





**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE**  
**MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:**

**EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CALIDAD DE SERVICIO EN  
INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL ÁREA  
URBANA DEL CANTÓN AMBATO DE LA PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA, AÑO 2013. DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA  
DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE ALUMBRADO PÚBLICO**

Autor:

SAILEMA MORALES, Kléber Fabián

Tutor:

GONZÁLEZ PALAU, Iliana Ph.D.

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero - 2014



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**Latacunga – Ecuador**

---

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Kléber Fabián Sailema Morales, con el título de tesis **“Eficiencia energética y calidad de servicio en instalaciones de alumbrado público para el área urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, año 2013. Desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento de alumbrado público”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, enero 2014

Para constancia firman:

.....  
MSc. Edison Yépez  
PRESIDENTE

.....  
Ing. Mg. Sc. Giovana P. Parra G.  
MIEMBRO

.....  
Ing. MSc. Marcelo F. Salazar Corrales  
PROFESIONAL EXTERNO

.....  
Dr. Mg. Raúl B. Cárdenas Quintana  
OPONENTE

## **AVAL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, Febrero de 2014

En mi calidad de director de tesis presentada por el Ing. Kléber Fabián Sailema Morales, egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Eficiencia energética y calidad de servicio en instalaciones de alumbrado público para el área urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, año 2013. Desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento de alumbrado público”**.

Considero que dicho trabajo reúne los méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal evaluador.

**Atentamente,**

PhD. Iliana González Palau

**DIRECTOR DE TESIS**



## **AUTORÍA**

Yo Kléber Fabián Sailema Morales, portador del número de cédula 1803995008, declaro que la presente Tesis de Grado, es de mi autoría y que todos los objetivos propuestos en la misma se desarrollaron y se cumplieron a cabalidad.

**Atentamente,**

Ing. Kléber Fabián Sailema Morales

C.I. 1803995008

## **AGRADECIMIENTO**

*“Agradezco a Dios por darme la fortaleza y la vida para alcanzar cada meta propuesta”.*

*Kléber F. Sailema Morales*

## **DEDICATORIA**

*“Dedicado a cada lector, ya que su tiempo invaluable lo invierten en adquirir los conocimientos planteados en éste trabajo”*

*Kléber F. Sailema Morales*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”**

“Eficiencia energética y calidad de servicio en instalaciones de alumbrado público para el área urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, año 2013. Desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento de alumbrado público”.

Autor: Ing. Kléber Fabián Sailema Morales

Fecha: Febrero, 2014

## INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	ii
AVAL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
INDICE GENERAL .....	viii
INDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xvii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I.....	2
EL PROBLEMA .....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Justificación y significación.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Objetivos .....	3
1.5.1. Generales.....	3
1.5.2. Específicos .....	4
1.6. Enfoque de la investigación .....	4
1.7. Categorías Fundamentales .....	5
1.8. Conclusión del capítulo.....	5
CAPÍTULO II .....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación .....	6
2.2. Luminotecnia .....	6
2.3. Luz y espectro electromagnético.....	7
2.4. Magnitudes fundamentales de Luminotecnia.....	8
2.4.1. Ángulo Sólido ( $\Omega$ ).....	8
2.4.2. Flujo luminoso ( $\phi$ ) .....	8
2.4.3. Intensidad Luminosa (I).....	9
2.4.4. Iluminancia (E).....	9
2.4.5. Luminancia (L).....	10
2.4.6. Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa .....	11
2.5. Componentes y elementos que conforman una red de alumbrado público.....	11
2.5.1. Luminarias para alumbrado público .....	12
2.5.2. Accesorios de una luminaria de alumbrado público .....	13
2.5.2.1. Carcasa .....	13
2.5.2.2. Reflector.....	13

2.5.2.3.	Pantalla, refractor o difusor.....	14
2.5.2.4.	Lámpara de descarga.....	14
2.5.2.4.1.	Lámpara de vapor de mercurio a alta presión .....	14
2.5.2.4.2.	Lámpara de vapor de sodio a alta presión.....	15
2.5.2.4.3.	Lámpara de halogenuro metálico .....	16
2.5.2.5.	Reactancias para lámparas de descarga.....	17
2.5.2.5.1.	Tipos de reactancias .....	17
2.5.2.5.2.	Reactancia electromagnética.....	17
2.5.2.5.3.	Vida media de reactancias electromagnéticas.....	17
2.5.2.5.4.	Tipos de reactancias electromagnéticas .....	18
2.5.2.5.5.	Reactancia de choque.....	18
2.5.2.5.6.	Reactancia autotransformador.....	19
2.5.2.5.7.	Reactancia autoreguladora .....	20
2.5.2.5.8.	Reactancia doble nivel de potencia .....	20
2.5.2.5.9.	Reactancias electrónicas.....	22
2.5.2.5.10.	Vida media de reactancias electrónicas.....	22
2.5.2.6.	Arrancadores o ignitores .....	23
2.5.2.7.	Condensadores .....	24
2.5.2.8.	Control fotoeléctrico .....	24
2.5.2.9.	Receptáculo para control fotoeléctrico.....	25
2.5.2.10.	Porta-Lámpara o Boquilla.....	25
2.5.3.	Postes o columnas .....	26
2.5.4.	Conductores eléctricos de fuerza y control .....	26
2.5.5.	Contactador, control fotoeléctrico y protecciones .....	26
2.6.	Calidad del servicio de alumbrado público .....	27
2.6.1.	Iluminación según las vías .....	27
2.7.	Evaluación de la eficiencia energética en una instalación de alumbrado público .....	28
2.8.	Tipos de mantenimiento .....	30
2.8.1.	Mantenimiento predictivo o a condición.....	30
2.8.2.	Mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico)..	31
2.8.3.	Mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura.....	31
2.8.4.	Mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas .....	31
2.8.5.	Selección del tipo de mantenimiento adecuado .....	32
2.9.	Fundamento legal.....	32
2.10.	Conclusión del capítulo.....	33
2.11.	Definición de términos .....	34
CAPÍTULO III.....		36
METODOLOGÍA .....		36
3.1.	Diseño de la investigación .....	36
3.2.	Modalidad de la investigación .....	36

3.2.1.	Forma y nivel de investigación .....	37
3.2.2.	Tipo de investigación .....	37
3.3.	Unidad de estudio.....	37
3.4.	Tamaño de la muestra .....	38
3.5.	Métodos y técnicas a ser empleadas.....	41
3.5.1.	La Observación .....	41
3.5.2.	Identificación .....	41
3.5.3.	El fichaje .....	41
3.6.	Operacionalización de las variables .....	43
3.7.	Procedimientos de la investigación.....	44
3.7.1.	Delimitación del área de estudio.....	44
3.7.2.	Levantamiento de información de luminarias.....	44
3.7.3.	Depuración de la información consignada en campo .....	45
3.7.4.	Ingreso de información al sistema de información geográfica ArcGis.....	45
3.7.5.	Evaluación de parámetros fotométricos .....	45
3.7.6.	Evaluación de la calidad de servicio .....	45
3.8.	Recolección de información.....	46
3.9.	Procesamiento y análisis .....	47
3.10.	Conclusiones del capítulo .....	48
CAPÍTULO IV .....		49
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....		49
4.1.	Potencia instalada y consumo energético de las luminarias instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato.....	49
4.2.	Luminarias ineficientes instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	52
4.3.	Accesorios que conforman las luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	54
4.4.	Diagnóstico de fallas en accesorios de alumbrado público.....	54
4.4.1.	Lámpara o foco .....	55
4.4.1.1.	Frecuencia de fallas en Lámparas o focos.....	56
4.4.2.	Reactancia o balasto .....	59
4.4.2.1.	Frecuencia de falla en Reactancias o Balastos.....	60
4.4.3.	Arrancador o ignitor.....	61
4.4.3.1.	Frecuencia de falla en Arrancadores o Ignitores.....	62
4.4.4.	Condensador.....	63
4.4.5.	Control fotoeléctrico .....	63
4.4.6.	Receptáculo control fotoeléctrico .....	64
4.4.7.	Frecuencia de falla en condensadores, controles fotoeléctricos y receptáculos para controles fotoeléctricos .....	65
4.4.8.	Porta lámpara o boquilla .....	66
4.4.8.1.	Frecuencia de falla en porta lámparas o boquillas .....	67
4.4.9.	Temporizador .....	68

4.5.	Medición de parámetros fotométricos en luminarias .....	68
4.5.1.	Equipos utilizados .....	70
4.5.2.	Resultados obtenidos de las mediciones .....	70
4.5.2.1.	Pérdidas medidas en las luminarias evaluadas.....	71
4.5.2.2.	Parámetros fotométricos medidos en las luminarias evaluadas .....	72
4.6.	Tiempos de atención de reparación de una luminaria de alumbrado público .....	74
4.7.	Conclusiones del capítulo .....	75
CAPÍTULO V .....		78
PROPUESTA.....		78
5.1.	Título .....	78
5.2.	Justificación .....	78
5.3.	Objetivos .....	78
5.4.	Estructura de la propuesta .....	79
5.5.	Desarrollo de la propuesta.....	79
5.5.1.	Antecedentes .....	79
5.5.2.	Análisis modal de fallos y efectos.....	80
5.5.3.	Análisis modal de fallos y efectos aplicado al mantenimiento de alumbrado público.....	81
5.5.4.	Mantenimiento preventivo de alumbrado público general.....	81
5.5.5.	Mantenimiento correctivo de alumbrado público general .....	83
5.5.6.	Disposición de materiales de alumbrado público .....	84
5.5.7.	Análisis económico .....	84
5.5.7.1.	Mantenimiento Preventivo .....	85
5.5.7.2.	Mantenimiento Correctivo .....	85
5.5.7.3.	Rubro económico invertido en los automotores empleados en el mantenimiento de alumbrado público .....	86
5.5.8.	Análisis social .....	87
5.5.9.	Análisis ambiental.....	87
5.5.10.	Composición química de cada accesorio de alumbrado público .....	87
5.5.10.1.	Control fotoeléctrico.....	88
5.5.10.2.	Receptáculo para control fotoeléctrico .....	88
5.5.10.3.	Ignitor o arrancador .....	88
5.5.10.4.	Reactancia o Balasto.....	88
5.5.10.5.	Condensador .....	88
5.5.10.6.	Boquilla.....	88
5.5.10.7.	Foco o lámpara .....	89
5.5.11.	Tratamiento a darse a los accesorios obsoletos de alumbrado público .....	89
5.6.	Conclusión del capítulo.....	89
CONCLUSIONES GENERALES .....		90
RECOMENDACIONES.....		92
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS .....		93



ANEXOS .....	96
ANEXO 1.....	97
PRUEBAS TÉCNICAS Y FOTOMÉTRICAS A LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN DE 70W .....	97
PRUEBAS TÉCNICAS Y FOTOMÉTRICAS A LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN DE 100W .....	101
PRUEBAS TÉCNICAS Y FOTOMÉTRICAS A LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN DE 150W .....	104

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico N° 2.1:</b> Espectro Electromagnético.....	8
<b>Grafico N° 2.2:</b> Esfera Ulbricht.....	9
<b>Grafico N° 2.3:</b> Goniofotómetro. ....	9
<b>Grafico N° 2.4:</b> Iluminancia y ejemplos típicos.....	10
<b>Grafico N° 2.5:</b> Luxómetro .....	10
<b>Grafico N° 2.6:</b> Luminancímetro .....	11
<b>Grafico N° 2.7:</b> Partes de una luminaria de sodio alta presión de A.P.....	13
<b>Grafico N° 2.8:</b> a) Lámpara de mercurio a alta presión y b) Conexión típica de una lámpara de mercurio a alta presión.....	15
<b>Grafico N° 2.9:</b> a) Lámpara de sodio a alta presión y b) Conexión típica de una lámpara de sodio a alta presión .....	16
<b>Grafico N° 2.10:</b> Lámpara de halogenuro metálico .....	16
<b>Grafico N° 2.11:</b> a) Marcación de $t_w$ en una reactancia electromagnética y b) Años de vida de las reactancias electromagnéticas en función de la temperatura $t_w$ .....	18
<b>Grafico N° 2.12:</b> a) Reactancia de choque, b) Conexión reactancia de choque sin arrancador y c) Conexión reactancia de choque con arrancador.....	19
<b>Grafico N° 2.13:</b> a) Reactancia autoreguladora y b) Conexión reactancia autoreguladora.....	20
<b>Grafico N° 2.14:</b> Ciclo de funcionamiento de reactancia de doble nivel de potencia .....	21
<b>Grafico N° 2.15:</b> a) Temporizador y b) Conexión del temporizador con la reactancia de doble nivel de potencia.....	22
<b>Grafico N° 2.16:</b> a) Marcación de $t_c$ en una reactancia electrónica y b) Temperatura $t_c$ de reactancias electrónicas en función de horas de vida.....	23
<b>Grafico N° 2.17:</b> Compensación en paralelo entre una reactancia y un condensador .....	24
<b>Grafico N° 2.18:</b> Diagrama de conexión del control fotoeléctrico .....	25
<b>Grafico N° 2.19:</b> Receptáculo para control fotoeléctrico.....	25
<b>Grafico N° 2.20:</b> a) Boquilla E-40 y b) Boquilla E-27.....	26

<b>Grafico N° 2.21:</b> Esquema contactor, control fotoeléctrico y protecciones en un sistema de alumbrado público.....	27
<b>Grafico N° 3.1:</b> Delimitación geográfica Área Urbana Cantón Ambato .....	40
<b>Grafico N° 3.2:</b> Datos generales de la luminaria a obtenerse del levantamiento de información .....	42
<b>Grafico N° 3.3:</b> Datos de ubicación de la luminaria a obtenerse del levantamiento de información .....	43
<b>Grafico N° 3.4:</b> Luminarias codificadas dentro de la delimitación geográfica del Área Urbana del Cantón Ambato.....	46
<b>Grafico N° 3.5:</b> Levantamiento de información ingresada a Excel 2007.....	47
<b>Gráfico N° 4.1:</b> Cantidad de luminarias codificadas instaladas en postes de hormigón en el área urbana del cantón Ambato a Septiembre de 2013.....	49
<b>Gráfico N° 4.2:</b> Energía consumida mensual en MWh por tipo de luminaria instalada en postes de hormigón en el área urbana del cantón Ambato a Septiembre de 2013.....	51
<b>Grafico N° 4.3:</b> Tipos de luminarias de mercurio instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato: a) Hg125W Abierta, b) Hg125W Cerrada, c) Hg175W Abierta y d) Hg175W Cerrada. ....	52
<b>Grafico N° 4.4:</b> Cantidad de luminarias de mercurio instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato .....	52
<b>Grafico N° 4.5:</b> Luminarias de mercurio instaladas dentro de la delimitación geográfica del Área Urbana del Cantón Ambato .....	53
<b>Grafico N° 4.6:</b> Frecuencia de fallas en accesorios de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	55
<b>Grafico N° 4.7:</b> Frecuencia de fallas en lámparas de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	56
<b>Grafico N° 4.8:</b> Cantidad de lámparas necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato.....	57
<b>Grafico N° 4.9:</b> Tipos de reactancias electromagnéticas.....	59
<b>Grafico N° 4.10:</b> Frecuencia de fallas en reactancias de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	60

<b>Grafico N° 4.11:</b> Cantidad de reactancias necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	60
<b>Grafico N° 4.12:</b> Frecuencia de fallas en arrancadores de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	62
<b>Grafico N° 4.13:</b> Cantidad de arrancadores necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	62
<b>Grafico N° 4.14:</b> Frecuencia de fallas en condensadores, controles fotoeléctricos y receptáculos para controles fotoeléctricos de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	65
<b>Grafico N° 4.15:</b> Cantidad de condensadores, controles fotoeléctricos y receptáculos para controles fotoeléctricos necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	66
<b>Grafico N° 4.16:</b> Frecuencia de fallas en porta lámparas de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	67
<b>Grafico N° 4.17:</b> Cantidad de porta lámparas necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	67
<b>Grafico N° 4.18:</b> Especificaciones técnicas registrador medidor de luz-Luxómetro .....	70
<b>Grafico N° 4.19:</b> Pérdidas promedio medidas en luminarias de sodio alta presión de 70W, 100W y 150W instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	71
<b>Grafico N° 4.20:</b> Pérdidas valores medidas en luminarias de sodio alta presión de 70W, 100W y 150W instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato Vs Pérdidas exigidas en dichas luminarias por la Regulación 08/11 .....	71
<b>Grafico N° 4.21:</b> Iluminancia promedio (lux) medidas en luminarias de sodio alta presión de 70W, 100W y 150W instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato .....	72
<b>Grafico N° 4.22:</b> Simulación luminaria de Na150W Cerrada.....	73
<b>Grafico N° 4.23:</b> Frecuencia de atención de reportes de mantenimiento de luminarias instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato año 2011 ...	74

**Grafico N° 4.24:** Frecuencia de atención de reportes de mantenimiento de luminarias instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato año 2012 ... 74

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N° 2.1:</b> Condensadores utilizados con reactancias de doble nivel de potencia .....	21
<b>Cuadro N° 2.2:</b> Niveles de iluminación según el tipo de vías y parámetros fotométricos	27
<b>Cuadro N° 2.3:</b> Factores de depreciación de las luminarias (FDLU).....	28
<b>Cuadro N° 3.1:</b> Operacionalización-Variable independiente .....	43
<b>Cuadro N° 3.2:</b> Operacionalización-Variable dependiente .....	43
<b>Cuadro N° 3.3:</b> Tipos de luminarias codificadas instaladas en postes de hormigón en el área urbana del cantón Ambato a Septiembre de 2013 .....	46
<b>Cuadro N° 3.4:</b> Tipos de luminarias codificadas en la bodega de la EEASA a Septiembre de 2013.....	47
<b>Cuadro N° 4.1:</b> Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar .....	50
<b>Cuadro N° 4.2:</b> Potencia instalada y consumo energético de las luminarias instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato.....	51
<b>Cuadro N° 4.3:</b> Potencia instalada y consumo energético de luminarias de mercurio instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato.....	53
<b>Cuadro N° 4.4:</b> Conformación de accesorios en una luminaria de alumbrado público.....	54
<b>Cuadro N° 4.5:</b> Marcas de lámpara utilizadas en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato.....	56
<b>Cuadro N° 4.6:</b> Características de las lámparas de sodio de alta presión.....	58
<b>Cuadro N° 4.7:</b> Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL) .....	58
<b>Cuadro N° 4.8:</b> Factores de supervivencia de las lámparas (FSL).....	58
<b>Cuadro N° 4.9:</b> Marcas de reactancias utilizadas en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato.....	59
<b>Cuadro N° 4.10:</b> Marcas de arrancadores utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato.....	61

<b>Cuadro N° 4.11:</b> Marcas de condensadores utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato .....	63
<b>Cuadro N° 4.12:</b> Marcas de controles fotoeléctricos utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato .....	64
<b>Cuadro N° 4.13:</b> Marcas de receptáculos para controles fotoeléctricos utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato .....	65
<b>Cuadro N° 4.14:</b> Marcas de boquillas utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato .....	66
<b>Cuadro N° 4.15:</b> Marcas de temporizadores utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato .....	68
<b>Cuadro N° 4.16:</b> Luminarias de alumbrado público a ser evaluadas. ....	69
<b>Cuadro N° 4.17:</b> Resultados obtenidos de las luminarias de alumbrado público evaluadas. ....	70
<b>Cuadro N° 4.18:</b> Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lux) de acuerdo al tipo de vía. ....	73
<b>Cuadro N° 5.1:</b> Responsables del mantenimiento de alumbrado público de acuerdo su ubicación geográfica .....	79
<b>Cuadro N° 5.2:</b> Análisis modal de fallos y efectos en alumbrado público .....	81
<b>Cuadro N° 5.3:</b> Modo de control de fallos y efectos en alumbrado público .....	81
<b>Cuadro N° 5.4:</b> Actividades de mantenimiento preventivo en alumbrado público .....	82
<b>Cuadro N° 5.5:</b> Actividades de mantenimiento correctivo en alumbrado público .....	83
<b>Cuadro N° 5.6:</b> Porcentaje de daños en accesorios de alumbrado público en la delimitación urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.....	84
<b>Cuadro N° 5.7:</b> Análisis económico de mantenimiento preventivo en alumbrado público.....	85

<b>Cuadro N° 5.8:</b> Materiales a utilizarse en el mantenimiento preventivo en alumbrado público.....	85
<b>Cuadro N° 5.9:</b> Análisis económico de mantenimiento correctivo en alumbrado público.....	85
<b>Cuadro N° 5.10:</b> Materiales a utilizarse en el mantenimiento correctivo en alumbrado público.....	86
<b>Cuadro N° 5.11:</b> Análisis económico del mantenimiento vehicular de los automotores propios de la empresa en el mantenimiento de alumbrado público .	86
<b>Cuadro N° 5.12:</b> Material obsoleto anual del mantenimiento de alumbrado público.....	87



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

**TÍTULO:** Eficiencia energética y calidad de servicio en instalaciones de alumbrado público para el área urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, año 2013. Desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento de alumbrado público

**AUTOR:** SAILEMA MORALES, Kléber Fabián

**TUTOR:** GONZÁLEZ PALAU, Iliana Ph.D.

### RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio del sistema de alumbrado público que rige en la delimitación urbana de la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua con el objetivo de valorar la eficiencia energética y mejorar la calidad de servicio de alumbrado público, cuya área de concesión para el suministro eléctrico es responsable la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), este trabajo se basó en el levantamiento de información obteniendo un total de 7.837 luminarias instaladas en postes de hormigón, de diferentes capacidades; de las cuales, al tenerlas identificadas se obtuvo el detalle de accesorios instalados en cada una de las luminarias logrando identificar marcas, modelos y vida útil de las mismas. Con el detalle de luminarias instaladas, se planteó el reemplazo de 26 luminarias de mercurio de varias capacidades por 26 luminarias de sodio de alta presión con un flujo luminoso similar a las luminarias de mercurio, cuya comparación, se las realiza en base a parámetros definidos en catálogos técnicos. Además se analizó los tiempos de atención de reparación de daños en el alumbrado público en la delimitación de estudio definiendo que para alcanzar las exigencias establecidas en la Regulación 08/11 emitida por el CONELEC se deberá formar un nuevo grupo para mantenimiento de alumbrado público en la zona urbana del cantón Ambato. Finalmente se analizó la frecuencia de fallas de los accesorios de alumbrado público y se planteó técnicas de mantenimiento bajo un análisis económico, social y ambiental mediante la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento de alumbrado público.

**Descriptores:** alumbrado público, mantenimiento alumbrado público, accesorios alumbrado público.

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**  
**POSTGRADUATE UNIT**  
**MASTER OF ENERGY MANAGEMENT**

**TITLE:** Energy efficiency and service quality in public lighting facilities for the urban area of Ambato city in Tungurahua province, 2013.

Developing a management methodology lighting maintenance

**AUTHOR:** SAILEMA MORALES, Kleber Fabian

**TUTOR:** GONZÁLEZ PALAU, Iliana Ph.D.

**ABSTRACT**

In this investigation about a study of street lighting system in force in the urban boundary of Ambato city Tungurahua province in order to assess the energy efficiency and improve the quality of public lighting service was performed, as concession area to the power company is responsible Ambato Electricity Company North Central Regional (EEASA), this work was based on the collection of information obtaining a total of 7,837 lamps installed in concrete bollard, with different capacities, which, to have them identified the detail of accessories installed on each lamp was obtained making identify brands, models and life thereof. With the detail of lamps installed, was raised replacing 26 mercury lamps of various capacities for 26 lamps of high pressure sodium an similar to mercury light flux of lamps of high pressure sodium, whose comparison is performed based on the parameters defined in technical catalogs. Besides was analyzed the service times repair damage streetlight delineation by defining that to achieve the requirements of Regulation 08/ 11 issued by the CONELEC should form a new group for lighting maintenance in urban area of Ambato City. Finally the frequency of failures of lighting accessories are analyzed and maintenance techniques arose under an economic, social and environmental analysis through the implementation of a management system lighting maintenance.

**Descriptors:** street lights, street lighting maintenance, lighting accessories.

Aval de Traducción

-----  
Mg. Fabiola Cando  
CI.0502884604

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito evaluar la eficiencia energética y la calidad de servicio del sistema de alumbrado público al año 2013 en la delimitación urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, proponiendo la implementación de un sistema de gestión de alumbrado público, reduciendo con ello los tiempos de atención de reparación de una luminaria, aumentando su eficiencia y la percepción de mejor atención al cliente. Referente a la estructuración de la tesis, en los capítulos se abarca lo siguiente:

En el capítulo I, se contextualiza el problema de investigación, los objetivos a alcanzar y el enfoque de la misma.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico, haciendo mención de los antecedentes de la investigación y realizando una investigación bibliográfica en lo referente a alumbrado público, enfocado directamente a los elementos que conforma un sistema de alumbrado público, evaluación de su eficiencia energética y tipos de mantenimientos a realizarse. Finalmente se describe su fundamentación legal.

En el capítulo III, se describe la metodología empleada en el desarrollo del presente trabajo de investigación, definiendo además la muestra de la población a ser utilizada para la recolección de información.

En el capítulo IV, se presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de la recolección de información, mediciones realizadas y datos históricos de tiempos de atención de reparación de una luminaria de alumbrado público.

En el capítulo V, se plantea la propuesta; el sistema de gestión de mantenimiento de alumbrado público, bajo un análisis económico, social y ambiental. Finalmente, se plantean las conclusiones y recomendaciones resultantes de la presente investigación.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

El servicio de Alumbrado Público se responsabiliza de proporcionar una iluminación suficiente durante las horas carentes de luz natural de forma eficiente y de calidad que ofrezca la máxima seguridad tanto al tráfico vehicular como a la ciudadanía en general. El ser beneficiario de un servicio de Alumbrado Público (AP), implica contar con una iluminación artificial en ausencia de luz natural, un servicio eficiente con un consumo inteligente de energía eléctrica y rangos de iluminación y uniformidad aceptable al observador brindándole confort y seguridad, significando un servicio de calidad.

Todas las luminarias de Alumbrado Público, independiente de su potencia, modelo o marca tienen inmerso en su funcionamiento un conjunto óptico y eléctrico que deberán planificarse oportunamente decisiones de mantenimiento preventivo y correctivo teniendo en cuenta la evolución continua de la tecnología lo cual nos proporciona fuente de luz más eficientes y su propuesta de cambio deberá ser evaluada tanto técnica como económicamente.

El presente estudio se realizó en el área urbana de la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua, cuya área de concesión de suministro eléctrico está a cargo de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. Se entenderá por área urbana del cantón Ambato la delimitada por; al norte, Av. Los Guaytambos, Av. Rodrigo Pachano y Calle Dr. Julio Castillo Jácome; al sur, calle Julio Jaramillo Laurido seguido de la calle José Peralta; al este, Paso Lateral Ambato y al oeste, Av. Manuelita Sáenz. La delimitación descrita abarca en su totalidad a las parroquias urbanas La Merced, San Francisco y Huachi Loreto, y, de forma parcial a las parroquias urbanas Atocha-Ficoa, La Península, Izamba, Pishilata, Celiano Monge, Huachi Chico y La Matriz.

## **1.2. Formulación del problema**

Ante el constante deterioro de la vida útil del sistema de Alumbrado Público y sus necesidades inherentes al mismo en la delimitación urbana de la ciudad de Ambato, nace la inquietud:

¿Existen deficiencias en la gestión del sistema de Alumbrado Público que inciden en la calidad de servicio?

## **1.3. Justificación y significación**

La evaluación del actual servicio de Alumbrado Público (AP) que ofrece la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. a sus abonados en el área urbana del cantón Ambato permitirá identificar sus fortalezas y debilidades que brinda la empresa en éste servicio de acuerdo a la Regulación 008/11 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General” emitida por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC, 2012) y con ello plantear sus debidas acciones correctivas para su mejora continua, brindando mejores prestaciones de Alumbrado Público (AP) a cada persona que transite por la ciudad en ausencia de la luz natural.

Además en éste proyecto se desarrolla un sistema de alumbrado público siendo el punto de partida para una gestión de mantenimiento de Alumbrado Público.

## **1.4. Hipótesis**

La baja e inadecuada eficiencia energética incide en la calidad de servicio

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Generales**

- Evaluar la situación del servicio de Alumbrado Público en el área urbana del cantón Ambato.
- Proponer el sistema de gestión de mantenimiento de Alumbrado Público del área urbana del cantón Ambato.

### **1.5.2. Específicos**

- Identificar el tipo de luminarias instaladas en el área urbana del cantón Ambato.
- Elaborar una base de datos de luminarias instaladas en el área urbana del cantón Ambato que tribute a una adecuada gestión de mantenimiento de Alumbrado Público.
- Valorar la situación del servicio de Alumbrado Público en el área urbana del cantón Ambato.
- Desarrollar una metodología de gestión de mantenimiento de Alumbrado Público.
- Proponer las bondades del sistema de gestión de mantenimiento de Alumbrado Público.

### **1.6. Enfoque de la investigación**

En el presente trabajo de investigación se analiza los componentes y elementos que conforman una red de alumbrado público, tales como, tipo de luminaria y tipos de accesorios inmersos en la misma; se evaluó parámetros fotométricos de la luminaria y tiempos de atención de reparación de la misma; la evaluación de los factores antes mencionados están encaminados al cumplimiento de la Regulación No. CONELEC 008/11 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”.

Con el desarrollo del sistema de alumbrado público se logra mantener registros del tipo de luminarias instaladas en la zona urbana del cantón Ambato y de sus mantenimientos realizados, enfocados directamente al tipo de accesorio reparado y tener un mayor control sobre el mismo desde dos puntos de vista, el

primero, proporcionar la ventaja de comparación y cumplimiento de la vida útil emitida por el fabricante de acuerdo a normas internacionales, calificando con ello la calidad del material empleado en tareas de mantenimiento de alumbrado público; la segunda, en base a los registros de cada accesorio de alumbrado público será fácil identificar a futuro los mantenimientos preventivos a realizarse.

### **1.7. Categorías Fundamentales**

Al momento de hablar de ahorro, no sólo se refiere a usar menos energía, sino también al hecho de considerar medidas en donde exista mayor oportunidad de ahorro, es decir, priorizar dónde generaremos mayores beneficios con la menor inversión. En este proyecto se analiza las opciones para mejorar el uso de energía eléctrica en el alumbrado público, y brindar un servicio de calidad a cada abonado del área urbana del cantón Ambato.

### **1.8. Conclusión del capítulo**

Se ha definido los parámetros fundamentales que motivan el desarrollo del trabajo de investigación, así como también su campo de evaluación del tema en cuestión.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

De acuerdo a diversas fuentes bibliográficas consultadas, tales como, libros, artículos, tesis y fuentes electrónicas no se ha encontrado un proyecto de características similares al que se plantea, pero investigaciones sobre Alumbrado Público en general si se ha encontrado.

#### 2.2. Luminotecnia

La luminotecnia, procedente de la electrotecnia, en términos generales se la considera como ciencia y como arte; ciencia en base a la aplicación que concierne a la luz, a su control y manipulación; y arte enfocado a la iluminación eléctrica.

La iluminación artificial, desde su descubrimiento, ha tenido los propósitos concretos de permitir la visibilidad en la oscuridad natural y la creación de efectos visibles, para ello, el desarrollo de la luminotecnia se ha caracterizado por la invención de fuentes de luz con mayor flujo luminoso y eficiencia. Existen varias formas de crear luz, destacando dos de los métodos más utilizados, el primero, cuando los materiales sólidos o líquidos se calientan a temperaturas superiores a 1000 Kelvin (K) emiten radiación visible (incandescencia), basándose en este principio las lámparas de filamentos generan luz; un segundo método se basa en la descarga eléctrica, cuando una corriente eléctrica pasa a través de un gas emite radiación.

La luz al incidir sobre un objeto puede absorberse o reflejarse, la misma que por unidad de área disminuye según el cuadrado de la distancia; la luz reflejada por una superficie rugosa se difunde en todas las direcciones, las



superficies blancas difunden por igual todas las longitudes de onda y las superficies negras absorben casi toda la luz.

El nivel de iluminación en cualquier ambiente y, por tanto, el alumbrado cuando éste sea necesario, tendrá una incidencia absoluta en la capacidad de visión de las personas que allí se encuentren, según CANALETA, S., *et al.* (2010) manifiesta que:

**La vista, es el sentido que hace posible la visión permitiendo la percepción de ciertas características externas de los objetos como tamaño color, forma, distancia, etc. El órgano de la vista es el ojo, cuya estructura y configuración hace que éste pueda reaccionar ante distintos estímulos pudiendo adaptar su respuesta de forma eficiente. (p.9)**

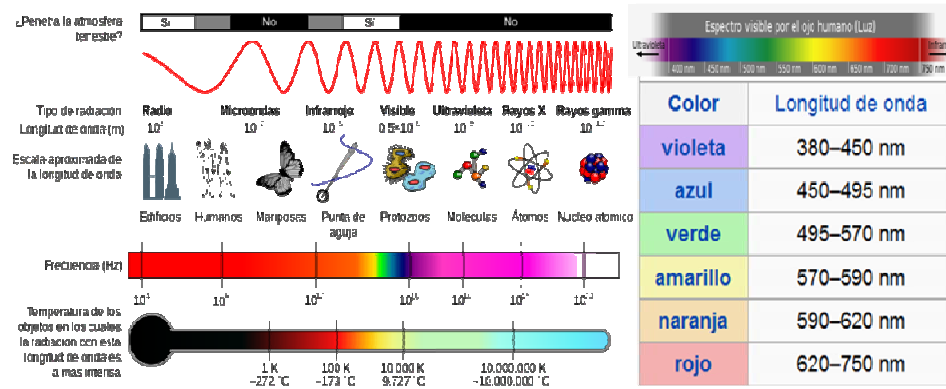
Además, SANZ CIRIA, R. (2006), dice que: “Como onda electromagnética la luz es una forma de energía, por lo que, en un principio, el tratamiento matemático debería ser el mismo que las demás energías.”(p.15)

La luz al interpretarse como una forma de energía y como tal, debería medirse en Joules (J) en el Sistema Internacional de medidas, no obstante dado que no toda la luz emitida por una fuente produce sensación luminosa ni toda la energía que consume se convierte en luz, para cuantificar la radiación a la que resulta sensible el ojo humano se debe definir nuevas magnitudes y sus unidades de medida.

### **2.3. Luz y espectro electromagnético**

La luz es la percepción que tienen nuestros ojos de las ondas electromagnéticas de un muy estrecho rango de longitudes de onda. Dentro del rango de las longitudes de onda “visibles” percibimos cada frecuencia como un color diferente. Además, cada frecuencia estimula reacciones bioquímicas muy concretas. El Espectro Electromagnético es un conjunto de ondas que van desde las ondas con mayor longitud como las ondas de radio, hasta los que tienen menor longitud como los rayos Gamma. Es importante destacar que las ondas con mayor

longitud de onda tienen menor frecuencia y viceversa y que los cuerpos al calentarse emiten diferentes ondas del espectro dependiendo de su temperatura. La región de la luz visible que percibe el ser humano es muy estrecha, ya que la retina del ojo es sensible a las radiaciones de estas frecuencias. A su vez, se subdivide en seis intervalos que definen los colores básicos (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta) y que vemos en el arco iris en un día de lluvia.



**Gráfico N° 2.1:** Espectro Electromagnético  
**Fuente:** Espectro electromagnético, Wikipedia, 2013

## 2.4. Magnitudes fundamentales de Luminotecnia

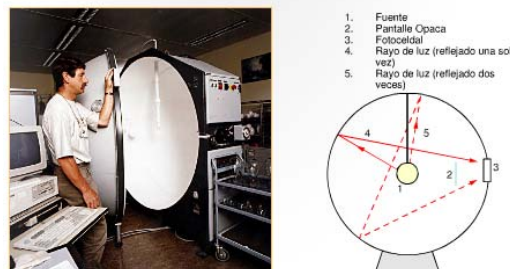
### 2.4.1. Ángulo Sólido ( $\Omega$ )

“Es el ángulo espacial que abarca un objeto visto desde un punto dado, que se corresponde con la zona del espacio limitada por una superficie cónica” (Wikipedia, 2013), su unidad en el SI es el estereorradián, es una magnitud adimensional que se representa con la letra griega  $\Omega$ .

### 2.4.2. Flujo luminoso ( $\phi$ )

“Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, su unidad de medida es el lumen” (CONELEC, 2011, p.4). A pesar de que el flujo luminoso es una potencia emitida no se la mide en vatios (W) debido a que las sensaciones visuales no son las mismas para colores diferentes.

El flujo luminoso usualmente es medido en laboratorios utilizando un instrumento conocido como la “Esfera Ulbricht”. Se caracteriza por ser una esfera hueca cuyo interior es pintado de blanco mate para hacerla perfectamente difusa, la fuente de luz es localizada en el centro de la esfera, de esta manera, la iluminancia en el interior de la esfera es proporcional al flujo luminoso, una pequeña ventana en su interior permite medir esta iluminancia.



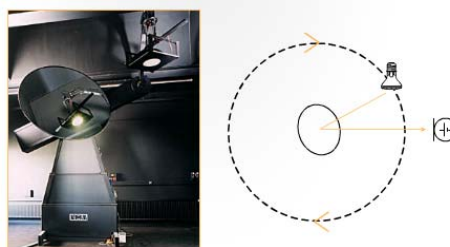
**Gráfico N° 2.2:** Esfera Ulbricht

**Fuente:** Fundamentos sobre la luz y la iluminación, Philips, Mayo 2007

### 2.4.3. Intensidad Luminosa (I)

“Cantidad de flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta, su unidad es la candela (cd)” (CONELEC, 2011, p.4).

Para medir la intensidad luminosa se utiliza el equipo denominado goniofotómetro.



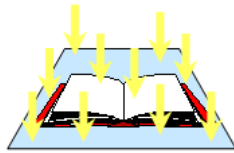
**Gráfico N° 2.3:** Goniofotómetro.

**Fuente:** Fundamentos sobre la luz y la iluminación, Philips, Mayo 2007

### 2.4.4. Iluminancia (E)

“Flujo luminoso recibido por una superficie, su unidad de medida es el lux ( $lx=lm/m^2$ )” (CONELEC, 2011, p.4).

S= Superficie de incidencia



EJEMPLOS DE ILUMINACIÓN	
Mediodía en verano	100.000 Lux.
Mediodía en invierno	20.000 Lux.
Oficina bien iluminada	400 a 800 Lux.
Calle bien iluminada	20 Lux.
Luna llena con cielo claro	0,25 a 0,50 Lux.

**Grafico N° 2.4:** Iluminancia y ejemplos típicos  
**Fuente:** Web de tecnología eléctrica, Luminotecnia, 2013

Para medir la iluminancia se utiliza el equipo llamado luxómetro, el mismo que se lo puede apreciar en el siguiente gráfico:



**Grafico N° 2.5:** Luxómetro  
**Fuente:** Tecpel Co., Ltd, Products, Datalogging Light Meter, 2013

#### 2.4.5. Luminancia (L)

“Relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo humano en una dirección determinada, su unidad es candela sobre metro cuadrado ( $cd/m^2$ )” (CONELEC, 2011, p.4); efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo humano, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. Para medir la luminancia se utiliza el equipo llamado

luminancímetro, el mismo que se lo puede apreciar en el siguiente gráfico:



**Grafico N° 2.6:** Luminancímetro

**Fuente:** Konica Minolta Sensing Americas, Luminancímetro, 2013

#### **2.4.6. Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa**

Es el cociente entre el flujo luminoso producido por la lámpara y la potencia eléctrica consumida, que viene definida con las características de las lámparas, su unidad de medida es lumen/vatio (lm/watt).

#### **2.5. Componentes y elementos que conforman una red de alumbrado público**

El alumbrado público es un servicio que todo ciudadano se favorece del mismo en ausencia de luz natural y cuyo aporte económico por el mismo lo realizada cada cliente inscrito en una determinada empresa eléctrica de la localidad, es así que según el CONELEC en su Regulación No. 008/11 (2011) manifiesta que el alumbrado público: “Constituye la iluminación de zonas, públicas o privadas, destinadas a la movilidad, ornamentación y seguridad; incluye al alumbrado público general, ornamental e intervenido.” (p.2)

En el diseño de una instalación de alumbrado público se debe considerar los siguientes factores:

- El tráfico
- La estética
- El nivel de iluminación
- Las características espectrales de la fuente de luz (lámpara)
- Características fotométricas de las luminarias
- Deslumbramiento
- Uniformidad, y,

- Economía

Los componentes que conforman una red de alumbrado público son:

- Luminarias para alumbrado público
- Postes o columnas
- Conductores eléctricos de fuerza y control
- Contactor, control fotoeléctrico y protecciones

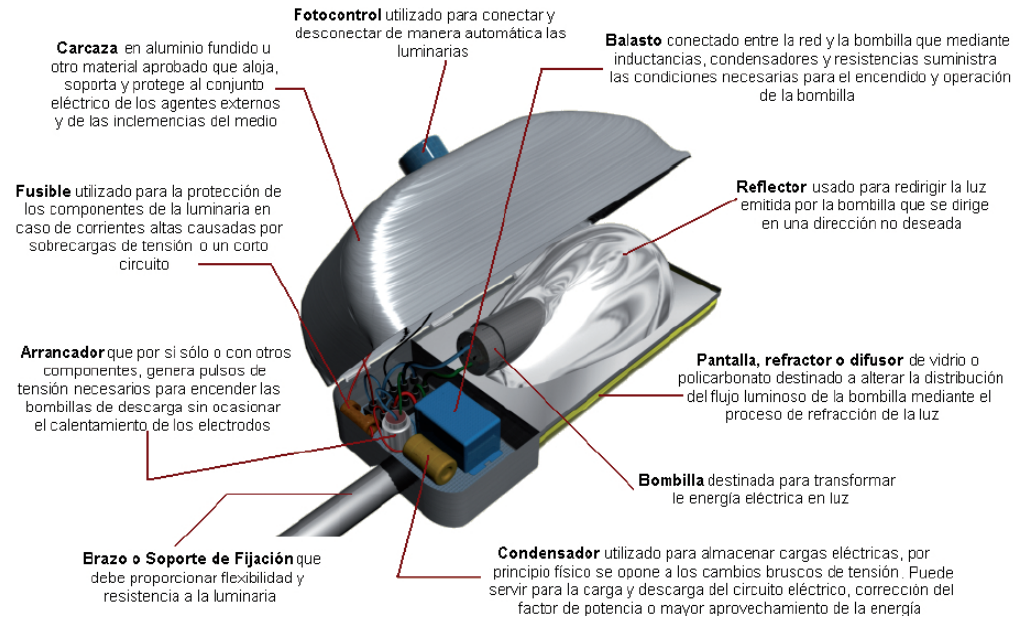
### **2.5.1. Luminarias para alumbrado público**

“La luminaria es un aparato de iluminación que reparte la luz emitida por una lámpara, destinada a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares” (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION [IE 60598-1], 2006, p.14). En respuesta a que las condiciones del sitio de instalación varían de acuerdo con cada región del país, cada entidad cuya finalidad sea el instalar luminarias indica sus condiciones de utilización; complementarias de las generales que se señalan a continuación:

- Instalación a la intemperie.
- Exposición a lluvia, vibración, contaminación atmosférica alta, polvo e insectos.
- Temperatura ambiente entre 30°C
- Humedad relativa mayor o igual al 70%
- Velocidad del viento de hasta 100 km/hora
- Altura sobre el nivel del mar entre 0 y 3000 m

Una luminaria de sodio de alta presión, la más utilizada en alumbrado público, independiente de su potencia, modelo o marca está conformada por su parte exterior de su carcasa, reflector y refractor e internamente por accesorios, tales como: control fotoeléctrico, receptáculo para control fotoeléctrico, ignitor o arrancador, balasto, condensador, boquilla y foco o lámpara, dichos accesorios corresponden a una luminaria de simple potencia, cuya diferencia con respecto a las luminarias de doble potencia radica a más de los accesorios mencionados

anteriormente la inclusión de un relé temporizador y un condensador adicional; lo mencionado anteriormente se lo puede apreciar de mejor forma en el siguiente gráfico:



**Gráfico N° 2.7:** Partes de una luminaria de sodio alta presión de A.P.  
**Fuente:** Alumbrado público exterior, Guía didáctica para el buen uso de la energía, Ministerio de Minas y Energía, Colombia, 2007

## 2.5.2. Accesorios de una luminaria de alumbrado público

A continuación se describe los accesorios que conforman una luminaria:

### 2.5.2.1. Carcasa

Generalmente de aleación ligera de aluminio inyectado, puede estar pintada con pintura poliéster; también existen carcasas de polipropileno reforzado con fibra de vidrio.

### 2.5.2.2. Reflector

Son de aluminio (mayor al 98% de pureza) anodizado, electroabrillantado y sellado para garantizar la máxima reflexión y durabilidad.

### **2.5.2.3. Pantalla, refractor o difusor**

Pueden ser de tres tipos diferentes: metacrilato transparente, vidrio termoresistente o policarbonato. El metacrilato transparente es muy resistente a golpes pero con el tiempo la radiación ultravioleta afecta su transparencia; el vidrio termoresistente, radica en el inconveniente que retiene o absorbe más luz que los otros difusores debido a su espesor, reduciendo con ello la eficiencia de la luminaria; finalmente el difusor de policarbonato mantiene una excelente transparencia durante su vida pero no son resistentes a golpes.

### **2.5.2.4. Lámpara de descarga**

De acuerdo a ELT. (2006), nos indica que:

**Se denominan lámparas de descarga, a todas aquellas fuentes luminosas cuyo principio de funcionamiento consiste en generar luz mediante una descarga eléctrica, producida entre dos electrodos situados en el interior de un tubo lleno de gas, a diferencia de las lámparas incandescentes en las que la luz emitida se debe a las altas temperaturas alcanzadas en el filamento. (p.11)**

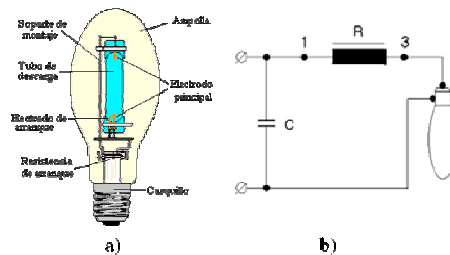
Las lámparas de descarga se pueden clasificar en distintos tipos según el gas utilizado y la presión a la que se encuentre en el interior del tubo de descarga. Así tenemos:

- Lámparas de vapor de mercurio:
  - Baja presión: lámparas fluorescentes.
  - Alta presión: lámparas de vapor de mercurio a alta presión.
- Lámparas de vapor de sodio:
  - Lámparas de vapor de sodio a baja presión.
  - Lámparas de vapor de sodio a alta presión.
- Lámparas de halogenuros metálicos.

#### **2.5.2.4.1. Lámpara de vapor de mercurio a alta presión**



Están formadas por un tubo interior, normalmente de cuarzo, capaz de soportar las elevadas temperaturas ocasionadas por el arco de descarga. En su interior hay mercurio y pequeñas cantidades de gases nobles a una presión de entre 1 y 10 atmósferas. El principio de funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión es similar al de las lámparas fluorescentes, pero el gas en el interior del tubo de descarga se encuentra a mayor presión. La tensión mínima necesaria para el encendido de la lámpara y asegurar su funcionamiento estable es de 198 V. Así en redes de 230-240V la reactancia puede ser una impedancia en serie, tipo choque. Pero si la tensión de línea es inferior a 110V se necesitan reactancias del tipo autotransformador, que proporcionen la tensión necesaria para el arranque y funcionamiento estable (ELT, 2006).

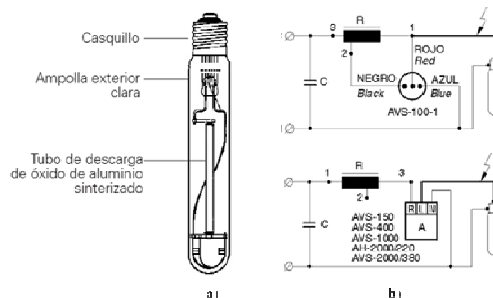


**Grafico N° 2.8:** a) Lámpara de mercurio a alta presión y b) Conexión típica de una lámpara de mercurio a alta presión

**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.54)

#### 2.5.2.4.2. Lámpara de vapor de sodio a alta presión

La lámpara de vapor de sodio a alta presión es una de las más utilizadas en el alumbrado público ya que tiene un alto rendimiento y la reproducción de los colores se mejora considerablemente aunque no al nivel que pueda iluminar anuncios espectaculares o algo que requiera excelente reproducción cromática.



**Grafico N° 2.9:** a) Lámpara de sodio a alta presión y b) Conexión típica de una lámpara de sodio a alta presión

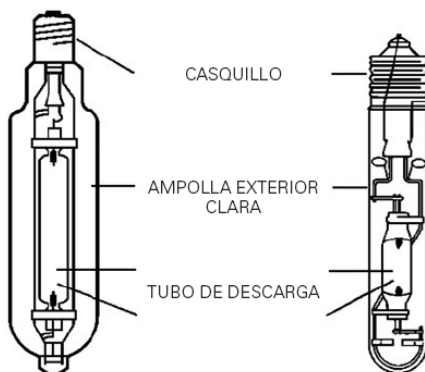
**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.56)

La vida de estas lámparas se ve muy afectada por las variaciones de la tensión de red, por lo que ésta no debe diferir más del 5% de la tensión nominal de la reactancia. Su aplicación más generalizada es en alumbrado vial, naves industriales con poca exigencia en reproducción de colores, estacionamientos abiertos, fachadas, monumentos, etc.

#### 2.5.2.4.3. Lámpara de halogenuro metálico

Según ELT. (2006), indica que:

Las lámparas de halogenuros metálicos son similares a las de vapor de mercurio, diferenciándose en que, además de mercurio, contienen yoduros metálicos, como disprosio, holmio, indio, tulio, sodio, escandio, etc., con los que se obtienen mayores rendimientos lumínicos y, sobre todo, una mejor reproducción cromática. El tubo de descarga es de cristal de cuarzo o cerámico, con un electrodo de wolframio en cada extremo, recubierto de un material emisor de electrones. El bulbo exterior es de vidrio duro y sirve de aislamiento eléctrico y térmico. En algunos tipos, se encuentra recubierto de una capa fluorescente similar a la de las lámparas de mercurio, pero en este caso la influencia de este recubrimiento es escasa. (p.58)



**Grafico N° 2.10:** Lámpara de halogenuro metálico

**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.58)

La conexión de este tipo de lámparas es similar a las de sodio alta presión, son lámparas más sensibles a las variaciones de la tensión de red que otras de descarga, no debiendo diferir más del 3% del valor nominal, ya que, además de afectar a la duración de la lámpara, varía el rendimiento de color de la misma.

#### **2.5.2.5. Reactancias para lámparas de descarga**

Las reactancias o balastos son accesorios para utilizar en combinación con las lámparas de descarga, con el fin de conseguir un correcto funcionamiento de las mismas. Realizan las siguientes funciones (ELT, 2006):

- Suministran la corriente de arranque requerida
- Proporcionan el voltaje necesaria para el encendido de la lámpara
- Limitan la corriente que circula por las lámparas a los valores exigidos para un funcionamiento adecuado

##### **2.5.2.5.1. Tipos de reactancias**

Existen dos tipos de reactancias o balastos para lámparas de descarga, en función de la tecnología, tales como, electromagnéticos y electrónicos.

##### **2.5.2.5.2. Reactancia electromagnética**

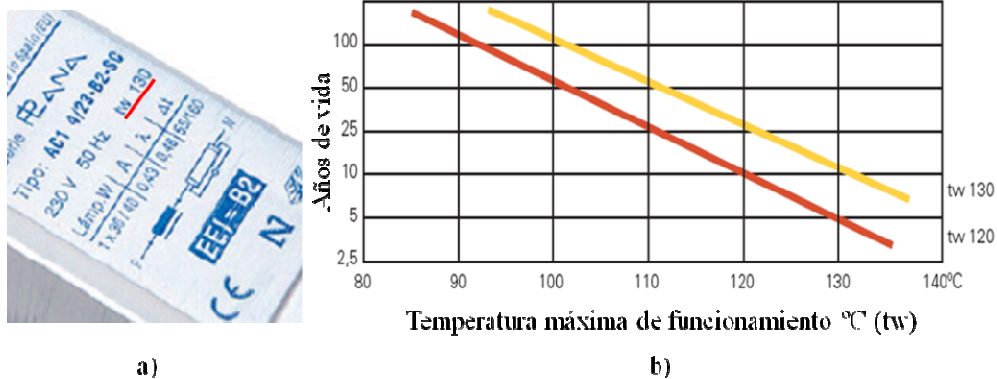
Se trata de impedancias inductivas, capacitivas o resistivas, solas ó en combinación. Las reactancias más utilizadas son las de tipo inductivo, utilizándose también la combinación de reactancia inductiva-capacitiva. El tipo de reactancias resistivas y capacitivas por sí solas no se utilizan, ya que, las reactancias resistivas ocasionan muchas pérdidas, obteniendo por tanto un bajo rendimiento, y las reactancias capacitivas dan una potencia baja en la lámpara, debido a que originan una gran deformación de la onda de corriente de la lámpara.

##### **2.5.2.5.3. Vida media de reactancias electromagnéticas**

Las reactancias, al igual que la mayoría de componentes eléctricos, producen calor durante su funcionamiento produciendo una pérdida de potencia propia.

Las reactancias no deben superar una temperatura máxima de funcionamiento. Esto se expresa con el parámetro “tw” que indica la temperatura máxima a la que pueden funcionar constantemente los bobinados de una reactancia en condiciones normales, a su tensión y frecuencia nominales, para asegurar una vida media de 10 años.

Las temperaturas en el bobinado durante el funcionamiento superiores al tw marcado reducen la vida media esperada, mientras que temperaturas inferiores la aumentan. Esto se detalla en el siguiente gráfico, que analiza los años de vida en función de la temperatura de los bobinados.



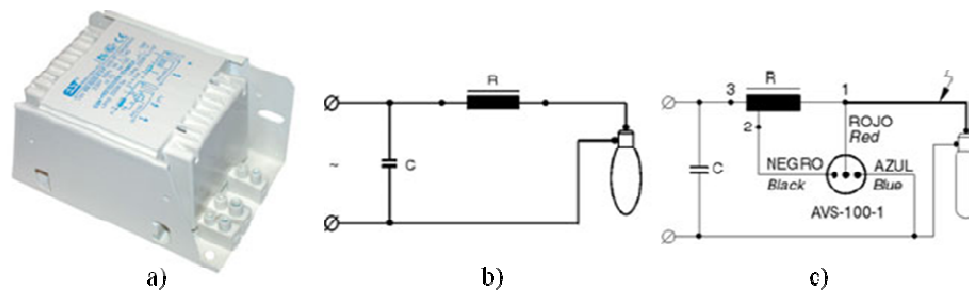
**Gráfico N° 2.11:** a) Marcación de tw en una reactancia electromagnética y b) Años de vida de las reactancias electromagnéticas en función de la temperatura tw  
**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.14-15)

**2.5.2.5.4. Tipos de reactancias electromagnéticas**

**2.5.2.5.5. Reactancia de choque**

Este tipo de reactancia inductiva, también conocida con el nombre de reactancia serie o simple impedancia, está formada por una bobina con su núcleo

magnético, que se conecta eléctricamente en serie con la lámpara y puede ir acompañada, en caso de ser necesario, de arrancadores para el encendido.



**Gráfico N° 2.12:** a) Reactancia de choque, b) Conexión reactancia de choque sin arrancador y c) Conexión reactancia de choque con arrancador

**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.66)

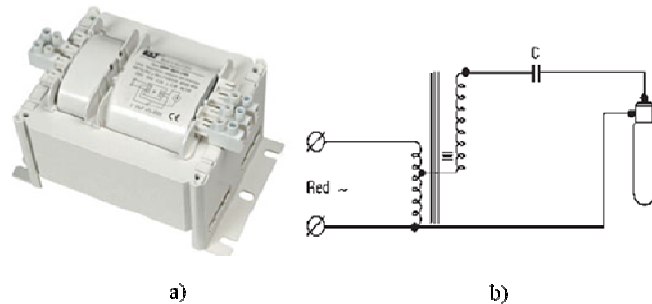
Esta reactancia es económica y ligera, con dimensiones y pérdidas reducidas, siendo el sistema más comúnmente utilizado cuando la tensión de red es suficiente para arrancar y mantener estable el arco de la lámpara. Constituye un conjunto de bajo factor de potencia que debe ser corregido colocando un condensador en paralelo con la red. Debido a que la vida de la lámpara se ve afectada ante las fluctuaciones de la tensión de red, este tipo de reactancias es adecuado siempre que se utilice dentro de los márgenes de tensión para los que está diseñada.

#### 2.5.2.5.6. Reactancia autotransformador

Cuando el voltaje de la red no es suficiente para asegurar el arranque y funcionamiento estable de la lámpara, se hace necesario un sistema que la eleve hasta el valor adecuado. La forma más sencilla de conseguirlo es mediante un autotransformador y una reactancia de choque normal, que es eléctricamente correcto, pero resulta un poco voluminoso. Un sistema alternativo lo constituyen las denominadas reactancias de autotransformador de dispersión, formadas por dos devanados desacoplados magnéticamente, de forma que hacen la función de reactancia y de autotransformador para elevar el voltaje, controlando con ello la corriente en la lámpara.

### 2.5.2.5.7. Reactancia autoreguladora

La reactancia autoreguladora combina un autotransformador con un circuito regulador. Debido a que una parte del bobinado primario es común con el secundario, su tamaño es reducido. Puesto que sólo el bobinado secundario contribuye a una buena regulación, el grado de ésta depende de la porción de voltaje primario acoplada al secundario.



**Gráfico N° 2.13:** a) Reactancia autoreguladora y b) Conexión reactancia autoreguladora

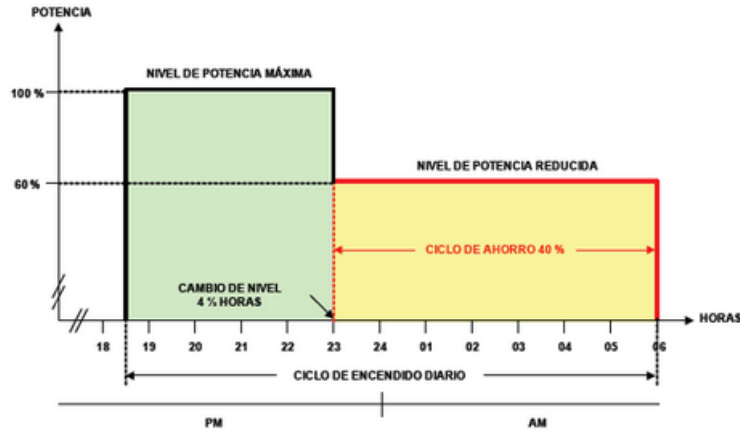
**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.67)

### 2.5.2.5.8. Reactancia doble nivel de potencia

Conocida también como reactancia de ahorro de energía, son reactancias que permiten reducir el nivel de iluminación sin una disminución importante de la visibilidad, pero con un ahorro energético considerable.

Los equipos de doble nivel de potencia basan su funcionamiento en un aumento de la impedancia nominal de la reactancia con lo que se consigue una reducción de potencia. Para ello se utilizan reactancias especiales con dos tomas, que permiten conmutar entre la impedancia nominal y una impedancia mayor. Inicialmente estas reactancias dan los valores nominales de la lámpara, obteniéndose el flujo nominal previsto en la misma, este estado se denomina *nivel máximo o primer nivel*, en el momento deseado o transcurrido un tiempo determinado, se conmuta a la toma de mayor impedancia, reduciéndose la

corriente y potencia en la lámpara, la potencia total del circuito y el flujo luminoso, este estado se denomina *nivel reducido o segundo nivel*.



**Gráfico N° 2.14:** Ciclo de funcionamiento de reactancia de doble nivel de potencia

**Fuente:** General Public Lighting, Equipos de doble nivel de potencia para lámparas de vapor de sodio alta presión-mercurio halogenados, 2013

Con este tipo de reactancia se consiguen ahorros del 37 al 42 % de su potencia total absorbida de la red, no son aconsejables reducciones de potencia mayores, ya que puede aparecer falta de estabilidad en las lámparas. Además, se debe tomar en consideración que este tipo de reactancias necesitan de un condensador adicional para cubrir su compensación, cuyos valores característicos se los puede apreciar en el siguiente cuadro:

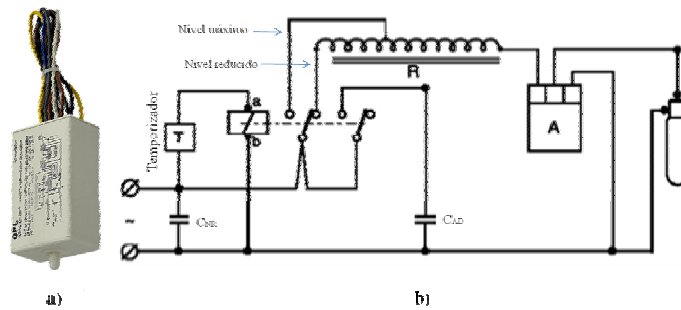
**Cuadro N° 2.1:** Condensadores utilizados con reactancias de doble nivel de potencia

Potencia de la lámpara (W)	Capacidad condensador ( $\mu\text{F}$ )		
	Nivel máximo	Nivel reducido	Adicional
70	13	9	4
100	13	11	2
150	22	18	4
250	32	28	4
400	50	45	5

**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.69)

Este tipo de reactancias dependiendo de la forma de instalación, para su conmutación deben ser instaladas con equipos con línea de mando o con equipos sin línea de mando o también llamados *temporizadores*, los cuales transcurrido el

tiempo programado (normalmente 4,5 horas), cambia automáticamente al modo de potencia reducida.



**Grafico N° 2.15:** a) Temporizador y b) Conexión del temporizador con la reactancia de doble nivel de potencia

**Fuente:** Elaborado por el autor en base a General Public Lighting, Temporizador para luminarias de doble nivel de potencia, octubre 2013 e Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.68)

#### **2.5.2.5.9. Reactancias electrónicas**

Se trata de sistemas electrónicos sustitutivos de la instalación convencional compuesta por reactancia, arrancador y condensador de corrección del factor de potencia. Con estas reactancias se hace trabajar a las lámparas a frecuencias superiores a la de red, con lo que, en el caso de las lámparas fluorescentes, se consigue un mayor rendimiento lumínico. Sin embargo, para lámparas de vapor de sodio a alta presión y halogenuros metálicos no se consigue mejoras apreciables.

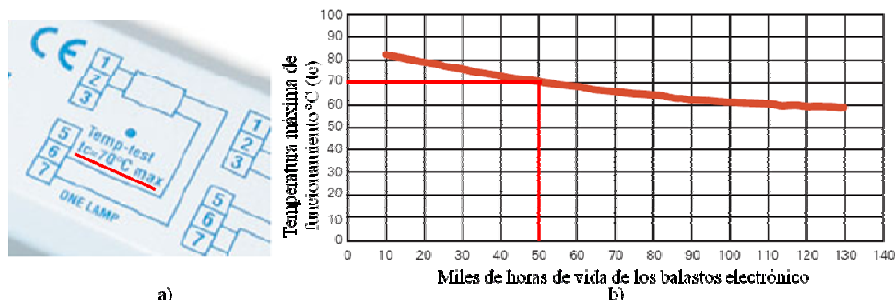
#### **2.5.2.5.10. Vida media de reactancias electrónicas**

Los balastos electrónicos, por ser menos robustos que las reactancias electromagnéticas, deben ser tratados con cuidado, como cualquier otro equipo electrónico doméstico (DVD, ordenador, etc.). La vida media de los balastos electrónicos depende de la temperatura de trabajo y de la calidad de los componentes utilizados.

Como todo elemento electrónico, el balasto de alta frecuencia tiene un consumo propio para su funcionamiento, que se transforma íntegramente en calor.



Para controlar los calentamientos, los balastos electrónicos llevan indicado sobre la envolvente un punto donde debe medirse la temperatura para comprobar que no se sobrepasa el valor indicado por el fabricante. Este punto se denomina “tc”.



**Gráfico N° 2.16:** a) Marcación de tc en una reactancia electrónica y b) Temperatura tc de reactancias electrónicas en función de horas de vida  
**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.15-16)

Funcionando a la temperatura máxima indicada en el punto “tc” cabe esperar una vida media de 50.000 horas. Una temperatura inferior a la marcada alargará la vida media estimada, pero una temperatura superior la podría acortar de forma significativa.

### 2.5.2.6. Arrancadores o ignitores

Según ELT (2006), indica que:

**La mayoría de las lámparas de alta intensidad de descarga (halogenuros metálicos, sodio alta presión y algunas lámparas de vapor de sodio a baja presión) necesitan una tensión de encendido muy elevada que no puede ser suministrada por las reactancias solas. Los dispositivos encargados de proporcionar la tensión de encendido, en forma de impulsos de alta tensión, se denominan arrancadores o ignitores. (p.73)**

Los impulsos de alto voltaje se obtienen por la descarga de un condensador sobre un circuito amplificador. Mediante un sistema de disparo, se descarga un condensador sobre el bobinado primario de un transformador, induciéndose en el bobinado secundario un impulso de voltaje de valor de pico muy elevado y de

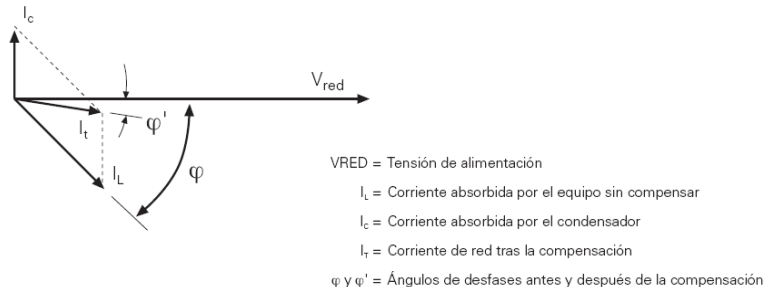
corta duración, que superpuesto al voltaje de red, hace saltar el arco en el interior del tubo de descarga, produciendo el encendido de la lámpara.

### 2.5.2.7. Condensadores

Según ELT (2006), indica que:

**Las reactancias son cargas inductivas que funcionando con su lámpara correspondiente, poseen un factor de potencia alrededor de 0,5, el cual, se traduce en un consumo de energía reactiva, hecho que está penalizado por las empresas eléctricas, aplicando recargos en las facturas. Para solucionar este problema, se utilizan cargas capacitivas que asociadas a las inductivas mejoran el factor de potencia haciéndolo próximo a la unidad. Estas cargas capacitivas son los condensadores. (p.93)**

En alumbrado público la compensación utilizada es en paralelo; el condensador conectado en paralelo a la red debe ser del valor adecuado para que la intensidad reactiva en adelanto de fase absorbida por él ( $I_c$ ), compuesta con la que circule por la lámpara ( $I_L$ ), dé una intensidad absorbida de red ( $I_T$ ) cuyo desfase con la tensión de red sea el mínimo.



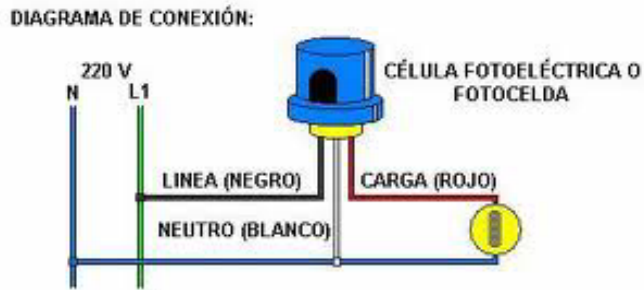
**Grafico N° 2.17:** Compensación en paralelo entre una reactancia y un condensador

**Fuente:** Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, ELT, noviembre 2006 (p.94)

El condensador utilizado en alumbrado público debe ser del tipo seco o aislado en aceite (no PCB) y debe tener una tolerancia en el valor de su capacitancia, de 3% para balastos CWA y hasta 5% para balastos tipo reactor.

### 2.5.2.8. Control fotoeléctrico

Equipo electrónico que permite la conexión o desconexión de una carga específica mediante la actuación de una célula fotoeléctrica dependiendo del nivel de iluminación existente, conformado de un recubrimiento plástico de policarbonato con protección UV, cuya base es de polipropileno con antillama con una arandela de caucho termoplástico, contactos de bronce e internamente conformado por elementos electrónicos varios. Sus características son evaluadas en base a la norma ANSI C136.10



**Grafico N° 2.18:** Diagrama de conexión del control fotoeléctrico  
**Fuente:** Universidad Nacional de Colombia, Taller de electricidad I, Interruptores especiales, octubre 2013

#### 2.5.2.9. Receptáculo para control fotoeléctrico

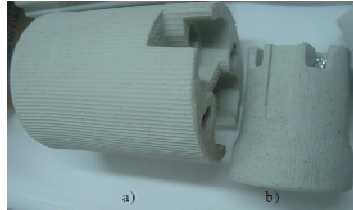
Accesorio utilizado para acoplar el control fotoeléctrico a la alimentación del circuito de una luminaria, está conformado por 2 piezas inyectadas en policarbonato, unidas por tornillos y tuercas galvanizadas, sus contactos están constituidos de latón y 90 cm de alambre No.14.



**Grafico N° 2.19:** Receptáculo para control fotoeléctrico  
**Fuente:** Elaborado por el autor en base al stock en bodegas de la EEASA, septiembre 2013

#### 2.5.2.10. Porta-Lámpara o Boquilla

Accesorio utilizado para acoplar la lámpara con la entrada de alimentación de corriente eléctrica a la misma, puede ser de casquillo E-27 para lámparas de sodio de 70W o mercurio de 125W y de casquillo E-40 para las demás lámparas, está constituido en su mayoría por porcelana eléctrica con un contacto central de cobre recubierto de níquel.



**Gráfico N° 2.20:** a) Boquilla E-40 y b) Boquilla E-27

**Fuente:** Elaborado por el autor en base al stock en bodegas de la EEASA, septiembre 2013

### **2.5.3. Postes o columnas**

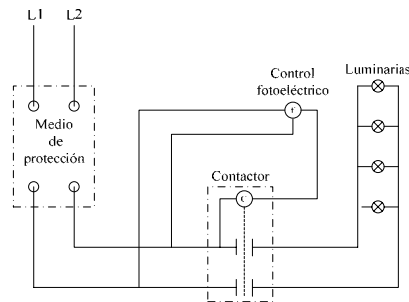
Las luminarias son instaladas en su mayoría en postes de hormigón, cuyos antecesores fueron postes de madera tratada que hoy en día ya se han reemplazado en un 98% por postes de hormigón, a más de ello, las luminarias también son instaladas en fachadas con brazos de hierro galvanizados empotrados en las mismas, éste tipo de instalación se utiliza en lugares que no es accesible la instalación de postes, como por ejemplo, en centros históricos de la ciudad que por lo general cuentan con redes eléctricas subterráneas.

### **2.5.4. Conductores eléctricos de fuerza y control**

Los conductores adecuados para este tipo de instalaciones deben ser aislados y cubiertos con materiales poliméricos termoestables adecuados para soportar la acción de la intemperie, con una sección transversal adecuada a la corriente que debe transportar y capaces de soportar, en el caso de redes tensadas autoportantes, la tracción mecánica de tensado.

### **2.5.5. Contactador, control fotoeléctrico y protecciones**

El dimensionamiento eléctrico de los contactores puede realizarse mediante estándares establecidos por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE). El Contactor se lo debe usar para el control en grupos de sistemas de alumbrado exterior donde no es posible o se dificulta el control individual de cada luminaria. Las protecciones a utilizarse en este sistema se basan exclusivamente contra cortocircuitos, utilizándose para ello interruptores termomagnéticos o relés térmicos con fusibles asociados.



**Grafico N° 2.21:** Esquema contactor, control fotoeléctrico y protecciones en un sistema de alumbrado público

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

## 2.6. Calidad del servicio de alumbrado público

Los sistemas de Alumbrado Público (AP) representan para todas las ciudades un punto clave en la calidad de vida de los ciudadanos, ya que brindan seguridad tanto peatonal como vial. Para las empresas eléctricas de Ecuador, el mejoramiento y mantenimiento de Alumbrado Público (AP) resulta un proceso estratégico dado que simboliza la imagen y credibilidad en la calidad del servicio.

### 2.6.1. Iluminación según las vías

A continuación se presenta los niveles de iluminación para los diferentes tipos de vías de acuerdo a la norma CIE 140-2000 (CONELEC, 2011):

**Cuadro N° 2.2:** Niveles de iluminación según el tipo de vías y parámetros fotométricos

C	Descripción	Tipo de Superficie	Incremento de Umbral	Relación de
---	-------------	--------------------	----------------------	-------------

		Seco				Mojado	$T_i$ (ns)	alrededor
		$L_{av} \left( \frac{cd}{lm^2} \right)$	$U_0$	$U_L$	$U_C$	$S_R$		
M1	Autopistas y carreteras	2.0	0.40	0.70	0.15	10	0.5	
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	1.5	0.40	0.70	0.15	10	0.5	
M3	Vías principales y ejes viales	1.0	0.40	0.60	0.15	15	0.5	
M4	Vías primarias o colectoras	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.5	
M5	Vías secundarias	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.5	

**Fuente:** Regulación No. CONELEC 008/11, 2013 (p.9)

En donde:

$L_{av}$  : Luminancia promedio de la calzada

$U_0$  : Uniformidad general de luminancia de la calzada

$U_L$  : Uniformidad longitudinal sobre la calzada

$T_i$  : Deslumbramiento

$S_R$  : Relación de alrededores

Adicional en las luminarias se debe considerar el factor de depreciación de las mismas según se indica:

**Cuadro N° 2.3:** Factores de depreciación de las luminarias (FDLU)

Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

**Fuente:** Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008-ITC-EA-06, 2013

## 2.7. Evaluación de la eficiencia energética en una instalación de alumbrado público

De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008 (2008), del 14 de noviembre de 2008 y en la instrucción técnica complementaria de dicho Reglamento ITC-EA-01 indica que:

La eficiencia energética en una instalación de alumbrado público, caracterizada con la letra  $\epsilon$ , se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\epsilon = \frac{S \times E_m}{P} \quad (2.1)$$

Donde:

$\epsilon$  = Eficiencia energética en la instalación de alumbrado exterior;  $\frac{m^2 \cdot lux}{W}$

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

S= Superficie iluminada; m<sup>2</sup>

$E_m$ = Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto; lux

También la eficiencia energética se puede determinar mediante la construcción de los siguientes factores:

$$\epsilon = \epsilon_L \times f_m \times f_u \quad (2.2)$$

Donde:

$\epsilon_L$ = Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (lúmen/W= m<sup>2</sup>lux/W)

$f_m$ = Factor de mantenimiento de las instalaciones (en valores por unidad)

$f_u$ = Factor de utilización de la instalación, que incluye el rendimiento de la luminaria (valores por unidad)

Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares ( $\epsilon_L$ ): es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

**Factor de mantenimiento (fm)** : es la relación entre los valores de iluminancia que se pretende mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización (fu): es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la instalación luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto a lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

## **2.8. Tipos de mantenimiento**

Tradicionalmente, se consideraba que existían tres tipos de mantenimiento distintos: predictivo, preventivo, y correctivo. Sin embargo, existen cuatro tipos de mantenimiento distintos (GAUDINO, 2012):

- Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos: sustitución o reacondicionamiento cíclico.
- Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo a la falla.
- Mantenimiento detectivo o “búsqueda de fallas”.

### **2.8.1. Mantenimiento predictivo o a condición**

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones, monitoreos y chequeos. Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida.

Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no, para que pueda evaluarse la conveniencia de estas



tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial, es decir, deben haber síntomas claros de que la falla está en el proceso de ocurrir.

### **2.8.2. Mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico)**

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o re-trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste, es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer.

### **2.8.3. Mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura**

Este tipo de mantenimientos se realiza si se decide que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar una falla, sino que se reparará la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimientos es conveniente cuando el costo de la falla es menor que el costo de la prevención o cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no se justifica realizar un rediseño del equipo.

### **2.8.4. Mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas**

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o

prueba funcional, y al intervalo en el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (Failure-Finding Interval).

#### **2.8.5. Selección del tipo de mantenimiento adecuado**

De acuerdo al Reliability Centered Maintenance (RCM) conocido también como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad por sus siglas en español MCC, define que, la selección de políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de consecuencias a la que pertenece la falla (JOHNSTON, 2002).

- Para fallas con consecuencias ocultas, la tarea óptima es aquella que consigue la disponibilidad requerida del dispositivo de protección.
- Para fallas con consecuencias de seguridad o medio ambiente, la tarea óptima es aquella que consigue reducir la probabilidad de la falla hasta un nivel tolerable.
- Para fallas con consecuencias económicas (operacionales y no operacionales), la tarea óptima es aquella que minimiza los costos totales para la organización.

#### **2.9. Fundamento legal**

De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador, “las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características”;

La Decisión 562 de 25 de junio de 2003 de la Comisión de la Comunidad Andina establece las “Directrices para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos en los Países Miembros de la Comunidad Andina y a nivel comunitario”;

El Instituto ecuatoriano de Normalización - INEN, de acuerdo a las funciones determinadas en el Artículo 15, literal b) de la Ley No. 2007-76 del Sistema ecuatoriano de la Calidad, reformada en la Novena Disposición Reformativa del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 351 de 29 de diciembre de 2010, y siguiendo el trámite reglamentario establecido en el Artículo 29 de la misma Ley, ha formulado el Reglamento Técnico ecuatoriano RTE INEN 069 “ALUMBRADO PÚBLICO”;

En Noviembre del año 2011 el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) emite la Regulación 008/11 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”, normativa a ser aplicada en todas las empresas distribuidoras de energía eléctrica del país; de la misma se desprende varias necesidades a ser implementadas en cada empresa, como por ejemplo, mantener una base de datos actualizada de luminarias y por tal motivo en acción de una buena interpretación e implementación de dicha Regulación nace el presente proyecto.

## **2.10. Conclusión del capítulo**

Del análisis bibliográfico se pudo apreciar la interacción que tiene cada uno de los accesorios que conforman una luminaria de alumbrado público, así como también la relación de cada accesorio con su determinado estándar, cuyas características son de cumplimiento obligatorio. Además se pudo apreciar los diferentes tipos de mantenimientos que pueden surgir según la circunstancia que amerite.

## 2.11. Definición de términos

**A.P.:** Alumbrado Público, constituye la iluminación de zonas públicas o privadas, destinadas a la movilidad, ornamentación y seguridad.

**Ángulo Sólido ( $\Omega$ ):** relación entre el área de una superficie esférica para el cuadrado del radio, es adimensional.

**Candela:** intensidad luminosa en una dirección dada, símbolo cd.

**CONELEC:** Consejo Nacional de Electricidad

**Eficiencia luminosa:** relación entre el flujo luminoso total de la fuente y la potencia de la misma.

**Electrotecnia:** disciplina dentro de la ciencia eléctrica, proviene de electro y techne, que significa tecnología en la electricidad.

**FFI:** Failure-Finding Interval

Flujo luminoso ( $\phi$ ): medida de la potencia luminosa percibida cuya unidad mide la brillantez

**Food Candle:** en español “una vela”, unidad de medida de iluminancia que no pertenece al Sistema Internacional de Unidades, abreviada como fc,  $\text{lm/ft}^2$  o ft-c.

**Iluminancia (E):** flujo luminoso por unidad de superficie, su unidad es el lux.

**INEN:** Instituto ecuatoriano de Normalización

Intensidad Luminosa (I): magnitud que expresa la distribución del flujo luminoso en el espacio, su unidad es la candela (cd).

**Kelvin:** unidad de temperatura simbolizado con la letra K.

**Lumen:** medida de potencia luminosa emitida por la fuente, símbolo lm.

**Luminancia (L):** intensidad luminosa por unidad de superficie, su unidad es candela/m<sup>2</sup>.

**Luminotecnia:** ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, su control y aplicación.

**Lux:** medida de la intensidad luminosa, símbolo lx.

**Luz:** forma de energía radiante al cual el ojo de un ser humano es sensible.

**MCC:** Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, políticas de mantenimiento gobernadas por la categoría de consecuencias a la que pertenece la falla.

**RCM:** Reliability Centered Maintenance

**RTE:** Reglamento Técnico ecuatoriano

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

En éste capítulo se presenta la metodología empleada para la realización de la investigación, abarcando dentro de la misma, la modalidad de la investigación, la forma, el nivel, el tipo de investigación; además, se define el tamaño de la muestra dentro de la cual fueron aplicadas las diferentes técnicas y métodos de la investigación.

Además es preciso mencionar, para la ejecución de éste proyecto, los recursos económicos para el levantamiento de información de luminarias y adquisición de adhesivos para su numeración fueron proporcionados por la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., bajo la asignación de una partida presupuestaria propia; con dichos recursos se contrato el levantamiento de información bajo la modalidad de cotización de servicios por el Portal de Compras Públicas adjudicando dicho proceso a la compañía INGS. DISELECTRIC CIA. LTDA.

#### **3.1. Diseño de la investigación**

La investigación al perseguir los objetivos de indagar, describir y descubrir, permitió alcanzar el propósito de ésta investigación desarrollando las diferentes etapas de la misma.

#### **3.2. Modalidad de la investigación**

El presente trabajo, al constituirse dentro de un proyecto factible, compuesto por: investigación bibliográfica documental, investigación de campo y propuesta de intervención, se enmarca dentro del paradigma cuanti - cualitativo ya que, se recogieron y analizaron datos cuantitativos y calificativos sobre la variable de estudio como es la luminaria de alumbrado público.

La presente investigación tuvo como propósito fundamental conocer la realidad del servicio de Alumbrado Público del casco central de la ciudad de Ambato, cuyo servicio de iluminación está a cargo de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. y plantear un sistema de gestión de mantenimiento de Alumbrado Público, el mismo que deberá servir para mejores las condiciones operativas del mismo, referidas en la actualidad y a futuro, entendiéndose que en la actualidad permitirá atender de forma oportuna un daño producido en el sistema de alumbrado público realizando un mantenimiento correctivo y a futuro con el registro informático de los mantenimientos realizados en el sistema de alumbrado público se proyecta la coordinación de mantenimientos preventivos de acuerdo a la valoración de la vida útil de los accesorios de las luminarias.

### **3.2.1. Forma y nivel de investigación**

La investigación realizada fue de carácter descriptivo permitiendo realizar una caracterización y explicación de los aspectos más importantes del problema de investigación en la población de estudio.

### **3.2.2. Tipo de investigación**

Los tipos de investigación que se utilizaron fueron de carácter documental y de campo, la investigación documental se sustenta en información obtenida de libros, normas y documentos acordes al tema desarrollado planteados en el Capítulo II y cuyas fuentes bibliográficas se encuentran detalladas en su correspondiente sección, y la investigación de campo se basó través de las técnicas de observación e interacción directa con la variable de estudio, ya que, se realizó el levantamiento de información de cada luminaria del casco central de la ciudad de Ambato.

### **3.3. Unidad de estudio**

Una vez definido el problema a investigar, formulados los objetivos y delimitadas las variables se hace necesario determinar los elementos o individuos con quienes se llevó a cabo el estudio o investigación. Esta consideración nos conduce a la delimitación del ámbito de la investigación definiendo una población. La población del presente estudio constituye el Alumbrado Público dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), conformado por aproximadamente 70.000 luminarias de alumbrado público de diferentes características, cuya muestra a ser evaluada corresponde a las luminarias instaladas en postes en la zona urbana del Cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua, dividido en tres sectores, Norte, Centro y Sur; se seleccionó una muestra por conglomerados tomando como propósito para éste trabajo el conglomerado del sector del centro de la ciudad, ya que, dicha zona urbana reúne la gran parte de tipos de luminarias de alumbrado público que tiene instalado la EEASA.

### **3.4. Tamaño de la muestra**

Una de las razones fundamentales para obtener la muestra por conglomerados es el no disponer de información por delimitación geográfica; ya que, se tiene información por alimentadores de energía eléctrica los mismos que tienen muchas ramificaciones y abarcan varios sectores geográficos y el presente estudio se basa en una delimitación geográfica específica.

Al constituirse una delimitación geográfica como la muestra del presente estudio para la obtención de la cantidad total de luminarias instaladas en postes en la zona urbana del Cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua, se procedió de la siguiente forma:

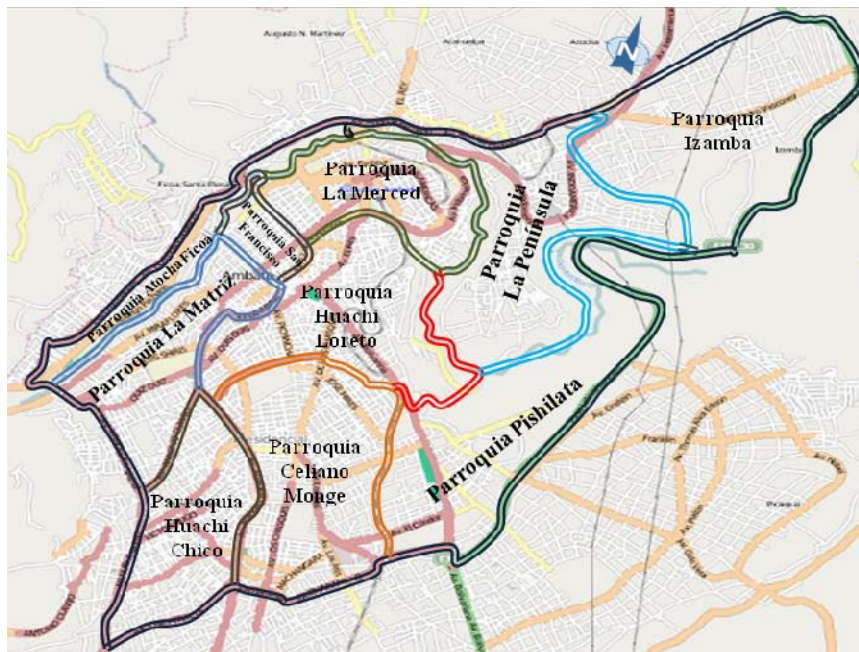
- Se realizó el levantamiento de información de cada luminaria instalada en poste en la zona urbana del Cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua.



- Se procesó la información levantada en campo, obteniendo un total de 7.837 luminarias, de las mismas se logró conocer la marca, el modelo y el estado de vida útil de la luminaria y sus accesorios.
- Para el análisis de los accesorios de alumbrado público la muestra evaluada es de 7.837 luminarias de alumbrado público instaladas en postes dentro de la delimitación urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, constituyendo el valor evaluado el 100% de la muestra.
- Para la evaluación de la calidad del servicio del servicio se distingue desde dos puntos de vista, técnico y social
  - Evaluación técnica.- se evaluó en total 9 tipos de luminarias de sodio de alta presión cerradas de 70W, 100W y 150W, tres de cada tipo; de acuerdo al levantamiento de información cada tipo de luminaria mencionada anteriormente en promedio vienen funcionando desde el año 2006 en la delimitación urbana del cantón Ambato, información obtenida de la placa de identificación incrustada en cada luminaria, las mismas son consideradas con clasificación de “buenas”, en las cuales sobresalen las marcas ROY ALPHA, ELECTROCONTROL Y CELSA, por tal razón se evaluó tres tipos de luminarias de cada marca. A dichas luminarias se evaluaron parámetros fotométricos, obteniendo datos de pérdidas en la luminaria, iluminancia promedio, uniformidad general y uniformidad longitudinal en cada una de ellas, estos tipos de luminarias interactúan tanto en iluminación vial como peatonal siendo las más utilizadas en la parte central del casco urbano del cantón Ambato; cabe indicar que las luminarias de sodio de alta presión cerradas de 250W y 400W no fueron evaluadas, ya que, se encuentran instaladas en la periferie de la delimitación urbana del cantón Ambato y su interacción directa es para iluminación vial.

- Evaluación social.-se avaluó directamente los tiempos de atención de reparación de una luminaria; evaluación realizada para los años 2011 y 2012.

En el presente estudio al definir como población al sistema de alumbrado público de la EEASA, teóricamente resulta factible la identificación de cada luminaria para el personal que conoce el área de concesión de dicha empresa, pero para cuestiones de mejor interpretación geográfica del estudio a realizarse se ha definido como muestra de la población propuesta a las luminarias instaladas en el casco urbano del Cantón Ambato cuya delimitación geográfica es planteando por el investigador, considerando por área urbana del cantón Ambato la delimitada por; al norte, Av. Los Guaytambos, Av. Rodrigo Pachano y Calle Dr. Julio Castillo Jácome; al sur, calle Julio Jaramillo Laurido seguido de la calle José Peralta; al este, Paso Lateral Ambato y al oeste, Av. Manuelita Sáenz. La delimitación descrita abarca en su totalidad a las parroquias urbanas La Merced, San Francisco y Huachi Loreto, y, de forma parcial a las parroquias urbanas Atocha-Ficoa, La Península, Izamba, Pishilata, Celiano Monge, Huachi Chico y La Matriz.



**Grafico N° 3.1:** Delimitación geográfica Área Urbana Cantón Ambato  
**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

### **3.5. Métodos y técnicas a ser empleadas**

Se entiende por método al conjunto de procedimientos lógicos para obtener la realización de la investigación mientras que las técnicas son el conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se efectúa el método, en base a ello, el método de la presente investigación se enmarca en la modalidad de proyecto factible, ya que, se analizó una causa real, eficiencia energética y calidad de servicio en instalaciones de alumbrado público, que a diario se proyecta en la vida de cada ciudadano que circula por las calles del casco central de la ciudad de Ambato en ausencia de luz natural; cuyo procedimiento se basó en el levantamiento de información de luminarias instaladas en postes de hormigón en la delimitación urbana del cantón Ambato, procesamiento de datos, pruebas a luminarias y comparación de resultados con estándares sobre alumbrado público. Para la investigación propuesta se utilizó las siguientes técnicas:

#### **3.5.1. La Observación**

Método en la cual se observó atentamente los tipos de luminarias instaladas en el área de estudio, su flujo luminoso, el modelo, los tamaños de cada una, valorando con ello datos fundamentales para su posterior análisis.

#### **3.5.2. Identificación**

Al partir de un sistema de alumbrado público amplio y de diversas características, para identificar cada luminaria, surgió la necesidad de numerar cada una de las mismas, bajo la consideración de un adhesivo con números reflectivo de 12cm de largo por 5cm de ancho conformado de 5 dígitos numéricos.

#### **3.5.3. El fichaje**

El registro de información en fichas de recolección de datos se lo hizo tanto para las luminarias numeradas como para las luminarias evaluadas sus

parámetros fotométricos; de las luminarias numeradas se recolectaron datos específicos de cada luminaria, tales como:

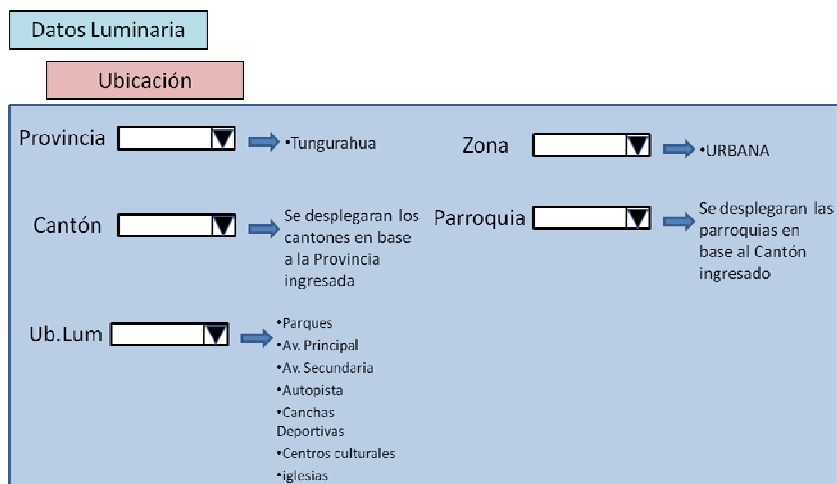
- Número de luminaria
- Tipo de luminaria
- Tipo de instalación
- Número de poste en cual está instalada la luminaria ( mencionando que en Ecuador todas las empresas distribuidoras mantienen numerados los postes para su identificación)
- Ubicación de la luminaria (mencionando su cantón, parroquia y referencia de instalación)
- Datos característicos de cada accesorio que conforma una luminaria, tales como, tipo, potencia, marca, permitiendo con ello identificar cada accesorio de forma clara que se encuentra instalado en cada luminaria.
- Fotografía de cada luminaria

El fichaje de las 9 luminarias evaluadas técnicamente se los puede apreciar con los datos obtenidos en el Anexo 1.

Lo mencionado del fichaje de las luminarias numeradas es representado de la siguiente forma:

**Grafico N° 3.2:** Datos generales de la luminaria a obtenerse del levantamiento de información

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013



**Grafico N° 3.3:** Datos de ubicación de la luminaria a obtenerse del levantamiento de información

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

### 3.6. Operacionalización de las variables

**Cuadro N° 3.1:** Operacionalización-Variable independiente

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO-LUMINARIA						
VARIABLE INDEPENDIENTE:						
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos Metodológicos	Instrumentos Tecnológicos
Es una práctica empleada durante el consumo de energía que tiene como objeto reducir dicho consumo, considerando medidas en donde exista mayor oportunidad de ahorro	Calidad energética	Tipo de Luminaria	flujo luminoso	Fichaje o registro de datos	Observación y fichaje	Equipos ofimáticos
		Factor de potencia	consumo	Medición y cálculos	Ecuaciones	Analizador de redes y computador
	Potencia de pérdidas en la luminaria	Pérdidas en el balasto	watt	Medición	Observación y fichaje	Analizador de redes
		Compensación reactiva	uF	Fichaje o registro de datos	Observación y fichaje	
Energía consumida	Potencia de funcionamiento	watt	Medición	Observación y fichaje	Analizador de redes	

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

**Cuadro N° 3.2:** Operacionalización-Variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE:		Calidad de servicio			
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Proceso estratégico que simboliza la imagen y credibilidad de la empresa en el servicio entregado	Parámetros fotométricos	Iluminancia	lux	Medición	Luxómetro
	Calidad de servicio AP	Tiempos de atención daños	horas	Evaluación historial registros	Ecuaciones estadísticas
	Prefactibilidad	Costo	\$	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

### **3.7. Procedimientos de la investigación**

El desarrollo de la investigación se enmarcó en el siguiente procedimiento:

- Delimitación del área de estudio
- Levantamiento de información de luminarias
- Depuración de la información consignada en campo
- Ingreso de información al sistema de información geográfica ArcGis
- Evaluación de parámetros fotométricos
- Evaluación de la calidad de servicio

#### **3.7.1. Delimitación del área de estudio**

A más de la delimitación de la muestra identificada anteriormente, en la cual constituye el levantamiento de información de campo, es preciso mencionar que también se enumeraron todas las luminarias almacenadas en la bodega de la EEASA, cuyo objetivo fue iniciar el proceso de identificación de luminarias en el área de concesión de la EEASA, entendiéndose que dichas luminarias almacenadas en bodega serán instaladas por el personal propio de la empresa y personal contratado.

#### **3.7.2. Levantamiento de información de luminarias**

El levantamiento de información de cada luminaria se lo realizó en base a los datos especificados en el fichaje, técnica utilizada para el levantamiento de información en el campo como para las luminarias almacenadas en la bodega de la EEASA. El trabajo realizado en la bodega de la EEASA, tuvo también como objetivo el revisar el buen estado de las luminarias entregadas por los diferentes proveedores cuyas compras se las realizó mediante el Portal de Compras Público bajo la modalidad de Subasta Inversa Electrónica, las luminarias defectuosas fueron notificadas a sus proveedores para su cambio inmediato.

### **3.7.3. Depuración de la información consignada en campo**

Una vez entregada la información levantada por parte de la compañía INGS. DISELECTRIC CIA. LTDA. fue responsabilidad del investigador, que en éste caso también constituyó fiscalizador del contrato el revisar cada dato para su posterior ingreso al sistema de información geográfica ArcGis.

### **3.7.4. Ingreso de información al sistema de información geográfica ArcGis**

La información de campo depurada se procedió a ingresar al sistema de información geográfica ArcGis únicamente el número de la luminaria correlacionada directamente con el número de poste, ingresándose un total de 7.837 números de luminarias.

### **3.7.5. Evaluación de parámetros fotométricos**

De acuerdo a la muestra mencionada, se tomó 9 luminarias de sodio de alta presión de 70W, 100W y 150W de diferente marca, modelo y fabricante. Las luminarias a ser evaluadas fueron consideradas las que estaban en funcionamiento desde el año 2006, luminarias consideradas como “buenas”, las mismas que se encontraban instaladas en diferentes sectores de la delimitación urbana del cantón Ambato.

### **3.7.6. Evaluación de la calidad de servicio**

De acuerdo al historial consignado por la EEASA en el programa Sistema de Atención de Reclamos de Distribución (SISARD) se procedió a extraer la información de los reportes de daños en el sistema de alumbrado público atendidos en el año 2011 y 2012, con dichos datos se evaluó los tiempos de atención y compara con las exigencias establecidas por la Regulación 08/11 emitida por el CONELEC. Además para complementar la calidad de servicio en el

ámbito social y técnico se comparó con los resultados obtenidos de las mediciones de los parámetros fotométricos de las 9 luminarias evaluadas.

### 3.8. Recolección de información

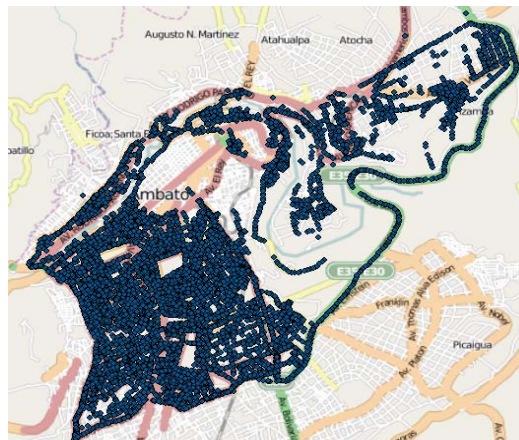
De acuerdo a los métodos y técnicas de estudio se realizó el levantamiento de información de 7.837 luminarias instaladas en postes de hormigón dentro de la delimitación urbana objeto de estudio, los diferentes tipos de luminarias se los puede apreciar en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 3.3:** Tipos de luminarias codificadas instaladas en postes de hormigón en el área urbana del cantón Ambato a Septiembre de 2013

TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD
Hg125WAbierta/Cerrada	11
Hg175WAbierta/Cerrada	15
Na100WCerrada	1.036
Na150WCerrada	3.473
Na250-150WCerrada	50
Na250WCerrada	2.346
Na400-250WCerrada	55
Na400WCerrada	302
Na70WCerrada	549
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>7.837</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

La representación gráfica de dichas luminarias se las puede a continuación:



**Grafico N° 3.4:** Luminarias codificadas dentro de la delimitación geográfica del Área Urbana del Cantón Ambato

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013



A más de ello se ha codificado 1.664 luminarias en la bodega de la EEASA, cuyos tipos de luminarias son los siguientes:

**Cuadro N° 3.4:** Tipos de luminarias codificadas en la bodega de la EEASA a Septiembre de 2013

TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD
Na100WCerrada	196
Na150WCerrada	1.333
Na250WCerrada	135
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1.664</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

### 3.9. Procesamiento y análisis

Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizaron dos tipos de técnicas de análisis de datos, cualitativo y cuantitativo, bajo la utilización de medidas, tablas y gráficos propios de la estadística descriptiva que fueron procesados con el programa Excel 2007. Cabe indicar que la recolección de información fue tomada en papel reciclado y posteriormente fue ingresada a Excel 2007 para su procesamiento y análisis.

**Gráfico N° 3.5:** Levantamiento de información ingresada a Excel 2007

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

### **3.10. Conclusiones del capítulo**

- El iniciar el proceso de codificación de las luminarias entregadas por los proveedores en la bodega de la EEASA fue de gran importancia, no sólo para la identificación propia de la luminaria, sino también, permitió identificar las luminarias en mal estado para la aplicación inmediata de la garantía emitida por el proveedor.
- El delimitar el área de estudio de forma geográfica fue de gran apoyo al estudio, ya que, permitió apreciar de forma gráfica la ubicación de las luminarias y analizar únicamente las delimitadas dentro de dicha zona.
- Al haber realizado el levantamiento de información de cada luminaria y sus accesorios permitió a la fecha saber el estado de los mismos y a futuro permitirá realizar un control de su vida útil mediante el sistema de alumbrado público de acuerdo a los mantenimientos y cambios efectuados.

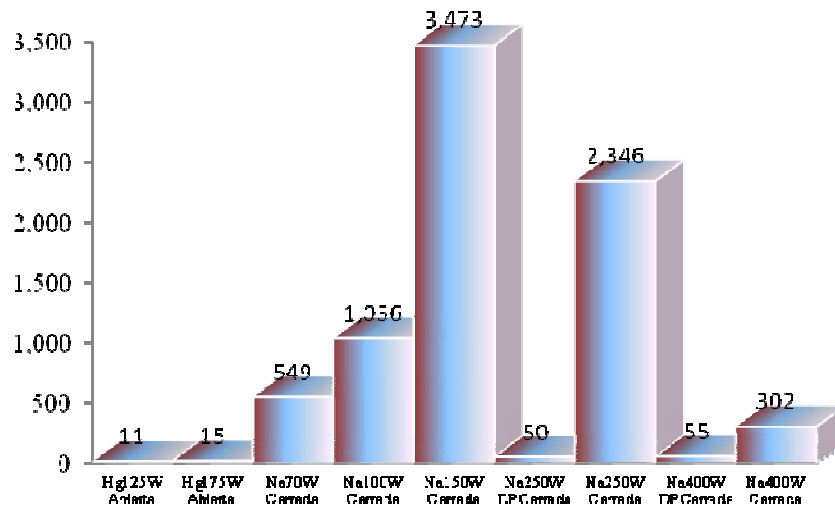
## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En éste capítulo se analiza toda la información referente al objeto de estudio, cuyos datos serán visualizados en imágenes extraídas del programa ArcGis, programa utilizado por la EEASA para tener toda la infraestructura eléctrica georeferenciada; además, para una mejor interpretación de los datos serán plasmados en tablas y gráficos estadísticos.

#### 4.1. Potencia instalada y consumo energético de las luminarias instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

La cantidad total de luminarias instaladas en postes dentro de la delimitación urbana se lo aprecia en el Gráfico N° 4.1.



**Gráfico N° 4.1:** Cantidad de luminarias codificadas instaladas en postes de hormigón en el área urbana del cantón Ambato a Septiembre de 2013

**Fuente:** Elaborado por el autor

En primera instancia se define la potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y la lámpara de descarga de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de

Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008 (10), cuyos valores no deberán superar los establecidos en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4.1:** Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar

POTENCIA NOMINAL DE LA LAMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	Sodio Alta Presión (SAP)	Mercurio Halogenado (HM)	Sodio Baja Presión (SBP)	Vapor de Mercurio (VM)
18	---	---	23	---
35	---	---	42	---
50	62	---	---	60
55		---	65	---
70	84	84		---
80	---	---	---	92
90	---	---	112	---
100	116	116	---	---
125	---	---	---	139
135	---	---	163	---
150	171	171		---
175	---	---	---	192
180	---	---	215	---
250	277	270 (2,15A) 277 (3A)	---	270
400	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)	---	425

**Fuente:** Elaborada por el autor en base al Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008-ITC-EA-04, 2013

Con los datos que anteriormente se citaron se procedió a calcular la potencia instalada, potencia consumida y energía consumida mensual, para el cálculo de la energía consumida mensual de las luminarias de doble potencia existentes dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato se tomó como referencia las características del ciclo de funcionamiento de las reactancias de doble nivel de potencia, en la cual se tiene que funcionan a su nivel máximo por un tiempo de 4,5 horas y las 7 horas restantes funcionan a una potencia del 60% de su valor máximo.

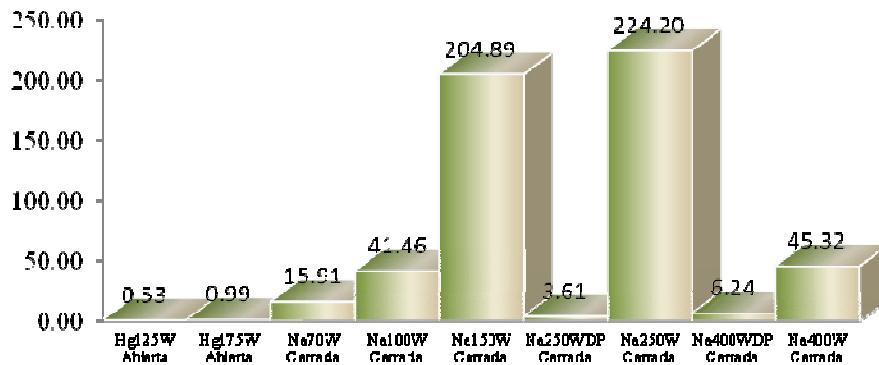
**Cuadro N° 4.2:** Potencia instalada y consumo energético de las luminarias instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

TIPO DE LUMINARIA	Potencia lámpara (W)	Potencia lámpara y equipos auxiliares (W)	CANTIDAD LUMINARIAS	Potencia instalada (kW)	Potencia consumida (kW)	Energía consumida mensual (kWh)
Hg125W Ab/Cer.	125	139	11	1,38	1,53	527,51
Hg175W Ab/Cer.	175	192	15	2,63	2,88	993,60
Na70W Cerrada	70	84	549	38,43	46,12	15.910,02
Na100W Cerrada	100	116	1.036	103,60	120,18	41.460,72
Na150W Cerrada	150	171	3.473	520,95	593,88	204.889,64
Na250W DP Cerrada	250	277	50	12,50	13,85	3.614,85
Na250W Cerrada	250	277	2.346	586,50	649,84	224.195,49
Na400W DP Cerrada	400	435	55	22,00	23,93	6.244,43
Na400W Cerrada	400	435	302	120,80	131,37	45.322,65
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>7.837</b>	<b>1.408,78</b>	<b>1.583,57</b>	<b>543.158,90</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

El consumo de energía eléctrica de las 7.837 luminarias es muy representativo, resaltando que debido a la cantidad de luminarias instaladas y su potencia se tiene su correspondiente consumo energético, lo cual, se visualiza en el Gráfico N° 4.2.

**Energía consumida mensual en MWh luminarias cantón Ambato a Septiembre 2013**



**Gráfico N° 4.2:** Energía consumida mensual en MWh por tipo de luminaria instalada en postes de hormigón en el área urbana del cantón Ambato a Septiembre de 2013

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

#### 4.2. Luminarias ineficientes instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato

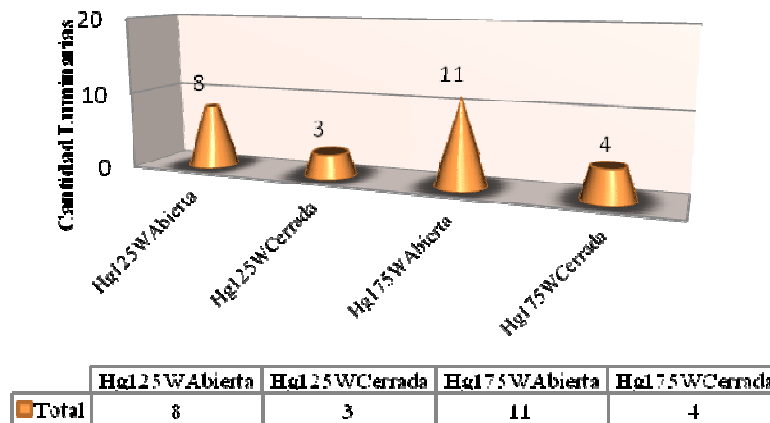
De acuerdo al levantamiento de información realizado se tiene un total de 26 luminarias de mercurio de 125W y 175W entre tipo abierto y cerrado.



**Grafico N° 4.3:** Tipos de luminarias de mercurio instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato: a) Hg125W Abierta, b) Hg125W Cerrada, c) Hg175W Abierta y d) Hg175W Cerrada.

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

El detalle de la cantidad por tipo de luminaria de mercurio existe en la delimitación de estudio se lo aprecia en el Gráfico N° 4.4



**Grafico N° 4.4:** Cantidad de luminarias de mercurio instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

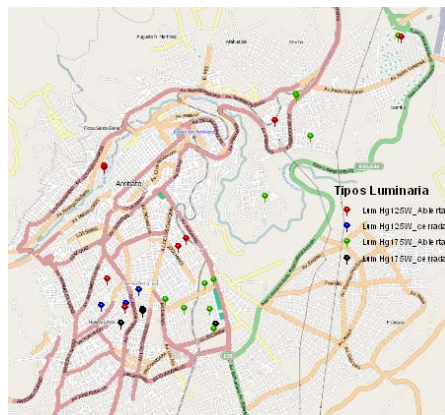
**Cuadro N° 4.3:** Potencia instalada y consumo energético de luminarias de mercurio instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

TIPO DE LUMINARIA	Potencia lámpara (W)	Potencia lámpara y equipos auxiliares (W)	CANTIDAD LUMINARIAS	Potencia instalada (kW)	Potencia consumida (kW)	Energía consumida mensual (kWh)
Hg125W Abierta	125	139	8	1,00	1,11	383,64
Hg125W Cerrada	125	139	3	0,38	0,42	143,87
Hg175W Abierta	175	192	11	1,93	2,11	728,64
Hg175W Cerrada	175	192	4	0,70	0,77	264,96
Na100W Cerrada	100	116	26	2,60	3,02	1.040,52
<b>Ahorro de Energía mensual (kWh)</b>						<b>480,59</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

En el Cuadro N° 4.3 se muestra la evaluación del reemplazo de luminarias de mercurio por luminarias de Na 100W cerradas, cuyo flujo luminoso es superior al que presentan las lámparas de mercurio de 125W y 175W, con lo cual se obtiene un ahorro mensual de energía eléctrica de 480,59 kWh, valor muy representativo, ya que únicamente se proyecta reemplazar 26 luminarias.

De acuerdo a los datos ingresados al ArcGis, dichas luminarias se encuentran ubicadas en varios sectores de la delimitación urbana del Cantón Ambato, así tenemos:



**Grafico N° 4.5:** Luminarias de mercurio instaladas dentro de la delimitación geográfica del Área Urbana del Cantón Ambato

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

### 4.3. Accesorios que conforman las luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón en la delimitación urbana del Cantón Ambato

En el levantamiento de información de la delimitación de la zona urbana del Cantón Ambato se apreció que existen luminarias de sodio de alta presión y luminarias de mercurio, las luminarias de sodio de alta presión presentan una gran cantidad de marcas y modelos de acuerdo a los fabricantes, todas son luminarias cerradas; mientras que, las luminarias de mercurio presentan dos modelos de luminarias, tipo campana y otra tipo convencional, cada una de ellas se conforman por los siguientes accesorios que son detallados en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4.4:** Conformación de accesorios en una luminaria de alumbrado público

ACCESORIO LUMINARIA	TIPO DE LUMINARIA		
	SODIO ALTA PRESIÓN		VAPOR DE MERCURIO
	POTENCIA CONSTANTE	DOBLE POTENCIA	
LÁMPARA O FOCO	√	√	√
REACTANCIA O BALASTO	√	√	√
ARRANCADOR O IGNITOR	√	√	---
CONDENSADOR	√	√	√
CONTROL FOTOELÉCTRICO	√	√	√
RECEPTÁCULO CONTROL FOTOELÉCTRICO	√	√	√
PORTA LÁMPARA O BOQUILLA	√	√	√
TEMPORIZADOR	---	√	---

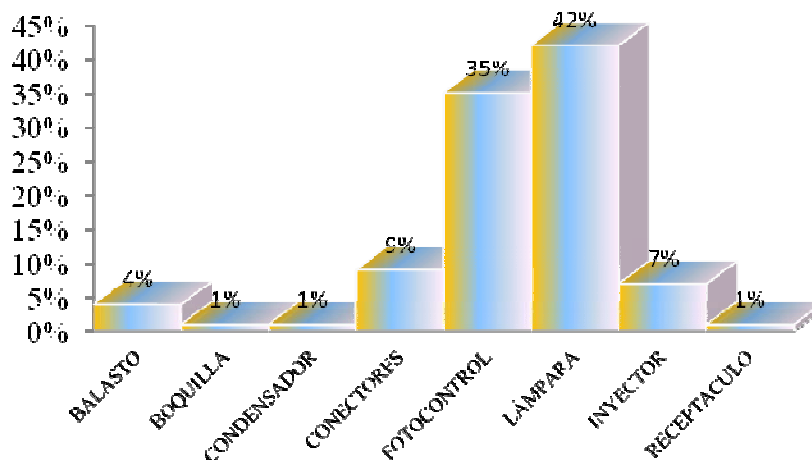
**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

### 4.4. Diagnóstico de fallas en accesorios de alumbrado público

De acuerdo a los historiales de mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del cantón Ambato, se tiene que la frecuencia de fallas en los accesorios de alumbrado público son los siguientes:



### FRECUENCIA DE DAÑOS ACCESORIOS AP



**Gráfico N° 4.6:** Frecuencia de fallas en accesorios de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato  
**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

En la Gráfica N° 4.6, la frecuencia mayor de falla, 42%, se visualiza para el caso de lámparas, notándose, que en la delimitación urbana existen 7 tipos de lámparas utilizadas de acuerdo al tipo de luminaria, por tal razón, dicho valor se lo está evaluado de acuerdo al conjunto de los accesorios; no obstante, una segunda frecuencia de fallas que le sigue muy cerca con un valor del 35% correspondiente al control fotoeléctrico, el mismo que se relaciona directamente como una cantidad única frente a la ocurrencia de una falla.

En base a la gestión de mantenimiento de alumbrado público que se planteará es preciso describir cada accesorio de alumbrado público que conforman las luminarias instaladas en la delimitación de estudio para tener un panorama con la parte fundamental del sistema, ya que, dichos accesorios hacen posible el funcionamiento de la luminaria.

#### 4.4.1. Lámpara o foco

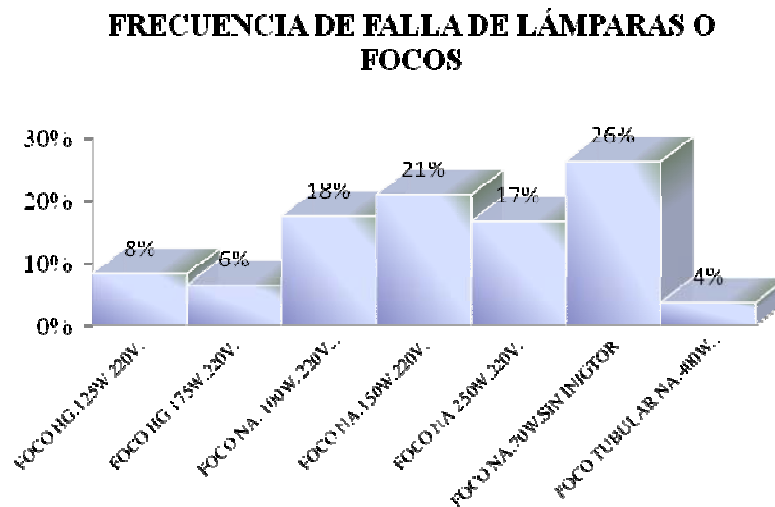
La lámpara está directamente relacionada con la potencia de la luminaria, según el levantamiento tenemos los siguientes tipos distinguidos por marcas:

**Cuadro N° 4.5:** Marcas de lámpara utilizadas en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

TIPO DE LÁMPARA	MARCAS DE LÁMPARAS O FOCOS					TOTAL
	EVERLUX	OSRAM	PHILIPS	SILVANIA	VENTURE	
Hg125W Abierta	1	6	1			8
Hg125W Cerrada		2	1			3
Hg175W Abierta		3	8			11
Hg175W Cerrada		1	3			4
Na70WCerrada	7	478	63	1		549
Na100W Cerrada	126	897	10		3	1.036
Na150W Cerrada	302	2.208	961	2		3.473
Na250W DP Cerrada	4	39	7			50
Na250W Cerrada	228	1.781	337			2.346
Na400W DP Cerrada		51	4			55
Na400W Cerrada	11	256	34	1		302
<b>TOTAL</b>	<b>679</b>	<b>5.722</b>	<b>1.429</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7.837</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

#### 4.4.1.1. Frecuencia de fallas en Lámparas o focos



**Gráfico N° 4.7:** Frecuencia de fallas en lámparas de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato

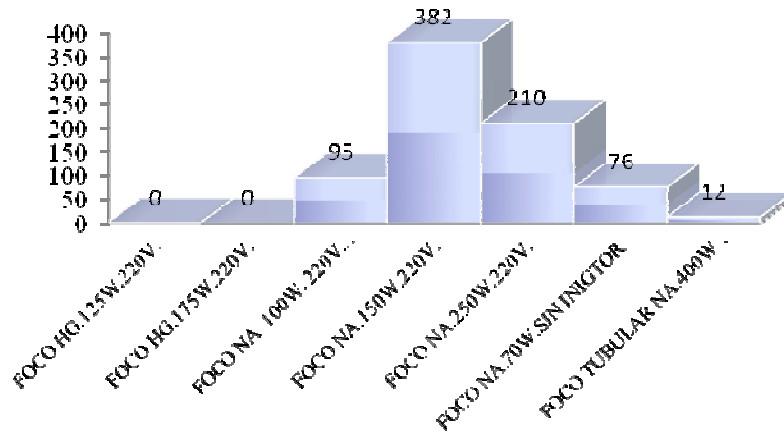
Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo a la experiencia en el mantenimiento de alumbrado público, las lámparas marca PHILIPS y OSRAM han presentado buenas características

fotométricas y de vida útil, lo que resulta muy favorable continuar con dichos accesorios por su confiabilidad.

De acuerdo a la interacción de la cantidad de lámparas y su frecuencia de fallas, la cantidad de lámparas a necesitar en un año será:

### CANTIDAD DE DAÑOS DE LÁMPARAS O FOCOS



**Gráfico N° 4.8:** Cantidad de lámparas necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato

**Fuente:** Elaborado por el autor

En la Gráfica N° 4.7, se aprecia que la frecuencia de falla es mayor para las lámparas de sodio de alta presión de 70W, mientras que en la Gráfica N° 4.8 se tiene que la cantidad mayor de lámparas para dar mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana corresponde a las lámparas de sodio de alta presión de 150W, esto ocurre debido a la cantidad de luminarias de éste tipo instaladas. Además, a pesar de que las lámparas de mercurio de 125W y 175W presente una frecuencia de falla, se deberá tomar medidas de reemplazo de las mismas de acuerdo a lo analizado al inicio de éste capítulo, por tal razón, la cantidad de material requerido para su mantenimiento es de “cero”, con lo cual se lograrán ventajas de ahorro energético y sobre todo menor contaminación, ya que, la composición de mercurio en dichas lámparas es muy elevada.

A continuación se presenta las principales características que deben cumplir las lámparas de sodio de alta presión:

**Cuadro N° 4.6:** Características de las lámparas de sodio de alta presión

Potencia Lámpara (W)	Flujo luminoso medio (lúmenes)	Vida media (horas)	Tipo de casquillo
70	≥6.500	≥16.000	E-27
100	≥9.800	≥24.000	E-40
150	≥16.200	≥24.000	
250	≥29.800	≥24.000	
400	≥53.600	≥24.000	

**Fuente:** Elaborado por el autor en base a datos homologados por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, MEER, 2013

Además se debe tener presente que una lámpara tiene los siguientes factores dependiendo del periodo de funcionamiento de la misma, horas de vida. Así tenemos:

**Cuadro N° 4.7:** Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL)

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

**Fuente:** Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008-ITC-EA-06, 2013

**Cuadro N° 4.8:** Factores de supervivencia de las lámparas (FSL)

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio baja presión	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente tubular Halofosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

**Fuente:** Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008-ITC-EA-06, 2013

#### 4.4.2. Reactancia o balasto

En la delimitación de la zona urbana del cantón Ambato referente a luminarias instaladas en postes de hormigón se tiene que todas las reactancias son electromagnéticas, de las cuales, únicamente para las luminarias de mercurio corresponden al tipo abierto y para las demás al tipo encapsulado.



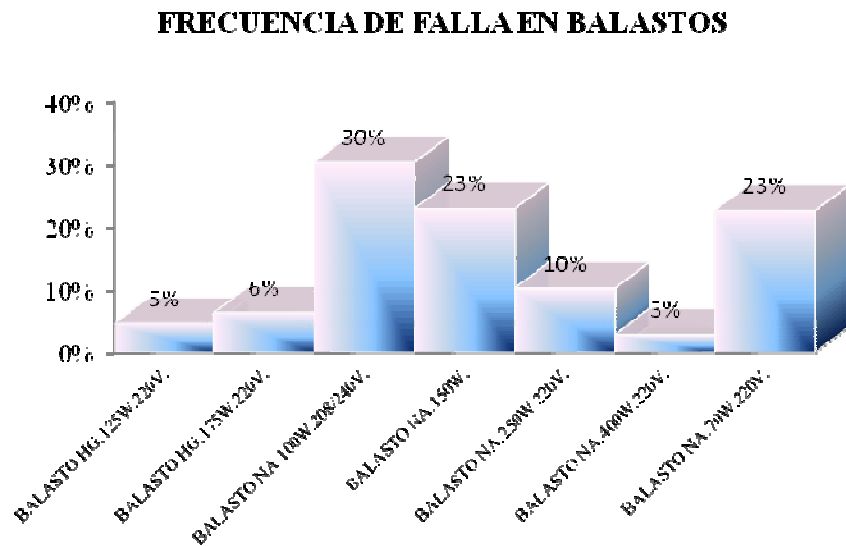
**Grafico N° 4.9:** Tipos de reactancias electromagnéticas  
**Fuente:** Catálogos de producto-varios fabricantes, 2013

**Cuadro N° 4.9:** Marcas de reactancias utilizadas en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

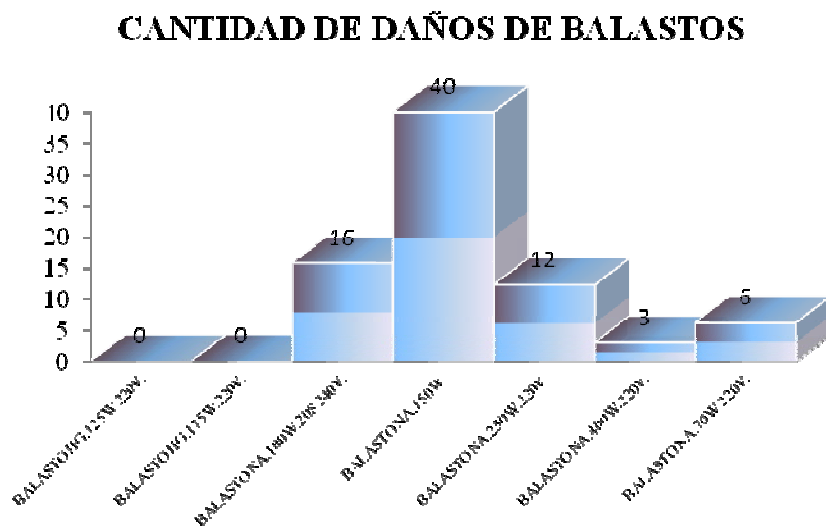
MARCA DE LA REACTANCIA	CAPACIDAD DE LA REACTANCIA							TOTAL REACTANCIAS
	100W	125W	150W	175W	250W	400W	70W	
BIAIG							1	1
ELECTROCONTROL	532		149		51	2	184	918
ELT	246	7	557	8	543	239	128	1.728
GPL	64		59		60		27	210
ILL					33			33
INADISA	132	1	2.366		1.190	6	72	3.767
LAYRTON	35		222		65	1	9	332
LIGHTING		1		1				2
MR	20		18		2	1	45	86
OSRAM			2					2
PHILIPS	4	2	38	6	219	108	46	423
ROY ALPHA			62		218		31	311
SEDCO	3				15		5	23
VOSSLOH							1	1
<b>TOTAL</b>	<b>1.036</b>	<b>11</b>	<b>3.473</b>	<b>15</b>	<b>2.396</b>	<b>357</b>	<b>549</b>	<b>7.837</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

#### 4.4.2.1. Frecuencia de falla en Reactancias o Balastos



**Grafico N° 4.10:** Frecuencia de fallas en reactancias de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato  
**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013



**Grafico N° 4.11:** Cantidad de reactancias necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato  
**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

La cantidad de daños en reactancias, visualizada en la Gráfica N° 4.11, ha variado en comparación a su frecuencia de fallas, mostrada en la Gráfica N° 4.10, debido a la cantidad de reactancias existentes dentro de la delimitación urbana del

cantón Ambato, es así que se necesitan más reactancias de sodio de alta presión de 150W y una cantidad mínima de reactancias de sodio de alta presión de 400W, a pesar de que la cantidad de disponibilidad de material sea mínima se necesita de todos los tipos de reactancias existentes dentro de la delimitación de estudio.

#### 4.4.3. Arrancador o ignitor

Los arrancadores se encuentran instalados en luminarias de sodio de alta presión mas no en luminarias de mercurio, los cuales son encapsulados del tipo superposición, por tal razón la totalidad de arrancadores son 26 unidades menos que la cantidad de total de luminarias.

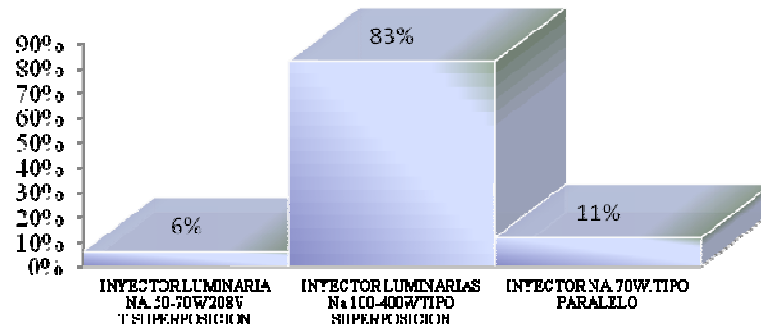
**Cuadro N° 4.10:** Marcas de arrancadores utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

MARCA DE ARRANCADOR	CAPACIDAD DEL ARRANCADOR (W)						TOTAL
	50-70	70	70-150	70-400	100-150	100-400	
BIAIG				198		201	399
DISPROEL						17	17
ELECTROCONTROL	2	155		7	12	54	230
ELT	7			15	2	917	941
ETI				1			1
GPL	2				3	58	63
INADISA	35	72	7	17	673	3.001	3.805
LAYRTON			107	243	8	8	366
MEGALITE	79			5	50	53	187
MR				20			20
NOVALITE	72			3	497	317	889
OSRAM						1	1
PHILIPS	45	3		8		324	380
ROY ALPHA		27			191	255	473
SEDCO			1	20	6	1	28
VOSSLOH				1			1
ZUNDGERAT				9		1	10
<b>TOTAL</b>	<b>242</b>	<b>257</b>	<b>115</b>	<b>547</b>	<b>1.442</b>	<b>5.208</b>	<b>7.811</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

**4.4.3.1. Frecuencia de falla en Arrancadores o Ignitores**

**FRECUENCIA DE FALLA DE ARRANCADORES O IGNITORES**

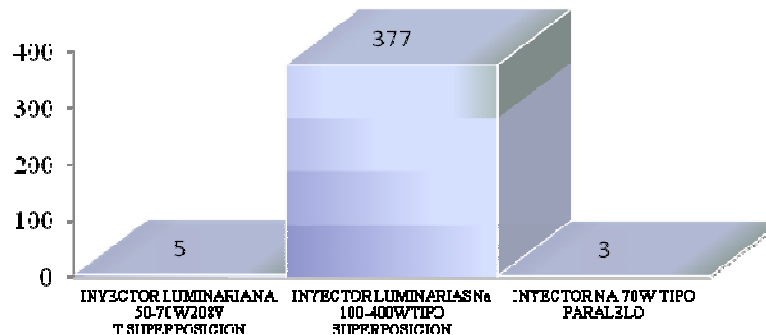


**Grafico N° 4.12:** Frecuencia de fallas en arrancadores de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

A pesar de que en la delimitación urbana del cantón Ambato se cuentan con seis tipos de arrancadores, la frecuencia de falla únicamente ocurre en tres arrancadores representativos, lo cual, no quiere decir que los otros no fallen, sino que, los tipos de arrancadores que no se visualizan en el Gráfico N° 4.12 de “frecuencia de falla de arrancadores” fueron material nuevo rezagado no utilizado almacenado en bodega que desde finales del año 2012 se comenzó a utilizar y aún no han dado problemas.

**CANTIDAD DE DAÑOS DE ARRANCADORES O IGNITORES**



**Grafico N° 4.13:** Cantidad de arrancadores necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013



#### 4.4.4. Condensador

Todos los condensadores corresponden al tipo seco, cuyos valores de compensación oscilan muy cerca a los recomendados por el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008 (10) y su voltaje de operación es de 330V.

**Cuadro N° 4.11:** Marcas de condensadores utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

MARCA CONDENSADOR	CAPACIDAD DEL CONDENSADOR (uF)														TOTAL
	9	10	11	12	17	20	25	28	30	35	40	45	25/5	40/10	
DISPROEL	9	132	320	131		3158		5	1732		145			45	5.677
DNA			20												20
ECOFILL	1		1												2
ELECTROCONTROL		17	455	77		93		22		2					666
GEBEO											43				43
GENERAL ELECTRIC			2												2
GPL		16	151	54		93	10	50	3						377
HPF								10							10
IRAM								16	6		5	2	46	10	85
MK											4				4
PHILIPS	1	11	43			16	19	154	5	14	19				282
RTR			10	3	39			2					4		58
SCHREDER		11	96	40		74		181	128		70				600
SEDCO			2	7				1							10
VOSSLOH			1												1
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>187</b>	<b>1.101</b>	<b>312</b>	<b>39</b>	<b>3.434</b>	<b>29</b>	<b>441</b>	<b>1.874</b>	<b>16</b>	<b>286</b>	<b>2</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>7.837</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

La capacidad del condensador expresada como 25/5 y 40/10, significa doble capacidad, es decir, dos condensadores utilizados en una luminaria, esto ocurre para luminarias de doble potencia, cuyas cantidades nos permite apreciar y relacionar con la cantidad de luminarias de doble potencia resultantes del levantamiento de información realizado.

#### 4.4.5. Control fotoeléctrico

Corresponden a los tipos FAIL ON y FAIL OFF, estos últimos utilizados desde el año 2010 con el objetivo de evitar pérdidas técnicas en la red eléctrica, los cuales en caso de falla permiten que la luminaria se apague, hasta su

mantenimiento correctivo. La hermeticidad de los controles fotoeléctricos deberá ser  $IP \geq 53$  con un número de operaciones on/off mayor o igual a 3.650.

**Cuadro N° 4.12:** Marcas de controles fotoeléctricos utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

MARCA CONTROL FOTOELÉCTRICO	TIPO		TOTAL
	FAIL OFF	FAIL ON	
ELT	98		98
FISHER PIERCE		3.029	3.029
INADISA	2.517		2.517
INTERMATIC		1	1
KELTA	1.229		1.229
LUMNIA		159	159
MR		7	7
RAYNHAM		537	537
SUNTECH		49	49
TORK		1	1
TUNGSTEN		3	3
<b>TOTAL</b>	<b>3.844</b>	<b>3.786</b>	<b>7.630</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

Existe una diferencia de 207 unidades de controles fotoeléctricos con respecto a la totalidad de luminarias instaladas, lo cual se debe a que no todas las luminarias poseen un control individual, específicamente, en la Av. Bolivariana en el parterre central, entre la Av. Galo Vela hasta la Av. Julio Jaramillo, se encuentran instaladas luminarias de 250W, tipo reflector, en postes metálicos ornamentales de 6m de altura, controladas por circuitos de luminarias.

#### **4.4.6. Receptáculo control fotoeléctrico**

Bajo la misma explicación mencionada en los controles fotoeléctricos se tiene la cantidad de receptáculos, ya que, estos dos accesorios, como son, el receptáculo y el control fotoeléctrico van juntos en la instalación y por lo tanto en cantidades físicas son iguales.

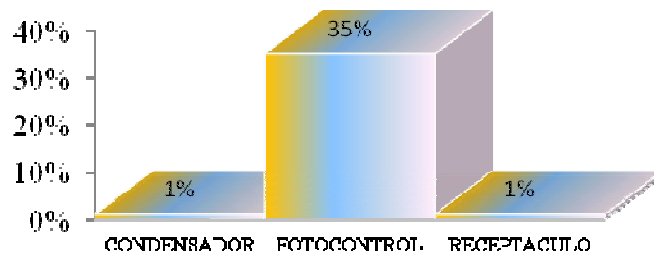
**Cuadro N° 4.13:** Marcas de receptáculos para controles fotoeléctricos utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

<b>RECEPTÁCULO CONTROL FOTOELÉCTRICO</b>	
<b>MARCA</b>	<b>TOTAL</b>
EAGLE	6
ELECTROCONTROL	698
ELT	18
IMET	5
LEVITON	4
LONG JOING	1
LOOSEN SCREW	124
PHILIPS	2
POINT ARROW	4
SIGMA	6.765
TECNOWATT	3
<b>TOTAL</b>	<b>7.630</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

**4.4.7. Frecuencia de falla en condensadores, controles fotoeléctricos y receptáculos para controles fotoeléctricos**

**FRECUENCIA DE FALLA EN CONDENSADORES, CONTROL FOTOELÉCTRICO Y RECEPTÁCULO**



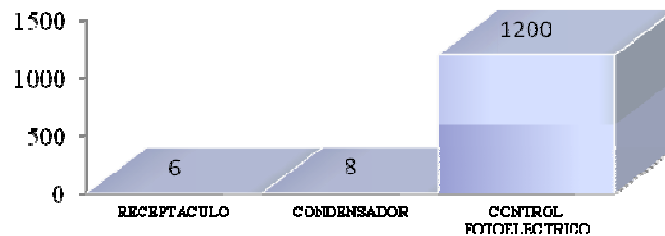
**Gráfico N° 4.14:** Frecuencia de fallas en condensadores, controles fotoeléctricos y receptáculos para controles fotoeléctricos de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

Al hablar de frecuencia de fallas de condensadores, controles fotoeléctricos y receptáculos para controles fotoeléctricos nos referimos directamente a la Gráfica N° 4.14 “frecuencia de fallas del conjunto de accesorios”, ya que, estos tres tipos de accesorios no se subdividen en otros accesorios, como sucede, en el caso de lámparas que se subdividen por

capacidades, cuya cantidad a ser necesaria en un año para cumplir con las labores de mantenimiento son 8 condensadores, 1200 controles fotoeléctricos y 6 receptáculos para controles fotoeléctricos.

**CANTIDAD DE DAÑOS DE RECEPTACULO,  
CONDENSADOR Y CONTROL  
FOTOELÉCTRICO**



**Grafico N° 4.15:** Cantidad de condensadores, controles fotoeléctricos y receptáculos para controles fotoeléctricos necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

La probabilidad de falla del receptáculo y del condensador es muy baja, son accesorios que rara vez fallan.

#### **4.4.8. Porta lámpara o boquilla**

Se tiene dos tipos de porta lámparas o también conocidos como boquillas, el tipo E-27 es utilizado con lámparas de 70W y 125W, y el tipo E-40 con las demás lámparas.

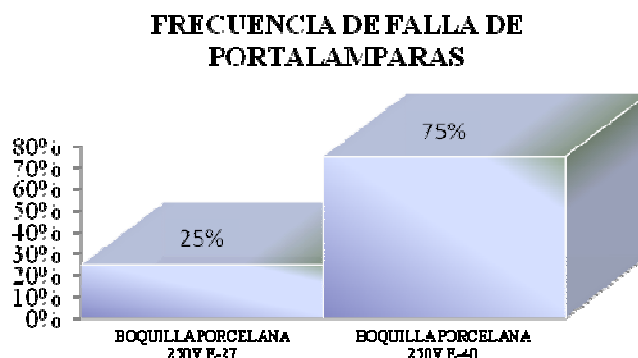
**Cuadro N° 4.14:** Marcas de boquillas utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

MARCA DE BOQUILLA	TIPO		TOTAL
	E - 27	E - 40	
CELSA		1.138	1.138
ELECTROCONTROL	170	712	882
INADISA		1	1
LAMPHOLDER	337	4.913	5.250
LOOSEN SCREW	2		2
PHILIPS	16	88	104

ROY ALPHA	2	1	3
SCHREDER		19	19
SIGMA		2	2
TRIBORO	33	403	436
<b>TOTAL</b>	<b>560</b>	<b>7.277</b>	<b>7.837</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

#### 4.4.8.1. Frecuencia de falla en porta lámparas o boquillas

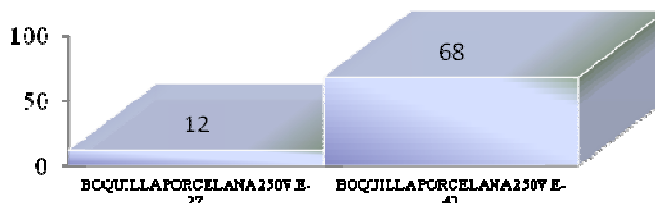


**Grafico N° 4.16:** Frecuencia de fallas en porta lámparas de alumbrado público en luminarias instaladas dentro de la delimitación urbana del Cantón Ambato

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

La frecuencia de fallas mostrada en la gráfica N° 4.16 para el caso de los porta lámparas aparentemente es grande, pero en comparación a su frecuencia de falla global del 1% , mostrada en la Gráfica N° 4.6, es casi nulo, lo cual implica que de acuerdo a la cantidad a las 7.837 luminarias instaladas en la delimitación de estudio para cumplir con las tareas de mantenimiento en un año únicamente se necesitarán 12 porta lámparas tipo E-27 y 68 porta lámparas tipo E-40.

#### **CANTIDAD DE DAÑOS DE PORTALAMPARAS**



**Grafico N° 4.17:** Cantidad de porta lámparas necesarias al año para el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del Cantón Ambato

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

#### 4.4.9. Temporizador

El temporizador es utilizado únicamente en luminarias de doble potencia, cuyas marcas y capacidades empleadas son las siguientes:

**Cuadro N° 4.15:** Marcas de temporizadores utilizados en luminarias de alumbrado público instaladas en postes de hormigón dentro del área urbana del Cantón Ambato

MARCA TEMPORIZADOR	CAPACIDAD (W)		TOTAL
	100-400	70-400	
ELT		98	98
INADISA	7		7
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>98</b>	<b>105</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013










Las luminarias de doble nivel de potencia se consideran como “nuevas”, ya que, desde el año 2011 se comenzó con su instalación, por tal razón uno de sus elementos como es el temporizador en el periodo evaluado aún no ha presentado problema alguno.

#### 4.5. **Medición de parámetros fotométricos en luminarias**

Se procedió a medir los parámetros fotométricos de las luminarias de sodio de alta presión cerradas de 70W, 100W y 150W de tres marcas diferentes, obteniendo datos de pérdidas en la luminaria, iluminancia promedio, uniformidad general y uniformidad longitudinal en cada una de ellas, se ha centrado en evaluar, estos tres tipos de luminarias, ya que, interactúan en mayor parte con la ciudadanía del casco central del cantón Ambato. Los tipos de luminarias evaluadas en promedio vienen funcionando desde el año 2006 con un nivel de contaminación medio.

A continuación, en el Cuadro N° 4.16 se visualiza los tipos de luminarias evaluadas, con su respectiva información de fabricante, marca y modelo.

**Cuadro N° 4.16: Luminarias de alumbrado público a ser evaluadas.**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA</b>			
<b>TIPO</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>
Na70WCerrada	ROY ALPHA	ROY ALPHA	AMAZONAS 
	ELECTROCONTROL	ELECTROCONTROL	LUMINAR 
	CELSA	CELSA	VENUS 
Na100WCerrada	ROY ALPHA	ROY ALPHA	AMAZONAS 
	ELECTROCONTROL	ELECTROCONTROL	LUMINAR 
	CELSA	CELSA	VENUS 
Na150WCerrada	ROY ALPHA	ROY ALPHA	CALIMA II 
	CELSA	CELSA	ORION 
	CELSA	CELSA	VENUS 

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

#### 4.5.1. Equipos utilizados

Para las mediciones objetivo de éste estudio se utilizó un analizador de redes, un multímetro y accesorios varios disponibles en el laboratorio de alumbrado público de la EEASA. Para mediciones de campo, específicamente, para medir las iluminancias se utilizó un registrador medidor de luz o más conocido como “luxómetro”, cuyas especificaciones y descripción del equipo son detalladas a continuación, información extraída de [http://www.extech.com/instruments/resources/manuals/401036\\_UMsp.pdf](http://www.extech.com/instruments/resources/manuals/401036_UMsp.pdf).

Especificaciones		Descripción del medidor
Indicador	Pantalla LCD 3 ½ dígitos (2000 cuentas) multifunción	1. LCD 2000 cuentas. Incluye indicadores de Lux, Fc, batería débil, MAX, H (Retención) y X10
Sensor	El foto diodo de silicio cumple con C.I.E. curva fotópica V (λ)	2. Tecla ON/OFF. Enciende y apaga el medidor
Escalas / Resolución	19.99, 199.9, 1999, y 1999 X 10 Fc y Lux	3. Tecla retención de máximos. Al presionarla, la pantalla LCD indica sólo la lectura máxima
Precisión	± (3% lectura + 5 dígitos)	4. Tecla Lux/Fc. Presione para alternar la unidad de medida indicada. LCD indica la unidad
Repetibilidad	± 2%	5. Sensor de luz. Capta luz (no se muestra tapa de lente). Note que el montaje para trípode se ubica atrás del sensor
Memoria del registrador de datos	16,000 lecturas máx.	6. Tecla de escala. Presione repetidamente para seleccionar la escala: 20, 200, 2,000, 20,000
Conexión para PC	RS-232C comunicación en serie a 9600 bps	7. Tecla retención de datos. Presione para congelar la lectura
Indicación del estado de escala	Se muestra "OL" para medidas que exceden los límites publicados	8. Tecla REC/ERASE. Registrar/Borrar. Presione momentáneamente para guardar una lectura. Presione y sostenga durante 3 segundos para activar el modo de registro continuo. Presione de nuevo para terminar el registro
Tasa de muestreo	2.5 lecturas por segundo	9. Enchufe RS-232. Enchufe estérneo para cable de conexión de PC a medidor
Fuente de tensión	Batería de 9V (incluye indicador de batería débil); 50 horas vida típica de la batería	10. Ajuste a cero. Cubra el sensor con la tapa suministrada y ajuste el potenciómetro a 0.0 Fc/Lux
Temperatura de operación	0 a 40°C (32 a 104°F)	
Humedad de operación	< 80% RH	
Peso	9.6 oz. (300g)	
Dimensiones	Medidor: 146 X 70 X 39mm (5.7 X 2.8 X 1.5"); Sonda: 87.5 x 60 x 29mm (3.4 x 2.4 x 1.1")	
Accesorios	Estuche, software Windows™, cable de conexión para PC, y batería de 9V	

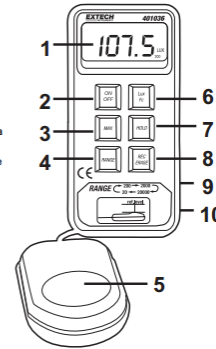


Grafico N° 4.18: Especificaciones técnicas registrador medidor de luz-Luxómetro  
Fuente: Extech Instruments, 2013

#### 4.5.2. Resultados obtenidos de las mediciones

De acuerdo a cada tipo de luminaria tenemos los siguientes resultados:

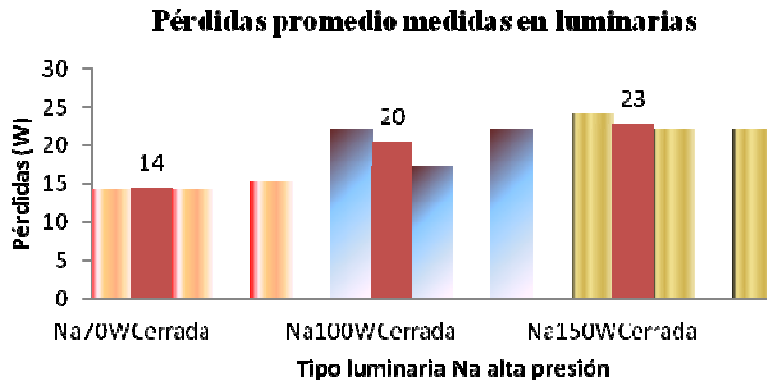
Cuadro N° 4.17: Resultados obtenidos de las luminarias de alumbrado público evaluadas.

CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA				RESULTADOS DE MEDICIONES			
TIPO	FABRICANTE	MARCA	MODELO	Perd.(W)	Eprom(lux)	ULprom	Uo
Na70WCerrada	ROY ALPHA	ROY ALPHA	AMAZONAS	14	8.35	0.37	0.22
	ELECTROCONTROL	ELECTROCONTROL	LUMINAR	14	7.63	0.46	0.34
	CELSA	CELSA	VENUS	15	7.63	0.32	0.24
Na100WCerrada	ROY ALPHA	ROY ALPHA	AMAZONAS	22	15.67	0.24	0.14
	ELECTROCONTROL	ELECTROCONTROL	LUMINAR	17	9.37	0.34	0.37
	CELSA	CELSA	VENUS	22	15.39	0.33	0.27
Na150WCerrada	ROY ALPHA	ROY ALPHA	CALIMA II	24	14.22	0.31	0.32
	CELSA	CELSA	ORION	22	12.94	0.24	0.26
	CELSA	CELSA	VENUS	22	19.39	0.27	0.28



Fuente: Elaborado por el autor, 2013

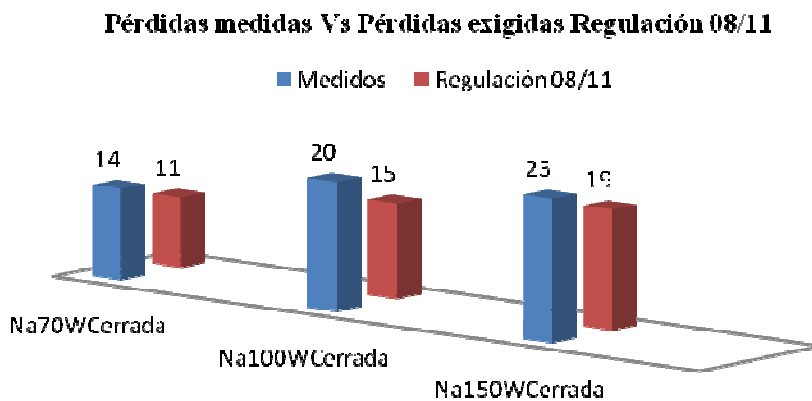
#### 4.5.2.1. Pérdidas medidas en las luminarias evaluadas



**Grafico N° 4.19:** Pérdidas promedio medidas en luminarias de sodio alta presión de 70W, 100W y 150W instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

De acuerdo a las exigencias establecidas por la Regulación 08/11 emitida por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), ente regulador del sistema eléctrico ecuatoriano, ninguna luminaria cumpliría con los requerimientos establecidos, tomemos en cuenta, que dichas luminarias ya cuentan con una vida útil de funcionamiento de 7 años, por tal razón su deterioro y antigüedad le obliga a realizar mayores esfuerzos eléctricos provocando con ello un mayor consumo energético. Se recomienda evaluar las pérdidas de las luminarias nuevas antes de comprarlas y estar acordes con las exigencias planteadas en la Regulación 08/11.

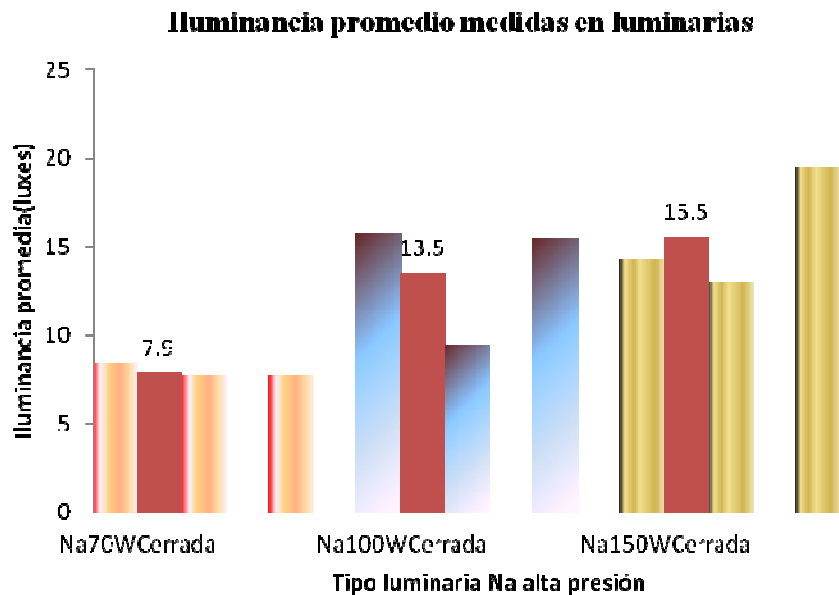


**Grafico N° 4.20:** Pérdidas valores medidas en luminarias de sodio alta presión de 70W, 100W y 150W instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato Vs Pérdidas exigidas en dichas luminarias por la Regulación 08/11

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

#### 4.5.2.2. Parámetros fotométricos medidos en las luminarias evaluadas

Los datos fueron tomados en diferentes horas de la noche, cuyo detalle se lo aprecia en el Anexo 1, además, la luminaria no fue evaluada en el sitio en el cuál se encontrada instalada, la misma, fue desmontada de dicho lugar e instalada en un espacio abierto, libre de tráfico para poder medir dichos datos; cabe indicar que es difícil replicar las mismas condiciones en la cual estaba instalada inicialmente, pero se mantuvo la misma altura y en el lugar de medición se tuvo el mismo tipo de suelo y únicamente de está midiendo parámetros de iluminancia en diferentes puntos de la vía más no se puede medir la contaminación luminosa en fachadas y alrededores.



**Grafico N° 4.21:** Iluminancia promedio (lux) medidas en luminarias de sodio alta presión de 70W, 100W y 150W instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

Según los datos obtenidos se puede hacer uso de los parámetros establecidos en la norma CIE 115:2010 “Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic”, y plantear la utilización de luminarias de acuerdo al tipo de vía que se tenga.

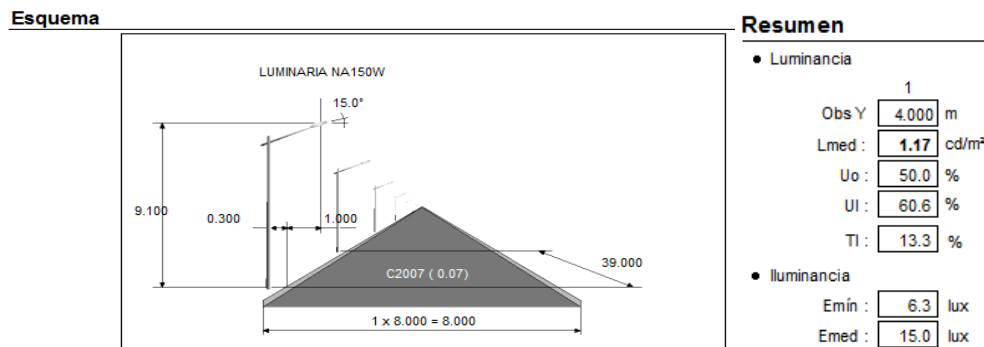
**Cuadro N° 4.18:** Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lux) de acuerdo al tipo de vía.

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	$E_{min} / E_{prom}$ (%)
M1	21	26	22	40%
M2	15	20	18	40%
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

**Fuente:** Norma CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic, 2013

El detalle de la medición realizada en cada luminaria se puede apreciar en el Anexo 1.

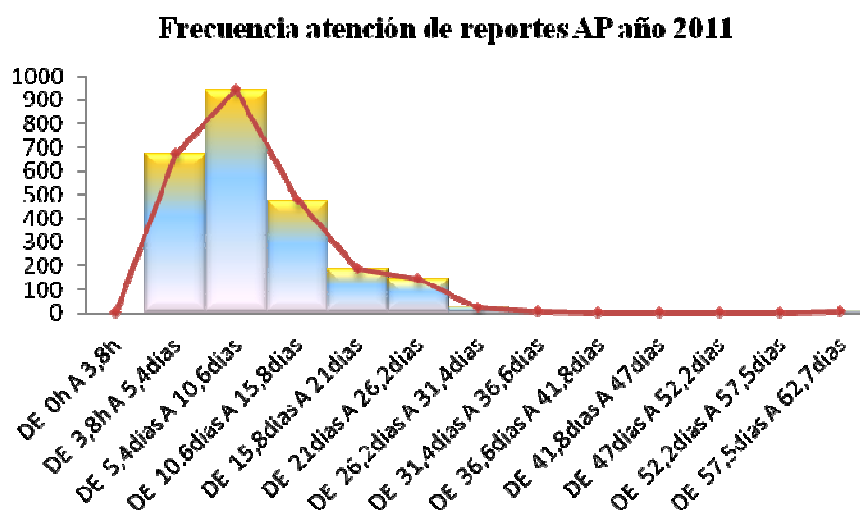
De acuerdo al cuadro de niveles de iluminación según el tipo de vía se procede a simular una luminaria Na150WCerrada en el programa Ulysse v2.3 para una vía tipo M3 y M4 cuyas características fotométricas son similares; de la simulación se obtiene que para éste tipo de vías y con la luminaria Na150WCerrada instalada en un poste de hormigón de 12 metros y una interdistancia entre postes de 39 metros cumple con los parámetros solicitados en la Regulación No. CONELEC 008/11, cuyo detalle se lo observa en el siguiente gráfico.



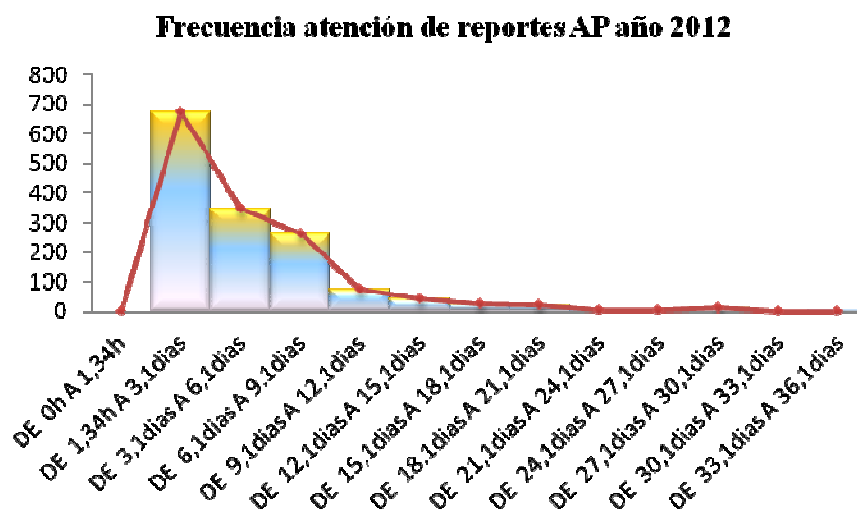
**Grafico N° 4.22:** Simulación luminaria de Na150W Cerrada  
**Fuente:** Elaborado por el autor en base al programa Ulysse v2.3, 2013

#### 4.6. Tiempos de atención de reparación de una luminaria de alumbrado público

Se ha evaluado el tiempo de atención de la reparación de una luminaria en delimitación urbana del cantón Ambato para los años 2011 y 2012 cuyos datos de frecuencia de atención son los siguientes.



**Grafico N° 4.23:** Frecuencia de atención de reportes de mantenimiento de luminarias instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato año 2011  
**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013



**Grafico N° 4.24:** Frecuencia de atención de reportes de mantenimiento de luminarias instaladas en la delimitación urbana del Cantón Ambato año 2012

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

El promedio de atención de los reportes de reparación de una luminaria en la delimitación urbana del cantón Ambato para el año 2011 es de 9,61 días mientras que para el año 2012 es de 4,91 días, estos tiempos son los alcanzados por un solo grupo de trabajo y a pesar de que se mejoró mucho para el año 2012 en comparación al año inmediato inferior aún no resulta óptico y de acuerdo a lo exigido en la Regulación 08/11, en la cual textualmente indica que, “Cuando se identifique que, una luminaria o un grupo de luminarias este(n) apagada(s), los tiempos máximos de reparación, tomando en consideración la hora del reclamo, serán los siguientes:

Área urbana: 1 día

Área rural: 2 días” (3 pg.15)

De hecho para el cumplimiento de lo mencionado se sugiere ampliar con un nuevo grupo de trabajo propio de la empresa para mantenimiento de alumbrado público, ya que, estos datos son el resultado del trabajo de un solo grupo de trabajo que también realiza el mantenimiento de alumbrado público fuera de la limitación urbana establecida para el presente estudio.

#### **4.7. Conclusiones del capítulo**

- El reemplazo de las 26 luminarias de mercurio por 26 luminarias de sodio de alta presión proporciona un ahorro mensual de energía eléctrica de 480,59 kWh, datos analizados en el Cuadro N° 4.3, resaltando que de acuerdo al levantamiento de información estas luminarias ineficientes representan únicamente el 0,3%.
- En la descripción de los accesorios utilizados en alumbrado público, se apreció una gran cantidad de marcas, de las mismas que no podemos a simple vista o por sus especificaciones técnicas dar una apreciación que una marca es mejor que otra, ya que, se las debe evaluar el desempeño en su vida útil.

- Los valores de pérdidas de potencia medidas en cada una de las luminarias son muy cercanas a las establecidas por el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008 (10) y se alejan de los valores establecidos por la Regulación 08/11 establecida por el CONELEC (3).
- La potencia total consumida en una luminaria no depende solo de la lámpara que se utilice, más bien es el conjunto de los equipos que van en la misma, por lo tanto, para mejorar el rendimiento de la iluminación en alumbrado público se debe mejorar el rendimiento de cada uno de los elementos que componen la luminaria.
- El tener un buen factor de mantenimiento aumentaría el rendimiento de eficiencia lumínica de la luminaria, dado que es un factor que influye directamente en la cantidad de flujo luminoso que se emite en la luminaria.
- El diseño de instalaciones de alumbrado público deben considerar la cantidad de iluminación en la calzada que establecen la norma, dado que una buena iluminación disminuye la probabilidad de accidentes en carreteras y mejora la seguridad en las avenidas.
- De acuerdo al análisis de los tiempos de atención de reparación de una luminaria de alumbrado público se puede apreciar, para el año 2011 el tiempo de reparación es de 9,61 días mientras que para el año 2012 es de 4,91 días; es decir, en el lapso de un año se reduce su tiempo de atención en un 48,91% lo cual fue posible por la inclusión de un grupo de apoyo eventual en el mantenimiento de alumbrado público, lo cual conlleva a concluir que con un nuevo grupo de apoyo se brindará continuidad de servicio en alumbrado público en parámetros aceptables al cliente.
- En base a tener un sistema de alumbrado público acorde a la tecnología ponderada a la fecha y brindar continuidad de servicio con notables

resultados de mejora continua se concluye que tenemos en la delimitación urbana del cantón Ambato un sistema de alumbrado público eficiente y con parámetros de calidad de servicio aceptables pero hace falta un sistema de gestión para mejorar las condiciones actuales y propender alcanzar los objetivos planteados por el ente regulador del sector eléctrico como es el CONELEC en su Regulación 08/11.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **5.1. Título**

Sistema de gestión de mantenimiento de alumbrado público para el área urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, año 2013.

#### **5.2. Justificación**

Toda luminaria de alumbrado público, independiente de su modelo, potencia o marca tienen inmerso en su funcionamiento un conjunto óptico y eléctrico que deberá ser planificado de forma oportuna las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, permitiendo tener un servicio de alumbrado público oportuno, continuo y de calidad, lo cual dependerá en su mayor parte de la calidad de accesorios de alumbrado público que se instalen.

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. con el objetivo de mantener actualizado uno de sus activos de la empresa, tal como es, el sistema de alumbrado público ha iniciado el desarrollo de una base de datos del mismo, dicho programa informático se lo realiza en atención a los requerimientos de la Regulación 008/11 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General” emitido por el CONELEC, en la que textualmente manifiesta lo siguiente:

“Las Distribuidoras, como responsables de la prestación del servicio de alumbrado, están obligadas a mantener actualizados sus inventarios de activos del alumbrado público general, en un sistema informático que permita su seguimiento y verificación por las autoridades de control.”

#### **5.3. Objetivos**

Los objetivos de la presente metodología son:



- Evaluar y distinguir de mejor forma los tipos de mantenimientos, y
- Realizar tareas de mantenimiento preventivos que permitan el buen desempeño de la luminaria.

#### 5.4. Estructura de la propuesta

La estructura de la propuesta de la elaboración de la metodología de gestión de mantenimiento de alumbrado público para el área urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, año 2013, está basado en la elaboración de un sistema de gestión de mantenimiento en alumbrado público acorde a los daños producidos enfocado en primera instancia a mantenimientos correctivos y en 3 años planificar mantenimientos preventivos, ya que, en promedio los accesorios de alumbrado público tienen una vida promedio de 3 años.

#### 5.5. Desarrollo de la propuesta

##### 5.5.1. Antecedentes

El mantenimiento de Alumbrado Público en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., tanto en sus nueve (9) cantones de la provincia de Tungurahua, así como, en las provincias de Pastaza y Napo está dividido de la siguiente forma:

**Cuadro N° 5.1:** Responsables del mantenimiento de alumbrado público de acuerdo su ubicación geográfica

RESPONSABLE	ÁREA MANTENIMIENTO A.P.
Ing. Iván Altamirano Jefe Grupo No.5	Cantón Ambato-Zona Urbana Sur
Sr. Luis López Grupo de Apoyo AP (eventual)	Cantón Ambato-Zona Urbana Norte
Ing. Víctor Muyulema	Cantones: Quero, Cevallos, Mocha,

Jefe Grupo No.6	Tisaleo y zona rural del cantón Ambato
Agencia Píllaro	Cantón Píllaro
Agencia Pelileo	Cantones: Pelileo y Patate
Agencia Baños	Cantón Baños
Departamento Zonal Pastaza	Provincia de Pastaza
Departamento Zonal Napo	Provincia de Napo

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

La responsabilidad del mantenimiento de Alumbrado Público en la Provincia de Tungurahua está a cargo tanto del personal de la Sección Alumbrado Público como del personal de la Sección Agencias y de las provincias de Pastaza y Napo está a cargo de cada departamento zonal.

Basando en la importancia del mantenimiento de Alumbrado Público (AP), se plantea la realización del mantenimiento preventivo y correctivo de alumbrado público bajo la siguiente metodología.

### **5.5.2. Análisis modal de fallos y efectos**

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es una de las herramientas más utilizadas en la planificación de calidad, la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un producto, servicio o en un proceso. Los tipos que existen son: *AMFE de Producto* para evaluar su diseño, y *AMFE de Proceso* para evaluar las deficiencias que puede ocasionar un mal funcionamiento del mismo en el producto o servicio.

La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante

el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejora de la calidad de productos y procesos, reduciendo costos.

### 5.5.3. Análisis modal de fallos y efectos aplicado al mantenimiento de alumbrado público

**Cuadro N° 5.2: Análisis modal de fallos y efectos en alumbrado público**

AMFE (Análisis del Modo de Fallas y sus Efectos)

SISTEMA		LUMINARIA DE ALUMBRADO PÚBLICO		REALIZADO POR:		Ing. Kléber Sailema	
SUB-SISTEMA		ACCESORIOS LUMINARIAS		FECHA DE ANÁLISIS:		Viernes, 01 de Noviembre de 2013	
N°	FUNCION	N°	MODO DE FALLA (Falla funcional)	N°	CAUSAS (Posibles motivos)	N°	EFECTO (Que ocurre)
1	ILUMINAR EN AUSENCIA DE LUZ NATURAL	1	NO ILUMINA EN AUSENCIA DE LUZ NATURAL	1	FOTOCELULA EN MAL ESTADO	1	LÁMPARA ENCIENDE Y APAGA
				2	LÁMPARA EN MAL ESTADO	2	LUMINARIA ENCENDIDA
				3	INYECTOR DEFECTUOSO	3	LUMINARIA APAGADA
				4	CONECTORES MAL AJUSTADOS	4	RUIDO EN LA LUMINARIA
				5	BALASTO DEFECTUOSO	5	ESFUERZO ELECTRICO AL ENCENDERSE
				6	CABLES DE ALIMENTACIÓN EN MAL ESTADO		

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

**Cuadro N° 5.3: Modo de control de fallos y efectos en alumbrado público**

AMFE (Análisis del Modo de Fallas y sus Efectos)

SISTEMA		LUMINARIA DE ALUMBRADO PÚBLICO		REALIZADO POR:		Ing. Kléber Sailema	
SUB-SISTEMA		ACCESORIOS LUMINARIAS		FECHA DE ANÁLISIS:		Viernes, 01 de Noviembre de 2013	
N°Función	N° M.de Falla	N° Causa	N° Efecto	MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)		PERIODICIDAD	
1	1	1	1	CAMBIAR CONTROL FOTOELÉCTRICO (FOTOCELULA)		Tener en cuenta el número de operaciones, solicitado en los pliegos >5000 operaciones e información que proviene de los usuarios según reportes elaborados	
1	1	2	2	CAMBIAR FOCO		De acuerdo a la vida útil del fabricante y según reportes provenientes de usuarios	
1	1	2	3	CAMBIAR FOCO			
1	1	5	5	CAMBIAR BALASTO		Inspección e información que proviene de los usuarios según reportes elaborados	

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

### 5.5.4. Mantenimiento preventivo de alumbrado público general

Tomando en consideración como mantenimiento preventivo las tareas que hacen prevenir fallas o actuar sobre elementos que hacen que el sistema no funcione de una manera óptima, se plantea las siguientes actividades a realizar con el respectivo personal que ejecutará el trabajo y su frecuencia de actividad:

**Cuadro N° 5.4:** Actividades de mantenimiento preventivo en alumbrado público

<b>INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				
<b>No.</b>	<b>Actividades a realizar</b>	<b>Personal que realiza el trabajo</b>	<b>Frecuencia de la Actividad</b>	<b>Número de Mantenimientos anuales</b>
1.	Inspecciones y revisiones del estado de luminarias, comprobación de la fotocélula y equipo auxiliar.	Personal propio	Mensual	<b>12</b>
2.	Comprobación de los niveles de iluminación.	Personal propio	Mensual	<b>12</b>
3.	Limpieza de luminarias, fotocélulas y equipo auxiliar.	Personal propio	Mensual	<b>2400</b>
4.	Trabajos de podas para el despeje de las luminarias.	Personal contratado	Anual	<b>20</b>
5.	Inspecciones del tendido eléctrico y postes.	Personal propio	Mensual	<b>12</b>
6.	Gestión técnica de desechos.	Personal propio y contratado	Trimestral	<b>4</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

El mantenimiento preventivo será coordinado con el personal propio de la empresa, quienes atenderán las siguientes actividades:

- Inspecciones y revisiones del estado de luminarias, comprobación de la fotocélula y equipo auxiliar.
- Comprobación de los niveles de iluminación.
- Limpieza de luminarias, fotocélulas y equipo auxiliar.
- Inspecciones del tendido eléctrico y postes.
- Gestión técnica de desechos.

Dichas actividades son coordinadas con el personal propio de la empresa, ya que, poseen la suficiente experticia y conocimiento para la realización de los trabajos encomendados. Además las actividades tales como:

- Trabajos de podas para el despeje de las luminarias, y,
- Gestión técnica de desechos.

Serán realizados por personal contratado, ya que, son tareas que están involucradas en el ámbito de alumbrado público de forma indirecta. Cabe mencionar en la gestión técnica de desechos está referida al tratamiento que se les da a los accesorios obsoletos dados de baja de alumbrado público, lo cual se lo realizará cuatro veces al año, en un periodo trimestral.

#### **5.5.5. Mantenimiento correctivo de alumbrado público general**

Entendiéndose por mantenimiento correctivo aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones y cuyo trabajo debe realizarse de forma oportuna de acuerdo a las establecidas por el ente regulador vigente, se plantea las siguientes acciones a realizar:

**Cuadro N° 5.5:** Actividades de mantenimiento correctivo en alumbrado público

<b>INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		
<b>No.</b>	<b>Actividades a realizar</b>	<b>Número de Mantenimientos anuales</b>
1.	Reposición total de luminarias	<b>50</b>
2.	Reposición total de postes y conductores	<b>12</b>
3	Reposición de lámparas, balastos, ignitores, condensadores, boquillas, entre otros accesorios	<b>2600</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

Todas las actividades anteriormente descritas serán realizadas por el personal propio de la empresa. Dichas actividades son establecidas en base a estadísticas del historial de varios años de los trabajos de mantenimiento realizado por el personal de Alumbrado Público, de la misma se desprende los accesorios que tienen mayor probabilidad a fallar, cuyas actividades de mantenimientos están enfocadas a su normal funcionamiento.

**Cuadro N° 5.6:** Porcentaje de daños en accesorios de alumbrado público en la delimitación urbana del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua  
**REPARACIÓN LUMINARIA ENCENDIDA O APAGADA**

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	PORCENTAJE DAÑOS
1	Cambio de control fotoeléctrico (fotocélula)	c/u	35%
2	Cambio de foco	c/u	42%
3	Cambio de inyector	c/u	7%
4	Cambio/ajustes del balasto	c/u	4%
5	Cambio/ajustes del receptáculo	c/u	1%
6	Cambio/ajustes de porta lámpara o boquilla	c/u	1%
7	Cambio/ajustes del condensador	c/u	1%
8	Cambio/ajustes/colocación conectores de alimentación luminaria	c/u	9%

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2013

En base al cuadro anterior es notorio ver que una luminaria falla en su mayor tiempo por causa del control fotoeléctrico o por causa del foco o lámpara instalada.

#### **5.5.6. Disposición de materiales de alumbrado público**

La disposición de materiales tanto para el mantenimiento preventivo así como para el correctivo de alumbrado público general realizado por el personal propio de empresa será proporcionada por la misma, cuyo abastecimiento está a cargo de la jefatura inmediata de acuerdo a requerimientos anuales establecidos previamente y adquiridos mediante procesos de compras interactuando con el Portal de Compras Públicas.

#### **5.5.7. Análisis económico**

A continuación se presenta el desglose de los costos que representa el mantenimiento propuesto de forma anual, bajo la distinción del costo de materiales, tanto para el mantenimiento preventivo, como también para el mantenimiento correctivo, dentro de cada se analiza también el costo anual de transporte, de acuerdo al tipo de trabajo a realizarse.

### 5.5.7.1. Mantenimiento Preventivo

**Cuadro N° 5.7:** Análisis económico de mantenimiento preventivo en alumbrado público

INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO					COSTOS ANUALES			TOTAL ANUAL (USD)
No.	Actividades a realizar	Personal que realiza el trabajo	Frecuencia de la Actividad	Número de Mantenimientos	Mano de obra (USD)	Materiales (USD)	Transporte y otros (USD)	
1.	Inspecciones y revisiones del estado de luminarias, comprobación de la fotocélula y equipo auxiliar.	Personal propio	Mensual	12	378,00		104,00	482
2.	Comprobación de los niveles de iluminación.	Personal propio	Mensual	12	378,00		104,00	482
3.	Limpieza de luminarias, fotocélulas y equipo auxiliar.	Personal propio	Mensual	2400	2.192,00	180,00	1.730,00	4.102
4.	Trabajos de podas para el despeje de las luminarias.	Personal contratado	Anual	20	2.000,00			2.000
5.	Inspecciones del tendido eléctrico y postes.	Personal propio	Mensual	12	378,00		104,00	482
6.	Gestión técnica de desechos.	Personal propio y contratado	Trimestral	4	3.175,00	700,00	219,00	4.094
<b>TOTAL MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS</b>					8.501	880	2.261	<b>11.642,00</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

**Cuadro N° 5.8:** Materiales a utilizarse en el mantenimiento preventivo en alumbrado público

Material	Tipo	Característica	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL (USD)
Otros accesorios	Franelas	material de limpieza	240.00	0.75	180
	Equipos de protección personal	maskarillas, guantes, gafas, botas,	9.00	31.11	280
	Traje especial individual	traje impermeable individual	3.00	140.00	420
	.....				-
<b>TOTAL MATERIALES PARA MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS</b>					880.00

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

### 5.5.7.2. Mantenimiento Correctivo

**Cuadro N° 5.9:** Análisis económico de mantenimiento correctivo en alumbrado público

INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO			COSTOS ANUALES		TOTAL ANUAL (USD)
No.	Actividades a realizar	Número de Mantenimientos	Materiales (USD)	Transporte y otros (USD)	
1.	Reposición total de luminarias	50	10.155,74	495,00	10.650,74
2.	Reposición total de postes y conductores	12	5.049,36	988,00	6.037,36
3	Repósición de lámparas, balastos, ignitores, condensadores, boquillas,	2531	26.115,05	13.057,53	39.172,58
<b>TOTAL MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS</b>			41.320	14.541	<b>55.860,68</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

**Cuadro N° 5.10:** Materiales a utilizarse en el mantenimiento correctivo en alumbrado público

Material	Tipo	Característica	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL (USD)
Lámparas	Sodio	70W	76	8,00	608
	Sodio	100W	95	9,00	855
	Sodio	150W	382	12,00	4.584
	Sodio	250W	210	14,00	2.940
	Sodio	400W	12	17,00	204
Luminarias	Luminaria cerrada con cel.fotoelectríd	Na.100W	30	95,11	2.853
	Luminaria cerrada con cel.fotoelectríd	Na.150W	4	125,61	502
	Luminaria cerrada doble potencia	Na. 250W-150W	8	250,00	2.000
	Luminaria cerrada doble potencia	Na. 400W-250W	16	300,00	4.800
Balastros	Sodio	70W	6	17,50	105
	Sodio	100W	16	18,50	296
	Sodio	150W	40	22,00	880
	Sodio	250W	12	25,00	300
	Sodio	400W	3	38,00	114
Condensadores	Seco	varias capacidades	8	5,00	40
Arrancadores o ignitor	Sodio tipo superposición	50-70W	5	8,25	41
	Sodio tipo superposición	70W	3	9,00	27
	Sodio tipo superposición	100-400W	377	9,00	3.393
Fotocélula	FAIL OFF	Fail off	1200	8,00	9.600
Otros accesorios	Boquilla	E-27	12	2,75	33
	Boquilla	E-40	68	4,00	272
	Receptáculo para fotocélula		6	3,80	23
	Conector doble dentado	DP9	1000	1,80	1.800
Postes	Poste hormigon	10 mts.400 kgs.	2	171,60	343
	Poste hormigon	12 mts.500 kgs.	4	236,50	946
	Poste hormigon	12,5mts.500 kgs.	6	254,00	1.524
Conductores	Alambre Cu	14 AWG	500	0,40	200
	Cable de Cu	2x10AWG	1000	1,85	1.850
	Cable Aluminio	ACSR # 2 AWG , 6/1 HILOS	358	0,52	186
<b>TOTAL MATERIALES PARA MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS</b>					<b>41.320,15</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013

### 5.5.7.3. Rubro económico invertido en los automotores empleados en el mantenimiento de alumbrado público

El análisis económico del mantenimiento vehicular se lo realiza a los dos carros canastas utilizados para el mantenimiento de alumbrado público por parte del personal propio de la empresa, cuya valoración anual es bajo la representación de su historial de mantenimientos.

**Cuadro N° 5.11:** Análisis económico del mantenimiento vehicular de los automotores propios de la empresa en el mantenimiento de alumbrado público

INFORMACIÓN ACTIVIDADES EXCLUSIVAS DE ALUMBRADO PÚBLICO		COSTOS ANUALES			TOTAL ANUAL (USD)	
No.	Actividades a realizar	Personal que realiza el trabajo	Mano de obra (USD)	Materiales (USD)		Transporte y otros
1.	Mantenimiento de las instalaciones					-
2.	Mantenimiento vehicular	Personal contratado	2.638,33	6.156,67		8.795,00
3.	Servicios básicos					-
4.	Seguro de instalaciones					-
<b>TOTAL ADMINISTRACIÓN</b>			2.638	6.157	-	<b>8.795,00</b>

Fuente: Elaborado por el autor, 2013



### 5.5.8. Análisis social

La retribución económica en el mantenimiento de alumbrado público para la empresa es nula, ya que, se está invirtiendo en un activo fijo de la misma, es así que se tiene retribución social, ya que:

Los sistemas de alumbrado público representan para todas las ciudades un punto clave en la calidad de vida de los ciudadanos, pues brinda seguridad peatonal y vial. Para las empresas eléctricas del Ecuador, el mejoramiento y mantenimiento de alumbrado público, es un proceso estratégico, ya que, simboliza la imagen y credibilidad en la calidad del servicio que presta cada una de ellas.

### 5.5.9. Análisis ambiental

De acuerdo a los años 2011 y 2012 se tienen en promedio para cada año que la cantidad de material obsoleto que resulta del mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del cantón Ambato, es el siguiente:

**Cuadro N° 5.12:** Material obsoleto anual del mantenimiento de alumbrado público

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	MATERIAL DADO DE BAJA A.P. ANUALMENTE
1	FOCOS VARIAS POTENCIAS	c/u	775
2	BALASTOS VARIAS POTENCIAS	c/u	77
3	CONECTORES	c/u	1000
4	CONTROL FOTOELECTRICO (FOTOCELULA)	c/u	1200
5	IGNITORES LUMINARIAS	c/u	384
6	RECEPTACULOS	c/u	6
7	BOQUILLA DE PORCELANA 250V. E-27 Y E-40	c/u	80
8	CONDENSADORES VARIAS CAPACIDADES	c/u	8

**Fuente:** Elaborado por el autor en base a historial de los años 2011 y 2012

### 5.5.10. Composición química de cada accesorio de alumbrado público

A continuación se indica la composición química de cada accesorio de acuerdo a catálogo de los mismos:

#### **5.5.10.1. Control fotoeléctrico**

Accesorio conformado en su recubrimiento plástico por policarbonato con protección UV, cuya base es de polipropileno con antillama con una arandela de caucho termoplástico, contactos de bronce e internamente conformado por elementos electrónicos varios.

#### **5.5.10.2. Receptáculo para control fotoeléctrico**

Accesorio conformado por 2 piezas inyectadas en policarbonato, unidas por tornillos y tuercas galvanizadas, sus contactos están constituidos de latón y 90 cm de alambre No.14.

#### **5.5.10.3. Ignitor o arrancador**

La carcasa del arrancador está fabricada de material plástico de polipropileno autoextingible, internamente relleno por resina poliuretánica autoextingible, adicional incluyen un perno M8 y tuerca en plástico.

#### **5.5.10.4. Reactancia o Balasto**

Accesorio externamente conformado por una caja metálica e internamente por un núcleo de acero el mismo bobinado por alambre de cobre desnudo.

#### **5.5.10.5. Condensador**

Su carcasa es de material plástico de polipropileno autoextingible forrado por una película de polipropileno relleno por resina poliuretánica, para su fijación se cuenta con un perno M8 y tuerca en plástico.

#### **5.5.10.6. Boquilla**

Constituido en su mayoría por porcelana eléctrica con un contacto central de cobre recubierto de níquel.

#### **5.5.10.7. Foco o lámpara**

Accesorio conformado de un casquillo de latón niquelado y su bulbo o ampolla de vidrio blando, en el mismo su contenido de mercurio por lámpara es el siguiente dependiendo de su potencia: 70W (10.80mg), 100W (14.60mg), 150W (18.40mg), 250W (21.60 mg) y 400W (21.60mg).

#### **5.5.11. Tratamiento a darse a los accesorios obsoletos de alumbrado público**

De acuerdo a la cantidad de mercurio presente en cada foco de alumbrado público, se los debe almacenar en contenedores plásticos, en lo posible con la precaución de no romperlos, ya que resulta perjudicial para la salud de las personas involucradas en el manejo de dichos accesorios, por tal razón, debido a la gran cantidad de focos obsoletos que se dan de baja anualmente, la empresa ha adquirido una máquina para la destrucción de los mismos, en dicho proceso, la maquina separa el gas contaminante inmerso en los focos de sus residuos sólidos, tales como vidrio y residuos del casquillo; el gas será almacenado en contenedores especiales y los residuos de los focos en tanques de metal debidamente sellados. Éste trabajo lo realizará un gestor ambiental acorde a lo solicitado.

Referente al resto de materiales dados de baja, se los debe almacenar en recipientes apropiados hasta su posterior tratamiento y disposición final.

### **5.6. Conclusión del capítulo**

Se ha definido las actividades a ejecutarse en los diferentes tipos de mantenimiento para lograr una buena gestión en el mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del cantón Ambato; así como también, se ha valorado su costo económico y su repercusión social y ambiental.

## CONCLUSIONES GENERALES

- El sistema de alumbrado público en la delimitación urbana del cantón Ambato es eficiente y con parámetros de calidad aceptables al usuario pero es necesario mejorar en la gestión de mantenimiento de alumbrado público.
- En la delimitación urbana del cantón Ambato se ha diferenciado claramente entre dos tipos de luminarias, potencia constante y doble nivel de potencia. Entre las luminarias de potencia constante se tiene luminarias de mercurio en un total de 26 luminarias y luminarias de sodio de alta presión de potencias de 70W, 100W, 150W, 250W y 400W con un total de 7.709 luminarias, en la que sobresale la luminaria de sodio de alta presión de 150W con un valor de 3.473 luminarias. Entre las luminarias de doble potencia se tiene de 250W y 400W, cuyas cantidades son 50 y 55 respectivamente, con un total de 105 luminarias.
- El consumo de energía eléctrica por parte de las 7.837 luminarias instaladas en postes en la delimitación urbana del cantón Ambato asciende al valor de 543,16 MWh mensuales, además, se ha identificado 26 luminarias ineficientes de mercurio de 125W y 175W, cuyo reemplazo por 26 luminarias de sodio de alta presión de 100W proporcionará un ahorro mensual de energía eléctrica de 480,59 kWh.
- La evaluación del historial de los mantenimientos realizados en la delimitación urbana del cantón Ambato permitió definir la frecuencia de falla de los accesorios de alumbrado público, mostrando que el elemento que más falla de forma individual es el control fotoeléctrico con un porcentaje de falla del 35%, tomando en cuenta que de los 7.630 controles fotoeléctricos instalados, el 50,38% del total son controles fotoeléctricos FAIL OFF y los restantes son controles FAIL ON; y en conjunto de

acuerdo a la suma de los varios tipos de lámparas utilizadas el elemento que más falla es el foco con un porcentaje de falla del 42%, mientras que, los accesorios de alumbrado público que menor frecuencia de falla tienen son el porta lámpara o boquilla, el condensador y el receptáculo fotoeléctrico con una frecuencia de falla del 1%.

- Los valores de pérdidas de potencia medidas en cada una de las luminarias evaluadas son muy cercanas a las establecidas por el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por el Real Decreto 1890/2008 (10) y se alejan de los valores establecidos por la Regulación 08/11 establecida por el CONELEC (2), tomando como referencia que dichas luminarias están en servicio de la ciudadanía desde el año 2006 en lugares residenciales, con un tráfico vehicular bajo y un grado de contaminación medio.
- En la delimitación del área urbana del cantón Ambato se apreció que se tienen instalado 2.346 luminarias de sodio de alta presión de 250W de potencia constante y tan solo 50 luminarias de sodio de alta presión de 250W de doble potencia, con consumos de energía mensual de 224 MWh y 3MWh respectivamente.
- Los tiempos promedios de atención de reportes de mantenimiento de alumbrado público en la delimitación urbana del cantón Ambato fueron de 9,61 días para el año 2011 y 4,91 días para el año 2012, cuyos tiempos a pesar de que para el año inmediato superior mejoró notablemente aún no alcanza las exigencias establecidas en la Regulación 08/11 emitida por el CONELEC, el cual es de 1 día.
- La metodología empleada en el desarrollo del trabajo de investigación fue la adecuada, ya que se basó directamente en el desarrollo de pasos sistemáticos, desde el levantamiento de información hasta su

interpretación estadística, logrando con ello el cumplimiento del objetivo planteado.

### **RECOMENDACIONES**

- Reemplazar las luminarias ineficientes de mercurio por luminarias de sodio de alta presión, de cuyo reemplazo se obtendrá ahorros de energía considerables.
- No seguir utilizando controles fotoeléctricos tipo FAIL ON, comenzar a utilizar en los mantenimientos únicamente controles fotoeléctricos tipo FAIL OFF, con ello, se limitará el consumo eléctrico en el caso de que dicho elemento entre en falla.
- Se recomienda la inclusión de un nuevo grupo de trabajo permanente en la empresa redefiniendo el trabajo que realiza el único grupo fijo de alumbrado público a la fecha para el área urbana, cuyo objetivo será alcanzar el tiempo de atención de daños en el alumbrado público de la parte urbana de 1 día según lo exige la Regulación 08/11 emitida por el CONELEC.
- En el proceso de adquisición de luminarias se recomienda medir las pérdidas de las mismas de acuerdo a su potencia y compararlas con las exigencias de la Regulación 08/11 emitidas por el CONELEC.
- Realizar un seguimiento de los mantenimientos realizados por luminaria, cuyos datos se deberá llevar un historial del elemento cambiado con su respectiva fecha, con ello se logrará evaluar la calidad del material y posibles alteraciones en el sistema de distribución, facilitando un mantenimiento preventivo y tener justificativos que demuestren la deficiencia en ciertas marcas de accesorios de alumbrado público.

- Utilizar una metodología y técnicas de investigación adecuadas acorde al tema de investigación y sus objetivos directos a ser alcanzados.

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN NATIONAL STANDARD. (2004). *For roadway and area lighting equipment enclosed, post top-mounted luminaires*. ANSI-C136.16-2004.
2. AMERICAN NATIONAL STANDARD. (2006). *For roadway and area lighting equipment locking type photocontrol devices and mating receptacles physical and electrical interchangeability and testing*. ANSI-C136.10-2006.
3. CANALETA, S., et al. (2010). *Estudio de diagnosis de eficiencia energética del alumbrado público en el Ayuntamiento de Canfranc*. Tesis de grado previo a la obtención del título Máster en Energía para el Desarrollo Sostenible, Universidad Católica Nuestra Señora de Asunción y Universitat Politècnica de Catalunya, Terrasa. Disponible en internet: <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/8435>.
4. CONELEC. *Plan Maestro de Electrificación 2012-2021*. Ecuador. Quito: 2012. Anual. Disponible en internet: [http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc\\_10132\\_PME2012\\_2021.pdf](http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10132_PME2012_2021.pdf).
5. CONELEC. *Prestación del Servicio de Alumbrado Público General*. (Regulación No. CONELEC 008/11).Ecuador. Quito: 24, noviembre, 2011. Disponible en internet: [http://www.conelec.gob.ec/normativa\\_detalle.php?cd\\_norm=393](http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=393).
6. ELT. (2006). *Dossier técnico – Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga*. Especialidades Luminotécnicas S.A. Disponible en internet: <http://www.elt.es/documentos/dossier.pdf>.

7. GAUDINO, G. *Últimas técnicas de mantenimiento aplicadas a los activos de distribución*. Seminario de la Comisión de Integración Energética Regional (CIER), 2012.
8. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. (1999). *Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuit- General and safety requirements*. IEC 61048. Edition 1.2.
9. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. (2001). *High-pressure mercury vapour lamps-Performance specifications*. IEC 60188. Third edition.
10. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. (2001). *Part 2-11: Particular requirements for miscellaneous electronic circuit used with luminaires*. IEC 61347-2-11. First Edition.
11. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. (2002). *High-pressure sodium vapour lamps*. IEC 60662. Edition 1.10.
12. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. (2006). *Luminaires – Part 1: General requirements and tests*. IEC 60598-1. Ed. 6.1. Septiembre, 2006. Disponible en internet: <http://www.lisungroup.com/IEC60598.pdf>.
13. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. (2010). *Part 2-9: Particular requirements for ballasts for discharge lamps (excluding fluorescent lamps)*. IEC 61347-2-9. First edition.
14. JOHNSTON, D. *Plausible reasoning in reliability-centered maintenance analysis*. Simposio annual de confiabilidad y mantenimiento, 2002.
15. MEER-ECUADOR. *Homologación especificaciones técnicas*. Disponible en internet: <http://www.unidadesdepropiedad.com/>.



16. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LA ILUMINACIÓN DE CARRETERAS (CIE 140-2000). Comisión Internacional de Iluminación.
17. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, *Electrotecnia. Bombillas de vapor de mercurio a alta presión*, NTC-2119.
18. REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS EA-01 A EA-07 (Real Decreto 1890/2008). (14 de noviembre de 2008). España, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (citado el 11 de noviembre de 2013). Disponible en internet: <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-18634# analisis>.
19. SANZ CIRIA, R. (2006). *Diseño de un sistema de evaluación de nivel de servicio de alumbrado público mediante SIG integrado en vehículo*. Master Tesis, Universitat Politècnica de Catalunya, [citado marzo 09, 2007]. Disponible en internet: [http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3003?mode=full&submit\\_simple=Mostrar+el+registre+complet+Dublin+Core+de+l%27%C3%ADtem](http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3003?mode=full&submit_simple=Mostrar+el+registre+complet+Dublin+Core+de+l%27%C3%ADtem)
20. WIKIPEDIA. (2013). *Ángulo Sólido*. Disponible en internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81ngulo\\_s%C3%B3lido](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81ngulo_s%C3%B3lido)

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**PRUEBAS TÉCNICAS Y FOTOMÉTRICAS A LUMINARIAS DE SODIO**  
**DE ALTA PRESIÓN DE 70W**



PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES	
Fabricante	ROY ALPHA
Marca	ROY ALPHA
Modelo	AMAZONAS
Tipo	SODIO
Potencia	70
Concurso N.-	
N.- De luminarias a recibirse	
Código de lámpara	

EQUIPO ELECTRICO					
FOCO	BALASTO	INYECTOR	CONDENSADOR	BOQUILLA	FOTOCELULA
Pote.(W)	70	Marca ROY ALPHA	Marca DISPROEL	Marca	Marca ;
Marca	PHILIPS	Marca ROY ALPHA	Capacidad 12.5 uF	Marca	Marca ;
Lumenes	TW ( C ) 130	Tipo SUPERPOSICIO	Voltaje 330 V	Voltaje	Voltaje
Casquillo	AT ( C )	Voltaje 208/230		Tipo E-27	
Tipo	TUBILAR	KV. Imp 2.5			
	Tipo CUBIERTO				

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,5	
Potencia (W)	78	
Factor de potencia	0,84	
VAR	51	
VA	93	
Hz	60	
A	0,395	
Pérdidas	14W	

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
ANALIZADOR DE REDES	
Fecha de realizacion	01/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	13:12

MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS						
NIVELES DE ILUMINACION						
						Ubica. luminaria
18m	15m	12m	9m	6m	3m	⊗ UL=Umin/Umax
	1,8	3	4,3	7,1	14,9	13,7
	3,4	4,9	6,9	13	17,5	17,1
	4	6	7,9	12,5	14,2	13,6
	3,4	4,2	5,6	7,1	7	7,4
	2,4	2,9	3,2	3,6	3,6	3,6
						15m
E prom.= 8,35		UL prom.= 0,37		Uo= 0,22		

ALTURA DE MONTAJE	8
BRAZO	
Longitud	75 cm
Ang.Inclinacion	15 GRADOS
Fecha de realizacion	01-nov-13
Lugar	PROA
Hora	20:45
Voltaje de Alimentacion	237

OBSERVACIONES

---



---



---



---



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES			
Fabricante	ELECTROCONTROL	Concurso N.-	_____
Marca	ELECTROCONTROL	N.- De luminarias a recibirse	_____
Modelo	LUMINAR	Código de lámpar	_____
Tipo	SODIO		
Potencia	70W		

EQUIPO ELECTRICO											
FOCO		BALASTO		INYECTOR		CONDENSADOR		BOQUILLA		FOTOCELULA	
Pote.(W)	70	Marca	ELECTROCONTROL	Marca	ELECTROCONTROL	Marca	ELECTROCONTROL	Marca	_____	Marca :	_____
Marca	PHILIPS	Voltaje	208/240	Tipo	SUPERPOSICION	Capacidad	10 UF	Voltaje	_____	Voltaje	_____
Lumenes	_____	TW ( C )	120	Voltaje	208/240	Voltaje	330 VAC	Tipo	E-27		
Casquillo	E-27	AT ( C )	_____	KV. Imp	_____						
Tipo	TUBULAR	Tipo	ENCAPSULADO								

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,8	_____
Potencia (W)	83	_____
Factor de potencia	0,85	_____
VAR	52	_____
VA	98	_____
Hz	60	_____
A	0,408	_____
Pérdidas	14W	_____

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
ANALIZADOR DE REDES	
Fecha de realizacion	01/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	13:37

MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS

NIVELES DE ILUMINACION												
										Ubica. luminaria		
										UL = E.min / E.max		
15m	12m	9m	6m	3m	12,4	10,5	8,6	6,8	5,7	3,7	2,2	0,21
3,4	3,7	5,7	8,6	11,3	13,2	10,9	9,6	7,1	4,4	2,6	0,28	3m
4,1	6	6,8	9,6	10	10,9	9,6	6,8	4,4	2,6	0,55	6m	6m
4	5,3	6	6	5,9	6,6	6	4,4	2,6	0,80	9m	9m	9m
3,6	3,6	3,4	3,9	4,4	4,5	3,9	2,6	0,76	12m	12m	12m	12m
												15m
E.prom.= 7,63			UL.prom.= 0,46			Uo= 0,34						

ALTURA DE MONTAJE	8
BRAZO	
Longitud	0,75 m
Ang.Inclinacion	15 grados
Fecha de realizacion	01-nov-13
Lugar	PROA
Hora	20:00
Voltaje de Alimentacion (V)	238

OBSERVACIONES

---



---



---



---



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES			
Fabricante	CELSA	Concurso N.-	_____
Marca	CELSA	N.- De luminarias a recibirse	_____
Modelo	VENUS	Código de lámpara	_____
Tipo	SODIO		
Potencia	70W		

EQUIPO ELECTRICO					
FOCO	BALASTO	INVECTOR	CONDENSADOR	BOQUILLA	FOTOCELULA
Pote.(W) 70	Marca INADISA	Marca INADISA	Marca DISPROEL	Marca _____	Marca _____
Marca PHILIPS	Voltaje 208/220/240	Tipo SUPERPOSICIÓN	Capacidad 10uF	Voltaje _____	Voltaje _____
Lumenes _____	TW ( C) 130	Voltaje 208/240	Voltaje 330 VAC	Tipo E-27	
Casquillo E - 27	AT ( C) 55	KV. Imp 1.8-2.5			
Tipo TUBULAR	Tipo ENCAPSULADO				

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,8	_____
Potencia (W)	83	_____
Factor de potencia	0,85	_____
VAR	51	_____
VA	97	_____
Hz	60	_____
A	0,405	_____
Pérdidas	15W	_____

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
<u>ANALIZADOR DE REDES</u>	
Fecha de realizacion	01/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	14:03

MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS

NIVELES DE ILUMINACION					
15m	12m	9m	6m	3m	Ubica. luminaria
1,9	1,8	3,0	5,2	8,7	11,3
2	2,5	3,1	5,4	8,4	9,6
4,6	5,5	5,5	9,1	12,8	12,7
5,6	6,0	5,8	10,1	13,4	12,6
4,9	5	4,8	7,2	8,3	8,6
					15m
UL = Emin/Emax					
E prom.= 7,63      UL prom.= 0,32      Uo= 0,24					

ALTURA DE MONTAJE	8
<b>BRAZO</b>	
Longitud	0,75 m
Ang. Inclinacion	15 grados
Fecha de realizacion	01-nov-13
Lugar	PROA
Hora	19:20
Voltaje de Alimentacion (V)	235

OBSERVACIONES

---



---



---



---

# PRUEBAS TÉCNICAS Y FOTOMÉTRICAS A LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN DE 100W



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

## PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES			
Fabricante	ELECTROCONTROL	Concurso N.-	
Marca	ELECTROCONTROL	N.- De luminarias a recibirse	
Modelo	LUMINAR	Código de lámpara	
Tipo	SODIO		
Potencia	100W		

EQUIPO ELECTRICO					
FOCO	BALASTO	INYECTOR	CONDENSADOR	BOQUILLA	FOTOCELULA
Pote.(W) 100	Marca ELECTROCONTROL	Marca MEGALITE	Marca DISPROEL	Marca	Marca
Marca OSRAM	Voltaje 210/240	Tipo SUPERPOSICION	Capacidad 12 Uf	Voltaje	Voltaje
Lumenes	TW (C) 120	Voltaje 208/240	Voltaje 330 VAC	Tipo E-40	
Casquillo E-40	AT (C)	KV. Imp 5KV			
Tipo TUBULAR	Tipo ENCAPSULADO				

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,5	_____
Potencia (W)	111	_____
Factor de potencia	0,91	_____
VAR	42	_____
VA	124	_____
Hz	60	_____
A	0,504	_____
Pérdidas	17W	_____

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
<b>ANALIZADOR DE REDES</b>	
Fecha de realizacion	08/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	15:50

### MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS

NIVELES DE ILUMINACION					
					Ubica. luminaria
15m	12m	9m	6m	3m	UL= Emin/Emax
2,20	3,50	6,00	11,10	16,60	21,90
2,60	3,80	5,60	9,40	14,50	17,50
3,00	4,40	6,40	10,50	11,90	13,60
4,10	4,90	5,90	6,20	6,40	7,30
3,4	3,4	3,3	3,8	3,9	4,5
					3m
					6m
					9m
					12m
					15m
<p>E<sub>prom</sub>= 9,37      U<sub>L</sub> prom.= 0,34      U<sub>0</sub>= 0,37</p>					

ALTURA DE MONTAJE	8
<b>BRAZO</b>	
Longitud	0,75 m
Ang. Inclinacion	15 grados
Fecha de realizacion	08-nov-13
Lugar	PROA
Hora	19:00
Voltaje de Alimentacion	235

### OBSERVACIONES

---



---



---



---



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

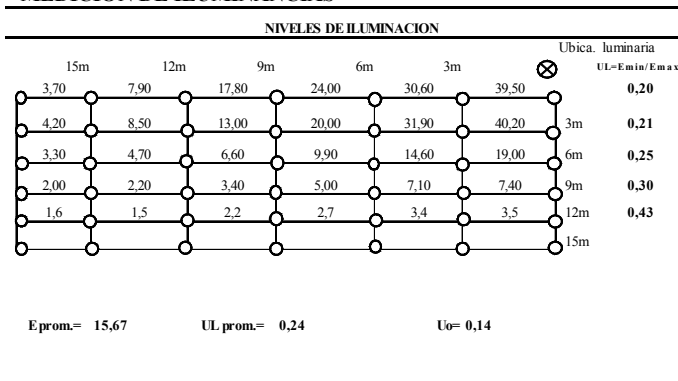
DATOS GENERALES			
Fabricante	ROY-ALPHA	Concurso N.-	
Marca	ROY-ALPHA	N.- De luminarias a recibirse	
Modelo	AMAZONAS	Código de lámpara	
Tipo			
Potencia	100W		

EQUIPO ELECTRICO						
FOCO	BALASTO	INYECTOR	CONDENSADOR	BOQUILLA	FOTOCELULA	
Pote (W)	100	Marca	ROY ALPHA	Marca	DISPROEL	Marca :
Marca	OSRAM	Voltaje	208/220/240	Tipo	SUPERPOSICION	Voltaje
Lumenes		TW ( C)	130	Voltaje	208/240	
Casquillo	E - 40	AT ( C)		KV. Imp	2.5-5.0	
Tipo	TUBULAR	Tipo	CUBIERTA SIN R			

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,6	
Potencia (W)	113	
Factor de potencia	0,8	
VAR	86	
VA	142	
Hz	60	
A	0,597	
Pérdidas	22	

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
<b>ANALIZADOR DE REDES</b>	
Fecha de realizacion	08/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	11:40

MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS



ALTURA DE MONTAJE	8
<b>BRAZO</b>	
Longitud	0,75 m
Ang.Inclinacion	15 grados
Fecha de realizacion	08-nov-13
Lugar	PROA
Hora	19:40
Voltaje de Alimentacion	235

OBSERVACIONES

---



---



---



---





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES			
Fabricante	CELSA	Concurso N.-	_____
Marca	CELSA	N.- De luminarias a recibirse	_____
Modelo	VENUS	Código de lámpara	_____
Tipo	SODIO		
Potencia	100W		

EQUIPO ELECTRICO											
FOCO		BALASTO		INYECTOR		CONDENSADOR		BOQUILLA		FOTOCELULA	
Pote.(W)	100	Marca	INADISA	Marca	INADISA	Marca	DISPROEL	Marca	_____	Marca :	_____
Marca	OSRAM	Voltaje	208/220/240	Tipo	SUPERPOSICION	Capacidad	15 uF	Voltaje	_____	Voltaje :	_____
Lumenes	130	TW ( C)	130	Voltaje	208/240	Voltaje	330 VAC	Tipo	E-40		
Casquillo	E - 40	AT ( C)	70	KV. Imp	2.5-5.0						
Tipo	TUBULAR	Tipo	ENCAPSULADO								

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,5	_____
Potencia (W)	117	_____
Factor de potencia	0,77	_____
VAR	96	_____
VA	151	_____
Hz	60	_____
A	0,636	_____
Pérdidas	22W	_____

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
<b>ANALIZADOR DE REDES</b>	
Fecha de realizacion	08/11/2013
Lugar	TALLER DE ALLMBRADO
Hora	12:16

MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS

NIVELES DE ILUMINACION									
									Ubica. luminaria
15m	12m	9m	6m	3m	20,40	⊗	UL = E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>		
4,80	6,90	10,10	13,20	17,90					0,34
5,90	10,40	13,00	24,30	35,20	28,80	3m			0,30
5,20	8,20	10,60	18,70	25,30	23,30	6m			0,32
4,10	4,10	6,30	9,40	9,90	11,80	9m			0,35
2,2	2,6	3,5	4,1	4,7	5,1	12m			0,51
						15m			
E <sub>prom.</sub> = 15,39			UL <sub>prom.</sub> = 0,33			U <sub>0</sub> = 0,27			

ALTURA DE MONTAJE	8
<b>BRAZO</b>	
Longitud	0,75 m
Ang. Inclinacion	15 grados
Fecha de realizacion	08-nov-13
Lugar	PROA
Hora	20:10
Voltaje de Alimentacion	235

OBSERVACIONES

---



---



---



---

# PRUEBAS TÉCNICAS Y FOTOMÉTRICAS A LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN DE 150W



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

## PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES			
Fabricante	CELSA	Concurso N-	
Marca	CELSA	N- De luminarias a recibirse	
Modelo	ORION	Código de lámpara	
Tipo	SODIO		
Potencia	150W		

EQUIPO ELECTRICO					
FOCO	BALASTO	INYECTOR	CONDENSADOR	BOQUILLA	FOTOCELULA
Pote (W) 150	Marca INADISA	Marca INADISA	Marca DISPROEL	Marca	Marca :
Marca OSRAM	Voltaje 208/220/240	Tipo SUPER IMPOSICION	Capacidad 20 uF	Voltaje	Voltaje :
Lumenes	TW ( C) 130	Voltaje 208/240	Voltaje 330 VAC	Tipo E-40	
Casquillo E-40	AT ( C)	KV. Imp 5			
Tipo TUBULAR	Tipo ENCAPSULADO				

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,6	
Potencia (W)	175	
Factor de potencia	0,85	
VAR	109	
VA	206	
Hz	60	
A	0,857	
Pérdidas	22W	

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
<b>ANALIZADOR DE REDES</b>	
Fecha de realizacion	15/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	15:21

## MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS

NIVELES DE ILUMINACION							
							Ubica. luminaria
18m	15m	12m	9m	6m	3m	⊗	UL=Umin/Umax
3,3	5,0	5,7	8,5	12,7	18,5	23,2	0,14
6,1	10,5	9,4	10,5	14,9	20,9	24,5	3m 0,25
6,5	10,1	10,7	13,2	28,7	26,9	26,7	6m 0,23
6,0	7,3	8,8	12,4	15,2	15,8	22,2	9m 0,27
5,0	5,6	7,9	9,4	10,6	14,8	15,5	12m 0,32
3,9	4,6	5,8	6,3	6,0	8,8	9,1	15m 0,42
E prom.= 12,94		UL prom.= 0,24		Uo= 0,26			

ALTURA DE MONTAJE	9,25
<b>BRAZO</b>	
Longitud	0,75 m
Ang. Inclinacion	20
Fecha de realizacion	15-nov-13
Lugar	PROA
Hora	20:30
Voltaje de Alimentacion	239

### OBSERVACIONES

---



---



---



---



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES			
Fabricante	ROY ALPHA	Concurso N-	_____
Marca	ROY ALPHA	N.- De luminarias a recibirse	_____
Modelo	CALIMA II	Código de lámpara	_____
Tipo	SODIO		
Potencia	150W		

EQUIPO ELECTRICO						
FOCO	BALASTO	INYECTOR	CONDENSADOR	BOQUILLA	FOTOCELULA	
Pote.(W)	150	Marca	INADISA	Marca	DISPROEL	Marca :
Marca	OSRAM	Voltaje	208/220/240	Tipo	SUPERPOSICION	Voltaje
Lumenes	TW ( C)		130	Voltaje	208/240	Tipo
Casquillo	E-40	AT ( C)	ENCAPSULADO	KV. Imp	4.5	
Tipo	TUBULAR	Tipo				

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240,6	
Potencia (W)	178	
Factor de potencia	0,85	
VAR	108	
VA	208	
Hz	60	
A	0,371	
Pérdidas	24W	

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
ANALIZADOR DE REDES	
Fecha de realizacion	15/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	14:56

MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS

NIVELES DE ILUMINACION						
						Ubica. luminaria
						UL=Umin/Umax
18m	15m	12m	9m	6m	3m	30,5
4,5	6,6	8,5	11,2	17,2	25,1	0,15
6,1	9,0	11,3	13,8	21,9	32,4	0,17
7,3	9,7	15,5	13,7	21,5	31,5	0,23
7,4	8,1	8,3	10,0	14,5	18,3	0,40
5,2	5,5	5,3	6,2	8,0	8,8	0,59
3,6	3,7	3,7	3,7	4,3	4,3	0,80
Eprom.= 14,22			UL.prom.= 0,31		U <sub>0</sub> = 0,32	

ALTURA DE MONTAJE	9,25
<b>BRAZO</b>	
Longitud	0,75 m
Ang.Inclinacion	20 grados
Fecha de realizacion	15-nov-13
Lugar	PROA
Hora	21:00
Voltaje de Alimentacion	239

OBSERVACIONES

---



---



---



---



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

PRUEBA DE EVALUACION DE LUMINARIAS

DATOS GENERALES			
Fabricante	CELSA	Concurso N.-	_____
Marca	CELSA	N.- De luminarias a recibirse	_____
Modelo	VENUS	Código de lámpara	_____
Tipo	SODIO		
Potencia	150W		

EQUIPO ELECTRICO					
FOCO	BALASTO	INYECTOR	CONDENSADOR	BOQUILLA	FOTOCELULA
Pote. (W)	150	Marca	INADISA	Marca	DISPROEL
Marca	OSRAM 4Y	Voltaje	208/220/240	Capacidad	20 uF
Lumenes	TW ( C )	Tipo	INADISA	Voltaje	330 VAC
Casquillo	E - 40	Voltaje	SUPER IMPOSICION	Tipo	E-40
Tipo	TUBULAR	KV. Imp	208/240		
			2.8-5.0		

PRUEBAS ELECTRICAS		
	TAP 240	TAP 208
Voltaje de alimentacion (V)	240	_____
Potencia (W)	167	_____
Factor de potencia	0.85	_____
VAR	103	_____
VA	196	_____
Hz	60	_____
A	0.816	_____
Pérdidas	22W	_____

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.	
ANALIZADOR DE REDES	
Fecha de realizacion	15/11/2013
Lugar	TALLER DE ALUMBRADO
Hora	14:31

MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS

NIVELES DE ILUMINACION						
						Ubica. luminaria
18m	15m	12m	9m	6m	3m	25.0
2.9	5.4	8.9	13.0	20.4	21.9	0.22
4.4	7.3	13.6	22.3	45.5	46.0	0.15
4.9	8.0	13.1	21.7	30.3	25.6	0.21
4.8	7.2	10.8	16.7	20.9	23.2	0.31
4.2	6.0	8.8	10.9	13.2	13.7	0.44
3.7	4.5	6.1	6.9	7.7	7.7	0.58

UL=Umin/Umax

E<sub>prom.</sub>= 19,39      U<sub>L prom.</sub>= 0,27      U<sub>0</sub>= 0,28

ALTURA DE MONTAJE	9,25
<b>BRAZO</b>	
Longitud	0.75 m
Ang. Inclinacion	20
Fecha de realizacion	15-nov-13
Lugar	PROA
Hora	21:30
Voltaje de Alimentacion	239

OBSERVACIONES

---



---



---



---