de su capacidad de diseño del 27 %, reduciendo la vida útil del balasto pero no tan discriminadamente. Se podría aprovechar al máximo sus equipos auxiliares debido a la refrigeración por convección del aire, el cual disminuiría este aumento de temperatura. La conversión efectiva de estas luminarias HRC-400 y HU-250 pueden ser efectivas con la alternativa de colocarle el ignitor con bombillos de sodio 250 W para la HRC-400 y 150

W sodio para la HU-250 respectivamente. Esta conversión nos da un 37 % y 15 % de ahorro energético y un 20 % de aumento en el nivel de iluminación. Esta alternativa es la más aceptable en comparación a las demás ya que es de muy baja inversión y fácil de realizar el cambio.

TABLA 8
COSTOS DE LOS EQUIPOS DE A.P (\$ 170 BS)

EQUIPOS	COSTO EN Bs. (7/95)
Luminaria HU-P 150W - Sodio	16.000
Luminaria OV-25,400W Na (Nueva)	30.000
Luminaria M-200,100W /120v Na	8000
Luminaria OV-25 400W de Hg Repotenciada a sodio 400W en Fabrica	23.000
Luminaria O.M.D (Repotenciada a Sodio. Bombillo 400 W e ignitor.)	1945
Bombillo Especial NHT 360W Iwasaki	6840
Bombillo SON-H 350. Philips	5040
Bombillo Especial NHT 220W Iwasaki	5860
Bombillo Especial 150W Silvania	5000
Equipo de sodio 150 W/208V	4926
Bombillo Osram /Ceramalux 400W Na	2050/1300
Ignitor LCR 002	645

El tiempo de repotenciar una luminaria con esta alternativa es de aproximadamente 5 minutos. La Gerencia Ejecutiva tomó la decisión de repotenciar a sodio con esta alternativa innovadora para las siguientes autopistas: Autopista Francisco Fajardo, Autopista Valle – Coche, Autopista de Baruta. Todas estas autopistas tienen luminarias OV-25, 400 W de mercurio y una cuadrilla de alumbrado público puede repotenciar 18 luminarias por jornada de trabajo, lo que incluye instalación del ignitor, reemplazo de la lámpara y limpieza o reemplazo del difusor. Si se toma en cuenta que las vías rápidas solo se mantienen los fines de semana y, a la vez se pueden utilizar 5 cuadrillas, podemos planificar la ejecución total en 8 meses.

IX. ESTUDIO DE COSTO – BENEFICIO

A continuación se muestra el cuadro de costo beneficio de los cambios a sodio realizado en el mejoramiento del nivel de iluminación de las autopistas de Caracas:

TABLA 9

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Autopista	Pto.A.P	Alternativa Propuesta	Costo.(Bs) Alternativa Tradicional	Costo(Bs) Alternativa propuesta
Cota Mil	981	IWASAKI	30.000	6840
Fco Fajardo	1417	O.M.D	30.000	1945
Autp Baruta	347	O.M.D	30.000	1945
Valle-Cohe	809	O.M.D	30.000	1945
Autp. Sur	138	O.M.D	30.000	1945
Dist. Cota Mil	230	IWASAKI	20.000	5860

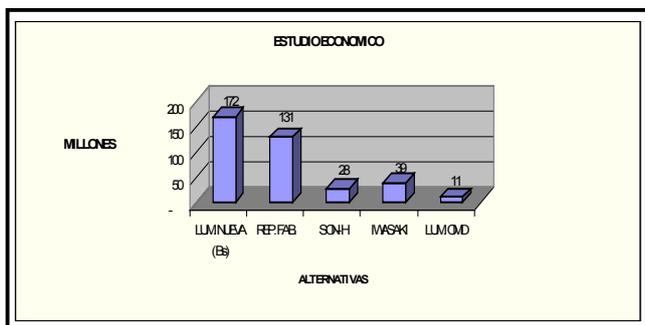


Fig. 7. Comparación económica de las opciones.

TABLA 10

COSTO TOTAL DE INVERSIÓN

Alternativas	Inversión
Tradicional	115.360.000
Reemplazo nuevo	
Propuesta	13.326.135
- Bombillos compatibles	

- luminaria O.M.D	
Beneficio	102.033.870

X.CONCLUSIONES

Para el buen diseño de un sistema de alumbrado público se ha de considerar varios factores, tales como: Nivel mínimo de iluminación, Nivel de uniformidad recomendado, Lámparas y luminarias existentes y destinados a la zona, Nivel de deslumbramiento, Alturas recomendadas y los Soporte de iluminación (Postes y brazos). Todos estos factores aseguran la calidad de iluminación y ofrecen una mayor seguridad y estética a una comunidad o vía a diseñar. Cabe destacar que al culminar un proyecto de alumbrado público, se procederá al respectivo mantenimiento el cual, para cualquier compañía eléctrica significa un costo asociado, debido al bajo valor de las tarifas y al retraso en el pago de los entes gubernamentales e instituciones privadas. El sistema de alumbrado público para La C.A La Electricidad de Caracas representa, además de su propia imagen, la de la ciudad. Si se quiere mejorar las instalaciones de un sistema de alumbrado público existente, se deben de buscar alternativas bien sea para su rediseño o reemplazo total, tomando en cuenta los costos de inversión y a su vez los de mantenimiento. Es de suma importancia para los ingenieros encargados de hacer estas mejoras conocer lo que es la **luminotecnia**, que no es más que un área de la electricidad que se encarga del estudio de la iluminación en todas sus formas, con el objeto de perfeccionarla cada día y lograr obtener mejores resultados en cuanto a rendimiento, economía y calidad. Existen varias fuentes de luz artificial, incandescente, luz mixta, vapor de mercurio, vapor de sodio y aditivos metálico, que son utilizados para el diseño de alumbrado público según el requerimiento del lugar. Para esto se ha de estudiar a fondo sus principios de funcionamiento, sus características eléctricas y fotométricas, sus ventajas y desventajas y, por supuesto, sus costos. También es indispensable el conocimiento de los componentes de los equipos auxiliares de las luminarias como lo es el condensador, el balasto y el arrancador (ignitor) ya que ayudaría a encontrar buenos resultados como lo conseguido en este estudio. Se pueden encontrar alternativas que ayuden a utilizar pocos recursos económicos y una de ellas sería la de ver las posibilidades de aprovechar al máximo los equipos existentes en el terreno. Lo común de todo cambio es el reemplazo total de los ya existentes. Actualmente, dentro de la Luminotecnia se tienen nuevos avances tecnológicos como lo son: los bombillo de sodio especial que pueden ser colocados en luminarias de mercurio, y además, la chispa de la innovación como lo es la conversión de luminarias de mercurio por sodio. Todo esto para dar respuestas satisfactorias a los respectivos cambios a realizarse en el sistema de iluminación de alumbrado público. En la actualidad

resulta muy sencillo cambiar la iluminación de mercurio por sodio utilizando la misma luminaria, agregándole el ignitor y reemplazando el bombillo de mercurio por sodio. Esto es tecnología o lo que se llamaría lo no común de lo tradicional. Cabe destacar que todos los estudios realizados en este trabajo para las mejoras en el sistema de iluminación del alumbrado público, tuvieron como objetivo principal el bajar los costos por mantenimiento e inversión. Debido a la gran importancia que tiene este proyecto de mejoras del alumbrado público para la C.A La Electricidad de Caracas, se hicieron grandes esfuerzos para realizar las diferentes mediciones eléctricas y fotométricas de las luminarias y lámparas, esto debido a que no se cuenta con los equipos necesarios e idóneos para las respectivas pruebas que certificarán o no la validez de los ensayos realizados.

XI. REFERENCIAS

- WESTINGHOUSE. 1987. "Manual del alumbrado". México .Editorial Dossat S. A. tercera edición.
- Ing. ADRIAN, Scandell . 1993 . "Charla de alumbrado público Wemca / Iluminación ".Caracas
- GUTIERREZ S., Francisco. 1994." Manual de iluminación. Holophane S. A. de C. V."México.
- ADAE. 1992. "Fuentes de luz". Madrid .Editorial Paraninfo. Primera edición.
- Osram ." Manual de luminotecnía". Alemania.
- Iwasaki Electric CO., LTD. Eye Lamp Guide.
- General Electric. Lamp. Catalog.
- Philips. Catálogo general de productos.
- Holophane. Datálogo registrado.
- LCR ELECTRONIC C. A., Catálogo.
- Ing. Martínez, Jaime. 1994 ."Curso de iluminación ".Caracas.(Apuntes tomados)
- Asesoría técnica de Representaciones A.M.B Sr Antonio Martínez (Representante de IWASAKI, EYE en Venezuela)
- Ing. Ereú, Miguel.1996."Mejoras del sistema de alumbrado público de la zona metropolitana de Caracas." U.S.B.Caracas.
- Ing. Ereú , Miguel.1997. Fundamentos de Luminotecnía."Caracas.