



## **“Proyecto de Iluminación de una Ciclovía en el Parque Salto del Guairá de Ciudad del Este, con criterios de sustentabilidad”**

**Carlos Hernán Mieres Zacarías**

**Julio Cesar Benítez Saucedo**

Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” Campus Alto Paraná, Facultad de Ciencias y Tecnología.

**Ing. Marcos Daniel Morinigo Esquivel**

Itaipu Binacional

Paraguay

### **1.0 RESUMEN**

En la actualidad se ha tratado en forma recurrente el tema generado por la crisis energética, la cual se debe principalmente al aumento desproporcionado de la demanda de energía eléctrica, especialmente por parte de las industrias que cada vez consumen mayor cantidad de energía en sus procesos productivos. El aumento de la población también contribuye en este tema. Poco a poco se han ido tomando las medidas que apuntan a una mejor utilización de los recursos energéticos existentes, mediante la aplicación de políticas de eficiencia energética para equipos eléctricos, las cuales se irán masificando gradualmente hacia equipos que demanden más energía.

En el mismo contexto anterior, la tecnología *LED* se esta insertando lentamente en sistemas de iluminación del país, dadas sus ventajas de eficiencia en la conversión y su bajo consumo de energía, en el corto plazo y gracias al desarrollo tecnológico se transformará en una alternativa muy conveniente, tanto en el aspecto técnico como económico.

Así, surge la necesidad de un cambio de tecnología con el objetivo de ahorro de energía y los costes de mantenimiento, dando foco a una visión de los resultados lumínicos obtenidos, con ello se estructura el proyecto de realizar la iluminación artificial de una ciclovía en un parque de la Ciudad, la cual beneficiará a los espacios verdes envueltos, incentivando al cuidado del medio ambiente y la movilidad dentro de la ciudad, por medio de la utilización de la bicicleta como un medio de transporte alternativo. Dicha iluminación se realizara a través de un sistema híbrido, cuya principal alimentación será por medio de paneles fotovoltaicos, y de forma secundaria estará conectado al sistema eléctrico de la ANDE que actuaría en caso de emergencia o en caso de que no sea suficiente la energía solar.

### **2.0 PALABRAS CLAVES**

- Híbridos.
- *LED*
- Paneles Fotovoltaicos.
- Eficiencia Energética.

### 3.0 JUSTIFICATIVA

La iluminación artificial será generada a partir de una fuente de energía renovable, que permitirá reducir los costos de consumo de energía, contribuyendo efectivamente con el medio ambiente, ofreciendo a la comunidad mayor seguridad para actividades de esparcimiento. A su vez será considerado sustentable porque visa atender los aspectos económicos, ecológicos y sociales que envuelven el lugar de recreación, de manera que su funcionamiento se de en forma armónica a lo largo del tiempo y del espacio. El parque contará con una instalación híbrida, donde estarán conectados los paneles fotovoltaicos como fuente principal y de manera alternativa el sistema de distribución de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) para casos fortuitos.

El proyecto abarcará el trazado de la ciclovía, el restablecimiento del peatonal ya existente y las demás obras asociadas al área de esparcimiento. A su vez contendrá artefactos de iluminación con alto grado de eficiencia energética.

Para la iluminación, la ciclovía contara con artefactos que contienen 48 leds y una potencia de 75W, y los artefactos del peatonal tendrán la misma cantidad de LEDs pero con una potencia de 80W. La instalación se planteará en el Parque Salto del Guairá, situado en el Área Habitacional N° 1.

### 4.0 CALCULOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA PROYECCIÓN DE BANCO SOLAR

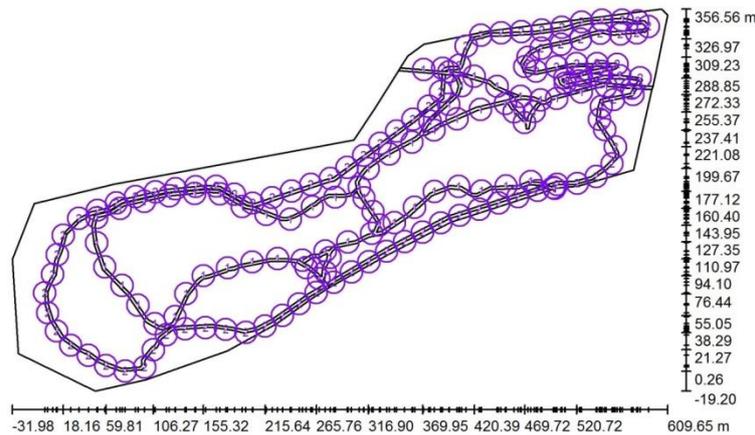
#### 4.1 Cantidad de luminarias de la instalación.

**Tabla I Cantidad de luminarias.**

Nº	Designación(Factor de corrección)	Pieza	P[W]	Potencia P[W]*Pieza
1	SCHREDER AKILA Road / 5102 /48 LEDS 530 mA NW/ 324992 (1000)	66	80	5280
2	SCHREDER TECEO 1 / 5103 /48 LEDS 500 mA NW/ 354832 (1000)	98	75	7350
TOTAL				<b>12.630 W</b>



**Figura 1 y 2: Diseño del sendero peatonal y de la ciclovia y vista Aerea del Parque Salto del Guairá con la ciclovia y el peatonal señalados. . (Autocad 2016)**



**Figura 3 Ubicación de las luminarias en los senderos peatonal y ciclovia.**

#### 4.2 Cálculo de la instalación fotovoltaica

Para el dimensionamiento de la instalación, hemos experimentado 2 opciones de cálculos: la primera prevé mayor capacidad de paneles y menor de acumulación, la segunda prevé menor cantidad de paneles compensando con el aumento de la capacidad de acumulación, es decir con el banco de baterías.

En nuestro proyecto optamos por la segunda opción, por contar con un espacio físico no tan considerable para una instalación fotovoltaica de gran porte. Los cálculos se describen a continuación:

Consumo energético total diario: 151.560 Wh/día.

$$E = \frac{E_t}{R} \text{ (Wh/día)} \quad \text{Ecuación 1 Consumo Real Energético}$$

$$R = \eta_{bat}\eta_{inv} \quad \text{Ecuación 2 de rendimiento global}$$

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Donde R corresponde al factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica,

$$E = \frac{151560}{0,9 * 0,95} = 177263(Wh/dia)$$

#### 4.3 Calculo de los paneles solares

Para calcular la cantidad de paneles solares necesarios para la instalación, necesitaremos los datos obtenidos de la irradiación solar diaria promedio de Ciudad del Este, los cuales están indicados en la siguiente tabla.

**Tabla II Irradiación solar mensual para Ciudad del Este.**

IRRADIACION DIARIA PARA CIUDAD DEL ESTE (KWh/ día)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5,39	5,08	4,98	4,36	4,3	3,92	4,59	4,77	4,45	4,62	5,48	5,47

A este dato se le deberá descontar las pérdidas de radiación por concepto de orientación e inclinación de los paneles. Luego, es necesario estimar las horas de sol diarias, o también denominadas horas solares pico (HSP), que corresponden a las horas solares equivalentes por día, en base a un nivel de radiación estándar de  $1KW/m^2$ .

$$NP = \frac{E}{0,9 * W_p * HSP} \quad \text{Ecuación 3 Calculo del número de paneles}$$

Donde  $W_p$  corresponde a la potencia pico del panel, para este proyecto consideramos un panel de 300  $W_p$  con el cual realizamos el siguiente cálculo, utilizando la media anual de HSP.

Por lo tanto:

$$NP = \frac{177263}{0,9 * 300 * 4,73} = 138,8$$

$$NP = 139$$

La conexión de los paneles será de dos en serie y 70 ramas en paralelo, entonces la cantidad de paneles quedara en 140.

#### 4.4 Calculo del banco de batería

Obtenido el valor real del consumo energético, será posible calcular la capacidad de acumulación ( $C_{bat}$ ) que se va a necesitar para almacenar la energía generada por el sistema, pero como ya mencionamos anteriormente este método necesita una inversión mayor para el banco de batería, ya que debe suplir a los paneles en los meses críticos, el cálculo se realizara de acuerdo al factor de cobertura.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

**Tabla III** Factor de Cobertura Solar para NP=140,  $W_p = 300$

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1,14	1,10	1,05	0,9	0,9	0,83	0,97	1,01	0,94	0,98	1,16	1,15

Como podemos observar en la tabla, el mes con menor cobertura es el mes de junio, entonces realizamos la diferencia entre la energía generada y la energía consumida mensualmente

$$\Delta E = E_G - E_C = 4.888.800 - 5.317.890 = -429.090 \text{ Ecuación 4 variación de energía.}$$

$$C_{bat} = \frac{E \cdot N + \Delta E}{V \cdot P_d} \text{ Ecuación 5 Capacidad del banco de baterías}$$

$$C_{bat} = \frac{177263 \cdot 2 + 429.090}{48 \cdot 0,7} = 23321,9 \text{ Ah}$$

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

## 5.0 RESULTADOS

### 5.1 AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR CADA UNIDAD DE EQUIPO SUSTITUIDO

CUADRO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS CONVENCIONAL/LED PARQUE SALTO DEL GUARÁ - CICLOVÍA Y ACCESO PEATONAL			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CONVENCIONAL	LED
A1	NÚMEROS DE ARTEFACTOS	65	
B1	POTENCIA EN WATTS	250	80
C1	HORAS DE FUNCIONAMIENTO DIARIO	12	12
D1	DIAS	30	
E1	POTENCIA CONSUMIDA= (A)*(B)	16250	5200
F1	ENERGÍA TOTAL CONSUMIDA EN kWh =(C)*(D)*(E)	5.850,00	1.872,00
G1	ENERGÍA ANUAL CONSUMIDA kWh =(F)*12	70.200	22.464
H1	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL kWh	47.736,00	

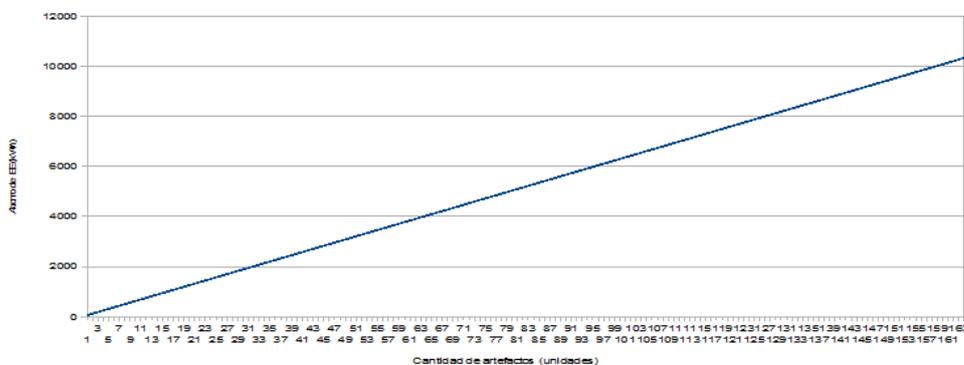
CUADRO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS CONVENCIONAL/LED PARQUE SALTO DEL GUARÁ - CICLOVÍA Y ACCESO PEATONAL			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CONVENCIONAL	LED
A2	NÚMEROS DE ARTEFACTOS	98	
B2	POTENCIA EN WATTS	250	75
C2	HORAS DE FUNCIONAMIENTO DIARIO	12	12
D2	DIAS	30	
E2	POTENCIA CONSUMIDA= (A)*(B)	24500	7350
F2	ENERGÍA TOTAL CONSUMIDA EN kWh =(C)*(D)*(E)	8.820,00	2.646,00
G2	ENERGÍA ANUAL CONSUMIDA kWh =(F)*12	105.840	31.752
H2	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL kWh	74.088,00	

AHORRO DE ENERGÍA TOTAL ANUAL kWh= (H1)+(H2)	121.824,00
--	------------

Tabla IV y V Cuadros comparativos

### 5.2 CURVA DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA 163 ARTEFACTOS SUSTITUIDOS

CURVA DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



El ahorro está dada por la siguiente formula:

$$\text{Ahorro de EE} = \frac{N \times H \times D}{1000} * (\text{Pot. Conv} - \text{Pot. LED}) [kWh]$$

Donde:

N= Número de artefactos;  
H=Horas estimadas de funcionamiento;  
D= Días de funcionamiento  
Pot. Conv= Potencia del artefacto convencional (W);  
Pot. LED= Potencia del artefacto tipo LED (W).  
EE= Energía Eléctrica

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

5.3 RELACION COSTO, VIDA UTIL Y AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

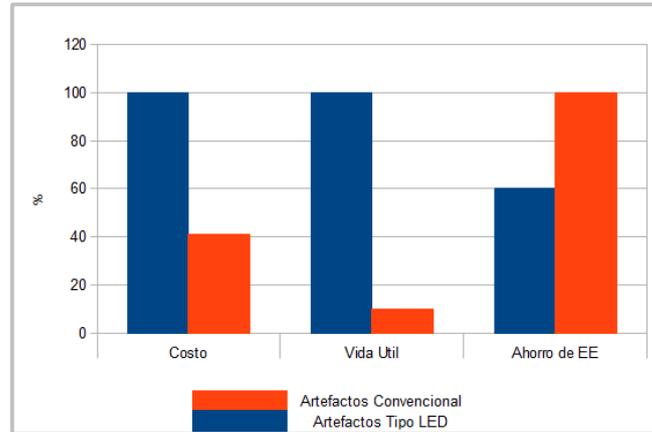


Figura 4 Comparación artefactos LED y convencionales.

TIEMPO DE RETORNO

		CANTIDAD	UNIDAD
COSTO DE INVERSION	Artefactos tipo LED	164	Un
	Soporte de 1 pétalo	1	Un
	Soporte de 2 pétalos	57	Un
	Soporte de 4 pétalos	12	Un
	Oficial Electricista	97,8	Hora-Hombre
	Ayudante Electricista	97,8	Hora-Hombre
	Camión/gura para 8 t c/ chófer	97,8	Hora
<b>TOTAL DEL COSTO DE INVERSION (A)</b>			
AHORRO	Mantenimiento	1	GI
	Energía Eléctrica	10.037	U\$\$/kWh
	Costo de almacenamiento		
<b>TOTAL DE AHORRO MENSUAL (B)</b>			
TIEMPO DE RETORNO EN MESES= (A)/(B)			
TIEMPO DE RETORNO EN AÑO=[(A)/(B)]/12			

Figura 5 Retorno de la inversión y ahorro.



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

---

## 6.0 CONCLUSIONES

Con el sistema propuesto se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- a) Existe un ahorro significativo de energía eléctrica.
- b) Se logrará la conversión de una zona de difícil acceso por la escasa iluminación y descuido en una zona con innovación tecnológica, siendo un modelo de modernización a nivel nacional.
- c) Con el uso de los artefactos tipo LED se logra una ventaja considerable de ahorro energético, una mayor vida útil, escaso mantenimiento, fácil instalación y preservando el medio ambiente sin las emisiones de gases contaminantes como mercurio, etc.
- d) Mayor autonomía en relación a la conversión de energía, ahorro económico en relación a la mano de obra, mantenimiento y equipos, conservación del medio ambiente, resistencia al agua: lo que permite la reparación y eficiencia en tiempos de lluvia, fiabilidad y facilidad de usos, tamaño reducido, elevada resistencia y eficiencia de conservación, asociado al bajo tiempo de respuesta.
- e) A modo de comparación, considerando aleatoriamente un consumo mensual promedio de 200 kWh por vivienda y sustituyendo 164 artefactos, con el ahorro se podrá abastecer de energía eléctrica a aproximadamente 50 viviendas con tarifa social.
- f) En proyectos futuros, será posible realizar la automatización entre artefactos (telegestión), en función a la circulación de personas en sus bicis, con el fin de obtener la máxima iluminación posible bajo ellas y lograr aun más, la reducción del consumo energético, implementando prácticas sustentables y económicas con el medio.

## 7.0 BIBLIOGRAFÍA

Administración Nacional de energía (ANDE): *Energía solar y eólica en Paraguay*. Ministerio de obras públicas y comunicaciones. 2013

[http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1629&Itemid=748](http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1629&Itemid=748)

Ramos Heredia R., Cuan Camejo J., & Montoya Márquez S.: *Mantenimiento de Sistemas Solares Fotovoltaicos*. Centro de Investigaciones de energía solar, Santiago de Cuba.

Candura P. & Godoy P.: *Urban Lighting*. Concepts and Case Analyses, 2009

Pérez Danilo, *Análisis de un Sistema de Iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. Universidad Austral de Chile, 2009

Prat Viñas Lluís, *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona España.