

# “Análisis Energético-Económico de la Utilización de Fotocontroles Tipo Fail-On O Fail-Off en Alumbrado Público en Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. de la Ciudad de Cuenca”

M. A. Dávila      E. F. Durán

*Universidad Politécnica Salesiana - Cuenca, Ecuador*

**Resumen— Análisis sobre la utilización de fotocontroles tipo fail-on o fail-off en la red de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur de la ciudad de Cuenca. Análisis energético-económico de ambos tipos de fotocontroles, ventajas y desventajas de su uso.**

**Palabras claves— Fotocontrol, fail-on, fail-off, alumbrado público, eficiencia energética.**

## 1. INTRODUCCIÓN

En un sistema de alumbrado público, los fotocontroles y específicamente las fotocélulas, constituyen una de las partes principales, por lo cual un daño en las mismas dejará fuera de servicio a las luminarias asociadas.

Uno de los daños más comunes es el cortocircuito, o falla en general de las fotocélulas, por cual la reparación de dicho daño se debe hacer en el menor tiempo posible y utilizando los recursos necesarios.

Cuando se presentan fallas en los fotocontroles de las luminarias de alumbrado público, el usuario final sufrirá las consecuencias de éste particular. El servicio de alumbrado público deberá ser tal que asegure parámetros como seguridad para la ciudadanía por las noches, continuidad del servicio, y además debe mantener una homogeneidad en las instalaciones de alumbrado público desde el punto de vista de la empresa proveedora, por lo cual se requiere hacer un estudio sobre las ventajas y desventajas de los sistemas actuales de fotocontrol utilizados desde el punto de vista energético, económico y social.

## 2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS FOTOCONTROLES

Los controles fotoeléctricos o fotocontroles, son una clase especial de interruptores automáticos utilizados ampliamente en alumbrado público, para la conexión y desconexión de fuentes de luz, ya sea en forma individual, o efectuando un control múltiple mediante la utilización de un contactor.

Dependiendo del tipo de circuito que se quiere controlar, se deben utilizar fotocontroles con contactos

normalmente cerrados (utilizados para control individual de fuentes de luz), o fotocontroles con contactos normalmente abiertos (utilizados para control múltiple de fuentes de luz a través de contactor).

El concepto de fotocontrol de contactos normalmente cerrados (NC), consiste en que el fotocontrol enciende la lámpara durante la noche y la apaga durante el día. A su vez, el fotocontrol de contactos normalmente abiertos (NA), se asocia con el encendido de la luminaria durante el día y apagado durante la noche.

Los fotocontroles deben cumplir con las normas para fabricación y ensayos según ANSI 136.10 – 2006 o normas internacionales equivalentes. Dentro de la norma ANSI 136.10 se especifica que los fotocontroles son diseñados de manera que cumplan con dos modos de fallo básicos. Estos modos de falla se hacen presentes en contingencias del sistema interno de la fotocélula, y son los siguientes:

- **Fotocontrol Fail-off:** Fotocontrol diseñado para que la carga permanezca apagada cuando ocurra la falla.
- **Fotocontrol Fail-on:** Fotocontrol diseñado para que la carga permanezca encendida cuando ocurra la falla.

La utilización de uno o de otro modo de fallo en el sistema de alumbrado presenta sus ventajas y desventajas, las cuales se analizarán en este documento.

## 3. UTILIZACIÓN DE FOTOCONTROLES EN LA CENTROSUR

El sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, contempla las provincias de Azuay, Cañar, El Oro, Guayas, Loja, y Morona Santiago. La empresa se encarga del mantenimiento de 82 544 luminarias distribuidas en sectores urbanos y rurales.

En este proyecto se analizará el caso específico del cantón Cuenca de la Provincia del Azuay, en la cual se tienen los siguientes datos:

- Cantidad de luminarias: 46.670
- Potencia Instalada: 8.572.375 W
- Energía sin balastro: 2.922.965 KWh
- Energía con balastro: 274.387 KWh
- Energía total: 3.196.347KWh

#### 4. ANÁLISIS

Para realizar un análisis de la eficiencia energética, debemos tomar en cuenta las normas internacionales para alumbrado ITC EA, específicamente la ITC-EA-06 (mantenimiento de alumbrado público). Estas normas se basan en un análisis energético que aseguren la inversión, instalación, mantenimiento y operación de un sistema de alumbrado público. En la Figura 1 observamos las normas que tienen lugar en este análisis.



Figura 1: Normas utilizadas para eficiencia energética [1]

De la Figura 1, observamos dos puntos importantes para los requisitos de eficiencia energética: Uniformidad mínima y mantenimiento. Estos parámetros, serán los que regirán el análisis en este proyecto, pues en eso se basará la selección de un tipo u otro de fotocontrol.

##### a) Causas de mantenimiento en alumbrado público

Para analizar la viabilidad de adquirir un solo tipo de fotocélula, debemos tener en consideración el historial de daños que se dan en alumbrado público. Como referencia se tomaron los datos de las causas de mantenimiento ingresadas en el SRI del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. correspondientes del mes de febrero de 2012.

Los datos presentados abarcan los mantenimientos realizados desde el 1 de febrero de 2011 hasta el 22 de febrero de 2012. Los casos atendidos y sus causas se pueden observar en la tabla 1:

Tabla 1: Cantidad de mantenimientos realizados en alumbrado público y sus respectivas causas

Causa	Casos
Otras	533
Alumbrado defectuoso	1 549
Alumbrado encendido	739
Sin alumbrado	2 716
<b>TOTAL</b>	<b>5 537</b>

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

En la Figura 2 podemos observar el porcentaje de causas atendidas en alumbrado público. De estos porcentajes:

- **Alumbrado defectuoso:** Comportamiento errático del equipo.
- **Alumbrado encendido:** Las luminarias se encontraban encendidas durante el día.
- **Sin alumbrado:** Las luminarias se encontraron apagadas por completo.
- **Otras:** Daños por descargas atmosféricas, líneas arrancadas, choques, instalaciones nuevas o servicios no programados.

Causas de mantenimiento de alumbrado público

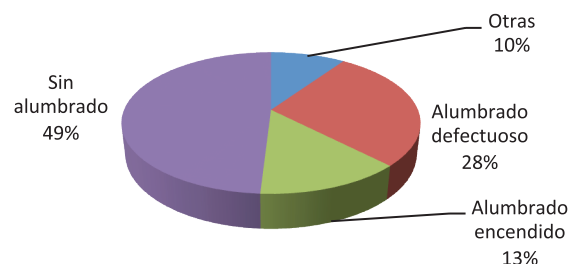


Figura 2: Porcentajes de causa de mantenimiento en alumbrado público. Fuente: Centro Sur

##### 1. Causa de mantenimiento: Alumbrado defectuoso

El alumbrado defectuoso, o funcionamiento intermitente de la luminaria puede darse por las siguientes:

- Daño en el contacto de la luminaria
- Daño en el balastro
- Falsos contactos
- Fotocontrol defectuoso

En el periodo analizado se encontró que el 28% de los mantenimientos realizados corresponden a esta causa, es decir 1 549 casos. El promedio de atención de un reclamo de este tipo es de aproximadamente 24,29 horas y el tiempo de reparación promedio es de 3,77 horas.

## 2. Causa de mantenimiento: Alumbrado encendido

Al encontrar una luminaria encendida durante el día, es directamente causado por la falla de la fotocélula (modo de fallo fail-on).

En el periodo analizado se encontró que el 13% de los mantenimientos realizados corresponden a esta causa, es decir 739 casos. El promedio de atención de un reclamo de este tipo es de aproximadamente 12,32 horas y el tiempo de reparación promedio es de 2.11 horas.

## 3. Causa de mantenimiento: Sin alumbrado

Si una luminaria no funciona durante la noche, las fallas pueden ser de cualquier naturaleza, por lo cual se dificulta el mantenimiento del sistema de alumbrado. Entre las principales causas de daños que ocasionen este particular se tienen:

- Daño en el reloj.
- Daño de la luminaria.
- Daño del balasto.
- Falla en el servicio de MT o BT.
- Líneas arrancadas.
- Daño de la fotocélula.

Por lo cual, la detección específica del daño que ocasione el corte del servicio de la luminaria resulta muy complicado, y requiere más tiempo de atención por parte de los grupos de mantenimiento.

En el periodo analizado se encontró que el 49% de los mantenimientos realizados corresponden a esta causa, es decir 2 716 casos. El promedio de atención de un reclamo de este tipo es de aproximadamente 24,26 horas y el tiempo de reparación promedio es de 3,86 horas. En la tabla 2 se muestra un resumen de las principales causas de mantenimiento, y el tiempo requerido para la atención del reclamo.

Tabla 2: Tiempo de atención requerido para reclamos.

Tipo de mantenimiento		Tiempo de atención			
Causa	Casos	Promedio	Máximo	Mínimo	Total
Alumbrado encendido	739	12,32	169,82	0	9 105,47
Alumbrado defectuoso	1 549	24,29	177,37	0.02	37 618,08
Sin alumbrado	2 716	24,26	169,82	0.03	65 886,15
Otras	533	14,09	166,13	0.05	7 509,78

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

De igual manera, los tiempos requeridos promedio para la reparación de una falla se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Tiempo de reparación requerido para reclamos

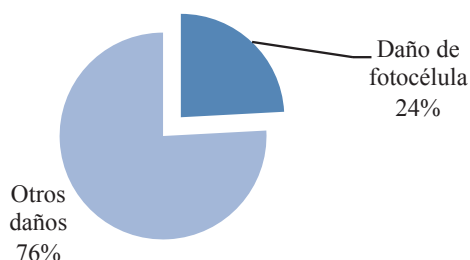
Tipo de mantenimiento		Tiempo de reparación			
Causa	Casos	Promedio	Máximo	Mínimo	Total
Alumbrado encendido	739	2,11	12,83	0	1 561,27
Alumbrado defectuoso	1 549	3,77	12,73	0	5 843,9
Sin alumbrado	2 716	3,86	48,8	0	10 496,77
Otras	533	3,27	12	0	1 744,38

### b) Mantenimiento por tipo de fotocélula

De las causas de mantenimiento anteriormente descritas, se pueden separar las de alumbrado encendido, y las de sin alumbrado para hacer una comparación del elemento que ocasiona el daño. En el caso de alumbrado encendido, la causa de daño casi obligatoria es la falla de una fotocélula fail-on, mientras que en la causa sin alumbrado los daños pueden ser múltiples, lo cual exige un tiempo de análisis muy superior para el mantenimiento, pero se debe tomar en cuenta que el tiempo elevado para realizarlo está en función del tiempo en localizar primero la luminaria con una falla, y luego la reposición del equipo dañado. Este factor es un poco delicado, pues no se tiene una certeza de que el daño (en el caso sin alumbrado) sea por una fotocélula defectuosa, pues al analizar los informes de los grupos de trabajo, generalmente se realiza el cambio de lámpara, fotocélula e ignitor al mismo tiempo, es decir, el mantenimiento se hace con el objetivo que el sistema funcione y no con un análisis profundo de la falla.

Este es un problema que se debería tratar más a conciencia pues aunque el objetivo de dar servicio al cliente lo más pronto posible se cumple, también se desperdician una cantidad muy elevada de recursos, lo cual constituye pérdidas económicas para la empresa. En casos de mantenimiento por alumbrado apagado o sin alumbrado (130 casos), se observó que un 45% son en los que se involucra una fotocélula, es decir aproximadamente 59 casos.

### Causa de mantenimiento: sin alumbrado



Fuente: Centro Sur

Figura 3: Porcentaje de daños por fotocélula en mantenimiento sin alumbrado

Con este criterio, aislando las causas de daños de alumbrado encendido y sin alumbrado, y a la vez analizando cada caso como consecuencia del daño de una fotocélula, y tomando en cuenta el costo de mantenimiento (costo de grupos de trabajo y carro canasta), podemos obtener el costo medio basado en el promedio de horas de mantenimiento. Los rubros especificados se obtuvieron directamente de la base de costos y mano de obra de la empresa.

Tabla 4: Costo por causa de mantenimiento (valores sin IVA) en función de las horas de atención registradas en el SRI

Causa de mantenimiento	Materiales	Mano de obra calificada	Costo total de uso de grupo	Costo total de mantenimiento
Alumbrado encendido	\$ 5,99	\$ 3,02	\$ 616,00	\$ 625,01
Sin alumbrado	\$ 5,99	\$ 3,02	\$ 1 213,00	\$ 1 222,01

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Como se puede observar en la tabla 4, sólo tomando en cuenta la diferencia en horas de atención de ambos casos, significa un aumento de \$627,64 debido en parte a la dificultad de encontrar la luminaria dañada apagada con falla durante el día. La tabla 4 refleja el costo de mantenimiento, pero se considera el tiempo total desde que se receipta la queja por daño de alumbrado hasta que se atiende el problema, lo cual es una aproximación poco real de lo que se demora realmente un grupo de mantenimiento en tratar un particular como el especificado, pero lamentablemente, dentro de la CENTROSUR, no se cuenta con estadísticas del tiempo medio utilizado por un grupo en arreglar un daño, pero luego de realizar análisis interno, se encontró que el mantenimiento por causa de alumbrado encendido es muy rápido pues el daño es la fotocélula, por lo tanto el tiempo medio utilizado es alrededor de una hora, desde que el grupo sale de la empresa hasta que encuentra el daño y lo repara.

Para mantenimientos de luminarias apagadas (sin alumbrado) el tiempo aumenta a un promedio de casi 2 horas, debido a que no se pueden localizar las luminarias de manera inmediata, y se tienen que hacer pruebas para ver si el daño es la lámpara, la fotocélula, el ignitor, o incluso el servicio en media y baja tensión. Cabe recalcar que estos datos son un aproximado y fueron calculados en función de las horas promedio de reparación reportada por los grupos de eléctricos (Tabla 5).

Tabla 5. Costo por causa de mantenimiento (valores sin IVA) en función de las horas promedio de mantenimiento experimentadas por los grupos de alumbrado público

Causa de mantenimiento	Tiempo de reparación (hora promedio)	Costo total de uso de grupo	Costo total de mantenimiento
Alumbrado encendido	2,11	\$ 105,50	\$ 114,51
Sin alumbrado	3,86	\$ 193,00	\$ 202,01

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

### c) Análisis energético

Un factor importante a tener en cuenta, es el hecho que las fotocélulas fail-off son eficientes energéticamente, por lo que se debe hacer un análisis de este particular, para lo cual nos valdremos de los siguientes datos promedios obtenidos en la empresa durante el mes de febrero de 2012:

- Consumo mensual por alumbrado público: 5 235 046 kWh
- Número de luminarias existentes: 82 544
- Costo promedio de kWh comprado al mercado energético: 11 centavos/kwh (Tarifa CONELEC)

Teniendo en cuenta un costo de \$0,11 por kwh, se tiene que el costo total cancelado por alumbrado público (promedio) es:

$$\text{Costo mensual} = \text{kWh} * \text{costo promedio de consumo} \quad (1)$$

$$\text{Costo mensual} = 5235046 * 0.11$$

$$\text{Costo mensual} = \$575855,06/\text{mes}$$

Debido a que existen varios tipos de luminarias, se realizarán los cálculos de potencia de los modelos predominantes. Según datos de la Centro Sur, los modelos de luminarias predominantes tienen las características de la tabla 6.

**Tabla 6: Potencias en estado normal de fotocontroles**

Potencia y Energía por tipo de luminarias en estado normal				
Descripción	Potencia Instalada (W)	Energía Sin Balastro (kWh)	Energía Con Balastro (kWh)	Energía Total (kWh)
240 V Hg 175W	175	65	7	72
240 V Hg 125W	125	47	4,6526	51
240 V Hg 250W	250	93	9	102
240 V Hg 400W	400	149	14,88	164
240 V Na 70W	70	26	3	29
120 V Na 100W	100	72	7,1875	79
120 V Na 150W	150	56	5,5	62

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Estos valores son calculados en un régimen normal, si consideramos el daño de un fotocontrol fail-off, simplemente el consumo de energía se suspende por completo, pero si consideramos un fotocontrol fail-on el consumo sería de la siguiente manera (para una luminaria de 150W):

- Por la noche: consumo sin balastro 56kWh
- Por la madrugada: consumo con balastro 5,5kWh
- Por el día: consumo con balastro 5,5kWh

Por lo tanto el consumo de una luminaria con falla por causa de la fotocélula fail-on es:

$$\text{Consumo total} = 56 + 5,5 + 5,5$$

$$\text{Consumo total} = 67\text{Kwh/mes}$$

**Tabla 7: Energía consumida por tipo de luminarias considerando un fotocontrol fail-on dañado**

Potencia por tipo de luminarias en estado normal					
Descripción	Energía Sin Balastro (kWh)	Energía Con Balastro (kWh)	Energía total en condición normal (kWh)	Energía en falla (kWh)	Energía total en condición de falla (kWh)
240 V Hg 175W	65	7	72	7	78
240 V Hg 125W	47	4,6526	51	5	56
240 V Hg 250W	93	9	102	9	112
240 V Hg 400W	149	14,88	164	15	179
240 V Na 70W	26	3	29	3	31
120 V Na 100W	72	7,1875	79	7	86
120 V Na 150W	56	5,5	62	6	67

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Así, el consumo total sería:

$$\text{Costo mensual} = 67 * 0.11$$

**Costo mensual**

$$= \$6.82/\text{mes por luminaria con fotocontrol dañado}$$

Considerando los otros modelos de luminarias se tiene:

**Tabla 8: Costos de energía según tipo de fotocontrol**

Costos de energía según modelo de luminaria				
Descripción	Costo mensual en condición normal	Costo mensual con fotocontrol fail-on dañado	Costo mensual con fotocontrol fail-off dañado	Diferencia de costo
240 V Hg 175W	\$ 7,92	\$ 8,58	\$ 7,92	\$ 0,66
240 V Hg 125W	\$ 5,61	\$ 6,16	\$ 5,61	\$ 0,55
240 V Hg 250W	\$ 11,22	\$ 12,32	\$ 11,22	\$ 1,10
240 V Hg 400W	\$ 18,04	\$ 19,69	\$ 18,04	\$ 1,65
240 V Na 70W	\$ 3,19	\$ 3,41	\$ 3,19	\$ 0,22
120 V Na 100W	\$ 8,69	\$ 9,46	\$ 8,69	\$ 0,77
120 V Na 150W	\$ 6,82	\$ 7,37	\$ 6,82	\$ 0,55
<b>Promedio:</b>		<b>\$ 9,57</b>	<b>\$ 8,78</b>	<b>\$ 0,79</b>

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Es decir, el costo energético de una luminaria con falla en el fotocontrol fail-on es aproximadamente un 8% mayor al de una luminaria en régimen normal. Con estos datos se calculó el rubro total por mantenimiento teniendo en cuenta el tiempo medio de atención y el tiempo medio de arreglo investigado, como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9: Costo total de mantenimiento considerando el consumo energético**

Causa de mantenimiento	Costo total de uso de grupo	Consumo energético medio	Total
Alumbrado encendido	\$ 616,00	\$ 9,57	\$ 634,58
Sin alumbrado	\$ 1,213,00	\$ 8,78	\$ 1 230,79

\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

#### d) Seguridad

Otro factor muy importante a tener en cuenta es el impacto que tiene una luminaria dañada en la seguridad de un sector en específico. Para realizar un análisis de ésta índole se requieren los índices de

delincuencia o el número de delitos cometidos dentro del cantón Cuenca en las áreas urbanas y rurales. Estadísticas de este tipo no se encuentran disponibles para el público general, y la existente, no presenta una clara diferenciación entre las horas en las que se produjeron los ilícitos o el sector de la ciudad donde tuvieron lugar.

De los datos obtenidos en el año 2011 en cuanto a mantenimiento en general, se presentaron 5 537 daños de los cuales 4 078 corresponden a la parte urbana y 1 459 en la parte rural, lo cual aunque en esencia sea un índice de la calidad de los fotocontroles instalados, permite tener una idea de la incidencia de daños causados debido a la densidad de luminarias por hectárea cuadrada en sectores urbanos y rurales. Si tomamos este factor de daños en cuenta, se puede hacer un análisis en base a los índices delincuenciales, y observar las diferencias existentes. De igual manera, aislando los casos de alumbrado encendido y sin alumbrado, tenemos los siguientes datos:

**Tabla 10: Causas comunes receptadas por reclamos**

Causa	Casos	Urbano	Rural
Alumbrado encendido	739	607	132
Sin alumbrado	2 716	1 869	847

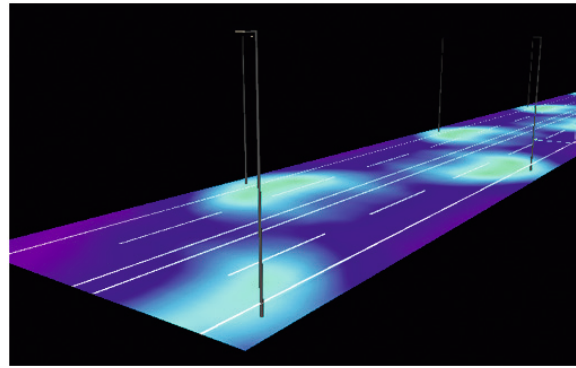
\*Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Es decir, se tiene un alto índice de reclamos por causa de alumbrado apagado, mientras que los reclamos por alumbrado encendido no son tan comunes. Esto nos da una idea de la percepción de seguridad de los habitantes del sector urbano, pues asocian directamente el alumbrado con el índice delincencial.

#### e) Análisis Lumínico

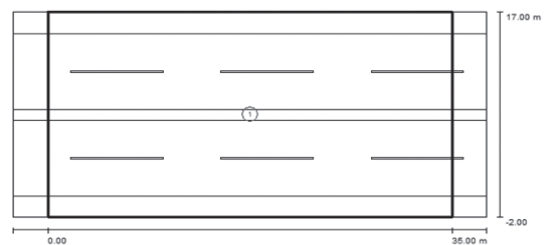
Debido a que la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, y sus contratistas deben cumplir con normas para alumbrado público, se debe considerar el efecto que tiene una luminaria apagada sobre los cálculos realizados. Para verificar el efecto de una luminaria dañada, se utilizó el paquete de software DiaLux para realizar las simulaciones del entorno. Para el caso normal de funcionamiento tenemos:

- Separación entre luminarias: 35 metros.
- Altura de puntos de luz: 11 metros.
- Tipo de luminaria: VSAP 250W.



**Figura 4: Escenario de simulación en estado normal**

Una vez realizada la simulación se pueden obtener el resultado de la Figura 5.

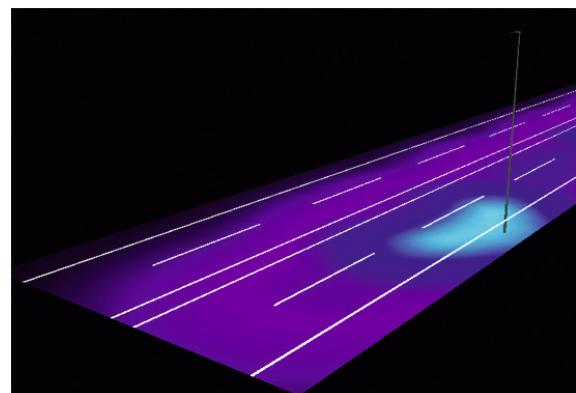


*Iluminancia media: 24.18 lux*

**Figura 5: Resultados de la simulación de luminarias en estado normal**

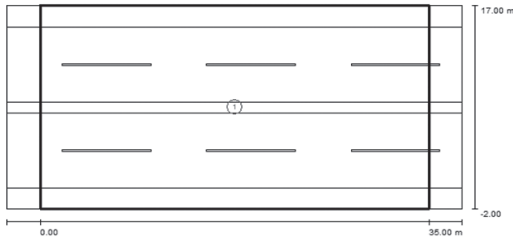
Caso de daño:

- Separación entre luminarias: 35 metros.
- Altura de puntos de luz: 11 metros.
- Tipo de luminaria: VSAP 250W.



**Figura 6: Escenario de simulación con un fotocontrol dañado**

La disminución de los niveles de iluminación en el caso de que una luminaria se apague son muy notorios, como se puede apreciar el resultado de la simulación de la Figura 7.



*Illuminancia media: 12.09 lux*

**Figura 7: Resultados de la simulación con luminarias apagadas**

Como podemos observar la luminancia media disminuye la mitad, pues se apaga completamente una luminaria en el tramo de análisis, por lo cual no se cumplen con normas básicas de alumbrado, y además se deja un tramo completo de vía sin iluminación.

#### f) Distancias y ubicación de luminarias

Se debe tener en cuenta que ya se tienen modelos generalizados para proyectos de alumbrado público en el sector urbano, lo cual está en función al tipo de vía, el ancho de la misma, y si son vías principales, avenidas, o de sectores netamente residenciales.

Dentro del sector urbano se tiene un espaciamiento promedio de 35 metros entre luminarias, lo cual permite a los usuarios transitar por las calzadas y las aceras con una iluminación de excelentes prestaciones. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el alumbrado público persigue como objetivo la iluminación de la vía para el tránsito vehicular, por lo tanto, la intensidad lumínica presente en las aceras es menor. Para el sector rural no se tienen datos específicos sobre el espaciamiento de las luminarias, esto se debe a la irregularidad del terreno donde de las zonas, y sobre todo a las necesidades específicas de iluminación de dicho sector.

#### g) Imagen de la empresa

Una luminaria encendida durante el día o una luminaria apagada durante la noche, tienen un impacto sobre los usuarios finales, lo cual se traduce directamente a la imagen de la empresa. Una luminaria apagada durante la noche, consiste en una de las quejas más comunes por parte de los usuarios. Además, las personas asocian directamente los daños en alumbrado con los niveles delincuenciales del sector donde viven.

Este factor es crucial para la imagen de la empresa, pues las personas se sienten más seguras cuando el alumbrado público cercano a sus domicilios funciona de manera adecuada. Una luminaria encendida

durante el día, da una imagen negativa de la empresa en términos de eficiencia energética, pues basándonos en las campañas de ahorro de energía, tener una luminaria prendida innecesariamente perjudica a todos los ciudadanos.

#### h) Utilización de fotocontroles en otros países

Para tener un punto de contraste en cuanto a la utilización de fotocontroles en otras localidades, a continuación se presenta un fragmento de la sección 370 sobre Fotocontroles para alumbrado público [2] utilizado en la República de Colombia:

### SECCIÓN 370 FOTOCONTROLES PARA ALUMBRADO PÚBLICO.

**370.1 Requisitos de producto.** Los fotocontroles deben cumplir los siguientes requisitos:

a. La base tripolar para montar el fotocontrol deberá cumplir con las especificaciones señaladas a continuación adaptadas de la normas ANSI C136-10, NTC 2470 “Dispositivos de fotocontrol intercambiables para iluminación pública. Especificaciones y ensayos”, o normas internacionales equivalentes.

**1. Los fotocontroles de las luminarias deberán ser de contactos normalmente cerrados [NC], deben ser de condición de operación “fail on”. Fotocontrol diseñado para que la carga permanezca encendida cuando ocurra la falla. Los de contactores de control múltiple deberán ser de contactos normalmente abiertos [NA].**

2. La vida útil del fotocontrol bajo condiciones normales de funcionamiento debe superar las 3.600 operaciones, siendo cada operación el ciclo completo conexión-desconexión en condiciones nominales de funcionamiento.

## 5. RESUMEN DE RESULTADOS

En la tabla 11 se muestran el resumen de los principales análisis realizados en este documento:

**Tabla 11: Resumen de resultados analizando un mes de reclamos**

Característica	Fail-ON	Fail-OFF
Tiempo medio de atención	12,32 horas	24,26 horas
Costo aproximado por atención	\$625,01	\$1 222,01

Característica	Fail-ON	Fail-OFF
Tiempo medio de reparación	2,11 horas	3,86 horas
Costo aproximado por reparación	\$114,51	\$202,01
Energía consumida	102kwh	112kwh
Costo por consumo	\$9,57	\$8,78
<b>Costo total (reparación y consumo)</b>	<b>\$124,08</b>	<b>\$210,79</b>
Luminancia media en caso de fallo	24,18lx	12,09lx

Analizando estos resultados, podemos ver que el costo por mantenimiento de fallos en fotocontroles tipo fail-off son elevados, específicamente \$86,71 más costoso que los tipo fail-on, esto se debe al mayor tiempo que se requiere para encontrar las luminarias dañadas durante el día (lo cual se ve reflejado en el tiempo medio de mantenimiento).

**a). Ventajas y desventajas del uso de diferentes tipos de fotocontroles**

**Fotocontrol FAIL-ON: Ventajas**

- Tiempo medio de mantenimiento menor.
- Asegura un nivel constante de iluminación durante las noches.
- Contribuye a la imagen de la empresa de mejor manera.
- Costo general de mantenimiento mucho menor.

**Fotocontrol FAIL-ON: Desventajas**

- Mayor consumo energético.
- Contribuye a la protección del medio ambiente.

**Fotocontrol FAIL-OFF: Ventajas**

- Menor consumo energético.
- Contribuye a la protección del medio ambiente.
- Impacto menor sobre la imagen de la empresa.

**Fotocontrol FAIL-OFF: Desventajas**

- Tiempo medio de mantenimiento mayor.
- Costo general de mantenimiento elevado.
- En caso de falta de mantenimiento, deja un sector sin alumbrado.

## 6. CONCLUSIONES

El estudio estadístico realizado en el documento, constituye un análisis de corte transversal, por lo que los resultados son netamente numéricos. Se recomienda realizar un análisis de corte longitudinal para obtener resultados probabilísticos para la clasificación de elementos por su calidad y su incidencia de fallo. La elección de un tipo u otro de fotocontrol depende de muchos factores, como consumo, eficiencia energética, tiempo de mantenimiento, costo de mantenimiento, seguridad e imagen de la empresa, por lo cual para tomar una decisión al respecto se deben analizar las ventajas y desventajas del uso de cada tipo de fotocontrol, y decidir el mejor escenario para la empresa.

Con el análisis realizado, tomando en cuenta factores como costo de mantenimiento (costo de grupo eléctrico), costo de consumo eléctrico, y tiempo promedio de reparación, se comprobó que el uso de fotocontroles tipo Fail-OFF es aproximadamente un 69% más caro que el uso de fotocontroles tipo Fail-On.

El punto 11.6 de [4], indica como especificación técnica la utilización de fotocontroles con modo de funcionamiento tipo Fail-off, por lo cual se recomienda revisar esta recomendación en el Ecuador. Como sugerencia del autor, el fotocontrol que se debería utilizar, es del tipo fail-on, pues el impacto tanto en seguridad, servicio, costo total, e imagen de la empresa es el menor posible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Nuevo Reglamento de Alumbrado Exterior Público”. Martín Cobos Rodríguez. Agencia Extremeña de la Energía. Cáceres, 17 de febrero de 2010.
- [2] “Reglamento técnico de Iluminación y Alumbrado Público, anexo general”. Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, Resolución 180540. 30 de Marzo de 2010. Pag 68. Documento disponible en <http://servoaspr.imprenta.gov.co/diariop/diario2.pdf>.
- [3] “Estadísticas y distribución política de la provincia del Azuay”. Documento en línea disponible en [http://www.cuenca.gov.ec/?q=page\\_divisionpolitica](http://www.cuenca.gov.ec/?q=page_divisionpolitica)
- [4] “Sumario de especificaciones técnicas: Luminarias”. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.





Edgar Fernando Durán Contreras.-  
Universidad de Cuenca: Ingeniero  
Eléctrico. Universidad Politécnica  
Salesiana: Docente en la facultad  
de Ingeniería Eléctrica en las  
materias de Sistemas Eléctricos de  
Potencia, Sistemas de Distribución,  
Electrotecnia I y II, Circuitos  
Eléctricos I y II, Luminotecnia,

Diseño I. Docente de Seminarios de Distribución para  
ECUACER. Superintendente del sistema de Operación y  
Distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro  
Sur C.A.



Miguel Alberto Dávila Sacoto.-  
Nació en Cuenca en 1988. Recibió  
su título de Ingeniero Electrónico  
de la Universidad Politécnica  
Salesiana en 2012. Actualmente  
se encuentra cursando el noveno  
ciclo de la carrera de Ingeniería  
Eléctrica en la Universidad  
Politécnica Salesiana.