

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO, INSTALACIÓN, OPERATIVIDAD Y
MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS LED PARA ALUMBRADO
PÚBLICO”**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
POTENCIA**

Presentado por:

ROSA ISABEL BAÑOS SARCOS

ANDRÉS MANUEL PIZARRO BUSTAMANTE

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2019

AGRADECIMIENTOS

Por haber sido parte de todo el esfuerzo diario agradezco a mi familia, mi madre y mi hermana que nunca dejaron de apoyarme, mi esposo que asumió muchas responsabilidades para poder darme tiempo para estudiar y convertirse en mi compañero de estudios incondicional, a mis hijos por estar siempre orgullosos de mí, a todos mis amigos que a pesar de la distancia siempre decían que lo lograría, nunca es tarde para cumplir las metas que nos proponemos.

Rosa Isabel Baños Sarcos.

“El desarrollo del hombre depende fundamentalmente de la invención. Es el producto más importante de su cerebro creativo”. Nikola Tesla

Con este proyecto ha culminado una importante etapa de la vida, son muchas las personas que han contribuido al cumplimiento de este sueño, quiero empezar agradeciendo a Dios, quien ha sido la motivación de mis días y la fortaleza en los momentos de debilidad, a mis padres Ángel Pizarro y Lourdes Bustamante por su ejemplo de perseverancia, esfuerzo y sacrificio, a mis hermanas Lourdes Pizarro y Karina Pizarro por brindarme el apoyo y cariño incondicional y finalmente a mis compañeros y profesores por haber compartido este arduo proceso junto a mí.

Andrés Pizarro Bustamante.

A nuestro maestro de la materia integradora M.Sc. Fernando Vaca y a nuestro tutor, el M.Sc. Héctor Plaza por ser nuestra guía para realizar el proyecto integrador.

A nuestro tutor en CNEL EP, el Ing. Bismark Estrada por su tiempo y facilitarnos los documentos junto a las áreas de desarrollo para nuestro proyecto integrador; al Ing. Miguel Menéndez por habernos instruido en la parte técnica en el área de alumbrado público y darnos la apertura del conocimiento en los reglamentos y normas del sector de alumbrado público; a la Ing. Diana Noboa por proveernos del tema e incentivarnos al desarrollo y culminación del proyecto integrador.

A todos los maestros que a lo largo de nuestra vida universitaria dieron lo mejor de sí para que podamos aprender y poder desarrollar en nuestra siguiente etapa de la vida profesional todos los conocimientos adquiridos.

DEDICATORIA

En la vida nos encontraremos un sinnúmero de retos y uno de ellos es la Universidad. Y al estar en ella, nos hemos dado cuenta de que más allá de ser un reto, fue una base no solo para nuestro entendimiento en el campo de la electricidad en el cual nos encontramos, sino para lo que concierne a la vida profesional y a nuestro futuro.

Este trabajo va dedicado para CNEL EP en el área de alumbrado público y para la comunidad de la parroquia de Paccha que nos dieron la apertura para poder realizar los estudios de campo para el cambio de las luminarias de sodio por las luminarias LED.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad y la autoría de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Rosa Baños Sarcos

Andrés Pizarro
Bustamante

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

M.Sc. Héctor Plaza Vélez
PROFESOR TUTOR

M.Sc. Fernando Vaca Urbano
PROFESOR DE LA MATERIA
INTEGRADORA

RESUMEN

Este proyecto está dirigido para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de energía de las redes de alumbrado público del país utilizando luminarias LED en alumbrado público. Para reducir los tiempos de elaboración de diseños, se propuso elaborar una guía para el diseño, instalación y mantenimiento de iluminación LED. La instalación de luminarias LED se ha convertido en una interesante opción ya que, además de consumir menos potencia, posee un mejor factor de potencia que las anteriores tecnologías, lo que las hace más eficientes y mejora las propiedades luminotécnicas aumentando la intensidad lumínica y mejorando la reproducción cromática.

Para la elaboración de la guía, se realizó el estudio del proyecto Paccha del área del CNEL EP, unidad de negocios El Oro, donde se planificó hacer una regeneración urbana de las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre, en el centro de Paccha y un rediseño de la red de alumbrado público. El cual ayudó a desarrollar una guía que cumpla con los requerimientos del MEER, las normas CIE 140-2000, y el RTE-069 AP, por medio del levantamiento de información en campo y simulaciones utilizando el software DIALux.

Una vez que se obtuvo la información de los análisis luminotécnicos, de costos y la reducción de emisiones de CO₂, se escogió el diseño más conveniente para la red del alumbrado público, usando luminarias LED, y la red de distribución en las calles del centro de Paccha. Y con esta información se elaboró la guía de diseño, instalación y mantenimiento de luminarias LED.

Palabras Clave: LED, diseño, DIALux, ahorro de energía.

ABSTRACT

The purpose of this project is improving efficiency and reduce energy consumption of country's public lighting networks. To reduce the design development times, a guide was proposed for design, installation and maintenance of LED lighting. Installation of LED luminaires has become an interesting option because, in addition to consuming less power It has a better power factor than previous technologies, and this makes them more efficient and improves lighting properties by increasing light intensity and improving chromatic reproduction.

To prepare this guide, the Paccha project study was carried out in CNEL EP area El Oro business unit. In Paccha was planned to make an urban regeneration of streets "Número 1, 10 de Agosto and 25 de Diciembre", in Paccha's center and a redesign of public lighting network. The information obtained was useful to develop a guide that satisfies requirements of MEER, CIE standards 140-2000, and RTE-069 AP, by the collect of the information in field and simulations using the DIALux software.

With the information about lighting analysis, cost and CO2 emission reduction obtained, the most suitable design was chosen for public lighting network using LED luminaires, and the distribution network in Paccha's streets. With this analysis the guide for design, installation and maintenance of LED luminaires was elaborated.

Keywords: LED, design, DIALux, energy saving.

INDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
INDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	
1. Introducción.....	12
1.1 Descripción del problema.....	13
1.2 Justificación del problema.....	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 Marco teórico	14
1.4.1 Lámparas y las luminarias	14
1.4.2 Vida útil de lámparas en general	15
1.4.3 Tipos de lámparas usadas en alumbrado público.....	16
1.4.4 Alumbrado público.	22
1.4.5 Objetivos del alumbrado público.....	23
1.4.6 Criterios de diseño alumbrado público.....	23
1.4.7 Clasificación de la vía a iluminar.....	24
1.4.8 Selección de la luminaria y fuente de luz.....	24
1.4.9 Selección del arreglo geométrico.....	24
1.4.10 Disposiciones específicas.....	26

1.4.11	Cálculo de la iluminancia promedio de una vía	27
1.4.12	Herramientas de cálculo	28
1.4.13	Equipo de medición	31
1.4.14	Proyecto Paccha.....	31
CAPÍTULO 2		
2.	Metodología	33
2.1	Comparación de simulación y mediciones de campo de iluminancia promedio..	33
2.1.1	Método para determinar los puntos de medición en la vía	33
2.1.2	Simulación en DIALux de ciclovía ESPOL.....	34
2.1.3	Medición de iluminancia promedio en ciclovía ESPOL.....	36
2.2	Levantamiento eléctrico de Paccha, calle 1, calle 10 de Agosto, calle 25 de Diciembre	37
2.3	Levantamiento de la información del sistema de alumbrado público actual de Paccha, calle 1, calle 10 de Agosto, calle 25 de Diciembre	41
2.4	Cálculo del consumo eléctrico de la red de alumbrado público en el sector de estudio.....	43
2.5	Características fotométricas de Alumbrado público en el sector de estudio	43
2.5.1	Datos para realizar la simulación:.....	44
2.5.2	Datos calculados para colocar los puntos en la vía:	44
2.5.3	Tabla de Datos proporcionados por el luxómetro:	45
2.5.4	Cálculo de la Iluminancia promedio:	45
2.6	Simulación del estado actual de alumbrado público en el sector de estudio	45
2.7	Simulaciones de la red de alumbrado público en el sector de estudio con luminarias LED.....	49
2.7.1	Simulación con luminarias LED de 150 W	49
2.7.2	Simulación con luminarias LED de 220 W	52

2.8	Cálculos de costo beneficio.....	55
2.9	Modelamiento de vivienda típica en el sector de estudio	58
CAPITULO 3		
3.	Resultados y Análisis	60
3.1	Análisis Económico	60
3.2	Afectaciones Ambientales	61
3.3	Guía de diseño de alumbrado público con luminarias LED	62
3.4	Diseño seleccionado de sistema de alumbrado público con luminarias LED.....	92
3.5	Diseño de red eléctrica de alimentación.....	93
Conclusiones y Recomendaciones		100
Conclusiones.....		100
Recomendaciones		100
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
LED	Diodo Emisor de Luz
LUM	Luminaria
CONELEC	Corporación Eléctrica del Ecuador
CNEL EP	Corporación Nacional de Electricidad
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
CIE	Comisión Internacional de Iluminación
AP	Alumbrado Público
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
3D	Tercera dimensión
DPEA	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado
SI	Sistema Internacional
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
ACSR	Conductor de Aluminio Reforzado de Acero
KVA	Kilo Voltio Amperios
KW	Kilo Vatios
KWh	Kilo Vatios Hora
W	Vatios
VAN	Valor Actual Neto
Kg	Kilo gramos
ED	Empresa Distribuidora
HPS	Sodio de Alta Presión
ANSI	Instituto de Estándares Americanos Nacional
SPD	Sistema de Protección ante Descargas
PMMA	Polimetilmetacrilato
CRI	Reproducción del Color
IEC	Comisión Electrónica Nacional

SIMBOLOGÍA

Uo	Uniformidad global
UI	Uniformidad lineal
TI	Incremento de umbral
SR	Relación de alrededores
Lx	Luxes
Na	Sodio
Em	Iluminancia promedio
Φ	Flujo luminoso
Lm	Lumens
I	Intensidad luminosa
E	Iluminancia
S	Superficie
D	Espaciamiento longitudinal
d	Espaciamiento transversal
Wr	Ancho de la calzada
s	Distancia entre luminarias
E	Energía
P	Potencia
L	Pérdidas
N	Número de unidades
T	Tiempo
D	Demanda
R CO2	Reducción de emisiones de CO2
AE	Ahorro de energía

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Luminaria de sodio de alta presión de 400W	16
Figura 1.2. Fotografía de luminarias de mercurio con funcionamiento de alta presión	17
Figura 1.3. Fotografía de luminaria LED	18
Figura 1.4. Componentes de un LED[9]	21
Figura 1.5. Parámetros de la luminaria y la vía[12].	25
Figura 1.6. Vista de colores falsos con disposición unilateral en Dialux.....	29
Figura 1.7. Fotografía de luxómetro digital	31
Figura 1.8. Fotografía de las ruinas de Yacuvíñay en Paccha	32
Figura 2.1. Malla para medición de iluminancia[15]	33
Figura 2.2. Disposiciones de las luminarias	35
Figura 2.3. Vista en 3D de la vía simulada.....	36
Figura 2.4. Simulación en DIALux puntos de medición de iluminancia	36
Figura 2.5. Captura del Geoportal de CNEL EL en la zona a trabajar[17].....	38
Figura 2.6. Fotografía de luminarias instaladas en poste de hormigón en la intersección de las calles 10 de Agosto y 25 de Diciembre de Paccha.....	41
Figura 2.7. Fotografía de luminaria instalada en la terraza de uno de los abonados en la calle 25 de Diciembre de Paccha	42
Figura 2.8. Simulación en DIALux puntos de medición de iluminancia para 250 W sodio.....	45
Figura 2.9. Disposiciones de las luminarias para 250W sodio	46
Figura 2.10. Vía en 3D con luminaria sodio de 250 W	47
Figura 2.11. Vía en 3D con colores falsos de la luminaria sodio de 250 W	48
Figura 2.12. Disposiciones de las luminarias	50
Figura 2.13. Vía en 3D con luminaria LED de 150 W	51
Figura 2.14. Vía en 3D con colores falsos de la luminaria LED 150 W	51
Figura 2.15. Disposiciones de las luminarias	53
Figura 2.16. Vía en 3D con luminaria LED de 220W	54
Figura 2.17. Vía en 3D con colores falsos de la luminaria LED de 220W	55

Figura 3.1. Gráfico de comparación de inversión inicial y consumo de energía anual de los diferentes diseños.....	60
Figura 3.2. Disposición unilateral	77
Figura 3.3. Disposición central doble	78
Figura 3.4. Disposición bilateral alternada	79
Figura 3.5. Disposición bilateral opuesta.....	79
Figura 3.6. Disposición bilateral opuesta con parterre	79
Figura 3.7. Disposición doble central doble.....	81
Figura 3.8. Disposición de luminarias en trayectos curvos[15].....	82
Figura 3.9. Resultados luminotécnicos de la Simulación LED 220 W	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Vida promedio de las lámparas según su tipo[2].....	16
Tabla 1.2. Características de los tipos de luminarias[2]	22
Tabla 2.1. Perfil de la vía pública	35
Tabla 2.2. Datos para Disposición de calle	35
Tabla 2.3. Datos proporcionados por el luxómetro	37
Tabla 2.4. Elementos de la red eléctrica en las calles del centro de Paccha	39
Tabla 2.5. Distancia entre los postes de la red de distribución del centro de Paccha en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre.	40
Tabla 2.6. Elementos de la red de alumbrado público en las calles del centro de Paccha	42
Tabla 2.7. Perfil de la vía pública Paccha	44
Tabla 2.8. Datos para Disposición de calle	44
Tabla 2.9. Datos tomados con el luxómetro Paccha	45
Tabla 2.10. Resultados luminotécnicos de luminaria Na 250W.....	47
Tabla 2.11. Colores falsos con datos en luxes [lx]	48
Tabla 2.12. Perfil de la vía pública Paccha	49
Tabla 2.13. Datos para Disposición de calle	49
Tabla 2.14. Resultados luminotécnicos de luminaria LED 150W	50
Tabla 2.15. Perfil de la vía pública Paccha	52
Tabla 2.16. Datos para Disposición de calle	52
Tabla 2.17. Resultados luminotécnicos de luminaria LED 220W	54
Tabla 2.18. Cálculo de los costos de potencia con los diferentes diseños.....	55
Tabla 2.19. Cálculo de los costos de energía con los diferentes diseños	56
Tabla 2.20. Cálculo de los costos de inversión inicial con los diferentes diseños	57
Tabla 2.21. Cálculo de costos por mantenimientos anuales	57
Tabla 2.22. Cálculo de las proyecciones de costos por generación de potencia y energía	58
Tabla 2.23. Cálculo de inversión total y ahorro para el periodo de 10 años.....	58
Tabla 3.1. Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas (Nota1)[16].	73
Tabla 3.2. Luminancias de calzada para tráfico motorizado[16].....	74

Tabla 3.3. Valores mínimos de iluminancia promedio (lx) en vías motorizadas que se deben mantener[16]	75
Tabla 3.4. Características de la superficie[16].....	75
Tabla 3.5. Potencia máxima en auxiliares de luminarias[16].....	76
Tabla 3.6. Niveles de iluminancia para calles vehiculares y andenes[19]	76
Tabla 3.7. Recomendación para disposición de luminarias[15].....	82
Tabla 3.8. Valores máximos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) para vías vehiculares (W/m^2)[15]	83

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Es necesario indicar que las redes de alumbrado público del Ecuador son un servicio fundamental con lo que respecta a movilidad, ornamentación y seguridad para los ciudadanos. Por esta razón, es necesario tomarlo en cuenta ya que, constituye también uno de los rubros más importantes de consumo energético, debido a que representa el 3% de la demanda del país.

Estas redes de alumbrado empiezan su funcionamiento en el pico de la demanda de energía, aproximadamente a las 18:00 horas. Por esta razón, la reducción de la potencia consumida en iluminación pública contribuiría al aumento de la disponibilidad de energía eléctrica durante los picos de carga y permitiendo a las empresas distribuidoras redireccionar esta potencia a otros consumidores o servicios.

En todo el mundo, la transición de puesta en marcha de nuevas tecnologías reemplazando las viejas tecnologías, se realiza de manera paulatina por el aumento de costos de inversión que representan estas nuevas tecnologías, y el aumento de la complejidad en los sistemas con las mismas. Con lo que, se vuelve necesario la elaboración de nuevos procesos actualizados a medida que se van implementando las nuevas tecnologías.

Como opción de solución, las luminarias LED ofrecen una mejor reproducción cromática, con la que se puede observar el color real de los objetos iluminados por la red de alumbrado público aumentando también la seguridad además que, no genera luz ultravioleta ni infrarroja, de este modo se evitan riesgos tanto en la salud humana como en la flora y fauna, lo que las hace amigables con el medio ambiente, poseen también una larga vida útil en comparación a las otras tecnologías, reduciendo los costos de mantenimientos en la red, y menor consumo energético que las antiguas tecnologías, con un mejor factor de potencia, aumentando la calidad

de la energía proporcionada por la empresa distribuidora y reduciendo los costos de operación.

1.1 Descripción del problema

Siendo uno de los objetivos estratégicos de CNEL EP el incremento de los niveles de eficiencia del sistema de Alumbrado Público y dado que la tendencia mundial en lo concerniente al Alumbrado Público es la instalación de iluminación LED, se planteó rediseñar la red de Alumbrado Público de las calles 10 de agosto, número 1 y 25 de diciembre del municipio de Paccha además, analizar el ahorro de energía con el cambio de las luminarias actuales de sodio por las nuevas luminarias LED, de manera que se expongan los beneficios económicos y ambientales de implementar este nuevo sistema.

1.2 Justificación del problema

La Empresa Eléctrica Pública CNEL EP, tiene como objeto suministrar electricidad con una alta calidad de energía a los consumidores, y la eficiencia en alumbrado ha ido tomando cada vez mayor importancia. Las luminarias de mercurio de alta presión representan un alto índice de pérdidas eléctricas y baja intensidad lumínica, y las luminarias de sodio de alta presión tienen menores pérdidas, pero aun así la instalación de luminarias LED se ha convertido en una muy interesante opción, ya que no solo aportan al ahorro energético sino también poseen una mayor intensidad lumínica que proporciona una mayor visibilidad para el desarrollo de las actividades de la población.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Elaborar una guía para el diseño, instalación y mantenimiento sistemas de iluminación LED, analizando su ahorro de energía, por

medio del proyecto de rediseño de la red de alumbrado público de Paccha, para reducir los tiempos de diseño de las nuevas redes de alumbrado público LED.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de la red de alumbrado público de las calles número 1, 10 de agosto y 25 de diciembre en la ciudad de Paccha.
- Rediseñar la red de alumbrado público de las calles número 1, 10 de agosto y 25 de diciembre en la ciudad de Paccha.
- Analizar el ahorro de energía obtenido con luminarias LED en comparación con las de Sodio de alta presión.

1.4 Marco teórico

En esta sección se darán a conocer los conceptos necesarios para una mejor comprensión de este proyecto integrador ya que, para realizar un proyecto de alumbrado público, no solo basta con conocer el tipo de luminaria que se utilizará para la implementación de este, sino que es necesario también conocer una serie de normas que aseguran la correcta iluminación para cada tipo de vía a iluminar.

1.4.1 Lámparas y las luminarias

En este caso las lámparas son aquellos dispositivos que emiten una energía lumínica, se mostrará en este capítulo aquellas lámparas que, para poder iluminar, requieren necesariamente de la energía eléctrica y sean comúnmente usadas para alumbrado público, mientras que las luminarias son aquellos dispositivos que son usados para filtrar, repartir o transformar la luz emitida por las lámparas, y que están incluidos todos los elementos necesarios para proteger las lámparas, fijar y ser conectadas al circuito de alimentación [1].

1.4.2 Vida útil de lámparas en general

En este caso le indicamos que la vida útil de una lámpara se encuentra determinada por la temperatura que llega a alcanzar el filamento al realizar su labor única de iluminación. Cuando se incrementa la temperatura, existirá mayor flujo luminoso y a su vez mayor velocidad de evaporación del material que compone el filamento lumínico [1].

Mientras que las partículas del filamento lumínico se evaporan, la pared del bombillo se va oscureciendo y de esa manera reduce el flujo luminoso que pasa a través de la pantalla. De tal forma esta evaporación del componente del filamento (wolframio) genera una reducción de la corriente eléctrica, temperatura y flujo eléctrico. La reducción del filamento (wolframio) seguirá ocurriendo hasta que se termine rompiendo el filamento, este fenómeno se lo conoce como “Depreciación Luminosa” [1].

Dependiendo del uso correcto de las lámparas, existen diferentes parámetros para alargar su vida útil

- **Vida individual**, son las horas que transcurren hasta que una lámpara deja de funcionar, en ciertas condiciones determinadas
- **Vida promedio**, en condiciones propicias, se da el tiempo en el que la mitad de un lote de lámparas presenta ciertos fallos
- **Vida útil**, indica el número de horas estimadas de funcionamiento, tras las cuales, por situaciones de economía y eficiencia luminosa, es recomendable cambiar las lámparas de una instalación que seguir manteniéndolas [1].

Es muy importante el valor de la vida útil de la luminaria ya que, ayuda a determinar los tiempos requeridos para poder hacer el reemplazo de las lámparas. Existen otros factores que influyen directamente en la vida útil de las lámparas que son la calidad de la tensión de la red de alimentación eléctrica y el número donde se conectan y desconectan las lámparas [1].

Tabla 1.1. Vida promedio de las lámparas según su tipo

TIPO DE LAMPARA	VIDA PROMEDIO (Horas)
Mercurio de alta presión	25.000
Sodio de alta presión	8.000 – 12.000
LED's	50.000 – 100.000

Fuente: [2]

1.4.3 Tipos de lámparas usadas en alumbrado público

Lámparas de sodio de alta presión



Figura 1.1. Luminaria de sodio de alta presión de 400W

Fuente: [Autor]

Características: En su funcionamiento el exceso de sodio que emana en el tubo de descarga da como resultado un vapor saturado que sumado a los excesos de mercurio y xenón mejoran de gran manera las condiciones de color y temperatura:

Ventajas: alta eficiencia luminosa y larga vida

Desventajas: pobre reproducción del color [3].

Lámparas de mercurio con funcionamiento de alta presión



Figura 1.2. Fotografía de luminarias de mercurio con funcionamiento de alta presión

Fuente: [Autor]

Características: La luz que se produce en este tipo de lámparas es dentro de un tubo de descarga en el cual existe una cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte que ayuda al encendido; como resultado de esta descarga genera una parte de la radiación visible del espectro como luz, pero otro segmento es emitida en la región ultravioleta, esta última radiación UV es transformada en radiación visible por medio de un polvo fluorescente que envuelve a la ampolla en su interior:

Ventajas: Tiene una vida útil larga, genera buena eficiencia luminosa (3 veces mucho más eficiente que las lámparas incandescentes)

Desventajas: Lamentablemente genera una mala reproducción del color. Además, tiene un alto costo, comparado con las lámparas de sodio. Para su reencendido en caliente necesitan tiempo de enfriamiento [4].

Diodo Emisor de Luz (LED)



Figura 1.3. Fotografía de luminaria LED

Fuente: [Autor]

Sus siglas en español traducen, diodo emisor de luz, este tipo de luminarias son de estado sólido, no poseen partes frágiles o movilizas y pueden durar por décadas. Este tipo de luces pueden poseer mayor eficiencia luminosa que las lámparas comunes [5].

Los primeros LED que se comercializaron fueron rojos, los cuales se usaban como indicadores de encendido y apagado en dispositivos electrónicos. Posteriormente se fueron comercializando LED de diferentes colores como verde y más o menos en el año 1989 se insertó en el mercado un nuevo tipo de LED azul, de la combinación de estos colores resulta el ahora utilizada y comercializado LED blanco [5].

Hoy en día por las relaciones de costo-eficiencia ha hecho que este tipo de lámparas este revolucionando el mercado de la iluminación. Los LED's blancos son los suficientemente eficientes para ser aplicadas a todo tipo de sistemas de iluminación tanto de interior como de exterior [5].

Las luminarias LED usan menos energía que los demás tipos de lámparas, tienen mayor vida útil y una de las cosas más importantes es

que no dejan residuos de mercurio que dañan la capa de ozono como lo hacen las tecnologías antiguas [5].

Principio de funcionamiento

Las luces LED usan un tipo especial de diodo, el cual al ser atravesado por energía eléctrica desprende un tipo de luz. Una explicación más científica consiste en que cuando la corriente atraviesa a través de un diodo semiconductor, esta inyecta huecos y electrones en las regiones p y n. Las regiones tipo p (positivo) y n (negativo) se refieren a dos tipos de materiales semiconductores alterados que permiten que la energía fluya en una dirección siempre que el material tipo p este a un nivel de tensión superior al material tipo n [6].

Esta combinación de electrodos y huecos son las encargadas de generar la luz. Dependiendo de la intensidad del paso de corriente hace que las recombinaciones entre electrodos y huecos produzca un tipo de luz [6].

Características de los LED

Los diodos emisores de luz se caracterizan por su prolongada vida útil, bajo consumo de energía y alta resistencia a los impactos [7].

El color de la luz se mantiene constante ya que son luces reguladas. Permiten direccionar la luz con precisión debido a que poseen una fuente de luz puntual. Su encendido es instantáneo, por esta razón son usadas en escenas de luz dinámicas y no requieren enfriamiento para una posterior puesta en marcha [7].

El campo de aplicaciones para este tipo de luz es extenso, va desde iluminación interior pasando por iluminación de ornamentación hasta llegar a iluminación exterior. Este tipo de iluminación se está constituyendo como la mejor alternativa de iluminación frente a las fuentes de iluminación convencionales [7].

Uno de los problemas de las lámparas convencionales es que, al ser encapsuladas por vidrio, estos son muy sensibles ante los golpes, por el contrario, las lámparas LED están encapsuladas por una resina especial (epoxi resin) más sólida y resistente que el vidrio [7].

Factores externos que influyen en el funcionamiento de los LED

La temperatura del ambiente puede afectar el funcionamiento de las lámparas LED en su totalidad, ya que un sobrecalentamiento puede ocasionar fallos en la misma, debido a que poseen varios elementos electrónicos sensibles a las altas temperaturas [8].

Partes de los LED

Los LED poseen un encapsulado hecho de una resina especial (epoxi resin), este puede ser claro o difuso. Esta resina encapsula el LED y a su vez provee un control óptico ya que evita las reflexiones en la superficie del semiconductor y aumenta el flujo luminoso. Los componentes que constituyen un LED se pueden apreciar en la Figura 1.4 [9].

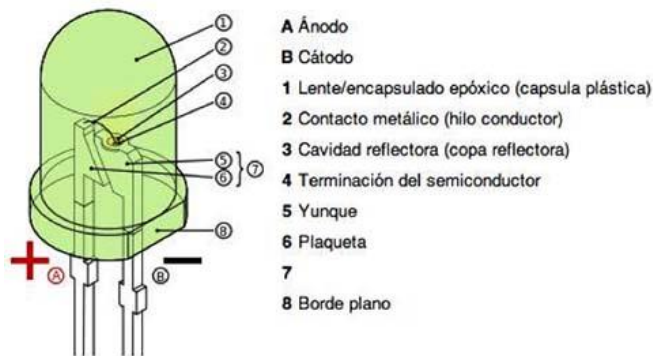


Figura 1.4. Componentes de un LED

Fuente: [9]

Desventajas

- El costo es una de las desventajas principales del LED, ya que es alto con respecto al resto de las lámparas existentes en el mercado
- La sensibilidad ante las altas temperaturas puede ser una desventaja en ambientes muy calientes
- Poseen baja eficiencia en zonas amplias, debido a poseen una fuente de luz puntual y direccionada [10].

Ventajas

- No posee filamentos ni electrodos como lo hacen las lámparas con tecnologías antiguas que son propensas a romperse o quemarse
- Con el transcurso del tiempo el rendimiento de estas lámparas ha crecido por encima de 400%. a su vez, los costos han disminuido en un 20%,
- Bajo consumo de energía
- Baja temperatura de funcionamiento ya que la corriente que circula por el sistema con el que se alimentan es muy baja, por lo tanto, la temperatura de funcionamiento es mínima
- Alta rapidez de respuesta
- Larga vida hasta 100.000 horas
- Los componentes de este tipo de lámparas no son tóxicos a

diferencia de las lámparas fluorescentes

- Son reciclables
- La luz del LED es mucho más nítida y brillante, estando en iguales condiciones de luminosidad que los otros tipos de lámparas
- La degradación de la intensidad de la luz en el transcurso de su vida útil es más lenta que en los halogenuros y las lámparas fluorescentes [10].

Luminarias

Ópticamente las luminarias tienen la función de controlar y distribuir la luz emitida por la lámpara además de las características ópticas, estas deben cuidar la forma y la distribución de la luz. Los materiales de esta deben facilitar la instalación y mantenimiento de estas. Una de las funciones principales de las luminarias, es la protección de la lámpara y en ningún momento constituirse en un peligro para la ciudadanía.

Tabla 1.2. Características de los tipos de luminarias

TIPO LAMP	COLOR	TEMPERATURA COLOR (°K)	REPRODUCCION DE COLOR	VIDA UTIL (horas)
Sodio de alta presión	Blanco amarillo	2000-2500	Ra 25 - Ra 80	8000-12000
Mercurio de alta presión	Blanco	4000	Ra 45	16000
LED's	Diferentes blancos	3200-5500	Ra 60-70	100000

Fuente: [2]

1.4.4 Alumbrado público.

Es el servicio público se encarga de la iluminación de vías públicas, parques y otros espacios de libre circulación. Su función principal es la de proporcionar la visibilidad necesaria para el desarrollo de todo tipo de actividades. Las lámparas más utilizadas en el alumbrado público son las de sodio y mercurio de alta y baja presión [11].

1.4.5 Objetivos del alumbrado público

Para cumplir este propósito el sistema de iluminación vial debe cumplir tanto aspectos cuantitativos como cualitativos que permitan una rápida y confortable visibilidad en las condiciones medio ambientales más adversas. Incrementa la seguridad individual y colectiva en las vías [11].

- Proporcionar confort y tranquilidad
- Proporcionar a los transeúntes seguridad y comodidad
- Permitir a los transeúntes una clara visualización de bordes, geometría, obstáculos y superficie de la vía que están transitando
- Disminuir la accidentalidad vial
- Contribuir a detener o disminuir las acciones vandálicas
- Producir un sistema de iluminación ahorrador de energía de fácil mantenimiento y económico [11].

1.4.6 Criterios de diseño alumbrado público

Para elaborar un buen diseño del alumbrado público se deben tener en cuenta una serie de factores como lo son la visibilidad, factores económicos, estéticos, ambientales y características técnicas de los equipos [12].

El proceso para elaborar un buen diseño de alumbrado público cuenta con los siguientes pasos:

- Clasificación de la vía a iluminar
- Selección de los valores en iluminación
- Selección de la luminaria y fuente de luz
- Selección del arreglo geométrico y cálculos [12]

1.4.7 Clasificación de la vía a iluminar

Las vías cuentan con una clasificación de acuerdo con la función de la vía, densidad, complejidad, separación, altura, alta velocidad, sentido de circulación etc. Las principales características de las vías son la velocidad de circulación y en número de vehículos [12].

1.4.8 Selección de la luminaria y fuente de luz

Actualmente la fuente de luz más utilizada para el alumbrado público es la de sodio de alta presión debido a su eficiencia lumínica. Para garantizar una buena selección de la luminaria y fuente de luz se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Fotométricos: la lámpara debe tener una buena distribución del flujo luminoso, Ser eficiente y controlar el deslumbramiento [12].

Eléctricos y mecánicos: en lo posible las lámparas deben ser de fácil mantenimiento e inhalación, deben mantener dentro de sus límites la temperatura de los elementos eléctricos internos, tener en su interior un terminal que facilite su conexión a tierra, deben ser seguras y servir de soporte y conexión a los demás elementos que se encuentran alojados en su interior [12].

Estéticos: en cualquier estado que se encuentre, encendida o apagada, esta debe integrarse con el entorno que la rodea y crear un mejor ambiente [12].

1.4.9 Selección del arreglo geométrico

Dependiendo del ancho de la vía a iluminar se debe escoger el arreglo geométrico de la iluminación de estas, para esto existen unos parámetros:

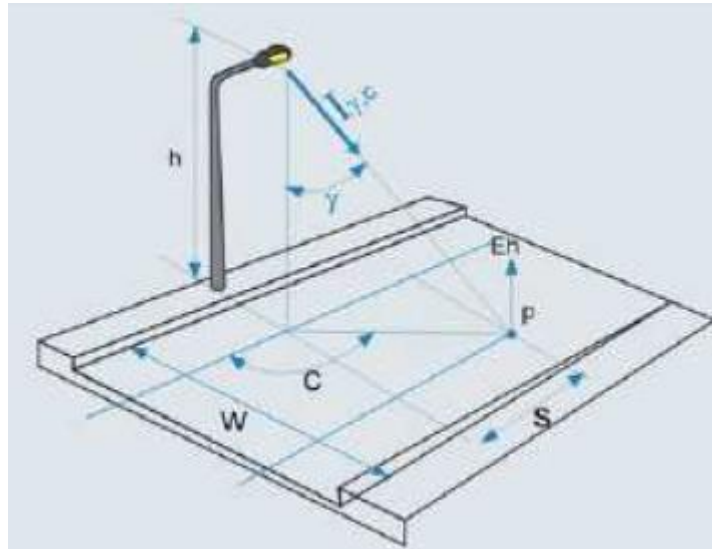


Figura 1.5. Parámetros de la luminaria y la vía.

Fuente [12]

Unilateral se usa cuando la altura de la lámpara supera el ancho de la vía. Es decir que el ancho de la vía es inferior al alto de la instalación de la lámpara. ($W < h$) [12].

Central Doble es recomendable su uso cuando se presentan vías dobles con separador en el medio, el cual no debe ser menor a 1.5m [12].

Bilateral Alternada es muy usada cuando el ancho de la vía es ligeramente superior que la altura de montaje de la luminaria ($W > h$) [12].

Bilateral opuesta es muy usada cuando el ancho de la vía es mucho más grande que la altura de montaje de la luminaria ($W \gg h$) [12].

1.4.10 Disposiciones específicas

Algunas veces las vías se encuentran dispuestas de 4 o más carriles con separaciones. En estos casos la disposición de la luminaria se hace como una mezcla de las anteriormente mencionadas, uno de los casos más usuales es el de 4 carriles en el cual se utiliza la disposición doble centro doble, que quiere decir que se utiliza la disposición central doble para 2 carriles [12].

Otra forma muy eficiente para vías de cuatro calzadas es utilizar una distribución central sencilla para las calzadas centrales y una distribución bilateral alternada en conjunto con las centrales, para los carriles externos [12].

En curvas: se debe reforzar la iluminación disminuyendo la distancia entre las luminarias. Por lo general las luminarias se colocan del lado exterior de la curva siendo la distancia entre las luminarias el 70% de la distancia obtenida en el tramo recto, si la curva es de radio pequeño (curva cerrada) la distancia entre las luminarias es del 50% de la distancia obtenida en el tramo recto [12].

En cruces: La colocación de la luminaria debe ser tal que permita al conductor percibir por contraste sobre la zona iluminada o luminosa todo obstáculo [12].

Por ejemplo, en un cruce peatonal la luminaria debe ubicarse después del cruce para que haya contraste entre el cuerpo no iluminado del peatón y el fondo o vía iluminada [12].

Igualmente se debe tener en cuenta que el conductor encuentre delante de su trayectoria una luminaria a la entrada a la otra vía [12].

El nivel de Iluminancia debe ser mayor a los niveles de las vías por lo menos igual a la suma de estos [12].

Glorietas: Si la zona verde central es pequeña con colocar una luminaria en el centro a gran altura (12 a 16 m) es suficiente, es conveniente sembrar arbustos para crear contraste. Para cada vía concurrente se debe colocar una luminaria frente a su trayectoria y se complementa con la iluminación del lado exterior de la glorieta y las vías por las cuales el automovilista abandona la glorieta [12].

Cuando las glorietas son de cuatro entradas, como es el caso de Colombia, el cálculo de las luminarias a utilizar se hace de igual manera que si tuviéramos 3 entradas [12].

1.4.11 Cálculo de la iluminancia promedio de una vía

Existen variados métodos que facilitan el cálculo de la luminancia promedio en una vía. Ente ellos se encuentran los siguientes:

Cálculo de la iluminancia punto a punto

Este método permite conocer la luminancia en puntos concretos y es de suma importancia ya que permite conocer la distribución de la iluminación en las instalaciones [2].

$$E_m = \frac{\sum E}{N} \quad (1.1)$$

Donde:

E_m = Iluminancia promedio

E = dato de iluminancia promedio por punto

N = número total de datos obtenidos [2].

Cálculo de iluminancia por el método de los lúmenes o coeficiente de utilización

Este método consiste en calcular la distancia óptima entre dos postes que soportan las luminarias con el fin de que el nivel de luminancia media esté garantizado [2].

Método europeo de los 9 puntos:

Este método consiste en el cálculo de la iluminación media de una vía por medio de la iluminación puntual en 9 puntos seleccionados dentro de la misma [2].

A su vez, con el transcurso del tiempo y de los avances de la tecnología se han creado diversos software que facilitan la realización de los cálculos de luminancia en las vías, el software más reconocido en el medio es DIALux [2].

En el desarrollo del proyecto se realizarán los cálculos de iluminación con el programa DIALux aplicado a varios tipos de vías [2].

1.4.12 Herramientas de cálculo

Debido a la poca practicidad de la elaboración de los cálculos manuales se desarrolló en Alemania un software que facilita el desarrollo de estos cálculos. Se trata de un programa que permite simular todo tipo de proyecto de iluminación ya sea interior o exterior.

DIALUX

DIALux es un software que permite realizar cálculos y visualizaciones de proyectos de iluminación, este programa gratuito, permite realizar análisis cuantitativos rápidos y sin problemas de un proyecto, tiene un funcionamiento sencillo y permite visualizar en tercera dimensión los proyectos simulados, permite a su vez la visualización de la distribución de intensidad luminosa, este programa es usado por el Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada [13].

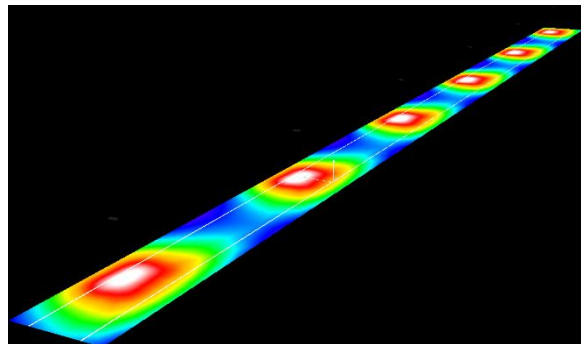


Figura 1.6. Vista de colores falsos con disposición unilateral en Dialux

Fuente: [Autor DIALux]

Hasta hace unos pocos años los métodos manuales fueron altamente usados, pero después de la creación de estas valiosísimas herramientas de cálculo de iluminación los métodos manuales fueron desplazados. Por esta razón los cálculos del proyecto serán realizados por medio de DIALux, las características fotométricas calculadas en DIALux son las siguientes:

Flujo Luminoso (Φ) Es la cantidad de energía percibida en forma de luz irradiada, por segundo, por una fuente luminosa, su unidad de medición es el lumen (lm) [14].

Ángulo sólido El haz luminoso de una fuente de luz se extiende hasta proyectarse en una superficie, si la fuente de luz es considerada como un punto y se proyectan las rectas que bordean la superficie, el ángulo espacial limitado por las mismas es llamado ángulo sólido, entonces

podría decirse que un haz luminoso emitido de una fuente de luz abarca un ángulo sólido [14].

Intensidad luminosa (I) De manera técnica, la intensidad luminosa se define como el flujo luminoso sobre el ángulo sólido cuando este se aproxima a cero, de manera más simple, es el flujo luminoso de una fuente en una dirección determinada, su unidad de medición es la candela (cd) [14].

Luminancia (L) Es la intensidad luminosa que atraviesa o impacta una superficie en una dirección determinada, esto quiere decir que si dos fuentes de luz tienen la misma intensidad luminosa, la que tenga menor área será percibida como más brillante, se mide en candelas por metro cuadrado (cd/m²) [14].

Iluminancia (E) Corresponde al flujo luminoso que incide sobre una superficie, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1.2)$$

Donde S es el área de la superficie.

La unidad de medida por el sistema internacional (SI) es el lux (lx); en sistema imperial se utiliza el pie-candela, un lux está definido como la iluminación uniforme producida por 1 lm sobre 1 m² [14].

Eficacia luminosa Es el flujo luminoso emitido por cada potencia consumida por la lámpara, se calcula como flujo luminoso sobre potencia (lm/w) [14].

1.4.13 Equipo de medición

Luxómetro.

El luxómetro tiene como función principal la medición de la intensidad de la luz en diferentes ámbitos tales como la industria, aulas de clase, talleres, vías etc. Su funcionamiento consta de una celda fotoeléctrica que bajo el estímulo de la luz genera una corriente eléctrica que es medida en miliamperios [2].



Figura 1.7. Fotografía de luxómetro digital

Fuente: [Autor]

1.4.14 Proyecto Paccha

En el cantón Atahualpa, en el centro geográfico de la provincia de El oro, se encuentra la parroquia Paccha, se llama así en nombre a la madre del inca Atahualpa, la princesa quiteña Paccha Duchicela. En Paccha se ha dado a lugar a la riqueza arqueológica que posee Atahualpa, muestra de ello son los vestigios en Yacuviñay, lo que ha despertado el interés de turistas nacionales y extranjeros.



Figura 1.8. Fotografía de las ruinas de Yacuviniay en Paccha

Fuente: [Autor]

Por esta razón se busca realizar una regeneración en la zona comercial del centro de Paccha, por medio del soterramiento del alimentador monofásico que cruza por las calles Número 1, 10 de Agosto, y 25 de Diciembre. Además, se planteó analizar los beneficios al rediseñar la red de alumbrado público de las mismas calles utilizando luminarias LED, para dar un mejor aspecto a esta zona, con una iluminación más uniforme y una mejor reproducción cromática.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En esta sección se describe la formulación de las diferentes alternativas de solución del problema, la descripción y selección de la mejor alternativa, el diseño conceptual y la metodología de diseño a seguir. El estudio que vamos a realizar en el proyecto Paccha del área de CNEL EP, nos va a ayudar a desarrollar una guía que cumpla con los requisitos del MEER, el RTE – 069 “Alumbrado Público”, las normas CIE 140-2000 y las regulaciones del ARCONEL regulación No 006/18, para esto vamos a realizar simulaciones utilizando el software DIALux con los datos reales y de campo con la finalidad de verificar que esta información luminotécnica simulada se asemeja a la realidad.

2.1 Comparación de simulación y mediciones de campo de iluminancia promedio

En esta sección vamos a realizar una simulación con la finalidad de poder verificar con datos reales de campo que los valores simulados y reales de la iluminancia promedio sean lo más aproximados, en este caso con un estudio de una vía pre-existente.

2.1.1 Método para determinar los puntos de medición en la vía

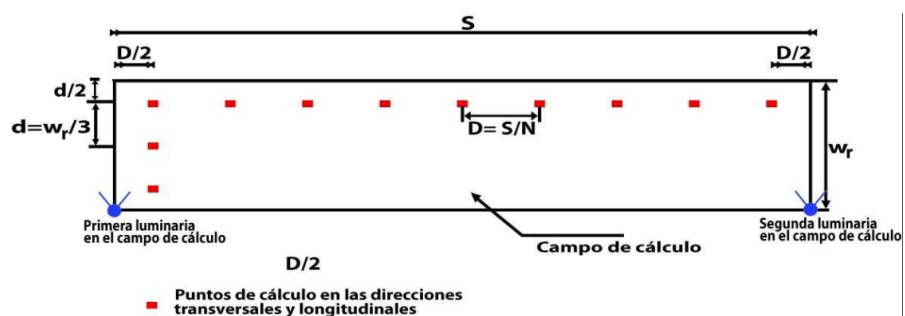


Figura 2.1. Malla para medición de iluminancia

Fuente: [15]

En la Figura 2.1 los círculos representan los puntos que se deben medir con el luxómetro los mismos que estarán espaciados de manera uniforme en dirección longitudinal, esto se determina con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{S}{N} \quad (2.1)$$

Donde:

D= espaciamento entre los puntos en la dirección longitudinal (m)

S= espaciamento entre luminarias (m)

N= número de puntos de cálculo en dirección longitudinal

Se toma en cuenta 2 restricciones;

$S \leq 30 [m]$ entonces $N = 10$

$S \geq 30 [m]$ el entero menor que resulte de la relación

$$N = \frac{S}{3} \quad (2.2)$$

La primera fila se encuentra a una distancia $\frac{D}{2}$ después de la primera luminaria

$$\frac{D}{2} \quad (2.3)$$

En dirección transversal se consideran tres puntos según el ancho de la calzada, [15] [16].

$$d = \frac{Wr}{3} \quad (2.4)$$

Donde:

d= espaciamento entre los puntos en la dirección transversal [m]

Wr= ancho de la calzada del área [15] [16].

2.1.2 Simulación en DIALux de ciclovía ESPOL

Datos para realizar la simulación:

Tabla 2.1. Perfil de la vía pública

Ciclovia ESPOL	Anchura
Camino peatonal 1	0.73 [m]
Camino para bicicletas 1	3.4 [m]
Camino peatonal 2	1.5 [m]

Fuente: [Autor]

La Tabla 2.1 se refiere a los datos de ancho de vía.

Tabla 2.2. Datos para Disposición de calle

Altura de poste	7[m]
Vano	28[m]
Altura del punto de luz	6.8[m]
Longitud del brazo	1.2[m]
Saliente sobre la calzada	0.7[m]
Distancia mástil-calzada	0.5[m]

Fuente: [Autor]

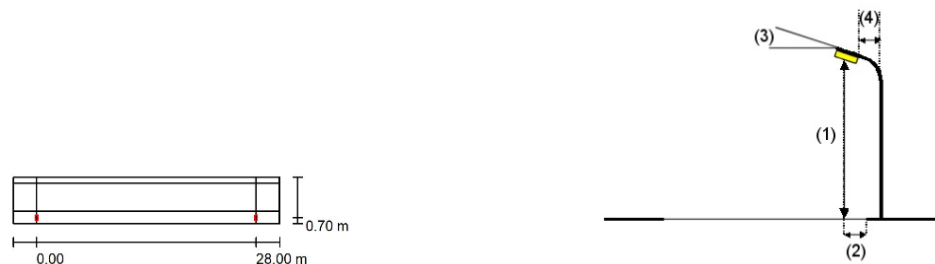


Figura 2.2. Disposiciones de las luminarias

Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 2.2 nos muestra la distancia del vano, (1) la altura del montaje, (2) la saliente sobre la calzada, (3) inclinación del brazo y (4) longitud del brazo.

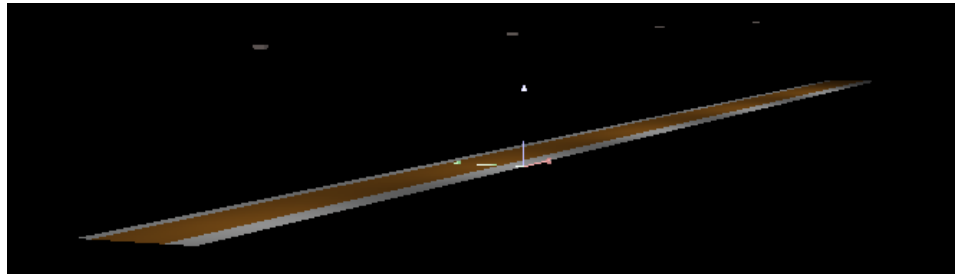


Figura 2.3. Vista en 3D de la vía simulada

Fuente [Autor DIALux]

La Figura 2.3 nos muestra una vista en 3D de la ciclovía que fue simulada.

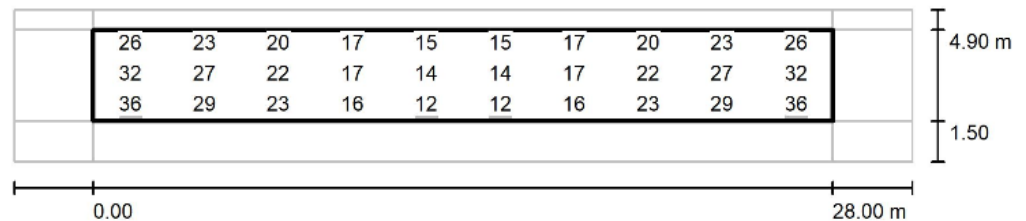


Figura 2.4. Simulación en DIALux puntos de medición de iluminancia

Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 2.4 nos muestra los puntos de medición de iluminancia para la ciclovía ESPOL con luminarias LED de 90W.

Esta simulación nos muestra la iluminancia promedio $E_{m-simulado} = 22[lx]$.

2.1.3 Medición de iluminancia promedio en ciclovía ESPOL

Los datos que serán tomados aquí se los realizará con el uso del instrumento luxómetro proporcionado por CNEL EP.

Datos calculados para colocar los puntos en la vía

$$N = 10$$

$$D = \frac{28}{10} = 2.8 [m]$$

$$\frac{D}{2} = \frac{2.8}{2} = 1.4 [m]$$

$$Wr = 0.73 + 3.40 + 1.50 = 1.87[m]$$

$$d = \frac{5.63}{3} = 1.87 [m]$$

$$\frac{d}{2} = \frac{1.87}{2} = 0.935 [m]$$

Tabla 2.3. Datos proporcionados por el luxómetro

31.2	27.8	19.6	12.8	7.1	6.2	11.8	20.5	27.5	32.1
36.6	28.8	21.1	11.7	7.4	6.8	11.5	19.5	29.5	39.4
32.7	27.2	14.9	9.2	5.8	6.3	8.8	15.8	28.6	30.2

Fuente: [Autor]

Cálculo de la Iluminancia promedio:

Para realizar el cálculo de la iluminancia promedio utilizaremos la ecuación (1.1).

$$E_m = \frac{31.2 + 27.8 + 19.6 + 12.8 + 7.1 + 6.2 + 11.8 + 20.5 + 27.5 + 32.1 + 36.6 + 28.8 + 21.1 + 11.7 + 7.4 + 6.8 + 11.5 + 19.5 + 29.5 + 39.4 + 32.7 + 27.2 + 14.9 + 9.2 + 5.8 + 6.3 + 8.8 + 15.8 + 28.6 + 30.2}{30}$$

$$E_{m-real} = 19.65 [lx]$$

Los datos tomados en el campo se asemejan a los datos tomados en el DIALux.

$$E_{m-simulado} = 22 [lx]$$

$$E_{m-real} = 19.65 [lx]$$

2.2 Levantamiento eléctrico de Paccha, calle 1, calle 10 de Agosto, calle 25 de Diciembre

Es necesario tener conocimiento de la situación actual en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre de la parroquia Paccha ubicada en el cantón Atahualpa de la provincia de El Oro, donde existe un alimentador monofásico que energizan los transformadores de distribución tipo tanque

7.96 KV / 240 V, con conductor de aluminio desnudo ACSR 2 en la fase y conductor de aluminio desnudo ACSR 4 en el neutro. Además, existen redes aéreas convencionales que cubren la alimentación de los abonados residenciales y comerciales ubicados en estas calles, con configuración de una fase tres conductores, los conductores son de aluminio desnudo ACSR 4 tanto para las fases como en el neutro.

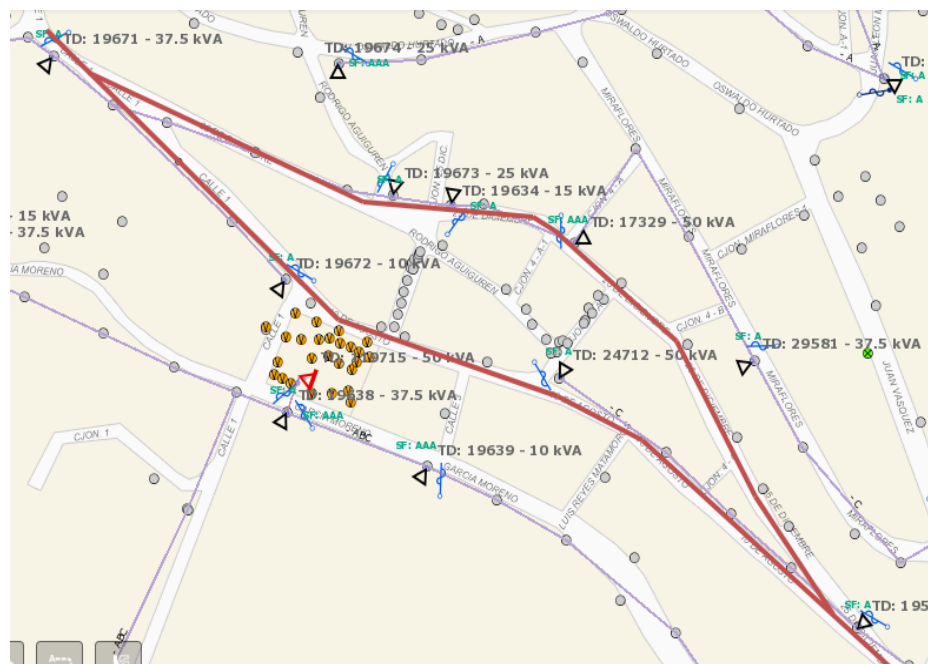


Figura 2.5. Captura del Geoportal de CNEL EL en la zona a trabajar
Fuente: [17]

Al realizar el levantamiento eléctrico de las calles del centro de Paccha se obtuvo la siguiente tabla donde se indican los elementos de la red eléctrica y las características de estos.

Tabla 2.4. Elementos de la red eléctrica en las calles del centro de Paccha

Levantamiento en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre de Paccha		
Transformadores de distribución tipo tanque	10 KVA	1
	15 KVA	1
	25 KVA	1
	37,5 KVA	2
	50 KVA	2
Puntos de carga (Residenciales Comerciales)	1,76 KW	120
Postes de hormigón armado	10 m	24

Fuente: [Autor]

Utilizando los datos tomados del Geoportal, el plano de la ciudad y las visitas a Paccha, se puede apreciar la topología de la red eléctrica de los sistemas de media tensión y baja tensión, con lo que se indican las distancias entre los postes existentes.

Tabla 2.5. Distancia entre los postes de la red de distribución del centro de Paccha en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre.

Desde Poste #	Hasta Poste #	Distancia [m]
178.672	178.521	57.8
178.521	178.523	42.0
178.523	178.524	43.4
178.524	178.582	20.7
178.582	178.525	26.5
178.525	178.581	14.9
178.581	178.577	43.3
178.577	178.578	27.8
178.578	178.579	38.6
178.579	178.580	44.8
178.580	762.905	24.0
762.905	408.503	18.6
408.503	178.612	80.1
178.612	178.614	29.0
178.614	178.615	39.4
178.615	178.616	35.7
178.616	178.617	57.8
178.617	178.618	33.0
178.618	178.619	38.5
178.619	178.538	11.7
178.538	178.663	47.5
178.663	178.662	34.7
178.662	178.661	72.7
178.661	178.672	34.0

Fuente: [Autor]

2.3 Levantamiento de la información del sistema de alumbrado público actual de Paccha, calle 1, calle 10 de Agosto, calle 25 de Diciembre

Entre los objetivos del proyecto está analizar el cambio obtenido con la implementación de las nuevas tecnologías LED en alumbrado público, para esto es necesario tener conocimiento del estado actual de la red de alumbrado público en el sector de estudio. Para esto se realizó una visita de campo en la parroquia de Paccha en el cantón Atahualpa de la provincia de El Oro, donde se constataron el tipo de luminarias instaladas en las calles de estudio además de, los conductores para la alimentación de estas.



Figura 2.6. Fotografía de luminarias instaladas en poste de hormigón en la intersección de las calles 10 de Agosto y 25 de Diciembre de Paccha

Fuente: [Autor]

Al realizar el levantamiento de la información de la red de alumbrado público de las calles del centro de Paccha se obtuvo la siguiente tabla donde se indican los elementos de la red y las características de estos.

Tabla 2.6. Elementos de la red de alumbrado público en las calles del centro de Paccha

Levantamiento en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre de Paccha		
Luminarias de sodio de alta presión tipo cobra	250 W	26
	150 W	3
	100 W	1

Fuente: [Autor]

Es necesario indicar que uno de los problemas observados de la red de alumbrado público actual de Paccha, es la instalación de luminarias en las fachadas de las casas, en algunos tramos de la vía pública donde no había postes cercanos para la correcta instalación de dichas luminarias, esto es un problema debido a que, da mal aspecto visual, y puede ocasionar el malestar de los abonados cuyas fachadas están siendo afectadas.



Figura 2.7. Fotografía de luminaria instalada en la terraza de uno de los abonados en la calle 25 de Diciembre de Paccha

Fuente: [Autor]

2.4 Cálculo del consumo eléctrico de la red de alumbrado público en el sector de estudio

EL consumo total de la red de alumbrado público en las calles del centro se Paccha, se lo calcula en función del número total de luminarias, el consumo de cada una de ellas y las pérdidas de estas. Para este cálculo se toma en cuenta también la premisa de que las luminarias funcionan y permanecen encendidas toda la noche, aproximadamente 12 horas.

Las pérdidas de los balastos en las luminarias de sodio de alta presión de 2050 W son 21 W.

$$E (KWh) = [P (KW) + L (KW)] * N * T (h) \quad (2.5)$$

Donde:

E = Energía eléctrica en kilovatios horas

P = Potencia nominal de las luminarias en kilovatios

L = Pérdidas en los balastos de las luminarias en kilovatios

N = Número de luminarias utilizadas

T = Tiempo de utilización en horas

Con estos datos se procedió a calcular la energía total consumida en un año por la red de alumbrado público de las calles del centro de Paccha.

$$E (KWh) = [0.25 (KW) + 0.021 (KW)] * 30 * 4380 (h)$$

$$E = 32.941,98 (KWh)$$

2.5 Características fotométricas de Alumbrado público en el sector de estudio

Para determinar las características fotométricas de la red de alumbrado público, es necesario conocer la disposición geométrica de las luminarias colocadas en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre del centro de Paccha.

2.5.1 Datos para realizar la simulación:

Tabla 2.7. Perfil de la vía pública Paccha

Vía pública	Anchura
Camino peatonal 1	1 [m]
Calzada	6 [m]
Camino peatonal 2	1 [m]

Fuente: [Autor]

La Tabla 2.7 se refiere a los datos de ancho de vía.

Tabla 2.8. Datos para Disposición de calle

Altura de poste	7[m]
Vano	26.20[m]
Altura del punto de luz	6.8[m]
Longitud del brazo	1.5[m]
Saliente sobre la calzada	1.0[m]
Distancia mástil-calzada	0.5[m]
Inclinación del brazo	0°

Fuente [Autor]

La metodología que se utilizara para los cálculos la podemos encontrar en la sección (2.1.1).

2.5.2 Datos calculados para colocar los puntos en la vía:

$$N = 10$$

$$D = \frac{26.20}{10} = 2.6 [m]$$

$$\frac{D}{2} = \frac{2.6}{2} = 1.3 [m]$$

$$Wr = 1 + 6 + 1 = 1.87[m]$$

$$d = \frac{8}{3} = 2.66 [m]$$

$$\frac{d}{2} = \frac{2.66}{2} = 1.33 [m]$$

2.5.3 Tabla de Datos proporcionados por el luxómetro:

Tabla 2.9. Datos tomados con el luxómetro Paccha

44.1	40.7	16.9	8.9	4.8	4.3	5.8	10.9	22.5	40.7
63.4	45.6	21.5	10	4.9	4.6	7.3	14.2	30.7	55.8
68.8	48.9	19.8	10.6	5.5	5.3	8.9	16.6	41.8	71.5

Fuente: [Autor]

2.5.4 Cálculo de la Iluminancia promedio:

Para realizar el cálculo de la iluminancia promedio utilizaremos la ecuación (1.1).

$$E_m = \frac{44.1 + 40.7 + 16.9 + 8.9 + 4.8 + 4.3 + 5.8 + 10.9 + 22.5 + 40.7 + 63.4 + 45.6 + 21.5 + 10 + 4.9 + 4.6 + 7.3 + 14.2 + 30.7 + 55.8 + 68.8 + 48.9 + 19.8 + 10.6 + 5.5 + 5.3 + 8.9 + 16.6 + 41.8 + 71.5}{30}$$

$$E_{m-real} = 25.17 [lx]$$

Los datos tomados en el campo se asemejan a los datos tomados en el Dialux.

$$E_{m-simulado} = 25 [lx]$$

$$E_{m-real} = 25.17 [lx]$$

2.6 Simulación del estado actual de alumbrado público en el sector de estudio

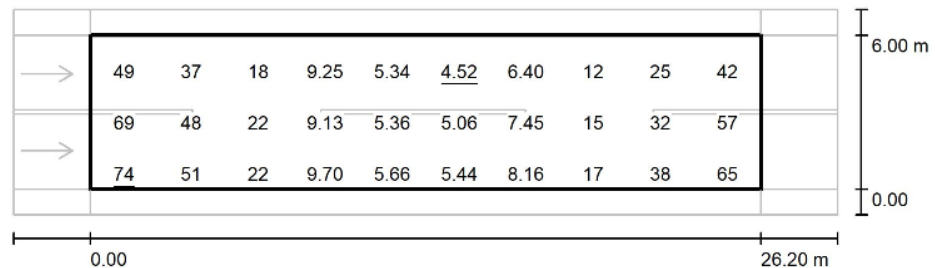


Figura 2.8. Simulación en DIALux puntos de medición de iluminancia para 250W sodio

Fuente: [Autor DIALux]

La iluminancia promedio dada en los resultados de la simulación es:

$$E_{m-simulado} = 25[Lx]$$

Los datos tomados en el campo se asemejan a los datos tomados en el DIALux.

$$E_{m-simulado} = 25[Lx]$$

$$E_{m-real} = 25.17[Lx]$$

La luminaria que se usa en la simulación American Electric Lighting 250W sodio, archivo que nos da datos del fabricante ya establecidos, y a continuación se muestran los datos que fueron recopilados del sector de estudio.

Los datos utilizados aquí los podemos encontrar en la sección (2.5.1) ya que no varían de los datos tomados para el cálculo de la iluminancia promedio.

La Tabla 2.7 describe los datos de ancho de la vía de estudio para el proyecto Paccha, los mismos que no varían para las futuras simulaciones.

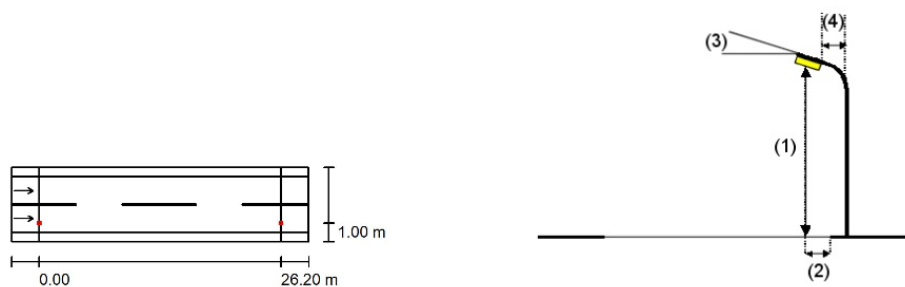


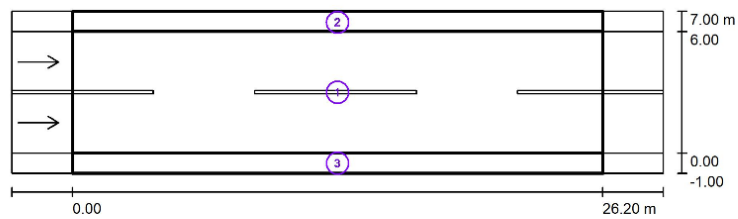
Figura 2.9. Disposiciones de las luminarias para 250W sodio

Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 2.9 nos muestra datos actuales de las disposiciones de las luminarias, la distancia del vano que es de 26.20 [m], (1) la altura del montaje de 7 [m], (2) la saliente sobre la calzada de 1 [m], (3) inclinación del brazo y (4), longitud del brazo de 1.5 [m], la organización actual es unilateral.

Esta simulación es realizada con datos pre-existentes, en donde usamos como tipo de vía M2, cumpliendo solo ciertos parámetros fotométricos del MEER, Relación de alrededor ≥ 0.5 , Incremento del umbral ≤ 10 , y los requerimientos que no se cumplieron fueron los de luminancia media, uniformidad general, uniformidad longitudinal, datos que serán mostrados en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Resultados luminotécnicos de luminaria Na 250W



Factor mantenimiento: 0.75

Escala 1:231

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 26.200 m, Anchura: 6.000 m
 Trama: 10 x 6 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME2

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.12	0.28	0.26	4	0.77
Valores de consigna según clase:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	X	X	X	✓	✓

Fuente: [Autor DIALux]

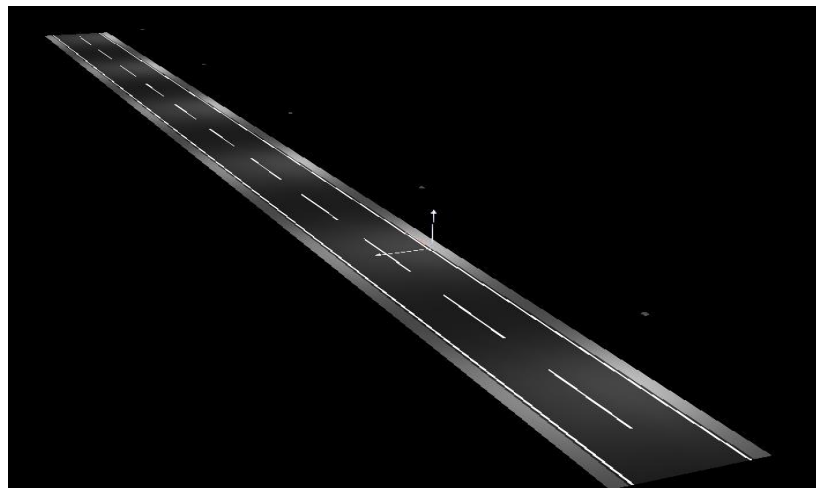


Figura 2.10. Vía en 3D con luminaria sodio de 250W

Fuente: [Autor DIALux]

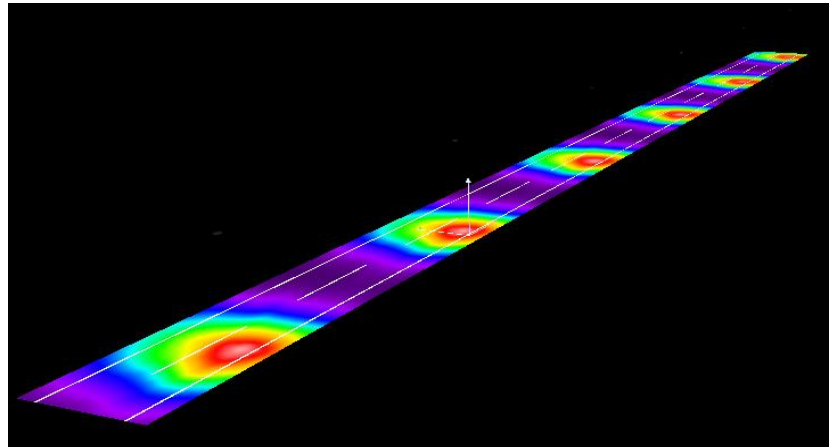











Figura 2.11. Vía en 3D con colores falsos de la luminaria sodio de 250W

Fuente: [Autor DIALux]

En la Figura 2.11 se puede visualizar que según los colores mostrados la vía no está bien iluminada haciendo el efecto cebra ya que el color morado que predomina en la vía es de tan solo 10 luxes, que se puede verificar en la Tabla 2.11 de colores falsos.

Tabla 2.11. Colores falsos con datos en luxes [lx]

	80.00	lx
	70.00	lx
	60.00	lx
	50.00	lx
	40.00	lx
	30.00	lx
	20.00	lx
	10.00	lx
	0.00	lx

Fuente: [Autor DIALux]

2.7 Simulaciones de la red de alumbrado público en el sector de estudio con luminarias LED

En estas simulaciones vamos a tomar dos posibles diseños para el desarrollo de los resultados que se desean, con luminarias que se encuentran en la bodega de CNEL EP a disposición y para uso exclusivo de proyectos.

2.7.1 Simulación con luminarias LED de 150 W

La luminaria que se usa en la simulación es Sylvania 150 W Shark LED, archivo que nos da datos del fabricante ya establecidos, y a continuación se muestran los datos que fueron recopilados del sector de estudio.

Datos para realizar la simulación:

Tabla 2.12. Perfil de la vía pública Paccha

Vía pública	Anchura
Camino peatonal 1	1 [m]
Calzada	6 [m]
Camino peatonal 2	1 [m]

Fuente: [Autor]

La Tabla 2.12 se refiere a los datos de ancho de vía.

Tabla 2.13. Datos para Disposición de calle

Altura de poste	7[m]
Vano	35[m]
Altura del punto de luz	6.8[m]
Longitud del brazo	1.5[m]
Saliente sobre la calzada	1.0[m]
Distancia mástil-calzada	0.5[m]
Inclinación del brazo	0°

Fuente: [Autor]

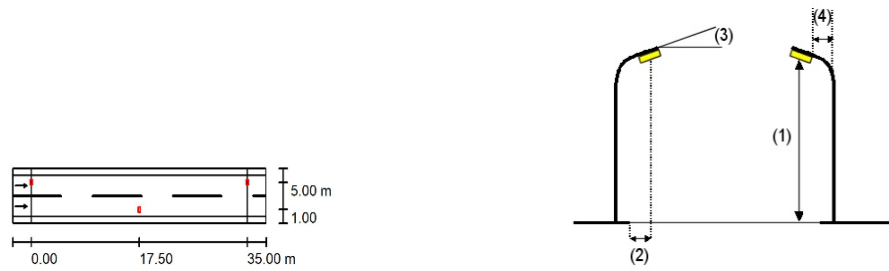
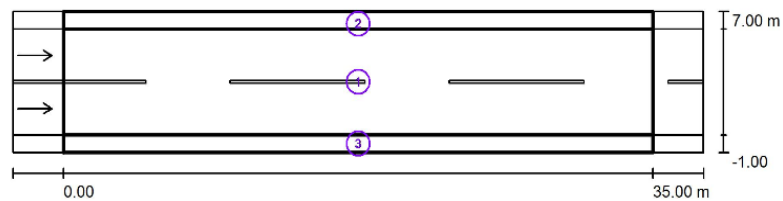


Figura 2.12. Disposiciones de las luminarias

Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 2.12 nos muestra la distancia del vano que es de 35 [m] lo mínimo requerido por el MEER, la altura del montaje de 7 [m], la saliente sobre la calzada de 1 [m], inclinación del brazo y longitud del brazo de 1.5 [m], la organización escogida en este caso bilateral desplazada. Los requerimientos fotométricos escogidos si se cumplen ya que están dentro de los parámetros del MEER. En este caso la vía escogida es M1, ya que nuestro sector de estudio es una zona comercial y requiere mayor iluminación para seguridad de los usuarios de la vía, cumpliendo con la iluminancia media $\geq 1.5 \text{ Cd/m}^2$, Uniformidad general $\geq 40\%$, Uniformidad longitudinal $\geq 70 \%$, Incremento del Umbral ≤ 10 , Relación de alrededor ≥ 0.5 , datos mostrados en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14. Resultados luminotécnicos de luminaria LED 150W



Factor mantenimiento: 0.89

Escala 1:294

Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 35.000 m, Anchura: 6.000 m
 Trama: 12 x 6 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME1

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m^2]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	4.45	0.65	0.71	9	0.60
Valores de consigna según clase:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: [Autor DIALux]

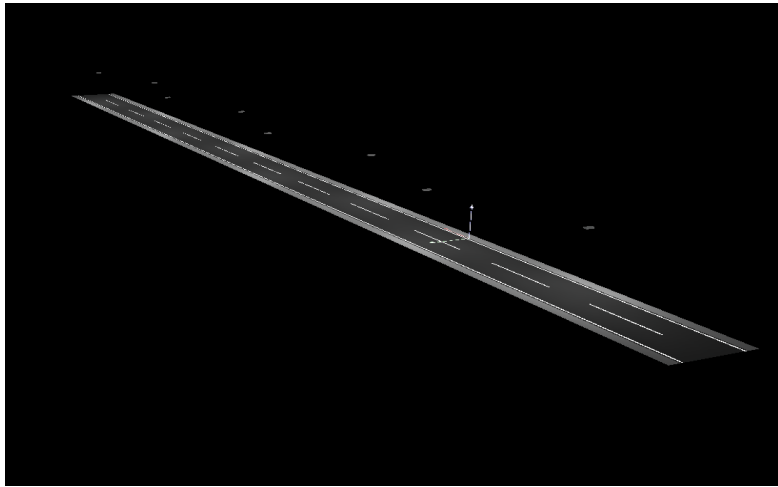


Figura 2.13. Vía en 3D con luminaria LED de 150 W

Fuente: [Autor DIALux]

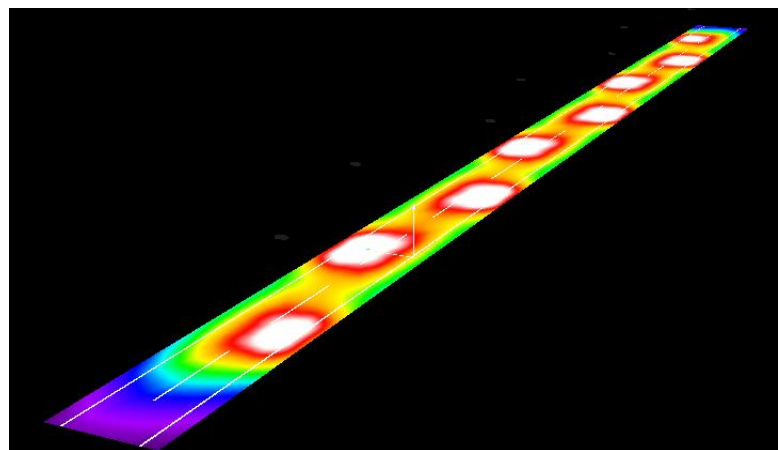


Figura 2.14. Vía en 3D con colores falsos de la luminaria LED 150 W

Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 2.14 nos permite visualizar según los colores la iluminancia en luxes mostrados en la Tabla 2.11, siendo muy clara la visualización de la iluminación en la vía.

2.7.2 Simulación con luminarias LED de 220 W

La luminaria que se usa en la simulación es Sylvania 220 W Shark LED, archivo que nos da datos del fabricante ya establecidos, y a continuación se muestran los datos que fueron recopilados del sector de estudio.

Datos para realizar la simulación:

Tabla 2.15. Perfil de la vía pública Paccha

Vía pública	Anchura
Camino peatonal 1	1 [m]
Calzada	6 [m]
Camino peatonal 2	1 [m]

Fuente: [Autor]

La Tabla 2.15 se refiere a los datos de ancho de vía.

Tabla 2.16. Datos para Disposición de calle

Altura de poste	9 [m]
Vano	25 [m]
Altura del punto de luz	8.82 [m]
Longitud del brazo	1.2 [m]
Saliente sobre la calzada	0.91 [m]
Distancia mástil-calzada	0.3 [m]
Inclinación del brazo	5°

Fuente: [Autor]



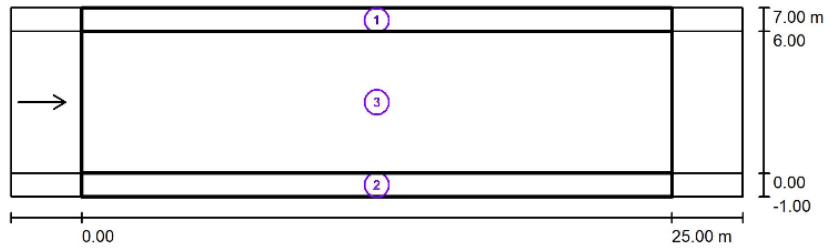
Figura 2.15. Disposiciones de las luminarias

Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 2.15 nos muestra la distancia del vano que es de 33[m], la altura del montaje de 9[m], la saliente sobre la calzada de 1[m], inclinación del brazo y longitud del brazo de 1.5 [m], la organización escogida en este caso unilateral arriba.

Los requerimientos fotométricos escogidos si se cumplen, ya que están dentro de los parámetros del MEER. En este caso la vía escogida es M2, ya que nuestro sector de estudio es una zona comercial y requiere mayor iluminación para seguridad de los usuarios de la vía, pero como en este sector se va a realizar una regeneración haciendo un soterramiento de la línea monofásica que alimenta las cargas, transformadores y alumbrado público al momento de realizar la obra civil tendrán que solo hacerlo en un lado de la vía, y la simulación cumple con la iluminancia media $\geq 1.5 \text{ Cd/m}^2$, Uniformidad general $\geq 40\%$, Uniformidad longitudinal $\geq 70\%$, Incremento del Umbral ≤ 10 , Relación de alrededor ≥ 0.5 , mostrado en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17. Resultados luminotécnicos de luminaria LED 220W



Factor mantenimiento: 0.89

Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 25.000 m, Anchura: 6.000 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME3a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	4.01	0.72	0.93	8	0.76
Valores de consigna según clase:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: [Autor DIALux]

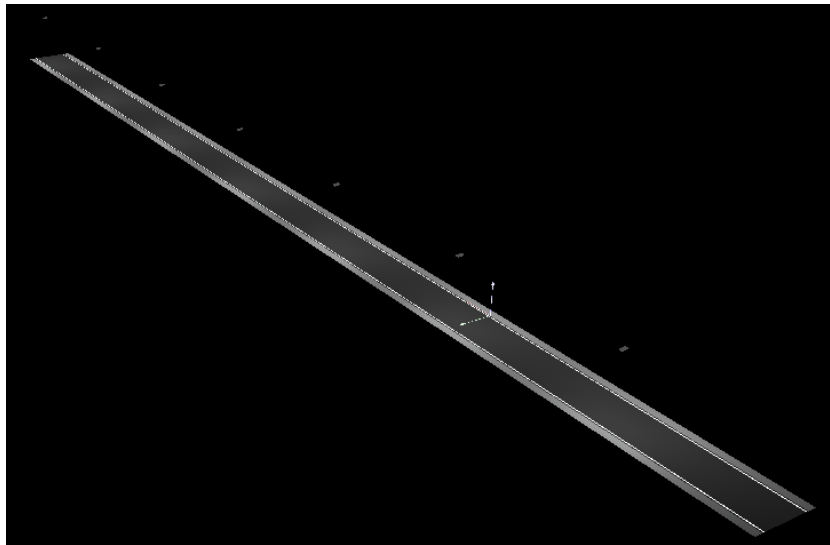


Figura 2.16. Vía en 3D con luminaria LED de 220W

Fuente: [Autor DIALux]

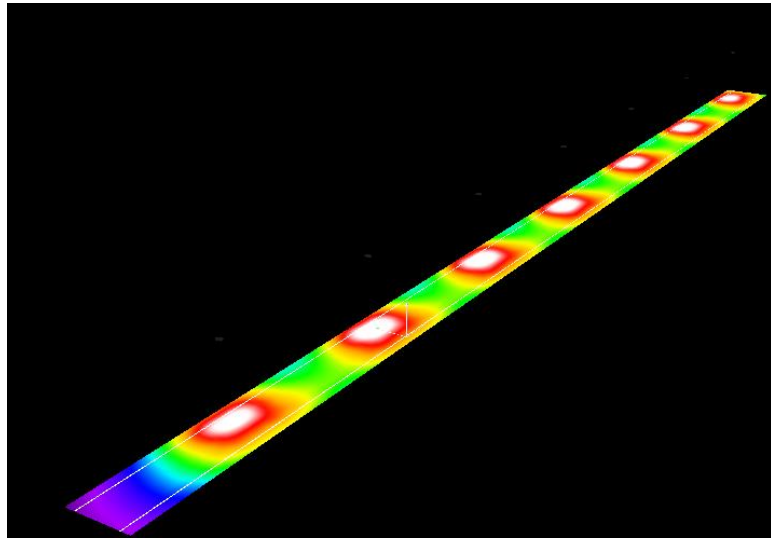


Figura 2.17. Vía en 3D con colores falsos de la luminaria LED de 220W
Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 2.17 nos permite visualizar según los colores la iluminancia en luxes mostrados en la Tabla 2.11, siendo clara la visualización de la iluminación en la vía no tanto como la bilateral, pero cumple con lo requerido por parte de la obra civil.

2.8 Cálculos de costo beneficio

A continuación, se presentan los cálculos del consumo energético del sistema actual, y los consumos proyectados para los diseños propuestos de sistemas con la nueva tecnología LED.

Tabla 2.18. Cálculo de los costos de potencia con los diferentes diseños

COSTOS DE POTENCIA						
DISEÑOS	Potencia unitaria (KW)	Luminarias (N)	Potencia (KW)	Pérdidas en los balastos (KW)	Costo de potencia (\$/KW)	Costo total de potencia (\$)
DISEÑO 1 Sodio 250W	0,25	30	7,5	0,021	8	60,168
DISEÑO 2 LED 150W	0,15	46	6,9	0		55,2
DISEÑO 3 LED 220W	0,22	33	7,26	0		58,08

Fuente: [Autor]

Para esto se consideraron las potencias nominales de cada tipo de luminaria, las pérdidas en los balastos y el costo de la potencia actual en el país.

Luego se procedió a calcular los consumos de energía eléctrica para cada diseño con los diferentes tipos de luminarias. Para esto se consideran las potencias totales calculadas previamente y los costos de energía en el país.

Tabla 2.19. Cálculo de los costos de energía con los diferentes diseños

COSTOS DE ENERGIA				
DISEÑOS	TIEMPO DE UTILIZACION (h/año)	CONSUMO DE ENERGIA (KW-h) al año	COSTO UNITARIO ENERGIA (\$/KW-h)/año	TOTAL COSTO CONSUMO DE ENERGIA (\$)/año
DISEÑO 1 Sodio 250W	4380	32941,98	0,093	3063,60
DISEÑO 2 LED 150W		30222		2810,64
DISEÑO 3 LED 220W		31798,8		2957,29

Fuente: [Autor]

Para el análisis de costo beneficio, es necesario también determinar la variación en la inversión inicial para cada diseño, para esto se deben considerar los elementos que varían para cada uno de los diseños comparados, los costos unitarios de cada elemento y la cantidad de unidades de cada uno de estos elementos.

Tabla 2.20. Cálculo de los costos de inversión inicial con los diferentes diseños

INVERSION INICIAL				
Elementos	Costo U \$	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3
Luminarias de sodio de 250W (Con Brazo)	205,01	30	0	0
Luminarias LED de 220W (Con brazo)	560	0	0	33
Luminarias LED de 150W (Con brazo)	440	0	46	0
Postes de 9m	509,59	0	0	33
Postes de 7m	421,12	30	46	0
Conductor 14 AWG	0,27	300	460	324
Fotocélula	6,84	30	46	33
Mano de obra	50,92	30	46	33
TOTAL \$		20597,7	42392,68	37290,03

Fuente: [Autor]

Una vez obtenidos los costos de demanda energética de la red de alumbrado público anual, con cada uno de los diseños para la red de alumbrado, y obtenidos los costos por mantenimiento de los diferentes tipos de luminarias, es posible calcular las proyecciones de los costos de energía y potencia para un periodo de 10 años, el cual es la garantía mínima que deben exigir las empresas distribuidoras públicas para la adquisición de luminarias LED para alumbrado público, calculando el valor actual neto (VAN) en este periodo.

Tabla 2.21. Cálculo de costos por mantenimientos anuales

COSTOS DE MANTENIMIENTO				
DISEÑOS	COSTO DIARIO (\$)	NUMERO DE DIAS UTILIZADOS	PERIODICIDAD ANUAL	TOTAL COSTO MANTENIMIENTO (\$)
DISEÑO 1 Sodio 250W	350	2	2	1400
DISEÑO 2 LED 150W	0	0	0	0
DISEÑO 3 LED 220W	0	0	0	0

Fuente: [Autor]

Tabla 2.22. Cálculo de las proyecciones de costos por generación de potencia y energía

VALOR ACTUAL NETO COSTOS GENERALES				
DIFERENTES DISEÑOS RED DE ALUMBRADO PÚBLICO	INTERES ANUAL (%)	NUMERO DE AÑOS	TOTAL COSTO PERDIDAS (\$)	VAN (\$)
DISEÑO 1 Sodio 250W	8	10	5223,77214	35051,93627
DISEÑO 2 LED 150W			2865,846	19230,05994
DISEÑO 3 LED 220W			3015,3684	20233,36741

Fuente: [Autor]

Al final, una vez obtenidas las proyecciones de costos de potencia y energía se pueden determinar los costos totales de inversión, incluyendo los costos por mantenimiento de los diferentes tipos de luminarias y el reemplazo de las luminarias a lo largo del periodo considerado (10 años), y el ahorro al final de este periodo.

Tabla 2.23. Cálculo de inversión total y ahorro para el periodo de 10 años

INVERSION TOTAL	
DISEÑOS DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO	VAN GENERAL + INVERSION INICIAL (\$)
DISEÑO 1 Sodio 250W	86401,1363
DISEÑO 2 LED 150W	61622,7399
DISEÑO 3 LED 220W	57523,3974

Fuente: [Autor]

2.9 Modelamiento de vivienda típica en el sector de estudio

Para poder estimar la potencia instalada en el área de estudio, las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre del centro de Paccha, se realizó un modelo de una carga residencial-comercial, para multiplicarlo por el número de cargas observadas en el levantamiento realizado en lugar de estudio, y obtener la carga total que deberá soportar la red de distribución.

En el modelamiento de vivienda típica se consideraron viviendas de dos plantas con circuitos de alumbrado y tomacorrientes generales en ambas plantas además de, circuitos especiales para calentadores de agua debido a que, la parroquia Paccha se encuentra en los límites de la región litoral y la región interandina, lo que da un clima frío durante el invierno, y por último se consideraron también circuitos especiales para refrigeradores ya que, casi todas las viviendas poseen comercios como mini mercados y restaurantes de comidas rápidas.

Utilizando todas estas consideraciones, y tomando en cuenta que en la zona de estudio también hay otros tipos de cargas más grandes como hoteles y empresas públicas, se ha estimado una demanda promedio por cada punto de carga de 1.76KW, y al multiplicarlo por el número de puntos de cargas observados en el levantamiento de la sección (2.2)

$$D[KW] = P[KW] * N \quad (2.6)$$
$$D = 1.76 * 120 = 211.2[KW]$$

Donde:

D = Demanda total por las cargas residenciales-comerciales en las calles de la zona de estudio

P = Potencia estimada promedio para puntos de cargas en la zona de estudio

N = Número de cargas residenciales-comerciales en la zona de estudio

CAPITULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis Económico

Para el análisis económico fue necesario realizar los cálculos de costo beneficio de la sección (2.8). Para esto se tomarán en cuenta los costos de la variación en la inversión inicial y el ahorro de energía determinado para diseño elaborado.

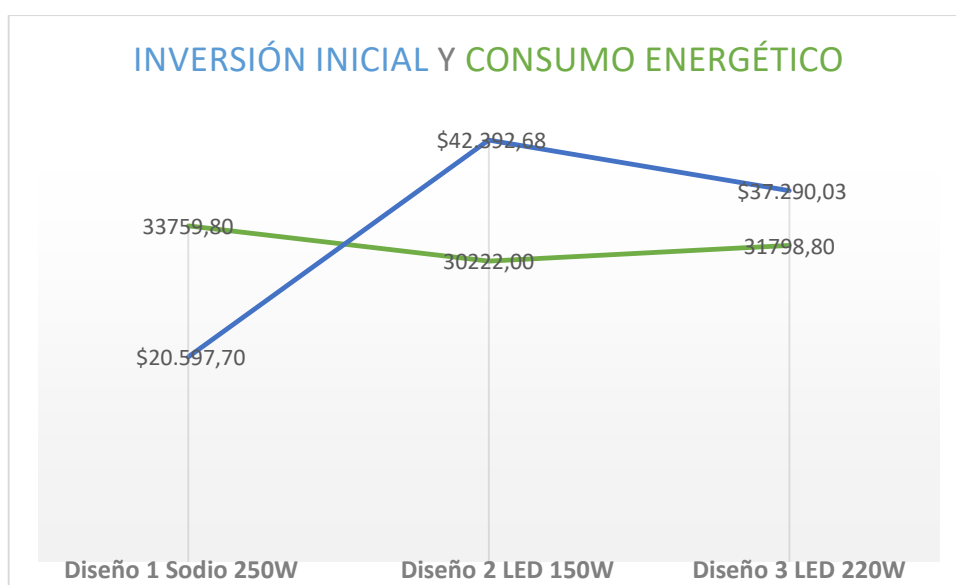


Figura 3.1. Gráfico de comparación de inversión inicial y consumo de energía anual de los diferentes diseños

Fuente: [Autor]

En la Figura 3.1 podemos observar las variaciones que producen los diferentes diseños de la red de alumbrado público (Sodio 250W, LED 150W y LED 220W), en los costos de inversión inicial y el consumo de energía en un año por cada uno de estos diseños. Donde podemos observar que con ambos diseños elaborados con luminarias LED (150W y 220W) se obtiene un ahorro de energía eléctrica, en comparación con el diseño base con luminarias de sodio de alta presión de 250W, de 2719,98 KWh con el diseño de luminarias LED de 150W, y de 1143,18 KWh con el diseño de luminarias LED de 220W. El otro elemento que se observa en la gráfica de la figura 26 es la variación

de la inversión inicial, donde podemos notar que la inversión inicial para los diseños con luminarias LED (150W y 220W) son mayores en comparación al diseño base con luminarias de sodio de 250W, significando un incremento de \$21.794,98 para el diseño con luminarias LED de 150W y un incremento de \$16.692,33 para el diseño con luminarias LED de 220W.

Los otros parámetros para tomar en consideración en el análisis económico son los costos totales de inversión proyectados a lo largo del periodo considerado de 10 años, y de esta manera determinar el ahorro estimado comparando la proyección del diseño base de luminarias de sodio de 250W, con los diseños de luminarias LED (150W y 220W), siendo un ahorro de \$24.778,40 con el diseño de luminarias LED de 150W, y un ahorro de \$28.877,74 con el diseño de luminarias LED de 220W.

Con estos resultados nos podemos dar cuenta que el diseño de luminarias LED de 220W, comparado con el diseño base de luminarias de sodio de 250W, nos ofrece mejores condiciones, con un ahorro de energía anual de 1143.18 KWh, una inversión extra de \$16.692,33, y un ahorro a lo largo del periodo de 10 años de \$28.877,74.

3.2 Afectaciones Ambientales

Un elemento muy importante para el análisis de todo proyecto, son la determinación de las afectaciones ambientales producidas por el proyecto. Para la determinación de las afectaciones ambientales, tomamos en cuenta la reducción de la demanda de energía eléctrica por el cambio del diseño de la red de alumbrado público con luminarias de sodio de 250W, por el diseño de la red de alumbrado público con luminarias LED de 220W, y las emisiones de CO2 producto de la generación de energía.

$$R_{CO2} = A E \left[\frac{KWh}{año} \right] * Kg_{CO2} \left[\frac{Kg}{KWh} \right] \quad (2.7)$$

$$R_{CO2} = 1143.18 * 0.32 = 365.82 \left[\frac{Kg}{año} \right]$$

Donde:

R CO2 = Reducción de emisiones de CO2 al año en [Kg/año]

A E = Ahorro de energía al año en [KWh/año]

Kg CO2 = Producción de emisiones de CO2 por cada KWh generado en [Kg/KWh]

Con lo que se determina que la reducción en emisiones de CO2 es de 365.82 [Kg/año], reduciendo a su vez el impacto ambiental en comparación con el diseño de la red de alumbrado público con luminarias de sodio de 250W.

3.3 Guía de diseño de alumbrado público con luminarias LED

INTRODUCCIÓN

Esta Guía , preparada para ser utilizada en procesos de diseño, instalación, operatividad y mantenimiento de luminarias tipo LED (Light Emitting Diode), aunque esta tecnología LED actualmente tiene un auge significativo (en iluminación interiores), aun no se ha logrado mejorar la relación costo-beneficio (iluminación exterior), que sigue siendo alta con respecto a las luminarias de vapor de alta presión de sodio (HPS), especialmente en luminarias que sobrepasan los 90W de potencia, por cuanto la corriente que alimentan estos equipos electrónicos (LED) es alta (mayor a 1000 mA), y por lo tanto incrementa la temperatura de operación de la luminaria, como es de conocimiento general, el peor enemigo de las luminarias tipo LED es la temperatura de operación del equipo, y dentro de este grupo se encuentran las luminarias tipo LED que se utilizan en alumbrado público o vial (alumbrado exterior) mayores a la potencia de 90W [15], [16].

En la actualidad, el criterio más utilizado para sustituir una iluminación de vapor de alta presión de sodio (HPS) con respecto al tipo LED, es el de mantener por lo menos la misma intensidad lumínica (Lux) que se tendría con

lámpara de vapor de alta presión de sodio (HPS), o aun mejorarla, es decir; utilizando también los criterios de menos energía, menos mantenimiento y menos materia para el alumbrado justo; como es de conocimiento general, el SAPG a nivel de CNEL-EP y Nacional, está constituida en un 95% de luminarias de vapor de alta presión de sodio (HPS), por lo que aún no se tiene la suficiente información en lo referente al cumplimiento de la vida útil de las luminarias tipo LED, es por esto que las especificaciones técnicas del MEER son cada vez más exigentes y rigurosas [15], [16].

OBJETIVOS

* Presentar una guía de diseño para proyectos de iluminación en alumbrado público con luminarias tipo LED, sustentada en las normas y especificaciones técnicas para diseño de iluminación en vía pública (iluminación exterior), vigentes en el Ecuador.

* Identificar correctamente, cual es el uso u objetivo del proyecto de iluminación, es decir; satisfacer las demandas visuales, demandas emocionales y estéticas, demandas de seguridad y condiciones de espacio.

PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN CON LED

A continuación, se describe el procedimiento que se debe seguir en un diseño de iluminación:

- a) ANÁLISIS DEL PROYECTO**
- b) PLANIFICACIÓN BÁSICA**
- c) DISEÑO DETALLADO [15], [16].**

a) ANÁLISIS DEL PROYECTO

Todo diseño de un proyecto de iluminación parte de un análisis donde se recopila la información que permite determinar las demandas visuales en función de los alcances y de las limitaciones del trabajo o tareas hay que

realizar, las demandas estéticas y emocionales en función de del efecto de bienestar y la contribución a la productividad (confort visual), las solicitudes de seguridad y condiciones de espacio, la identificación precisa y clara de estos puntos son muy importantes para el éxito de cualquier proyecto que se desee realizar [15], [16].

- **Las Demandas Visuales**, son los resultados de la realización de actividades y para establecerlas hay que evaluar la dificultad de la tarea, en función de sus tipos y escenarios de realización incluso en condiciones difíciles y tiempos extendidos
- **Las Demandas Emocionales**, aparecen por la influencia que la luz ejecuta sobre el estado de motivación, ánimo, seguridad y sensación de bienestar de las personas
- **Las Demandas Estéticas**, este punto hace referencia a la posibilidad de crear una ambientación visual, acentuar la arquitectura, obras de arte, ornamentación, etc. Hay que tener en cuenta las características físicas y arquitectónicas del ambiente, así como del mobiliario y del entorno, la importancia y el significado del espacio, etc
- **Las demandas de seguridad**, aquí se determinarán, por una parte, según las propiedades de los dispositivos de Iluminación para circulación de los vehículos y de las personas en condiciones normales y de emergencia; y por otra, como las propiedades de las fuentes luminosas
- **Las condiciones del espacio** son los valores y características físicas, tanto como las áreas a iluminar y su entorno [15], [16].
- Hay que tener en cuenta en el diseño las restricciones reglamentarias o normativas, por razones de seguridad, disposición de la infraestructura y la ocupación del espacio, características tales como la existencia de los elementos arquitectónicos, estructurales, mobiliario, canalizaciones o equipos de otros servicios son algunas de las características que se deben tener en cuenta en el sistema de

iluminación, así mismo, se deben considerar las variables económicas y energéticas, el análisis debe, no solo tener en cuenta los costos de la instalación inicial sino también los costos del funcionamiento en el lapso de la vida útil del proyecto

- La gran mayoría de la información necesaria para el análisis del proyecto se la obtiene de la documentación técnica, pero en los proyectos que lo necesiten se debe realizar un levantamiento visual y eventualmente eléctrico, fotométrico y fotográfico en la obra, para revisar y completar la información técnica e identificar detalles difíciles de especificar en los planos
- Por último, saber los intereses de los posibles usuarios brindará la oportunidad de conocer e integrar sus opiniones, necesidades y preferencias respecto de las condiciones de iluminación [15], [16].

b) PLANIFICACIÓN BÁSICA

Una vez realizado el análisis de la información en la etapa anterior, se puede establecer un perfil con las características que debe tener la instalación para garantizar las distintas demandas del lugar, lo que se requiere aquí es desarrollar y procesar las ideas básicas del diseño sin llegar a especificar todavía ninguna característica específica como la selección de las luminarias, por ejemplo; en este punto se refiere al sistema de alumbrado, las propiedades de las fuentes luminosas, la factibilidad para el uso de alumbrado natural y la estrategia para su combinación con la iluminación artificial, y sobre todo su espíritu creativo, los elementos que permiten crear el concepto inicial de diseño [15], [16].

c) DISEÑO DETALLADO

1. Elaboración del diseño de alumbrado público.

Para la elaboración del diseño del alumbrado público se debe tener en cuenta algunos factores como lo son: los factores económicos,

estéticos, ambientales, la visibilidad y características técnicas de los equipos que se van a utilizar.

La elaboración para un buen diseño de alumbrado público debemos tener en cuenta los siguientes pasos:

- Clasificación del espacio vial a iluminar.
- Definición de valores de luminancia e iluminancia.
- Selección de las luminarias.
- Definición del arreglo geométrico.

2. El diseño detallado es necesario para alumbrado público

En la fase de planificación básica, se deben tener en cuenta y resolver los aspectos más específicos del proyecto, que son:

- La selección de las luminarias,
- El diseño geométrico y sistemas de montaje,
- Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos,
- La instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera [15].

3. Análisis económico y presupuesto del proyecto

En este punto el diseñador del alumbrado público debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica:

- Planos de montaje y distribución de luminarias,
- Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos,
- Cálculos eléctricos,
- Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía,
- El esquema y programa de mantenimiento,

- Las especificaciones de los equipos recomendados [15].

De ser posible se deben tomar en cuenta varias alternativas de Iluminación.

4. La selección de las luminarias y del tipo de lámpara es uno de los aspectos más importante de un proyecto de Iluminación

Hay que determinar el tipo que más convenga sobre la base de consideraciones técnicas y estéticas, la acción de las fuentes buscará la armonía entre los artefactos y el estilo arquitectónico, el carácter y la decoración del lugar; si se requiere crear situaciones de trabajo visual convenientes y de alta eficiencia energética, van a dominar los criterios técnicos, tales como, el funcionamiento de las luminarias, las características fotométricas, el control del deslumbramiento, el color de la fuente luminosa, su virtud y su vida útil [15].

5. El diseñador de las luminarias.

Para el funcionamiento de las luminarias se debe tomar en cuenta que se diseñan con diferentes tipos de lámparas que existen en el mercado, esto nos indica que una vez establecido el tipo de fuente, el conglomerado de luminarias disponibles se reduce al momento de hacer el análisis, de igual manera sucede con las lámparas si primero se define el tipo de luminaria, de forma que, la elección debe hacerse de manera que siempre se use la lámpara con una luminaria diseñada para ella o viceversa [15].

Para identificar los tipos de luminarias se deben usar los siguientes criterios:

- Su fotometría,
- Su uso,
- El tipo de fuente de luz o lámpara,

- Las dimensiones y forma de la luminaria,
- El tipo de montaje o instalación requerido,
- Su cerramiento o índice de protección IP,
- El tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico,
- Eficiencia energética [15].

6. La selección.

En la selección de la luminaria hay que tener en cuenta las características físicas, eléctricas, mecánicas, constructivas, térmicas, de seguridad, económicas y estéticas [15].

7. La instalación.

En las instalaciones de alumbrado, y con el beneficio de ahorro de energía sin perder de la calidad de la Iluminación, no hay que recurrir al reemplazo de las lámparas por otras de tecnologías que son más eficientes sin primero verificar las implicaciones en la fotometría de la luminaria y así mismo en la Iluminación [15].

8. Reemplazos de lámparas.

No se puede reemplazar por reemplazar las lámparas con diferentes tecnologías o formas puede incurrir en una modificación sustancial de la fotometría de la luminaria, porque puede llegar a cambiar el tamaño, la forma y a veces, se debe de tomar en cuenta hasta el tipo de recubrimiento que se usa sea este claro o transparente, por lo que se debe hacer un análisis fotométrico y colorimétrico con las nuevas fuentes a fin de revisar que la distribución espacial de la luz y la reproducción de los colores no se modifiquen y afecten las condiciones de Iluminación y visión [15].

9. Uso de software para diseño de sistemas de Iluminación

El software que se utilice para el cálculo y diseño de sistemas de Iluminación tiene que cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) El software debe tener las opciones de poder ingresar la información fotométrica de las fuentes en las coordenadas establecidas en el presente reglamento
- 2) Debe disponer de procesos de ingreso para la información del diseño geométrico, de igual forma deberá permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador.
- 3) Los datos que se ingresen al software como las unidades de medida y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visible.
- 4) Los procesos de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información en cada instante ingresada, tales como: tipo de coordenadas de la fotometría empleada, distancias entre luminarias, altura de montaje e inclinación de la luminaria, vía o espacio a iluminar, posiciones relativas de las luminarias respecto del local, condiciones ambientales, posiciones de las mallas de cálculo y del observador, tipos de superficies e índices de reflexión asociados
- 5) El software debe de permitir el uso real de las fuentes de las fotometrías y no una modelación similar de las mismas, en la misma orientación, y con el objeto de disponer de cálculos más exactos y precisos, deberá considerar los efectos de reflexiones, tamaños y las formas de los obstáculos
- 6) El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como: CIE, IESNA., NTE, ANSI, etc

7) En el caso de software para el diseño de alumbrado público, la metodología de cálculo deberá cumplir con los lineamientos especificados en la norma CIE 140 2000

8) De requerirse, para la evaluación de las prestaciones fotométricas de las luminarias por parte de la institución contratante, se deberá utilizar un software de licencia libre que cumpla con la metodología de la norma CIE 140-2000 actualizada, la diferencia entre los resultados del software utilizado por el oferente y el utilizado por el contratante, no podrá ser mayor de 5%, para su aceptación [15], [16].

d) Uso racional de energía en iluminación.

Todos los proyectos de Iluminación y alumbrado público deben incorporar y aplicar conceptos de uso racional y eficiente de energía [15], [16].

1 Alumbrado exterior y público

1.1 Utilice luminarias para alumbrado público con fotometrías que le permitan hacer diseños con la mayor interdistancia y menor altura de montaje

1.2 Instale luminarias con el más bajo flujo hemisférico superior (FHS) posible

1.3 Elija conjuntos ópticos con el mejor factor de utilización y la mejor eficacia de la lámpara

1.4 Use equipos para el conjunto eléctrico con bajas pérdidas, dimerizables o que permitan la reducción de potencia

1.5 Elija correctamente los ángulos de apertura para los proyectores

1.6 Siga las recomendaciones sobre posiciones de instalación de proyectores

1.7 Use controles temporizados para proyectores [15], [16].

2 Medidas adicionales.

Otras medidas que se deben tener en cuenta para aplicación del uso racional de energía son:

2.1 Escoja fuentes de luz más eficaz y satisfagan los requerimientos de rendimiento de color

2.2 Use la luminaria más eficiente, que satisfaga el requerimiento de confort en términos de apantallamiento

2.3 Controle el horario de apagado y encendido de sistemas de Iluminación, sin comprometer aspectos de seguridad [15], [16].

DESARROLLO:

1. ANÁLISIS DEL PROYECTO

Para realizar el análisis del proyecto se debe iniciar con un levantamiento visual y eventualmente fotométrico, eléctrico y fotográfico en la obra, para verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de especificar en planos [15], [16].

DOCUMENTACION TECNICA REQUERIDA:

- **Requerimientos Mínimos de Normas y Especificaciones Técnicas exigidos.**
- **Especificaciones técnicas vigentes exigidas por el MEER, RTE, para Luminarias Tipo LED**
 - Características Generales Luminarias,
 - Condiciones de Servicio,
 - Flujo hemisférico superior (FHS),
 - Características técnicas,
 - Reparto de flujo luminoso,
 - Hermeticidad,
 - Vida útil de la luminaria,
 - Luminaria LED,

- Lente,
- Dispositivo de control o control electrónico,
- Dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD),
- Sistema de control de encendido / apagado de la luminaria (Fotocontrol),
- Marcación,
- Elemento de sujeción, brazos y accesorios mecánicos,
- Embalaje y transporte,
- Reportes de pruebas y certificados,
- Requerimientos adicionales [18].

Clases de alumbrado por vías

Las especificaciones sobre clase de alumbrado están clasificadas de M1 a M5, y son seleccionadas conforme a: la función de la vía pública, densidad de tráfico, complejidad del tráfico, separación del tráfico y la existencia de facilidades para el control de éste, tales como señales de tránsito [16].

**Tabla 3.1. Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas
(Nota1)**

Descripción de la vía	
Vías de alta velocidad, con pistas separadas libres de intersecciones al mismo nivel y con accesos completamente controlados, autopistas, autovías. Con densidad de tráfico y complejidad de circulación.	Tipo de iluminación
Alta (más de 1000 vehículos /horas)	M1
Media (entre 500 y 1000 vehículos /horas)	M2
Baja (entre 150 y menos de 500 vehículos /horas)	M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de vía.	
Pobre	M1
Bueno	M2
Vías urbanas de tráfico importante, carreteras radiales. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Pobre	M2
Bueno	M3
Vías secundarias de conexión, carreteras distribuidoras locales, vías de acceso principales residenciales, carreteras que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía.	
Pobre	M4
Bueno	M5

Nota:

- 1.- CIE 132-1999
- 2.- La complejidad del trazado de carreteras se refiere a la infraestructura, movimiento del tráfico y alrededores visuales. Factores que deben considerarse son: Número de carriles, pendiente; señales e indicadores; rampas de entrada y salida, vías de incorporación, rotondas, etc.
- 3.- Control de tráfico se refiere a la presencia de indicadores y señales y a la existencia de regulaciones. Los métodos de control son: semáforos, reglas prioritarias, regulación y señales prioritarias, señales de tráfico, señales de dirección y marcas en la calzada. Cuando están ausentes y no hay control de tráfico es considerado como Pobre y viceversa.
- 4.- La separación puede ser por medio de líneas trazadas para tal fin o por la restricción de uno de los tipos de tráfico. Puede considerarse el menor grado de Iluminación como adecuado cuando exista separación.

5.- Los diferentes tipos de usuarios de carreteras son, por ejemplo, vehículos de turismo, camiones, vehículos lentos, autobuses, automóviles, bicicletas y peatones.

Fuente: [16]

Se define el tipo de vía en función de la Tabla G1 (M1, M2, M3)

PARAMETROS FOTOMÉTRICOS

Recopilación de información (mediciones) en vía a ser analizada

- Luminancia (Tabla 3.2)
- Iluminancia (Tabla 3.3 y Tabla 3.4)

Tabla 3.2. Luminancias de calzada para tráfico motorizado

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	Luminancia promedio L_{prom} (cd/m ²) Mínimo mantenido	Factor de Uniformidad U_o Mínimo	Incremento de Umbral Tl % Máximo inicial	Factor de uniformidad longitudinal de iluminancia Ul Mínimo	Relación de alrededores SR Mínimo
M1	2	0,4	10	0,5	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,5	0,5
M3	1	0,4	10	0,5	0,5
M4	0,8	0,4	15	N.R	N.R
M5	0,6	0,4	15	N.R	N.R

Fuente: [16]

En lo relacionado al Flujo Hemisférico Superior (FHS), se debe tener en cuenta los siguientes parámetros, correspondientes al tipo de vía (Tabla 3.2):

- Para iluminancia de vías tipo M1 a M3, considerar un FHS $\leq 3\%$
- Para iluminancia de vías tipo M4 a M6, considerar un FHS $\leq 5\%$

Tabla 3.3. Valores mínimos de iluminancia promedio (Ix) en vías motorizadas que se deben mantener

Clase de iluminación	Valor mínimo mantenido de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	$\frac{E_{min}}{E_{prom}}$ (%)
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: [16]

Se define el tipo de calzada para el tráfico motorizado (R1, R2, R3)

Tabla 3.4. Características de la superficie

CLASE	DESCRIPCIÓN
R1	<p>* Superficies de asfalto con un mínimo del 15% de materiales abrillantadores o materiales artificiales claros, o al menos un 30% de materiales muy brillantes.</p> <p>* Superficies que contienen gravas que cubren más del 80% de la superficie de la calzada y las gravas constan de gran cantidad de material claro o de abrillantadores o están compuestas al 100% de anortositas muy brillantes.</p> <p>* Superficies de calzada de hormigón de CONCRETO.</p>
R2	<p>* Superficies con textura rugosa que contienen agregados normales.</p> <p>* Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen el 10% al 15% de abrillantadores artificiales).</p> <p>* Hormigón bituminoso grueso y rugoso rico en gravas (más del 60 %) de tamaños iguales o mayores a 10mm.</p> <p>* Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico en estado nuevo</p>
R3	<p>* Revestimiento en Hormigón bituminoso (asfalto frío, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10 mm con textura rugosa.</p> <p>* Superficies tratadas con textura rugosa ero pulimentada.</p>
R4	<p>* Asfalto mástico después de varios meses de uso.</p> <p>* Superficies con textura bastante suave o pulimentada.</p>

Fuente: [16]

CONTROL DE PERDIDAS EN LUMINARIAS

En luminarias LED, máximo se puede tener el 10% de pérdidas en sus auxiliares

Tabla 3.5. Potencia máxima en auxiliares de luminarias

Potencia	Potencia máxima en auxiliares de luminarias de vapor de sodio de alta	Potencia máxima en auxiliares de luminarias LED(%)
$P \leq 70$	16	10
$70 < P \leq 100$	15	
$100 < P \leq 150$	13	
$P > 150$	12	

Fuente: [16]

REFERENCIA COMO ALTERNATIVA PARA NIVELES DE ILUMINACION

Tabla 3.6. Niveles de iluminancia para calles vehiculares y andenes

Niveles de iluminancia para calles vehiculares y andenes según IES			
Clasificación	Clasificación del Area		
Calles para vehículos	Comercial (lx)	Intermedia (lx)	Residencial (lx)
Alta velocidad	6	6	6
Avenidas	20	14	10
Colectores	12	9	6
Locales	9	6	4
Callejones	6	4	2
Caminos para peatones			
Banquetas	9	6	2
Andenes	20	10	5

Fuente: [19]

2. PLANIFICACIÓN BÁSICA.

La planificación básica se la realiza con los datos mencionados en el literal anterior, y sus respectivas tablas.

DEFINICION DE PERFIL DE LAS CARACTERISTICAS QUE DEBE TENER LA INSTALACION.

1. Definición de sistema de alumbrado

- Sistema de alumbrado aéreo
- Sistema de alumbrado soterrado

2. Definición del arreglo geométrico

Según la dimensión del ancho que tenga la vía que se vaya a iluminar hay que escoger con cuidado el arreglo geométrico de la iluminación de las lámparas y para ello tenemos algunos parámetros que debemos tener en consideración [12].

- **Disposición unilateral.** Es una disposición donde todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. El diseñador debe utilizar la luminaria más apropiada que cumpla con los requisitos fotométricos exigidos para las alturas de montaje, interdistancia y menor potencia eléctrica requerida [12].

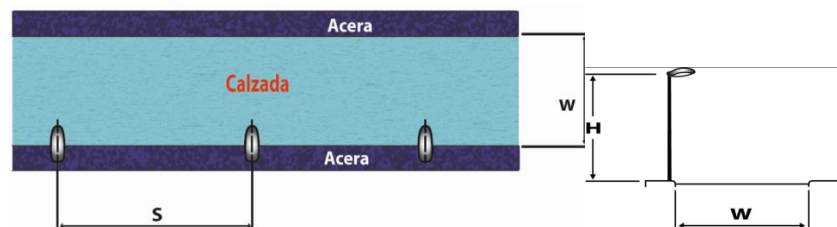


Figura 3.2. Disposición unilateral

Fuente: [Autor]

Diseños por encima de 20° de elevación no son recomendables porque pueden terminar iluminando las fachadas del frente y generando polución luminosa [15].

- **Central doble.** Donde los carriles de circulación en una dirección y otra se encuentran separados por un parterre que no debe ser menor de 1,5 m de ancho, se logra una buena economía en el proyecto si los postes comparten en el separador

central a manera de dos disposiciones unilaterales. Esta manera de agrupar las luminarias se denomina central sencilla [12].

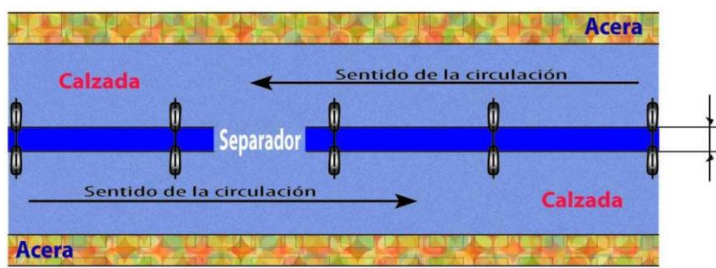


Figura 3.3. Disposición central doble

Fuente: [Autor]

- **Bilateral alternada.** Cuando la vía presenta un ancho W superior a la altura de montaje hm de las luminarias ($1,0 < (W/hm) < 1,50$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como Tipo II de la IESNA o de dispersión media en el modelo de la CIE. Es claro que la anterior frase no obliga al diseñador a utilizar luminarias Tipo II de manera exclusiva, pues el presente reglamento es del tipo de resultados y no de materiales a utilizar en un diseño [12].

También es conveniente utilizar la disposición bilateral alternada en zonas comerciales o de alta afluencia de personas en la noche, para iluminar las aceras y las fachadas de las edificaciones frente a la calzada y crear de esta manera, un ambiente luminoso agradable [12].

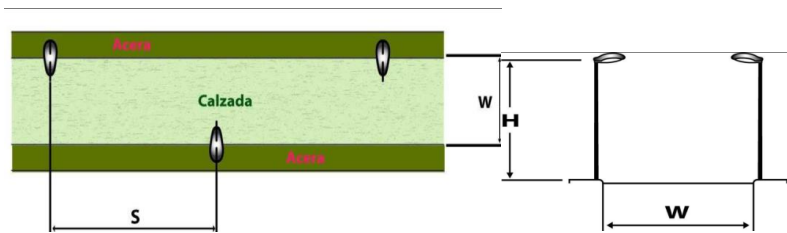


Figura 3.4. Disposición bilateral alternada

Fuente: [Autor]

- **Bilateral opuesta sin parterre**

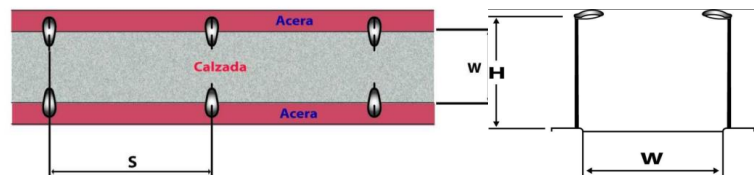


Figura 3.5. Disposición bilateral opuesta

Fuente: [Autor]

- **Bilateral opuesta con parterre**



Figura 3.6. Disposición bilateral opuesta con parterre

Fuente: [Autor]

Cuando la vía presenta un ancho W muy superior a la altura de montaje h_m de las luminarias ($1,25 < (W/h_m) < 1,75$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como Tipo III de la IESNA o de dispersión ancha en el modelo de la CIE en disposición bilateral opuesta, aunque se puede utilizar cualquier tipo de clasificación siempre y cuando se cumpla con los

requisitos fotométricos exigidos y el diseño sea el más económico [15].

En este caso, la Iluminación consta de dos filas de luminarias: una a cada lado de la vía y cada luminaria se encuentra enfrentada con su correspondiente del lado contrario. Por otra parte, el solo uso de la disposición no garantiza el resultado. El diseño completo contempla una solución integral a la Iluminación de la vía propuesta incluidos los alrededores inmediatos. Esta disposición sobre vías principales, es comúnmente usada si se requiere solamente para Iluminación doble propósito: la vehicular y la peatonal [12].

- **Otras combinaciones**

En vías compuestas de cuatro (4) o más calzadas de circulación y que incluye parterres, generalmente 2 ó 3, se utilizan combinaciones de distribución de luminarias [12].

Las más comunes son: Doble central doble, en la cual cada dos calzadas se iluminan con disposición central sencilla, como aparece en la Figura 3.7 [12].

Cada calzada se trata separadamente desde el punto de vista del requerimiento lumínico [12].

Así, las calzadas en seguida de los andenes (carril de baja velocidad) pueden ser del tipo M3, en tanto que las calzadas centrales (calzadas principales) pueden ser del tipo M2 [12].

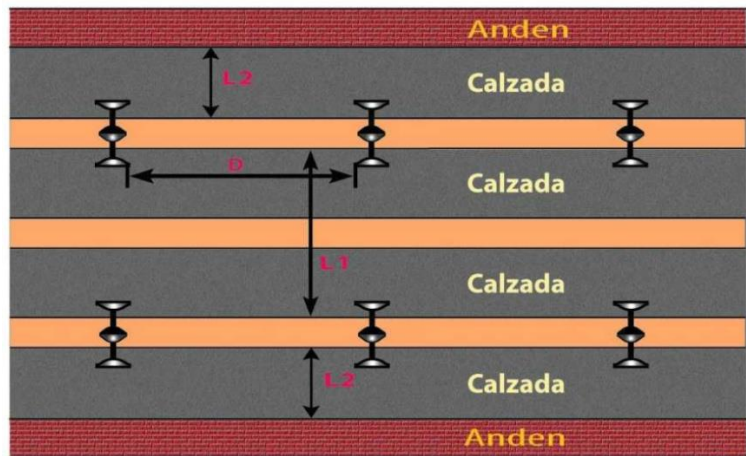


Figura 3.7. Disposición doble central doble.

Fuente: [Autor]

- **Casos especiales de disposición de luminarias**

- En sitios críticos como bifurcaciones, curvas, cruces a nivel etc. se debe reforzar la Iluminación y cumplir con las especificaciones fotométricas exigidas para cada sitio, el diseñador debe tener en cuenta las condiciones del tránsito automotor, la importancia relativa de las vías, la localización de monumentos, los obstáculos existentes, las señales de tránsito, etc [15], [16].

Las recomendaciones que se dan a continuación no constituyen una solución definitiva para cada caso particular:

- Disposición en curvas. El trabajo visual del conductor en las curvas se aumenta, por lo que en curvas leves (entre 0° y 30°) se debe reducir la interdistancia básica a $0,90S$ en el trayecto de entrada o salida de la curva (normalmente comprende 100 a 200 m para velocidades de circulación de 60 ó 75 km/h respectivamente) y a $0,75S$

en el trayecto mismo de la curva (donde se ha trazado la vía con un radio dado) [15], [16].

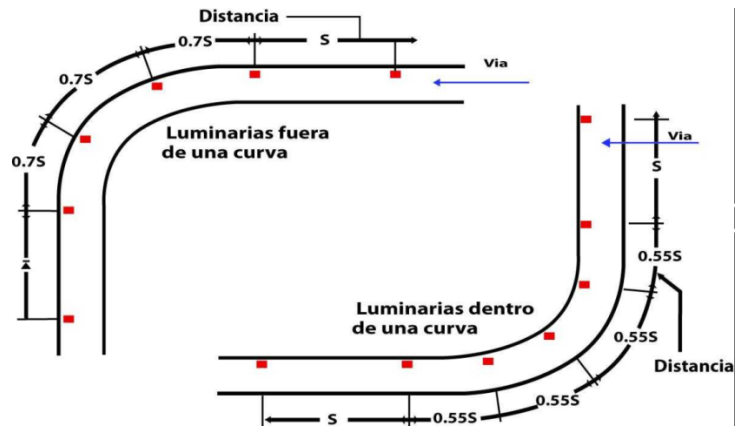


Figura 3.8. Disposición de luminarias en trayectos curvos

Fuente: [15]

Tabla 3.7. Recomendación para disposición de luminarias

Clase de iluminación	Altura	Relación S/H	Disposición de luminarias	
			Criterio	Disposición
M1	12-14	3,5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M2	10 -12	3,5 - 5	Dos carriles de circulación	Unilateral
M3	8,5 - 10	3,5 - 6	Ancho de la calzada menor	Unilateral
M4	7 - 9	3,5 - 7	Unilateral	
M5	6	3,5 - 8	A criterio del diseñador	

Fuente: [15]

Tabla 3.8. Valores máximos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) para vías vehiculares (W/m²)

Nivel mantenido de iluminancia promedio lux (lx)	DENSIDAD DE POTENCIA (W/m ²) según ancho de la calzada (m)				
	< 6	6 a 8	8,1 a 10	10,1 a 12	12,1 a 14
3	0,29	0,26	0,23	0,19	0,17
4	0,35	0,32	0,28	0,26	0,23
5	0,37	0,35	0,33	0,3	0,28
6	0,44	0,41	0,38	0,35	0,31
7	0,53	0,49	0,45	0,42	0,37
8	0,6	0,56	0,52	0,48	0,44
9	0,69	0,64	0,59	0,54	0,5
10	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56
11	0,84	0,79	0,74	0,67	0,62
12	0,91	0,86	0,81	0,74	0,69
13	1,01	0,94	0,87	0,8	0,75
14	1,08	1,01	0,94	0,86	0,81
15	1,12	1,06	1	0,93	0,87
16	1,17	1,1	1,07	0,99	0,93
17	1,23	1,17	1,12	1,03	0,97
18	1,33	1,26	1,2	1,1	1,04
19	1,4	1,33	1,26	1,17	1,1
20	1,47	1,39	1,33	1,23	1,16
21	1,55	1,46	1,39	1,29	1,22
22	1,62	1,53	1,46	1,35	1,27
23	1,69	1,6	1,53	1,41	1,33
24	1,76	1,67	1,59	1,47	1,39
25	1,83	1,73	1,66	1,53	1,45
26	1,9	1,8	1,73	1,6	1,51

Fuente: [15]

3. Características de la fuente luminosa (Para Luminaria tipo LED SEGUN ESPECIFICACIONES VIGENTES DEL MEER).

- Tipo: Alumbrado vial SELECCIONADO
- Altura sobre el nivel de mar; hasta 3000 m
- Humedad relativa; >= 70%
- Temperatura ambiente; de -10°C a 35°C
- Condiciones de instalación; A la intemperie, expuesto a la lluvia, contaminación atmosférica, polvo e insectos, velocidad del viento menor a 30 Km/h
- Resistencia a la vibración; ensayo de vibración según IEC 60068-2-6;2007
- Voltaje nominal-sistema monofásico; 240/120V
- Voltaje nominal-sistema trifásico; 210/121V-220/127V
- Frecuencia; 60 Hz

Luminaria LED

- Reparto de flujo luminoso; asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180 grados
- Material; Aluminio inyectado, vidrio o polimetilmetacrilato (PMMA)
- Resistencia al impacto; $IK \geq 0.8$ (Vidrio o PMMA)
- Hermeticidad; Los compartimientos del conjunto óptico y el conjunto eléctrico deberán estar separados
- Conjunto óptico; IP66
- Conjunto eléctrico; IP66
- Factor de potencia o potencia nominal; > 0.92
- Clase eléctrica; I (IEC-60598-1)
- Ventilación; Autoventilada, sin ventilador
- Vida útil; declaratoria el fabricante según L70-80000h (Significa que llegadas las 80000h el flujo luminoso se reduce al 70% de su valor inicial)
- Accesorios metálicos y tornillos; IEC-60598-1
- Distorsión armónica total THD de corriente a potencia a nominal; Según IEC-61000-3-2
- Eficacia luminosa; $\geq 110 \text{ lm/W}$ ($> 3000^\circ\text{K}$), $\geq 100 \text{ lm/W}$ ($< 3000^\circ\text{K}$)

Cantidad de LEDs por luminaria

- Reproducción de color (CRI); $\geq 70\%$
- Vida útil manteniendo el flujo luminoso; $L70 \geq 80000\text{h}$ a 25°C
- Temperatura de color correlacionada; 2700°K - 4000°K

Dispositivo de control o control electrónico (Driver)

- Normas para ensayos; IEC-61347-1, IEC-61347-2-13, IEC-62384
- Rango de voltaje de entrada; De acuerdo al sistema eléctrico de cada distribuidora
- Frecuencia; 60 Hz

- Vida útil mínima; 80000h
- Compatibilidad con sistema de tele gestión; (Cada empresa de distribución definirá si considera la implementación de un sistema de tele gestión)
- Instalación; Interno dentro d la luminaria (Dentro del compartimiento eléctrico)

Dispositivo de protección contra sobre tensiones (SPD) (Definirá cada LED si considera la implementación de este dispositivo, en caso de requerirlo, debe asegurarse una instalación de sistema de puesta a tierra independiente del neutro)

- Dispositivo de protección según IEC-61643-11; 10kA/10KV
- Sistema de control de encendido/apagado de la luminaria (Fotocontrol) (Requerimiento de cada ED, en caso de verificarse la compatibilidad del control y la luminaria con la norma (ANSI-C136.10)

3. DISEÑO DETALLADO.

1. El diseño detallado

Es obligatorio para alumbrado público en función del perfil definido en la fase de planificación básica, se deben resolver los aspectos específicos del proyecto, tales como:

- Selección de luminaria tipo LED.
- Diseño geométrico y sistemas de montaje
- Sistemas de alimentación, comando y control eléctricos.
- Instalación de alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera [15], [16].

2. Análisis económico y presupuesto del proyecto

En esta etapa el diseñador debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica:

- Planos de montaje y distribución de luminarias.
- Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos
- Cálculos Eléctricos
- Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía
- El esquema y programa de mantenimiento
- Las especificaciones de los equipos recomendados

En lo posible se deben considerar varias alternativas de Iluminación [15], [16].

3. Establecer prioridades en función de los requerimientos del diseño, en base a consideraciones técnicas, estéticas y, por supuesto económicas

- Si la ambientación visual es la pauta predominante en haber seleccionado la luminaria tipo LED, se buscará la armonía entre los artefactos y el estilo arquitectónico, el carácter y la ornamentación del local,
- Si se necesita crear condiciones de trabajo visual adecuadas y alta eficiencia energética, van a prevalecer los criterios técnicos, tales como, el rendimiento de las luminarias, las características fotométricas, el control del deslumbramiento, el color de la fuente luminosa, su eficacia y su vida útil,
- En instalaciones de alumbrado, y con el propósito de ahorrar energía sin deterioro de la calidad de la Iluminación, no se debe recurrir al reemplazo de lámparas por otras de tecnología más eficientes, como es el caso de luminaria tipo LED, sin previamente verificar las implicaciones en la fotometría de la luminaria y por ende en la Iluminación (en este caso debe ser con reparto de flujo luminoso; asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180 grados),

- En diseños nuevos, utilizando luminarias tipo LED, se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - Clasificación del espacio vial a iluminar
 - Definición de valores de luminancia e iluminancia
 - Selección de las luminarias
 - Definición del arreglo geométrico [15], [16].

4. Uso del Software para diseño de sistema de Iluminación

El software utilizado en el cálculo y diseño de sistemas de iluminación debe cumplir:

- El software debe permitir ingresar la información fotométrica de las fuentes en las coordenadas establecidas (Sistema de Coordenadas de la CIE y de la IESNA),
- Deberá disponer de rutinas de ingreso para la información del diseño geométrico. De la misma forma deberá permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador,
- Las unidades de medida para los datos a ingresar al software y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles,
- Las rutinas de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información en cada instante ingresada, tales como: tipo de coordenadas de la fotometría empleada, altura de montaje e inclinación de la luminaria, distancias entre luminarias, posiciones relativas de las luminarias respecto del local, vía o espacio a iluminar, posiciones de las mallas de cálculo y del observador, condiciones ambientales, tipos de superficies e índices de reflexión asociados,
- El software debe permitir el uso de las fotometrías reales de las fuentes y no una modelación puntual de las mismas. En el mismo sentido, y con el objeto de disponer de cálculos más exactos y precisos,

deberá considerar los efectos de reflexiones, las formas y tamaños de los obstáculos,

- El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como: CIE, IESNA., NTE, ANSI, etc
- En el caso de software para el diseño de alumbrado público, la metodología de cálculo deberá cumplir con los lineamientos especificados en la norma CIE 140 2000 (De acuerdo a Especificaciones Técnicas Vigentes del MEER, debe cumplir con Literal 12.0 Reportes de Pruebas y Certificados),
- De requerirse, para la evaluación de las prestaciones fotométricas de las luminarias por parte de la institución contratante, se deberá utilizar un software de licencia libre que cumpla con la metodología de la norma CIE 140-2000 actualizada. La diferencia entre los resultados del software utilizado por el oferente y el utilizado por el contratante, no podrá ser mayor de 5%, para su aceptación [15], [16].

CALCULOS:

- Definición de sistema de alumbrado, seleccionar la luminaria tipo LED (potencia, voltaje, frecuencia, etc.) (Tabla 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, y 3.6)
- Definición del arreglo Geométrico
- Determinación de Factor de Mantenimiento para uso en Software (Dialux) (vanos o interdistancia entre postes, en función de relación entre Diseño, Factor de Mantenimiento y Grado IP de luminaria a utilizar en proyecto)
- Obtención de datos y medición en sitio de parámetros para utilizar en software (ancho de vía, acera, parterre si es el caso, etc.)

Estudio Luminotécnico:

- Resultados de corrida en software, parámetros fotométricos (en función de Tabla 3.1, Tabla 3.2, Tabla 3.3, y Tabla 3.4, Regulación Nro. ARCONEL 006/18 Vigente).

Estudio Eléctrico:

De los resultados obtenidos en el Estudio Luminotécnico

CRITERIOS:

- Para circuitos Independientes de alumbrado público, considerar Transformadores de Distribución de 5, 10, y 15 Kva, con la finalidad de que en caso de que exista una desconexión del transformador, la zona afectada sea mínima, y con caída de voltaje desde la fuente hasta final de circuito de máximo 5% de voltaje nominal. Si la luminaria Led tiene dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD), la instalación del sistema de puesta a tierra sea independiente del Neutro del sistema.

INSTALACION, OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS

TIPO LED

En caso de empresa CNEL-EP, la instalación y mantenimiento de luminarias tipo LED, CNEL-EP, utiliza los mismos procedimientos (que están en vigencia al momento) que se aplica en la instalación de las luminarias de vapor de alta presión de sodio (HPS), que representa el 98% del total de luminarias en el SAPG-GYE, esto es, el **“Instructivo de Trabajo Seguro para Instalación, Mantenimiento o Retiro de Luminarias, Código; IT-TEC-APU-002, Versión: 01, de Fecha de Emisión: 2018-03-02”, (ANEXO 1); “Instructivo de Seguridad Contra Riesgo Eléctrico y Trabajo en Altura, Código IT-**

RSC-RES-008, Versión: 01, de Fecha de Emisión: 2018-03-15” (ANEXO 3), también el “Instructivo para Mantenimiento del Sistema de Alumbrado Público, Código IT-TEC-APU-001, Versión: 02, de Fecha de Emisión: 2017-03-20”(ANEXO 2).

En la parte técnica, si la luminaria LED tiene dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD), la instalación del sistema de puesta a tierra debe ser independiente del neutro del sistema de distribución eléctrica.

La mayoría de fabricantes de luminarias tipo LED, indican que no se realiza mantenimiento alguno en estos tipos de luminarias, solo se indica que vida útil mantenimiento al flujo luminoso es: $L70 \geq 80.000h$ a 25 grados centígrados, para una temperatura de color correlacionada entre 2.700^*K y 4.000^*K .

EJEMPLO DE PROYECTO CON LUMINARIAS TIPO LED.

DATOS:

Característica de la vía:

Tipo de vía: M2 (Media entre 500 a 100 vehículos/hora)

- Proyecto de 3 Km de longitud
- Vía de trabajo: 12m de ancho
- Disposición Unilateral
- Altura poste: 12m.
- Longitud de brazo: 2.5m
- Distancia desde poste hasta bordillo de acera: 0.60m
- Ancho de Vía: 12m
- Luminarias de 250W-HPS (220W-LED)
- IP: 66
- Factor de Mantenimiento: 0.87 (contaminación Media, a dos años mantenimiento)

Acometida:

20 m * 2F= 40[m]

6AWG –TTU

490 [m] * 2 = 980 [m] #8 AWG

+

980 [m] #8 AWG

1,960 [m]

3.4 Diseño seleccionado de sistema de alumbrado público con luminarias LED

El diseño seleccionado es el del sistema de 220 W LED, debido a que en el estudio costo beneficio nos resultó más económico en comparación con las otras dos opciones, la misma que cumplió con todos los requerimientos fotométricos mostrados en la Tabla 3.9.

Lista del recuadro de evaluación

1	Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 Longitud: 25.000 m, Anchura: 1.000 m Trama: 10 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1. Clase de iluminación seleccionada: CE5	(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)				
	Valores reales según cálculo:		E_m [lx]		U0	
	Valores de consigna según clase:		53.17		0.62	
	Cumplido/No cumplido:		≥ 7.50		≥ 0.40	
			✓		✓	
2	Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 Longitud: 25.000 m, Anchura: 1.000 m Trama: 10 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2. Clase de iluminación seleccionada: CE5	(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)				
	Valores reales según cálculo:		E_m [lx]		U0	
	Valores de consigna según clase:		50.55		0.81	
	Cumplido/No cumplido:		≥ 7.50		≥ 0.40	
			✓		✓	
3	Recuadro de evaluación Calzada 1 Longitud: 25.000 m, Anchura: 6.000 m Trama: 10 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1. Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070 Clase de iluminación seleccionada: ME3a	(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)				
	Valores reales según cálculo:	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
	Valores de consigna según clase:	4.01	0.72	0.93	8	0.76
	Cumplido/No cumplido:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15	≥ 0.50
		✓	✓	✓	✓	✓

Figura 3.9. Resultados luminotécnicos de la Simulación LED 220 W

Fuente: [Autor DIALux]

La Figura 3.9 nos muestra los valores de la luminancia media de 4.01, la uniformidad general de 0.72, la uniformidad longitudinal de 0.93, el incremento del umbral de 8, y la relación de alrededor de 0.76, mostrando que nuestros resultados de simulación cumplen con todos los requerimientos fotométricos, y también con lo deseado para la correcta iluminación de las vías de la zona de estudio, la misma que es considerada comercial según el plan de regulación del municipio de Paccha, en el cuál el criterio para su diseño es basado en la Tabla 3.6. En donde especifica los niveles de iluminancia para calles y andenes escogiendo la clasificación del área a la comercial basándonos en los luxes y no en la velocidad de vehículos que transitan por la vía.

3.5 Diseño de red eléctrica de alimentación

Para el diseño de la red eléctrica de alimentación se toman en cuenta las diferentes cargas que se deben alimentar con la red de distribución, las cuales son cargas residenciales-comerciales y la carga de la red de alumbrado público.

Para la visualización de los datos de la red eléctrica de alimentación se ha elaborado la siguiente memoria técnica.

MEMORIA TÉCNICA

GENERALIDADES

Este diseño corresponde a las instalaciones eléctricas necesarias para proveer de energía a las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre, del centro de Paccha, ubicado en el cantón Atahualpa de la provincia de El Oro, donde se ha dispuesto realizar un regeneración urbana, cambiando el alimentador aéreo que atraviesa estas calles por uno subterráneo, y cambiando la red de alumbrado público con luminarias de sodio de 250W por una nueva red de alumbrado público diseñada con luminarias LED de 220W.

DEMANDA

Los solares que se encuentran en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre, son mayormente viviendas residenciales-comerciales.

Se considera que cada vivienda tendrá la siguiente carga:

- Circuitos de alumbrado
- Circuitos de tomacorrientes generales 120v
- Circuitos especiales de tomacorrientes 120v
- Circuitos para duchas eléctricas
- Servicio de 120/240v

Con estos parámetros se ha considerado una potencia instalada de 1.76 KW promedio para cada uno de los abonados, y se han contabilizado 120 abonados

Las luminarias que se encuentran en las calles Número 1, 10 de Agosto y 25 de Diciembre, son luminarias de tipo LED de 220W, y se han considerado 33 luminarias.

Para esto se ha considerado una demanda total de las cargas residenciales-comerciales y la carga de alumbrado público de 237.45 KVA, con lo cual se instalarán 5 transformadores de 50 KVA cada uno para dar servicio a los 120 abonados y alimentar las 33 luminarias de alumbrado público.

DESCRIPCIÓN GENERAL

El proyecto de soterramiento de la red de distribución y el rediseño de la red de alumbrado público en Paccha se desarrollará por medio de un convenio entre CNEL EP y el municipio de Paccha, con sistema de media y baja tensión subterráneo, y luminarias con tecnología LED.

RED DE MEDIA TENSIÓN

El sistema de distribución en media tensión será del tipo radia 7.620V, subterráneo.

El arranque de media tensión se lo realizará desde la línea de alta tensión existente.

CONDUCTOR

Se utilizará conductor # 2 AWG Cu – 15 KV.

Para mantener la continuidad del enmallado de media tensión, se correrá neutro # 2 AWG Cu – 15 KV.

Para cumplir con la norma de considerar una carga nominal de hasta 40 amperios por fase, con conductor # 2 Cu AWG, establecer:

Capacidad instalada 300KVA = 40 A línea monofásica # 2 Cu AWG.

EQUIPO DE PROTECCIÓN

Para la protección del sistema de media tensión se instalarán seccionadores fusibles cut-out

Tipo:	Abierto
Voltaje nominal:	15 KV
Corriente nominal:	100 A
Capacidad de interrupción mínima:	10 KA
BIL:	110 KV

Fusible:

Tipo:	K
Voltaje:	15 KV

TRANSFORMADORES

De acuerdo con el número de usuarios se utilizarán 5 transformadores de 50 KVA, con las siguientes características:

Tipo:	Monofásico, PAD MOUNTED
Refrigeración:	Líquido aislante y refrigerante tipo aceite mineral
Voltaje primario:	7.620 / 13200 Y V.
Voltaje secundario:	120 / 240 V.
Frecuencia:	60 Hz

Regulación: 2.5% arriba y abajo del voltaje de régimen
Impedancia equivalente: 3%
Eficiencia mínima: 80%
Nivel básico de aislamiento: 95 KV. BIL en media tensión. BIL en baja tensión.
Sistema de operación: Para ser instalado en base, a la intemperie.

Varilla de Puesta a Tierra:

Tipo: Copperweld alta camada de cobre 0.254 mm.
Dimensión: 5/8" x 8 (2.40m) con conector

Para la conexión desde el borne de tierra del transformador a la barra de cobre Copperweld se utilizará alambre de cobre desnudo # 6 Tw Awg.

En la planilla de transformadores se indica la fase a la que van conectados los transformadores, los medidores que alimentarán el transformador, el número de usuarios que dará servicio al tablero de medidores.

RED DE BAJA TENSION

ALIMENTADOR PRINCIPAL DESDE TRANSFORMADOR A TABLERO DE MEDIDORES

Desde los bornes de baja tensión del transformador de distribución se utilizará un alimentador con cable de cobre TTU hasta la primera caja de distribución, que necesariamente estará ubicada en el mismo poste del transformador.

Transformador 50 KVA 2#4/0 Fases+1#1/0 Neutro TTU Cobre AWG

ACOMETIDAS

Cable TTU # 4 AWG

Las acometidas domiciliarias de baja tensión serán con cable TTU, según la carga instalada.

- 1#4 Cu + N#4 Cu AWG 600V 90°C para servicio 120V

- 2#4 Cu + N#4 Cu AWG 600V 90°C para servicio 120/240V

MEDIDORES

La medición se realizará en medidor 1F electrónico de Kilovatios-hora

Tipo:	Socket
Capacidad máxima:	100 Amp. Clase 100
Corriente de prueba:	15 Amp
Voltaje de operación:	120 Voltios + - 10%; configuración 2 hilos 240 Voltios + - 10%; configuración 3 hilos
Precisión:	+ - 1% o mejor.
Registro:	Pantalla LCD (display) de 5 o 6 dígitos enteros; cada dígito debe tener altura mínima 7mm y ancho 4mm
Constante de registro:	Kr=1
Frecuencia:	60 Hz
Tapa principal:	Lexan o vidrio
Base:	Plastica (Noryl, Lexan o Baquelita)
Elemento de corriente:	Sensor de corriente (TC o sensor hall)
Elemento de potencial:	Divisor de potencial resistivo o capacitivo
Ajuste:	De fábrica y codificado para evitar escrituras o reprogramación posterior
Puente potencial:	Sin puente para el uso monofásico 2 hilos
Fuente de poder:	Independiente o incorporada a la tarjeta principal con las respectivas protecciones para transientes y sobretensiones.
Simulador de disco:	LED emisor que sea detectable por equipos de prueba bajo normas ANSI y su constante sea igual al kh o kt del medidor
Pérdidas de elementos:	Potencial menor 1.3 W Corriente menor a 0.5 A.

LUMINARIAS LED DE 220W A 220V

Tipo: Alumbrado vial SELECCIONADO

Altura sobre el nivel de mar: hasta 3000 m
Humedad relativa: $\geq 70\%$
Temperatura ambiente: de -10°C a 35°C
Condiciones de instalación: A la intemperie, expuesto a la lluvia, contaminación atmosférica, polvo e insectos, velocidad del viento menor a 30 Km/h
Resistencia a la vibración: ensayo de vibración según IEC 60068-2-6;2007
Voltaje nominal-sistema monofásico: 240/120V
Voltaje nominal-sistema trifásico: 210/121V-220/127V
Frecuencia: 60 Hz

LUMINARIA LED

Reparto de flujo luminoso: asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180 grados
Material: Aluminio inyectado, vidrio o polimetilmetacrilato (PMMA) Resistencia al impacto: $IK \geq 0.8$ (Vidrio o PMMA)
Hermeticidad: Los compartimientos del conjunto óptico y el conjunto eléctrico deberán estar separados
Conjunto óptico: IP66
Conjunto eléctrico: IP66
Factor de potencia o potencia nominal: >0.92
Clase eléctrica: I (IEC-60598-1)
Ventilación: Autoventilada, sin ventilador
Vida útil: Declaratoria el fabricante según L70-80000h (Significa que llegadas las 80000h el flujo luminoso se reduce al 70% de su valor inicial)
Accesorios metálicos y tornillos: IEC-60598-1
Distorsión armónica total THD de corriente a potencia a nominal: Según IEC-61000-3-2

Eficacia luminosa: $\geq 110 \text{ lm/W}$ ($> 300^\circ\text{K}$), $\geq 100 \text{ lm/W}$ ($< 3000^\circ\text{K}$)

DISPOSITIVO DE CONTROL O CONTROL ELECTRÓNICO (DRIVER)

Normas para ensayos: IEC-61347-1, IEC-61347-2-13, IEC-62384

Rango de voltaje de entrada: De acuerdo con el sistema eléctrico de cada distribuidora

Frecuencia: 60 Hz

Vida útil mínima: 80000h

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRES TENSIONES (SPD)

Dispositivo de protección según IEC-61643-11; 10kA/10KV

SISTEMA DE CONTROL DE ENCENDIDO/APAGADO DE LA LUMINARIA (FOTOCONTROL)

En caso de verificarse la compatibilidad del control y la luminaria con la norma (ANSI-C136.10)

POSTES

Los postes para la red de alumbrado público serán de plástico reforzados con fibra de vidrio, sección circular 10m de longitud, 400 Kg.

Deberán llevar una placa de identificación con información de la marca, fabricante, tipo de poste, longitud, esfuerzo útil, fecha de fabricación y número de serie.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A través de los análisis realizados, la información proporcionada por CNEL EP, las simulaciones y datos tomados en campo, se logró realizar de manera exitosa la guía de diseño, instalación y mantenimiento de luminarias LED para CNEL EP. Se escogió un diseño para la red de alumbrado público con luminarias LED de 220W en base al análisis de costos y del ahorro de energía comparado con los otros diseños de proyecto Paccha.

Por medio del uso del software DIALux para las simulaciones de las redes de alumbrado público diseñadas, se comprobó que el diseño propuesto con luminarias LED de 220W se cumple con todos los requisitos luminotécnicos establecidos.

Por medio del análisis de ahorro de energía nos damos cuenta que, con el diseño seleccionado, LED 220W, se obtiene un ahorro de energía de 1143,18 KWh al año.

Con el diseño seleccionado, LED 220W, una vez culminado el periodo de garantía de las luminarias LED, 10 años, se obtiene un ahorro por costos de inversión total (inversión inicial, mantenimiento y operación de las luminarias), de \$28.877,74.

Con el diseño seleccionado, LED 220W, gracias al ahorro de energía, se reducirían las emisiones CO₂ en 365,82 Kg/año.

Debido a que las luminarias de Sodio de alta presión ya han alcanzado su tope de desarrollo tecnológico, la alternativa LED se convierte en una opción interesante ya que, al ser una tecnología relativamente joven, tiene un amplio margen de desarrollo.

Recomendaciones

Se recomienda, para los diferentes proyectos de rediseño de alumbrado público, realizar los estudios y los levantamientos de la información durante el verano, para evitar las condiciones de neblina y lluvia al momento que se requieran hacer las

mediciones luminotécnicas de campo ya que, producen contaminación que afecta a los resultados de estas.

Para realizar las simulaciones de las diferentes alternativas para las redes de alumbrado público, es necesario adquirir una base de datos con los archivos .ies de las diferentes luminarias, los cuales son imprescindibles para las simulaciones y son de difícil acceso.

Para realizar el análisis de costos de las diferentes alternativas, es necesario adquirir una base de datos de los costos unitarios de los diferentes elementos que conforman toda la red de alumbrado público además de, los costos de mano de obra necesarios para la implementación de cada diseño.

Es necesario asegurarse de la vigencia y actualización de los diferentes instructivos y regulaciones a tomar en cuenta antes del estudio de cualquier tipo de proyecto eléctrico.

El presente proyecto deja una base para el posterior estudio e implementación de telegestión, debido a que esta tecnología LED es compatible con los sistemas de telegestión.


BIBLIOGRAFIA

- [1] Arquitectura Inteligente, Lámparas-vida media, vida útil y vida individual, wordpress, 2007.
- [2] M. Benjumea, PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA “LED” PARA LA ILUMINACION PÚBLICA EN ANTIOQUIA, Antioquia: ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA , 2009.
- [3] V. Pereira, «Some Considerations About LED Tecnology in Public Ligthing,» *IEEE*, 2015.
- [4] G. Harper, El abc del alumbrado y las instalaciones electricas en baja tension, Mexico: LIMUSA S.A., 2004.
- [5] B. ., S. J. D. y. P. F. O´Donell, «Fuentes luminosas,» Mayo 2007. [En línea]. Available: <http://www.herrera.unt.edu.ar/dllyv/publicaciones/manualeli/cap04.pdf>.
- [6] «Premier Lighting,» Mayo 2013. [En línea]. Available: <http://www.premierltg.com/light-fights-led-vs-induction-lighting/>.
- [7] Grupo Adapta, Lámparas de alumbrado público con LEDs, Adapta Eco Generacion SA de CV, 2010.
- [8] V. C. B. F. B. M. T. M. Costa y T. B. Marchesan, «Design methodology for street lighting luminaires based on a photometrical analysis,» *IEEE*, 2013.
- [9] R. Ramos, «Eco Medio Ambiente,» 23 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://ecomedioambiente.com/energia/tecnologia-led/>.
- [10] ALOMAR, «Ventajas y Desventajas de la Tecnología LED,» 19 08 2012. [En línea]. Available: <http://www.alromar-energia.es/blog/ventajas-y-desventajas-de-la-tecnologia-led/>. [Último acceso: 15 01 2019].

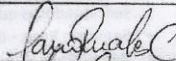
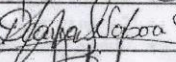
- [11] M. d. M. y. Energía, Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público. (RETILAP) Capítulo 5: Control de la contaminación lumínica y manejo ambiental, Bogotá, 2008.
- [12] INEN, REGLAMENTO TECNICO ECUATORIANO 069 DE ALUMBRADO PUBLICO, Quito, 2011.
- [13] DIAL, «DIALux,» 5 Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.dial.de/en/dialux/>.
- [14] M. Bass, Handbook of Optics, New York, New York: McGraw-Hill, 1995.
- [15] D. P. H., REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 "ALUMBRADO PÚBLICO", Quito, 2013.
- [16] ARCONEL, «Regulación N ARCONEL 006/18.,» Quito, 2018.
- [17] C. EP, «Geoportal,» [En línea]. Available: <https://geoportal.cnelep.gob.ec/cnel/>. [Último acceso: 15 01 2019].
- [18] MEER, «Especificaciones técnicas de materiales y equipos del sistema de distribución,» Quito, 2018.
- [19] R. M. S., Illumating Engineering Society of North America. The IESNA Ligthing handbook, 2000.

ANEXO 1


INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACION, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS			Código: IT-TEC-APU-002
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2018-03-02	

Datos generales del documento				
ELABORACIÓN	X	ACTUALIZACIÓN	ELIMINACIÓN	
Nombre del documento:		Instructivo de trabajo seguro para instalación, mantenimiento o retiro de luminarias		
Código:		IT-TEC-APU-002		
Versión:		01		
Proceso / Subproceso:		Gestión Técnica/Alumbrado Público		
Observación:				

	Nombre y Apellido	Cargo	Firma
Elaborado por:	Jorge Moscoso	Profesional de Mantenimiento - CORP	
	Miguel Menéndez	Profesional de Alumbrado Público - GYE	
	Freddy Lorentty	Profesional de Seguridad Industrial - GYE	
	Ubaldo Saldarriaga	Profesional de Gestión de Procesos - GYE	
Revisado por:	David Ruales	Director de Gestión de Procesos	
	Diana Noboa	Directora de Alumbrado Público	
	Enrique Veloz	Director de Responsabilidad Social, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	
Aprobado por:	Líder Intriago	Gerente de Distribución	
Fecha de aprobación:		13 ABR 2018	



	INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACION, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS			Código: IT-TEC-APU-002
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2018-03-02	

1. Objetivo

Establecer un documento que permita homologar las actividades necesarias de trabajo seguro para la instalación, mantenimiento o retiro de luminarias.

2. Alcance

El presente instructivo es de aplicación para el personal operativo del área de Distribución y de los Contratistas y/o Subcontratistas de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP.

3. Definiciones

ARCO ELÉCTRICO: Es la descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa.

BALASTO: Es un equipo que sirve para mantener estable y limitar la intensidad de la corriente para lámparas ya sea fluorescente, de vapor de sodio, de haluro metálico o de vapor de mercurio. Técnicamente en su forma clásica es una reactancia inductiva que está constituido por una bobina de alambre de cobre esmaltado enrollada sobre un núcleo de chapas de hierro o de acero eléctrico.

CAPACITOR: Es un dispositivo pasivo utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico para mejorar el funcionamiento de la luminaria.

CINCO REGLAS DE ORO EN TRABAJOS SIN VOLTAJE:

- **Primer Paso.-** Abrir con corte visible todas las fuentes de voltaje a través de interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.
- **Segundo Paso.-** Bloquear y etiquetar los equipos de maniobra y protección.
- **Tercer Paso.-** Verificar correctamente la ausencia de voltaje.
- **Cuarto Paso.-** Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de voltaje.
- **Quinto Paso.-** Colocar las señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

CENTRO DE OPERACIONES DE DISTRIBUCIÓN (COD): Es la central donde se monitorea y controla la red de distribución eléctrica.

ELECTROCUCIÓN: Accidente por paso de corriente por el organismo (contacto eléctrico).

EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA: Se definen como equipos de protección colectiva a aquellos, cuyo objetivo es la protección simultánea de varios trabajadores expuestos a un determinado riesgo. Los equipos de protección colectiva a utilizar son:

A
fund

A

A
ES

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACION, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS			Código: IT-TEC-APU-002
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2018-03-02	


- a) Conos de seguridad
- b) Detector de voltaje para uso con pértiga
- c) Cintas de seguridad
- d) Luces de emergencia y/o señalización
- e) Botiquín de primeros auxilios
- f) Bolsas de polietileno para desechos
- g) Paños absorbentes
- h) Extintor polvo químico seco y/o CO₂
- i) Equipos de puesta a tierra temporal

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP): Los equipos de protección personal comprenden aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones. Los equipos de protección personal a utilizar son:

- a) Zapatos de seguridad dieléctrico antideslizante
- b) Guantes de PVC
- c) Guantes de cuero
- d) Guantes aislantes: Clase 0, 1 o 2
- e) Eslingas
- f) Lentes de seguridad contra impacto
- g) Ropa de trabajo
- h) Careta facial anti arco voltaico
- i) Casco dieléctrico con barbiquejo
- j) Detector personal de voltaje
- k) Cinturón, arnés y faja de seguridad
- l) Mascarillas para polvos
- m) Chalecos reflectivos

FOTOCÉLULA: Es un interruptor cuya acción es conectar o desconectar y estar comandada por una célula fotoeléctrica.

IGNITOR: Es un elemento del circuito auxiliar en las lámparas de descarga, su misión es emitir un impulso de alto voltaje para el encendido.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACION, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS			Código: IT-TEC-APU-002
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2018-03-02	

LÁMPARA (FOCO): Término genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre. Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacentes a la zona visible. Puede asimilarse a la definición de lámpara.

LUMINARIA: Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

4 Desarrollo

ORGANIZACIÓN PREVIA

- 4.1 El Jefe de grupo verifica las instrucciones del trabajo a realizar mediante Anexo 1 "Orden de trabajo para mantenimiento/ construcción en el sistema eléctrico", FO-TEC-OPE-001.
- 4.2 Para el cumplimiento de requisitos y medidas de seguridad, el grupo de trabajo debe cumplir con lo señalado en: Anexo 2 "Requerimientos de seguridad industrial previos a la ejecución de trabajos", "Instructivo de trabajo seguro en altura" IT-RSC-RES-007 e "Instructivo de seguridad contra riesgo eléctrico" IT-RSC-RES-008.

DELIMITACIÓN DEL SITIO DE TRABAJO

- 4.3 El grupo de trabajo se coloca los equipos de protección personal y delimita la zona de trabajo a través de los equipos de protección colectiva; tales como: conos, cinta señalizadora, etc.

TAREAS DE COORDINACIÓN Y VERIFICACIÓN

- 4.4 El Jefe de grupo de trabajo informa al Centro de Operación de Distribución (COD) los trabajos que se van a realizar indicando que cuentan con la autorización respectiva para el inicio del trabajo.
- 4.5 En caso de realizar suspensión del servicio, un delegado por el Jefe de grupo coloca los carteles de seguridad en los puntos donde exista la posibilidad de retorno de voltaje (extremos del circuito y derivaciones) y comunica al COD que se va a desconectar el circuito.

EJECUCIÓN DE TAREAS

Instalación de Luminarias

- 4.6 El grupo de trabajo verifica que las luminarias estén armadas con todos los accesorios, los conectores y terminales debidamente ajustados, las abrazaderas colocadas adecuadamente


	INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACION, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS			Código: IT-TEC-APU-002
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2018-03-02	

con sus respectivos pernos y tuercas de sujeción. La longitud del conductor de alimentación debe ser acorde con la distancia desde el punto de instalación de la luminaria hasta la red eléctrica.

- 4.7 El Técnico designado por el Jefe de grupo sube hasta la altura donde se instalará la luminaria y se asegura mediante el equipo de protección contra caídas dotado por la institución, utilizando el sistema de anclaje, tal como indica el "Instructivo de trabajo seguro en altura", IT-RSC-RES-007.
- 4.8 El Técnico amarra con el cabo de servicio el brazo de la luminaria, mientras que el Ayudante del Técnico que se encuentra en la parte baja junto al poste ayuda a elevar la luminaria hasta el punto de instalación. De ser necesario, se coloca una polea con cabo de servicio en la parte superior del poste para facilitar el trabajo, situación que será definida por el Jefe de grupo. En caso de usar carro canasta la luminaria debe ser subida junto con el Técnico.
- 4.9 El Técnico instala la luminaria en el poste, considerando las distancias de despeje con respecto a alimentadores y elementos energizados usando para ello las abrazaderas, pernos de sujeción y apretando las tuercas con llaves adecuadas hasta que queden ajustadas.
- 4.10 El Jefe de grupo dirige al Técnico para que la luminaria quede instalada de forma perpendicular con respecto a la vía pública o según conste la orientación definida en el plano del diseño.
- 4.11 El Técnico coloca el conductor de alimentación de la luminaria acorde a las normas de instalación y puesta en operación que constan en la homologación de unidades de propiedad, guardando la estética de la instalación, y realiza las conexiones de la luminaria en la red eléctrica usando conectores homologados para unidades de construcción de red eléctrica.
- 4.12 El grupo de trabajo realiza pruebas de funcionamiento de las luminarias.
 - 4.12.1 En caso de que las luminarias sean autocontroladas, el Técnico tapa la fotocélula con la finalidad de comprobar que la luminaria se encienda y apague con normalidad.
 - 4.12.2 Si es parte de un grupo de luminarias controladas mediante circuito de reloj el Técnico conecta todo el circuito y se verifica el funcionamiento de todas las luminarias a la vez o de ser el caso mediante inspección en horas de la noche para resolver cualquier novedad.

Mantenimiento de Luminarias

- 4.13 El Técnico designado por el Jefe de grupo, sube hasta la altura donde está instalada la luminaria. Se asegura con el equipo de protección contra caídas dotado por la institución,

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACION, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS			Código: IT-TEC-APU-002
				Versión: 01
	Elaborado por: RSC/TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2018-03-02

utilizando el sistema de anclaje, tal como indica el "Instructivo de trabajo seguro en altura", IT-RSC-RES-007.


- 4.14 El Técnico comienza la revisión desde el punto de conexión de la red secundaria y verifica el estado del conductor de alimentación de la luminaria, si detecta que existe alguna falla procede a su corrección.
- 4.15 Una vez comprobado que el conductor de alimentación y el voltaje en la red secundaria están correctos, el Técnico realiza la limpieza de la luminaria y determina el estado de funcionamiento de sus componentes, Acorde con el "Instructivo para el mantenimiento del sistema de alumbrado público", IT-TEC-APU-001 a partir del punto 4.20.
- 4.16 El Técnico comprueba el funcionamiento de la luminaria.

Retiro de Luminarias

- 4.17 El Técnico designado por el Jefe de grupo, sube hasta la altura donde está instalada la luminaria. Se asegura con el equipo de protección contra caídas dotado por la institución, utilizando el sistema de anclaje, tal como indica el "Instructivo de trabajo seguro en altura", IT-RSC-RES-007.
- 4.18 El Técnico amarra con el cabo de servicio la luminaria, mientras que el Auxiliar del Técnico sujeta el extremo del cabo de servicio que se encuentra ubicado en la parte baja junto al poste.
 - 4.18.1 El Técnico desconecta y desmonta la luminaria para que sea bajada lentamente por el Auxiliar de Técnico. De usar carro canasta coloca dentro de la canasta la luminaria.
 - 4.18.2 De ser necesario retirar el brazo, el Técnico procede de la misma manera que para el retiro de la luminaria.

Retiro de la zona de trabajo

- 4.19 El grupo de trabajo recoge los equipos y herramientas empleadas en el trabajo, verificando su operatividad para una próxima utilización.
- 4.20 El Jefe de grupo reporta los equipos y/o herramientas que hayan sufrido desperfectos para su inmediata reparación.
- 4.21 El grupo de trabajo ordena y limpia la zona de trabajo dejando libre de resto de materiales y/o elementos extraños.
- 4.22 El grupo de trabajo retira los elementos de delimitación y señalización.
- 4.23 El jefe de grupo informa a su Jefe inmediato y al COD la culminación de los trabajos.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACION, MANTENIMIENTO O RETIRO DE LUMINARIAS			Código: IT-TEC-APU-002
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2018-03-02	

5. Documentos de referencia

Para la elaboración del documento, se consideró las disposiciones y normativas que se detallan a continuación:

- Homologación de Unidades de Propiedad, Catálogo Digital, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, vigente desde el 3 de junio de 2011 y sus actualizaciones.
- Decreto Ejecutivo 2393 "Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo", vigente desde el 17 de noviembre de 1986.
- Acuerdo N°. 013 "Reglamento de Seguridad del Trabajo contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica", vigente desde el 22 de enero de 1998.
- Acuerdo N°. 00174 "Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas, vigente desde el 10 de enero de 2008.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional de CNEL EP, vigente desde noviembre 2014.

6. Requisitos

Código	Nombre o Descripción
FO-TEC-OPE-001	Orden de trabajo para mantenimiento/construcción en el sistema eléctrico


7. Anexos

- 7.1 Anexo 1: FO-TEC-OPE-001 "Orden de trabajo para mantenimiento/construcción en el sistema eléctrico".
- 7.2 Anexo 2: Requerimientos de seguridad industrial previos a la ejecución de trabajos.

[Handwritten signatures and initials]

ANEXO 1

FO-TEC-OPE-001 "Orden de trabajo para mantenimiento/construcción en el sistema eléctrico".

		Formato:	
ORDEN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO/CONSTRUCCIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO			
Unidad de Negocio:	Orden No.	Fecha:	
Nombre del Jefe de Grupo:	Solicitado por:		
VERIFICACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE SEGURIDAD			
1	Verificación de EPP y Herramientas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Corte efectivo de todos los puntos de tensión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Bloqueo y traba de aparatos de corte o de seccionamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Comprobación de ausencia de tensión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Puesta a tierra y cortocircuito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Delimitación de la zona de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRABAJO PLANIFICADO			
Tipo de trabajo:	Sistema afectado	Carga desconectada	MW <input type="checkbox"/>
Fecha de solicitud:	Hora inicial:	Coordenada X:	
Fecha de ejecución:	Hora final:	Coordenada Y:	
Descripción:	Consignación/Ficha de Maniobra		
Materiales		Equipos/ Herramientas	Personal
Actividades		Vehículo	Grupo/Personal de Apoyo
Requerimientos Adicionales		Firmas de Responsabilidad	
		Elaborado por:	
		Revisado por:	
		Aprobado por:	
TRABAJO EJECUTADO			
Ejecución del Trabajo	Personas que intervinieron		Firmas de Responsabilidad
Estado de Cumplimiento	Observaciones		Elaborado por:
Días Transcurridos			Revisado por:
Hora inicial:			Aprobado por:
Hora final:			
Fecha de entrega del formulario			

Fecha de creación de formato: 18-03-2015

FO-TEC-OPE-001

Página 1 de 1

[Handwritten signatures and initials]

ANEXO 2

Requerimientos de seguridad industrial previos a la ejecución de trabajos

- Todo el personal que intervenga en la zona de trabajo, debe tener el Certificado de Competencia Laboral vigente.
- Todo el personal que ejecute el trabajo debe contar con su respectivo carnet de identificación de la empresa.
- El Conductor debe tener licencia de conducir vigente, acorde al tipo de vehículo que conduce.
- Todo el personal que vaya a intervenir en la ejecución de los trabajos debe encontrarse en condiciones de salud apropiada.
- Todo el personal debe tener conocimiento de primeros auxilios y especialmente en la técnica de respiración artificial y masaje cardiaco externo (RCP).
- Todo vehículo debe contar con un botiquín de primeros auxilios.
- En ningún caso el personal al momento de ejecutar los trabajos debe portar teléfonos móviles, anillos, relojes o pulseras.
- El uso y conservación de los Equipos de Protección Personal y Equipos de Protección Colectiva son obligatorios para todo el personal.
- Los grupos de trabajo no deben ser mayores a 5 personas, ni menor a 2 personas.
- Para todos los trabajos sin voltaje el personal debe aplicar las 5 reglas de oro.
- Todo trabajo en una instalación eléctrica se efectuará en presencia y bajo la dirección de un Técnico designado por el área responsable.
- El Jefe de grupo debe verificar la información del Anexo 1 "Orden de trabajo para mantenimiento/construcción en el sistema eléctrico" FOR-TEC-OPE-001, antes de realizar el trabajo.
- El grupo de trabajo debe verificar previamente el buen estado de las herramientas, equipos de protección personal (EPP) y materiales a utilizar.
- El Jefe de grupo debe verificar el estado de los vehículos de transporte y equipos a utilizar para asegurar su operatividad y eficacia.
- El Jefe de grupo debe programar en horas adecuadas los trabajos en zonas críticas.
- El grupo de trabajo debe contar con suficiente cantidad de agua potable para el consumo de los trabajadores.
- El grupo de trabajo debe mantener siempre en uso el detector de voltaje personal.
- El Jefe de grupo debe verificar los elementos de señalización vial y de protección en la zona de trabajo, tales como: conos, cinta señalizadora, etc.
- El grupo de trabajo debe mantener dentro de la zona señalizada todas las herramientas, equipos e implementos de seguridad.

[Handwritten signatures and initials]

ANEXO 2

INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO


MM

CNEL	INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO	Código: IT-TEC-APU-001	
		Versión: 02	
Elaborado por: CDG / TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2017-03-20

Datos generales del documento	
ELABORACIÓN	ACTUALIZACIÓN X ELIMINACIÓN
Nombre del documento:	Instructivo para el mantenimiento del sistema de alumbrado público
Código:	IT-TEC-APU-001
Versión:	02
Proceso / Subproceso:	Gestión técnica / Alumbrado Público
Observación:	Se modificó las siguientes secciones: objetivo, alcance, definiciones y desarrollo. Se actualizó formato FO-TEC-APU-001 "Reporte de luminarias instaladas y/o reportadas". Se agregó formato FO-TEC-APU-002 "Inspección de luminarias"

	Nombre y Apellido	Cargo	Firma
Elaborado por:	Juan Espinoza	Profesional de Procesos	<i>[Firma]</i>
	Miguel Menéndez	Ingeniero de Operación y Mantenimiento de A.P.1 - GYE	<i>[Firma]</i>
	Fausto Gusque	Profesional de Mantenimiento	<i>[Firma]</i>
	Richard Fierro	Profesional de Alumbrado Público	<i>[Firma]</i>
Revisado por:	David Ruales	Director de Procesos	<i>[Firma]</i>
	Sebastián Benavides	Director de Alumbrado Público (E)	<i>[Firma]</i>
Aprobado por:	Milton Castillo	Gerente Técnico	<i>[Firma]</i>

Fecha de aprobación: 28 MAR 2017



63

1. Objetivo

Homologar las actividades para la ejecución del mantenimiento del Sistema de Alumbrado Público General con el propósito de estandarizar los lineamientos y acciones en la Corporación.

2. Alcance

El presente documento es de aplicación para los servidores públicos administrativos y operativos del área de Alumbrado Público de las Unidades de Negocio de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP.

3. Definiciones

MANTENIMIENTO: Actividad para la conservación de un producto, sistema, máquina, equipo con el propósito de mantener su normal funcionamiento y evitar su degradación.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Es el tipo de mantenimiento que nos permite garantizar el buen funcionamiento del equipo mediante revisiones y acciones, evitando que dicho equipo se descomponga; es decir, su principal misión es mitigar posibles fallas en el Sistema Eléctrico de Distribución (SED).

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Es el que se realiza luego que ocurre un fallo en los materiales o equipos y que causaron una interrupción del servicio eléctrico.

ORDEN DE TRABAJO: Documento escrito que se entrega a la persona que corresponda y que contiene una descripción pormenorizada del trabajo que se debe llevar a cabo.

SAPG: Sistema de Alumbrado Público General.

SISTEMA DE ATENCIÓN DE RECLAMOS (SAR): Sistema informático desarrollado para CNEL EP donde se registran y gestionan los reclamos receptados mediante el Centro de Contacto. Este sistema permite filtrar las novedades relacionadas con el alumbrado público para proceder con su atención y solución.

4. Desarrollo

4.1 El Líder de Alumbrado Público divide el área de servicio de la Unidad de Negocio en zonas, cada una definida de acuerdo a los siguientes parámetros:

- a. Por cada 15.000 luminarias instaladas
- b. Por Cantones
- c. Por ubicación (Urbano, Rural)

4.2 El Líder de Alumbrado Público designa a un Profesional de Alumbrado Público para administrar cada zona, quien a su vez programa las actividades de mantenimiento, las mismas que deben ser clasificadas en mantenimiento preventivo y correctivo para el registro del indicador de gestión:

69



INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Código:
IT-TEC-APU-001

Versión:
02

Elaborado por:
CDG / TEC

Revisado por:
TEC

Aprobado por:
TEC

Fecha de Emisión:
2017-03-20

Mantenimiento Preventivo

Vida útil

- 4.3 El Profesional de Alumbrado Público encargado de cada zona, trimestralmente programa el listado de las luminarias y/o componentes que requieren mantenimiento dentro de la zona correspondiente en el siguiente semestre del año, esta programación va en función del tiempo de la vida útil de los componentes cumpliendo las recomendaciones del fabricante, normativa técnica aplicable vigente y el comportamiento del sistema eléctrico del área de servicio correspondiente a cada Unidades de Negocio.

El tiempo de vida útil estimado de cada componente instalado y operando para efecto del mantenimiento preventivo, se presenta en la siguiente tabla:

COMPONENTES	TIPO	POTENCIA	TIEMPO ESTIMADO DE VIDA ÚTIL
Balasto	Electromagnético	100 / 150 / 250 / 400	7 Años
Lámpara	Vapor de sodio de alta presión	100 / 150 / 250 / 400	3 Años
Ignitor	Vapor de sodio de alta presión	100 / 150 / 250 / 400	7 Años
Capacitor	Vapor de sodio de alta presión	100 / 150 / 250 / 400	4 Años
Base Socket	-	100 / 150 / 250 / 400	7 Años
Fotocontrol	-	100 / 150 / 250 / 400	7 Años
Luminaria	-	100 / 150 / 250 / 400	7 Años

- 4.4 Con base en la programación trimestral, el Líder de Alumbrado Público establece una prioridad en función de los objetivos estratégicos de la Corporación y el uso eficiente de los recursos disponibles, define la prioridad de los trabajos de mantenimiento del SAPG y envía al Profesional de Alumbrado Público para la coordinación y posterior ejecución.
- 4.5 El Profesional de Alumbrado Público en conjunto con el Jefe de cuadrilla genera una programación de trabajo semanal, emite las órdenes de trabajo y la solicitud de materiales.

65

Handwritten signatures and initials



INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Código: IT-TEC-APU-001
Versión: 02

Elaborado por: CDG/TEC Revisado por: TEC Aprobado por: TEC Fecha de Emisión: 2017-03-20

4.6 Finalmente el Jefe de cuadrilla ejecuta las actividades descritas en la orden de trabajo y elabora en el formato FO-TEC-APU-001 el "Reporte de luminarias instaladas y/o reparadas" el mismo que se entrega al Profesional de Alumbrado Público para su registro y archivo.

Parámetros fotométricos

4.7 El Profesional de Alumbrado Público programa inspecciones nocturnas de la zona bajo su cargo, con el objetivo de localizar las vías donde los parámetros fotométricos sean inferiores a los normados.

4.8 El Profesional de Alumbrado Público en conjunto con la cuadrilla realiza la medición de los parámetros fotométricos considerando la siguiente tabla:

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				ILUMINANCIA Incremento de Umbral	ILUMINANCIA Relación de alrededor
	Seco		Mojado		Ti(%)	SR
	$Lav = \frac{cd}{m^2}$	Uo	Uf	Uo		
M1	2,0	0,40	0,70	0,15	10	0,5
M2	1,5	0,40	0,70	0,15	10	0,5
M3	1,0	0,40	0,60	0,15	15	0,5
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,5
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,5
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,5
LUMINANCIA PROMEDIO CALZADA				UNIFORMIDAD GENERAL	UNIFORMIDAD LUMINARIA	RELACION DE ALREDEDOR

4.9 Realizada la medición, el Profesional de Alumbrado Público elabora el informe con los resultados obtenidos y entrega al Líder de alumbrado público para la toma de decisiones.

4.10 El Líder de Alumbrado Público designa el orden de ejecución de los trabajos priorizando las vías con mayor afectación en sus niveles fotométricos y entrega al Profesional de Alumbrado Público, el mismo que programa los trabajos ya sea de mantenimiento o mejora de la calidad.

Mantenimiento correctivo

Inspección (Aplica únicamente para el área urbana)

4.11 El Profesional de Alumbrado Público programa inspecciones nocturnas de la zona bajo su cargo, con el objetivo de localizar las luminarias con desperfectos que no han sido reportadas.

4.12 El Profesional de Alumbrado Público entrega la programación al Jefe de la cuadrilla el cual inspecciona las rutas establecidas, registrando las luminarias con desperfectos en el formato FO-TEC-APU-002 "Inspección de luminarias".

66

Handwritten signatures and initials.

CNEL

INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Código:
IT-TEC-APU-001
Versión:
02.

Elaborado por: CDG / TEC	Revisado por: TEC	Aprobado por: TEC	Fecha de Emisión: 2017-03-20
-----------------------------	----------------------	----------------------	---------------------------------

- 4.13 Entregado el formato FO-TEC-APU-002 "Inspección de luminarias" con las novedades encontradas por parte del Jefe de cuadrilla; el Profesional de Alumbrado Público emite la orden de trabajo, solicitud de materiales y entrega al Jefe de cuadrilla correspondiente para el respectivo trabajo de mantenimiento.
- 4.14 Realizado el trabajo de mantenimiento, el Jefe de cuadrilla elabora y entrega en el formato FO-TEC-APU-001 el "Reporte de luminarias instaladas y/o reparadas" al Profesional de Alumbrado Público para su registro y archivo.

Solicitud por terceros (oficios, cartas, correos electrónicos)

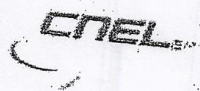
- 4.15 Cuando se recibe una solicitud por terceros derivada de una inspección visual, el Profesional de Alumbrado Público dispone al grupo de trabajo realizar una inspección del estado físico y operativo de las luminarias reportadas de la zona según corresponda a fin de detectar la falla.
- 4.16 Detectada la falla, el Jefe de cuadrilla registra las novedades en el formato FO-TEC-APU-002 "Inspección de luminarias", entrega al Profesional de Alumbrado Público y continúa con la actividad 4.17, caso contrario se cierra el caso y se notifica al solicitante.
- 4.17 Con base en la información levantada producto de la inspección, el Profesional de Alumbrado genera la orden de trabajo y solicitud de materiales.
- 4.18 Finalmente el Jefe de cuadrilla ejecuta las actividades descritas en la orden de trabajo y elabora en el formato FO-TEC-APU-001 el "Reporte de luminarias instaladas y/o reparadas" el mismo que se entrega al Profesional de Alumbrado Público para su registro y archivo.

Reclamos procesados por el SAR

- 4.19 El Líder de Alumbrado Público designa la distribución de los reclamos a los Profesionales encargados de las diferentes zonas.
- 4.20 El Profesional de Alumbrado Público encargado de la zona según corresponda, genera las ordenes de trabajo considerando los desperfectos que se describen a continuación y entrega al Jefe de cuadrilla:
1. Luminaria encendida en el día: Se realiza el cambio del fotocontrol y limpieza de la luminaria.
 2. Luminaria apagada en la noche: Se realiza la sustitución de foco, fotocontrol o ambos elementos y limpieza de la luminaria; en el caso de que a pesar del cambio de componentes la luminaria no funciona correctamente, esta debe ser sustituida por una luminaria provista al grupo de mantenimiento.
 3. Luminaria dañada (luminaria intermitente en la noche, luminaria destruida o abierta): La luminaria debe ser sustituida por una luminaria provista al grupo de

67

Jefe
Página 5 de 6



INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Código: IT-TEC-APU-001

Versión: 02

Elaborado por: CDG / TEC

Revisado por: TEC

Aprobado por: TEC

Fecha de Emisión: 2017-03-20

mantenimiento. La luminaria retirada debe ser reparada en el taller de luminarias para su posterior ingreso a bodega.

- 4.21 El jefe de cuadrilla ejecuta las actividades descritas en la orden de trabajo y elabora en el formato FO-TEC-APU-001 el "Reporte de luminarias instaladas y/o reparadas" el mismo que se entrega al Profesional de Alumbrado Público para su registro y archivo.
- 4.22 Registrado y archivado los mantenimientos, el Profesional de Alumbrado Público notifica al:
 - 4.22.1. Responsable designado para el cierre de los reclamos mediante SAR, la ejecución y culminación de los trabajos de mantenimiento; quien a su vez cierra el requerimiento, y;
 - 4.22.2. Responsable de la actualización en el Sistema de Información Geográfica para el registro de los cambios en el SAPG.

5 Documentos de Referencia

Para la elaboración del documento, se observaron las siguientes disposiciones legales, reglamentarias y normativas:

- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069 "ALUMBRADO PÚBLICO", Registro Oficial No. 059 del 17 de octubre de 2013.
- Consultoría para "Determinar el alcance técnico y de costos para el proceso licitatorio del mantenimiento integral y optimización del sistema de alumbrado público de la Ciudad de Guayaquil" - Consultora ENERYPACIFIC S.A. - Contrato GG-GAJ-363-10.

6 Registros

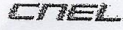
Código	Nombre o Descripción
FO-TEC-APU-001	Reporte de luminarias instaladas y/o reparadas.
FO-TEC-APU-002	Inspección de luminarias

7 Anexos

- 7.1 Anexo 1: FO-TEC-APU-001 "Reporte de luminarias instaladas y/o reparadas"
- 7.2 Anexo 2: FO-TEC-APU-002 "Inspección de luminarias"

Handwritten signatures and initials:
 Jesús
 J
 A
 M
 J

(Anexo 2)
Inspección de luminarias



FORMATO PARA INSPECCIÓN DE LUMINARIAS

Unidad de Negocio: _____ Fecha: ____/____/____
 Cantón/Parroquia/Sector/Barrio: _____
 Zona: _____
 Ruta: _____
 Vehículo Nro (o Placa): _____

Item	Hora		Coordenadas		Número de Luminaria	Número de poste	Dirección/Referencia	Diagnóstico
	Inicio	Fin	X	Y				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Observaciones: _____

Ejecutado por: _____ Aprobado por: _____ Autorizado por: _____
 Cargo: _____

- Opciones de Diagnóstico:
 A: Luminaria apagada en la noche
 B: Luminaria encendida en el día
 C: Luminaria dañada (luminaria intermitente en la noche, luminaria destruida o abierta)
 D: Luminaria con bajos niveles fotométricos
 E: Difusor sucio

Handwritten signatures and initials:
 Yesir [Signature]
 [Signature]
 [Signature]
 [Signature]

Fecha de creación del formato: 01/03/2017

FO-TEC-APU-002

70

ANEXO 3

INSTRUCTIVO CONTRA RIESGO ELÉCTRICO

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-008
				Versión: 01
	Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15

Datos generales del documento				
ELABORACIÓN	X	ACTUALIZACIÓN		ELIMINACIÓN
Nombre del documento:		Instructivo de seguridad contra riesgo eléctrico		
Código:		IT-RSC-RES-008		
Versión:		01		
Proceso / Subproceso:		Responsabilidad Social Corporativa/Responsabilidad Social Corporativa		
Observación:		-		

	Nombre y Apellido	Cargo	Firma
Elaborado por:	Jorge Moscoso	Profesional de Mantenimiento	
	Miguel Menéndez	Profesional de Alumbrado Público - GYE	
	Freddy Lorentty	Profesional de Seguridad Industrial - GYE	
	Ubaldo Saldarriaga	Profesional de Gestión de Procesos - GYE	
Revisado por:	David Ruales	Director de Gestión de Procesos	
	Joffre Mieles	Director de Mantenimiento	
Aprobado por:	Enrique Veloz	Director de Responsabilidad Social, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	
Fecha de aprobación:		13 ABR 2018	



	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
	Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15

1 Objetivo

Describir las actividades necesarias que permitan asegurar que un trabajo con riesgo eléctrico se ejecute en forma segura, protegiendo el medio ambiente y sin obstaculizar las operaciones de CNELEP.

2 Alcance

El presente documento es de aplicación obligatoria para los servidores públicos del área de Distribución, Responsabilidad Social, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, Contratistas y/o Subcontratistas y todo el personal que ejecute trabajos eléctricos en la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNELEP.

3 Definiciones

ANCLAJES: Punto utilizado para conectar líneas de vida, líneas de seguridad y equipos de protección personal de caídas. Deberá ser independiente de cualquier otro anclaje usado para soportar o suspender plataformas y capaz de soportar, por lo menos, 5000 libras (22,2kN) por empleado conectado. Las columnas, vigas, postes, crucetas, abrazaderas que normalmente son consideradas puntos seguros para fijar.

ARCO ELÉCTRICO: Es la descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa.

ARNÉS DE CUERPO COMPLETO: Equipo de protección personal utilizado para detener y distribuir las fuerzas generadas por una caída en piernas, pelvis y tórax. La fuerza máxima de arresto de una caída con arnés de cuerpo completo será de 1.800 libras.

CAÍDA LIBRE: Es la distancia recorrida desde el punto donde el trabajador comienza a caer hasta el punto donde el equipo de desaceleración llega a su nivel más bajo.

CINCO REGLAS DE ORO EN TRABAJOS SIN VOLTAJE:

- **Primer Paso.-** Abrir con corte visible todas las fuentes de voltaje a través de interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.
- **Segundo Paso.-** Bloquear y etiquetar los equipos de maniobra y protección.
- **Tercer Paso.-** Verificar correctamente la ausencia de voltaje.
- **Cuarto Paso.-** Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de voltaje.
- **Quinto Paso.-** Colocar las señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

CINTA DE ANCLAJE GRADUABLE TIE OFF: Adaptador de anclaje dieléctrico graduable fabricado en resina poliéster, con argolla tipo D en un extremo, resistente a 5000 lbs. (22, 2kN).

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
	Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15

CONECTORES (MOSQUETONES): Los conectores son equipos utilizados para acoplar partes de los sistemas personales de protección contra caídas y posicionamiento. Estos pueden ser componentes independientes del sistema como son los conectores (mosquetones) o pueden ser un componente integral del sistema (Mosquetones integrados a las líneas de posicionamiento, a los absorbedores de caída, a las líneas de vida retractiles etc.). Tendrán resistencia a 5000 lbs. (22,2 kN).

CLASE DE AISLAMIENTO PARA GUANTES DIELECTRICOS: Según el nivel de voltaje se considera su clasificación de acuerdo a la siguiente tabla:

TIPO	NIVEL DE VOLTAJE
CLASE 00	Hasta 500 V de CA
CLASE 0	Hasta 1000 V de CA
CLASE 1	Hasta 7,5 kV de CA
CLASE 2	Hasta 17 kV de CA
CLASE 3	Hasta 26,5 kV de CA
CLASE 4	Hasta 36 kV de CA

ESLINGA: Línea flexible de cuerda, cable de acero o cinta de material sintético, que cuenta con conectores (mosquetones) en sus extremos.

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP): Los equipos de protección personal comprenden aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones. Los equipos de protección personal a utilizar son:

- a) Zapatos de seguridad dieléctrico antideslizante
- b) Guantes de PVC
- c) Guantes de cuero
- d) Guantes aislantes: Clase 00, 0, 1, 2, 3, 4
- e) Eslingas
- f) Lentes de seguridad contra impacto
- g) Ropa de trabajo
- h) Careta facial anti arco voltaico
- i) Casco dieléctrico con barbiquejo
- j) Detector personal de voltaje
- k) Cinturón, arnés y faja de seguridad
- l) Mascarillas para polvos
- m) Chalecos reflectivos

EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA: Se definen como equipos de protección colectiva a aquellos, cuyo objetivo es la protección simultánea de varios trabajadores expuestos a un determinado riesgo. Los equipos de protección colectiva a utilizar son:

- a) Conos de seguridad

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
	Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15

- b) Detector de voltaje para uso con pértiga.
- c) Cintas de seguridad
- d) Luces de emergencia y/o señalización
- e) Botiquín de primeros auxilios
- f) Bolsas de polietileno para desechos
- g) Paños absorbentes
- h) Extintor polvo químico seco y/o CO2
- i) Equipos de puesta a tierra temporal

INSTALACIÓN ELÉCTRICA: El conjunto de los materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante los que se genera, convierten, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica; se incluyen las baterías, los condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica

LÍNEA DE VIDA: Es un conjunto de elementos conectados a un sistema de anclajes y que según su uso y ubicación se dividen en horizontales y verticales estas se usan para conectar los componentes del sistema de protección contra caídas.

PROTECTOR FACIAL CONTRA ARCO ELÉCTRICO: Equipo de protección personal destinado a brindar seguridad a la cara del usuario y contra el arco eléctrico del cortocircuito, proyección de partículas, golpes, salpicaduras de líquidos, quemaduras, calor, deslumbramientos y radiaciones.

TÉCNICO COMPETENTE O CALIFICADO: Aquel trabajador que a más de los conocimientos y experiencia en el campo de su actividad específica, los tuviera en la prevención de riesgos dentro de su ejecución, deben poseer certificado de competencia laboral.

4 Desarrollo

ORGANIZACIÓN PREVIA

Análisis de riesgo de trabajo y diálogo periódico de seguridad

- 4.1 Antes de realizar el trabajo el Jefe de grupo efectúa un análisis de riesgos del medio (estructuras, circuitos, cajas de conexiones, cubiertas, equipos, ambiente de trabajo, etc.) donde se intervendrá de acuerdo con el Anexo 1 "Parámetros de análisis de riesgos" y otros factores de riesgo.
- 4.2 El Jefe de grupo determina los peligros y características del área donde se realizará el trabajo, con el fin de definir la necesidad de asegurar el área de trabajo.
 - 4.2.1 Si las condiciones meteorológicas no son las adecuadas, tales como presencia de garúas o lluvias repentinas, neblinas, condensación por humedad excesiva u otros factores de riesgo, el Jefe de grupo contando con la autorización del Profesional a cargo de la zona o sector donde se realizan los trabajos suspende las labores y efectúa una reprogramación de las actividades a fin de concluir la programación inicial.

df

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
	Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15

- 4.3 El Jefe de grupo realiza una charla de mínimo 5 minutos sobre seguridad en la zona de trabajo, explicará los riesgos potenciales de la tarea y el entorno, las medidas de control y prevención a tomar, el método de trabajo a seguir y asignación de responsabilidades a fin de evitar accidentes laborales.
- 4.4 El Jefe de grupo para reforzar la charla utiliza el plano o croquis, diagrama unifilar, orden de trabajo, "Instructivo de trabajo seguro en altura" IT-RSC-RES-007, el presente instructivo y además asegura la participación de todos los miembros del grupo de trabajo.
- 4.5 Para el cumplimiento de requisitos y medidas de seguridad, el grupo de trabajo aplica lo señalado en: Anexo 2 "Requerimientos de seguridad industrial para realizar trabajos eléctricos", "Instructivo de trabajo en altura" IT-RSC-RES-007 y el presente instructivo.

VERIFICACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD

- 4.6 El Jefe de grupo en conjunto con los Técnicos asignados a realizar el trabajo verifican que existan y que estén en buen estado los equipos de protección personal y los equipos de protección colectiva necesarios tales como: arneses dieléctricos, andamios, escaleras, ganchos, conectores (mosquetones), línea de vida, eslingas, carros canastas, protector facial dieléctrico, guantes dieléctricos, gafas contra impacto y rayos UV, cinta de anclaje graduable y otros equipos que se utilicen.

EJECUCIÓN DE TAREAS

- 4.7 El Ingeniero a cargo del trabajo en conjunto con el Jefe de grupo definen y planifican si el trabajo se lo va a realizar con voltaje o sin voltaje de acuerdo a las condiciones de riesgo existentes.

Trabajo sin voltaje (Desenergizado)

- 4.8 El grupo de trabajo para las labores que se realicen con líneas sin voltaje aplica las 5 reglas de oro

Distancias de seguridad

- 4.9 El Técnico designado por el Jefe de grupo, efectúa el trabajo guardando las distancias de seguridad según el Anexo 3 "Tabla de distancias de seguridad contra riesgos eléctricos".

Trabajo con voltaje (Energizado)

- 4.10 Los Técnicos designados por el Jefe de grupo, efectúan el trabajo utilizando los equipos y herramientas con el aislamiento requerido de acuerdo al nivel de voltaje de operación de la red eléctrica.

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15	

CONTROL

4.11 El Profesional de Seguridad de manera aleatoria realiza la verificación del cumplimiento de las medidas de Seguridad Industrial en el trabajo a través del Anexo 4 "Lista de chequeo para evaluar riesgos de seguridad en el trabajo" FO-RSC-RES-016.

5 Documentos de referencia

Para la elaboración del documento, se consideró las disposiciones y normativas que se detallan a continuación:

- Homologación de Unidades de Propiedad, Catálogo Digital, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, vigente desde el 3 de junio de 2011 y sus actualizaciones.
- Decreto Ejecutivo 2393 "Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo", vigente desde el 17 de noviembre de 1986.
- Acuerdo N°. 013 "Reglamento de Seguridad del Trabajo Contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica", vigente desde el 22 de enero de 1998.
- Acuerdo N°. 00174 "Reglamento de Seguridad y Salud Para la Construcción y Obras Públicas, vigente desde el 10 de enero de 2008.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional de Cnel EP, vigente desde noviembre 2014.

6 Registros

Código	Nombre o Descripción
FO-RSC-RES-016	Lista de chequeo para evaluar riesgos de seguridad en el trabajo

7 Anexos

- 7.1. Anexo 1. Parámetros de Análisis de Riesgos.
- 7.2. Anexo 2. Requerimiento de seguridad industrial para realizar trabajos eléctricos.
- 7.3. Anexo 3. Tabla de distancia de seguridad contra riesgos eléctricos.
- 7.4. Anexo 4. FO-RSC-RES-016 "Lista de chequeo para evaluar riesgos de seguridad en el trabajo".

ANEXO 1
Parámetros de Análisis de Riesgos

TIPO DE RIESGO	Instalación, mantenimiento y retiro de luminarias	Montaje de tensores y andajes para bajo voltaje y medio voltaje	Cambio de aisladores PIN	Instalación, mantenimiento o retiro de seccionadores	Instalación, mantenimiento o retiro de pararrayo	Montaje y desmontaje de transformadores en líneas sin tensión	Transporte, izado, aplomado y retiro de postes
Identificación incorrecta de transformador que alimenta el circuito	X			X	X	X	X
Líneas de bajo voltaje en mal estado (picadas)	X	X					
Líneas de medio voltaje en mal estado (picadas)		X	X	X			
Descargas imprevistas por equipos defectuosos	X	X		X	X	X	X
Electrocución y arco eléctrico	X	X	X	X	X	X	X
Golpes por caída de objetos	X	X	X	X	X	X	X
Cortaduras por mal uso de herramientas u otros	X	X	X	X	X	X	X
Red de telecomunicaciones	X	X				X	X
Deshidratación	X	X	X	X	X	X	X
Traumatismos	X	X	X	X	X	X	X
Sobreesfuerzos por posición inadecuada	X	X	X	X	X	X	X
Daños a terceros	X	X	X	X	X	X	X
Caída al mismo nivel	X	X	X	X	X	X	X
Caída a diferentes niveles	X	X	X	X	X	X	X
Picaduras de insectos	X	X	X	X	X	X	X
Atropellamiento	X	X	X	X	X	X	X