



# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

## **UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

### **CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

ALUMBRADO PÚBLICO DE LA VÍA A CERRITOS DEL CANTÓN  
PASAJE A BASE DE PANELES SOLARES.

ANÁLISIS DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA VÍA A CERRITOS DEL  
CANTÓN PASAJE CON ALTERNATIVAS DE USO DE LUMINARIAS  
DE SODIO ALTA PRESIÓN Y LED CON PANELES SOLARES  
FOTOVOLTAICOS.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTOR: DUVER MICHAEL VEINTIMILLA RUIZ**

**DIRECTOR: MSc. ING. SANTIAGO PULLA GALINDO**

**CUENCA - ECUADOR**

**2021**

*Yo me gradué en  
los 50 años de La Cato!  
... y sostuve la Universidad*

## DECLARACIÓN

Yo, Duver Michael Veintimilla Ruiz, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



---

**Duver Michael Veintimilla Ruiz**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Duver Michael Veintimilla Ruiz, bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:

**GIOVANI  
SANTIAGO PULLA  
GALINDO**

---

**Ing. Santiago Pulla MsC.**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación, a mi padre, ya que no estuvo presente durante toda esta trayectoria, pero me dio los mejores años de mi infancia, y donde este quisiera que se sienta orgulloso de mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi señora madre, al apoyarme incondicionalmente durante toda mi trayectoria académica, a Dios por guiarme y no dejarme desmayar cuando quise hacerlo, a mis hijos que son mi razón de ser y la propulsión para convertirme en un profesional, para ser ejemplo para ellos y darles un mejor futuro y a mi esposa por apoyarme y esperarme con demasiada paciencia para dar este paso.

## RESUMEN

El alumbrado público parte importante en un GAD municipal y para el sector eléctrico del país, contribuye en las actividades y acciones de las personas, desarrollando seguridad y comercio en el cantón Pasaje. El presente trabajo tiene como objetivo, analizar los diseños lumínicos de los dos tipos de sistemas de iluminación más utilizados para el alumbrado público y la implementación de sistemas fotovoltaicos para suplir de energía eléctrica a las luminarias con el fin de independizar de la red de distribución.

En el primer capítulo se presenta los antecedentes de la vía y los objetivos a cubrir. En el segundo capítulo se diseña cada tipo de sistema de iluminación, para obtener un análisis económico de cada sistema lumínico. En el tercer capítulo se realiza un análisis costo beneficio de los sistemas de iluminación, para evaluar y analizar económicamente la rentabilidad de cada sistema de iluminación, comparándolos entre sí, aplicando metodologías del VAN y TIR entre los sistemas de iluminación de sodio alta presión con Led, y sodio alta presión y LED con sistemas fotovoltaicos, en base a un análisis técnico económico de los costos de inversión, plan de mantenimiento preventivo y consumo de energía eléctrica en un plazo de 20 años. Finalmente en el cuarto capítulo se emiten conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: LED, SODIO ALTA PRESIÓN, SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, GAD, LUMINARIAS

## ABSTRACT

Public lighting is an important part of a municipal GAD and for the country's electricity sector, it contributes to the activities and actions of people, developing security and commerce in the Pasaje canton. The objective of this work is to analyze the lighting designs of the two types of lighting systems most used for public lighting and the implementation of photovoltaic systems to supply electrical energy to the luminaires in order to become independent from the distribution network.

The first chapter presents the background of the road and the objectives to be covered. In the second chapter, each type of lighting system is designed to obtain an economic analysis of each lighting system. In the third chapter, a cost benefit analysis of the lighting systems is carried out, to evaluate and economically analyze the profitability of each lighting system, comparing them with each other, applying VAN and TIR methodologies between high pressure sodium lighting systems with LEDs. , and high pressure sodium and LEDs with photovoltaic systems, based on a technical economic analysis of investment costs, preventive maintenance plan and electricity consumption within a 20-year period. Finally, in the fourth chapter, conclusions and recommendations are issued.

Keywords: LED, HIGH PRESSURE SODIUM, PHOTOVOLTAIC SYSTEMS, GAD, LUMINAIRES.

# Índice de contenido

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| DECLARACIÓN.....                                                        | 2  |
| CERTIFICACIÓN.....                                                      | 3  |
| DEDICATORIA .....                                                       | 4  |
| AGRADECIMIENTOS.....                                                    | 5  |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                  | 11 |
| LISTA DE TABLAS .....                                                   | 12 |
| LISTA DE ANEXOS.....                                                    | 13 |
| CAPÍTULO 1.....                                                         | 14 |
| 1.1 Introducción.....                                                   | 14 |
| 1.2 Antecedentes .....                                                  | 14 |
| 1.3 Alcance .....                                                       | 14 |
| 1.4 Justificación.....                                                  | 15 |
| 1.5 Objetivos .....                                                     | 15 |
| 1.5.1 Objetivo general.....                                             | 15 |
| 1.5.2 Objetivos específicos. ....                                       | 15 |
| CAPÍTULO 2.....                                                         | 16 |
| DISEÑO ELÉCTRICO.....                                                   | 16 |
| 2.1 Plano topográfico de la vía a Cerritos.....                         | 16 |
| 2.2 Diseño eléctrico de la vía a Cerritos con luminarias de sodio ..... | 16 |
| 2.3 Memoria técnica .....                                               | 16 |
| 2.3.1 Antecedentes.....                                                 | 17 |
| 2.3.2 Objetivo. ....                                                    | 17 |
| 2.3.3 Descripción del proyecto.....                                     | 17 |
| 2.3.4 Red de distribución. ....                                         | 19 |
| 2.3.5 Luminaria. ....                                                   | 19 |
| 2.3.6 Estructuras de soporte (Postes).....                              | 21 |
| 2.3.7 Transformador. ....                                               | 21 |
| 2.3.8 Presupuesto.....                                                  | 21 |

|                                                                      |                                                                                                   |    |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4                                                                  | Diseño eléctrico de la vía a Cerritos con luminarias LED .....                                    | 22 |
| 2.5                                                                  | Memoria técnica .....                                                                             | 22 |
| 2.5.1                                                                | Antecedentes.....                                                                                 | 22 |
| 2.5.2                                                                | Objetivo. ....                                                                                    | 22 |
| 2.5.3                                                                | Descripción del proyecto.....                                                                     | 23 |
| 2.5.4                                                                | Red de distribución. ....                                                                         | 24 |
| 2.5.5                                                                | Luminaria.....                                                                                    | 25 |
| 2.5.6                                                                | Estructuras de soporte (Postes).....                                                              | 26 |
| 2.5.7                                                                | Transformador. ....                                                                               | 26 |
| 2.5.8                                                                | Presupuesto.....                                                                                  | 26 |
| 2.6                                                                  | Diseño fotovoltaico para iluminación en la vía a Cerritos.....                                    | 27 |
| 2.6.1                                                                | Irradiación en el cantón Pasaje.....                                                              | 27 |
| 2.6.2                                                                | Ángulo de inclinación según coordenadas geográficas.....                                          | 28 |
| 2.6.3                                                                | Dimensionamiento del panel solar. ....                                                            | 29 |
| 2.6.4                                                                | Dimensionamiento de la batería.....                                                               | 29 |
| 2.6.5                                                                | Dimensionamiento del regulador de carga.....                                                      | 29 |
| 2.6.6                                                                | Dimensionamiento del Inversor.....                                                                | 29 |
| 2.6.7                                                                | Elementos del sistema fotovoltaico.....                                                           | 30 |
| 2.6.8                                                                | Presupuesto.....                                                                                  | 33 |
| CAPÍTULO 3 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS DISEÑOS LUMÍNICOS ..... |                                                                                                   | 34 |
| 3.1                                                                  | Costo beneficio de los diferentes sistemas de iluminación .....                                   | 34 |
| 3.2                                                                  | Rentabilidad de la implementación de luminarias de Sodio a alta presión o LED .....               | 39 |
| 3.2.1                                                                | Luminaria de Sodio a alta presión de 250W y luminaria LED de 152W.....                            | 39 |
| 3.3                                                                  | Rentabilidad de la implementación de luminarias de sodio o LED con sistemas<br>fotovoltaicos..... | 40 |
| 3.3.1                                                                | Luminaria de sodio de 250W y luminaria LED de 152W con sistema fotovoltaico.....                  | 40 |
| Capitulo 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                     |                                                                                                   | 43 |
| 4.1                                                                  | Conclusiones.....                                                                                 | 43 |
| 4.2                                                                  | Recomendaciones.....                                                                              | 44 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 45 |
| ANEXOS.....                      | 46 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                              |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 1. Diagrama de la vía a Cerritos .....                                                                                | pág.16 |
| Figura 2. Croquis de la vía a Cerritos.....                                                                                  | pág.16 |
| Figura 3. Curva polar fotométrica de luminaria utilizada.....                                                                | pag.20 |
| Figura 4. Curva de distribución polar simétrica de intensidad en el plano<br>que contiene la intensidad luminosa máxima..... | pág.21 |
| Figura 5. Croquis de la vía a Cerritos.....                                                                                  | pág.22 |
| Figura 6. Curva polar fotométrica de luminaria utilizada.....                                                                | pag.26 |
| Figura 7. Irradiación media diaria en el cantón Pasaje.....                                                                  | pag.28 |
| Figura 8. Panel solar utilizado para diseño fotovoltaico.....                                                                | pag.30 |
| Figura 9. Parámetros eléctricos del panel fotovoltaico utilizado.....                                                        | pag.30 |
| Figura 10. Batería utilizada para el diseño fotovoltaico.....                                                                | pag.31 |
| Figura 11. Especificación técnica del regulador de carga utilizado.....                                                      | pag.31 |
| Figura 12. Regulador de carga utilizado para el diseño fotovoltaico.....                                                     | pag.32 |
| Figura 13. Inversor utilizado para el diseño fotovoltaico.....                                                               | pag.32 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                         |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabla 1. Parámetros fotométricos para tráfico motorizado .....                                                                                          | pág.18 |
| Tabla 2. Parámetros para la selección de la clase de iluminación.....                                                                                   | pág.18 |
| Tabla 3. Parámetros fotométricos para tráfico motorizado .....                                                                                          | pág.23 |
| Tabla 4. Parámetros para la selección de la clase de iluminación.....                                                                                   | pág.24 |
| Tabla 5. Calculo de los costos de potencia de los diferentes diseños lumínicos .....                                                                    | pág.34 |
| Tabla 6. Inversión inicial, costos de equipos y mano de obra.....                                                                                       | pág.34 |
| Tabla 7. Vida útil de los elementos del sistema fotovoltaico.....                                                                                       | pág.34 |
| Tabla 8. Tasa de crecimiento de materiales de construcción.....                                                                                         | pág.35 |
| Tabla 9. Periodicidad de mantenimiento para 15 años en luminarias de sodio .....                                                                        | pág.35 |
| Tabla 10. Periodicidad de mantenimiento para 20 años en luminarias LED .....                                                                            | pág.36 |
| Tabla 11. Periodicidad de mantenimiento para 20 años del sistema fotovoltaico.....                                                                      | pág.36 |
| Tabla 12. Costo de cada elemento de los diferentes sistemas de Alumbrado Público considerando la tasa de crecimiento con una proyección de 20 años..... | pág.37 |
| Tabla 13. Costo de mantenimiento en una plazo de 20 años para cada sistema de alumbrado público.....                                                    | pág.37 |
| Tabla 14. Síntesis económica para la factibilidad de los sistemas de A.P.....                                                                           | pág.38 |
| Tabla 15. Evaluación financiera del proyecto de A.P de sodio a alta presión y LED.                                                                      | pág.38 |
| Tabla 16. Tabla comparativa de inversión entre los sistemas de A.P proyectados....                                                                      | pág.39 |
| Tabla 17. Evaluación financiera del proyecto de A.P de sodio y LED con sistemas fotovoltaicos.....                                                      | pág.40 |
| Tabla 18. Tabla comparativa de inversión entre los sistemas de A.P proyectados....                                                                      | pág.41 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                        |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Anexo A. Plano eléctrico con sistemas de iluminación de sodio en la vía a Cerritos.... | pág.45 |
| Anexo B. Media tensión utilizada en sistema de iluminación de sodio.....               | pág.46 |
| Anexo C. Reportes de la simulación en Dialux del sistema de iluminación de sodio.....  | pág.47 |
| Anexo D. Listado de materiales y análisis presupuestal en el sistema de sodio.....     | pág.50 |
| Anexo E. Plano eléctrico con sistemas de iluminación LED en la vía a Cerritos.....     | pág.51 |
| Anexo F. Media tensión utilizada en el sistema de iluminación LED... ..                | pág.52 |
| Anexo G. Reportes de la simulación en Dialux del sistema de iluminación LED.....       | pág.53 |
| Anexo H. Listado de materiales y análisis presupuestal en el sistema LED.....          | pág.56 |
| Anexo I. Listado de materiales y análisis presupuestal en el sistema fotovoltaico..... | pág.57 |

## **CAPÍTULO 1**

### **1.1 Introducción**

El alumbrado público es un pilar fundamental para el desarrollo de actividades nocturnas en áreas públicas, el presente trabajo de investigación trata del alumbrado público de la vía a Cerritos, siendo esta iluminada actualmente con sistemas de iluminación de sodio a alta presión, cuyo uso de la vía es muy trascendido y la falta de iluminación provocan inseguridad en las personas y vehículos que circulan por la mencionada vía, por ello se analizará el sistema lumínico idóneo y óptimo para el uso de la iluminación de la vía a Cerritos, donde será necesario realizar un diseño lumínico con sistemas de iluminación LED y un diseño lumínico con sistemas de iluminación de sodio a alta presión, esto con el fin de tener un análisis comparativo del uso de estos dos tipos de sistemas de iluminación. Adicional a ello se realizará un diseño fotovoltaico para el análisis costo beneficio que contrae optar por esta tecnología aplicada en la vía a Cerritos.

### **1.2 Antecedentes**

La creciente población dentro del cantón Pasaje hace que el casco urbano se expanda, haciendo que se creen nuevas calles por las creaciones de nuevas ciudadelas, urbanizaciones etc. Provocando que uno de los servicios básicos también se expanda, la energía eléctrica, y por ello el alumbrado público de las vías, para ello el presente trabajo investigativo se enfocará en el alumbrado público de la vía a Cerritos del cantón Pasaje. Las nuevas tecnologías en los sistemas de iluminación que han ido saliendo en el transcurso del tiempo, han hecho que la reducción de consumo energético sea considerable, contribuyendo al ahorro e iluminación eficiente en las vías y área públicas. La vía a Cerritos del GAD municipal de Pasaje al tener deficiencias lumínicas se pretende el reemplazo del sistema de iluminación actual, es por ello que se realizará un análisis comparativo entre dos tipos de sistemas de iluminación más comunes, sodio a alta presión y LED, para posteriormente realizar un análisis costo beneficio de estos dos sistemas de iluminación y así verificar cual es el más idóneo para su uso en la vía a Cerritos, adicional se realizará un diseño fotovoltaico para el análisis costo beneficio que contrae optar por esta tecnología aplicada en la vía.

### **1.3 Alcance**

El presente trabajo de tesis analizará dos sistemas de iluminación en la vía a Cerritos, empieza en la calle Olmedo y termina en la Subida a Cerritos, para ello se realizará el diseño lumínico para cada sistema de iluminación, con el fin de verificar cual es más conveniente para su uso, en cuanto costo, eficiencia y consumo, teniendo como proyección:

- Analizar y realizar el levantamiento topográfico de la situación actual del sistema del alumbrado público de la vía a Cerritos.
- Diseñar la vía con luminarias de sodio a alta presión.
- Diseñar la vía con luminarias LED.
- Diseñar un sistema fotovoltaico para energización de las luminarias LED.
- Realizar un análisis técnico-económico de las luminarias a utilizar en la vía.
- Realizar conclusiones de los diseños y análisis técnico-económico.

#### **1.4 Justificación**

Con el presente trabajo investigativo se pretende analizar el tipo de sistema lumínico más óptimo para el uso en la vía a Cerritos, ya que las luminarias actuales están bastante distantes y en una disposición de lugar bastante mal ubicadas, con la presente investigación se busca minimizar la inseguridad en la vía, alumbrando de forma idónea, ya que es importante para la seguridad de los que se movilizan por dicha vía, resolviendo la deficiencia lumínica actual.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo general.**

Analizar técnica y económicamente una alternativa tecnológica, para el mejoramiento del sistema del alumbrado público de la vía a Cerritos.

##### **1.5.2 Objetivos específicos.**

- Realizar el diseño eléctrico con cada tipo de luminaria.
- Comparar los diseños de cada tipo de luminaria.
- Diseñar un sistema fotovoltaico para energización de las luminarias LED.
- Análisis financiero de la propuesta de cambio de luminarias de la vía a Cerritos.

## CAPÍTULO 2 DISEÑO ELÉCTRICO

### 2.1 Plano topográfico de la vía a Cerritos

El presente diagrama, corresponde a la vía a Cerritos del cantón Pasaje, la vía a Cerritos se encuentra ubicada en el casco urbano del cantón Pasaje, es una vía que comunica el casco urbano del cantón Pasaje con la parroquia rural de Cerritos, Provincia de el Oro. Dicha vía tiende a ser una vía recta, con una distancia de 2922.5m, con un ancho de la calzada de 11.8m.



Fig.1 Diagrama de la vía a Cerritos

Fuente: Plano topográfico realizado por autor

### 2.2 Diseño eléctrico de la vía a Cerritos con luminarias de sodio

El presente diseño eléctrico se lo realizará en la vía a Cerritos del cantón Pasaje, el cual comprende desde la calle Olmedo hasta la intersección de la salida a Cuenca y la subida a la parroquia Cerritos, siendo esta vía la continuación de la Av. Jubones, arteria vial del cantón Pasaje, tal como lo muestra la figura 2.



Fig.2 Croquis de la vía a Cerritos

Fuente: Google maps

### 2.3 Memoria técnica

La presente memoria técnica identifica el diseño lumínico a realizarse en la vía a Cerritos del cantón Pasaje, en la provincia de El Oro, diseño realizado con luminarias de sodio a alta presión, el mismo que beneficiará a la población aledaña de la vía y el transporte que se

moviliza por tal vía, teniendo como proyectado el tendido de 2922.5m de alumbrado público en la vía, cuyo ancho de calzada es de 11.8m.

### **2.3.1 Antecedentes.**

La vía a Cerritos del cantón Pasaje, es una vía de carácter principal que comunica el casco urbano del cantón con la parroquia rural Cerritos. La vía carece de un sistema de alumbrado público de calidad, con la necesidad de iluminación eficiente y de calidad, se ha considerado oportuno el presente diseño lumínico con la finalidad de iluminar eficientemente la vía a Cerritos. La distancia de la vía es de 2922.5m y tiene un ancho de 11.8m de calzada, es recta en su totalidad y no posee desniveles geográficos, el diseño se lo realizará sobre base de las normas vigentes del sistema de distribución de la Empresa distribuidora CNEL EP.

### **2.3.2 Objetivo.**

El objetivo del presente trabajo es diseñar un sistema de alumbrado público de la vía a Cerritos con luminarias de sodio a alta presión. Considerando la realidad actual de la vía, se obtendrá la clase de iluminación acorde a los parámetros fotométricos para tráfico motorizado y los parámetros para la selección de clase de iluminación, posteriormente se considerará la luminaria proyectada para simular en Dialux y obtener la disposición de las luminarias, distancia que tendrán, la altura y longitud de brazo óptimas, para posteriormente realizar el plano eléctrico del sistema de alumbrado público y realizar el cuadro de caídas de tensión por luminaria, material y acometida a utilizar, luego realizar un presupuesto de las luminarias, material y mano de obra a utilizarse en la posible ejecución del proyecto.

### **2.3.3 Descripción del proyecto.**

La vía a Cerritos actualmente carece de un sistema de alumbrado vial de calidad, por lo cual en el presente diseño se detalla las características del sistema de alumbrado, realizando la simulación en el software Dialux para cumplir con la Regulación No. ARCERNNR 006/18 que establece el nivel de iluminación en vías con tráfico motorizado. Para esto es necesario conocer el tipo de vía que se pretende iluminar, partiendo que la vía a Cerritos está construida de asfalto, en la siguiente Tabla 1 extraída de la Regulación se puede observar los parámetros lumínicos que debe cumplir cada vía de acuerdo a su tipo.

Tabla 1 Parámetros fotométricos para tráfico motorizado

| Clase de Iluminación | Tipo de Superficie                     |       |        |       | Incremento de Umbral | Relación de alrededor |
|----------------------|----------------------------------------|-------|--------|-------|----------------------|-----------------------|
|                      | Seco                                   |       | Mojado |       |                      |                       |
|                      | $L_{av} \left( \frac{cd}{m^2} \right)$ | $U_o$ | $U_f$  | $U_o$ | $T_i(\%)$            | SR                    |
| 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                   |

Fuente: Regulación No. ARCERNNR 006/18

La determinación del tipo de vía se obtiene mediante una visita en campo, seguidamente se realiza la Tabla 2 donde se obtiene el valor de ponderación seleccionado, el cual mediante la ecuación (1) se obtiene el tipo de vía sobre la cual se realizará el diseño y la simulación en Dialux.

Tabla 2 Parámetros para la selección de la clase de iluminación

| Parámetro                   | Opciones                                               | Valor de Ponderación (Vp) | Vp seleccionado |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Velocidad                   | Elevada                                                | 1                         | 1               |
|                             | Alta                                                   | 0,5                       |                 |
|                             | Moderada                                               | 0                         |                 |
| Volumen del Tráfico         | Elevado                                                | 1                         | 0,5             |
|                             | Alto                                                   | 0,5                       |                 |
|                             | Moderado                                               | 0                         |                 |
|                             | Bajo                                                   | -0,5                      |                 |
| Composición de Tráfico      | Muy Bajo                                               | -1                        | 1               |
|                             | Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado | 2                         |                 |
|                             | Mezclado                                               | 1                         |                 |
| Separación de vías          | Solamente motorizado                                   | 0                         | 1               |
|                             | No                                                     | 1                         |                 |
| Densidad de la intersección | Si                                                     | 0                         | 0               |
|                             | Alta                                                   | 1                         |                 |
| Vehículo Parqueados         | Moderada                                               | 0                         | 0               |
|                             | Se permite                                             | 0,5                       |                 |
| Iluminación Ambiental       | No se permite                                          | 0                         | 0               |
|                             | Alta                                                   | 1                         |                 |
|                             | Moderada                                               | 0                         |                 |
| Guías Visuales              | Baja                                                   | -1                        | 0,5             |
|                             | Pobre                                                  | 0,5                       |                 |
|                             | Moderado o bueno                                       | 0                         | 0,5             |
|                             |                                                        |                           | $\sum V_{ps}$ 4 |

Fuente: Regulación No. ARCERNNR 006/18

$$M = (6 - \sum V_{ps}) \quad (1)$$

$$M = (6 - 4) \quad (2)$$

$$M = 2 \quad (3)$$

Se obtiene que el tipo de vía es M2, por consideraciones de seguridad (iluminacion, 2010) se utiliza el tipo de vía M1 para el posterior diseño en Dialux y la optimización en la disposición de los postes.

### **2.3.4 Red de distribución.**

La nueva red de distribución que alimentará al sistema de alumbrado público se lo realizará por medio de las redes de distribución de la empresa distribuidora CNEL EP.

El conductor a utilizar en lo proyectado es de tipo ACSR de calibre #2 AWG con código MEER CO0-0B2 en la red de baja tensión, como se muestra en el plano (anexo A). Las luminarias se conectan a la red de distribución a través del conductor de aluminio TW, N, 10AWG, sólido con código MEER CO0-0I10, siendo TW Al2x#10AWG.

La red de alumbrado público proyectada se alimentará con 6 transformadores de 10 kVA, repartidos como se estipula en el plano, con fines de cumplir las caídas de tensión. Los transformadores en su primario se alimentarán con la red de media tensión de los ramales 42115 de un lado de la vía y 43469 del otro lado de la vía de la empresa distribuidora CNEL EP con cable de tipo ACSR desnudo de calibre #2AWG, véase anexo B, ramales que energizan las calles aledañas y que nos serviremos de los mismos para fines de energización.

### **2.3.5 Luminaria.**

Las luminarias proyectadas son de 250W de vapor de Sodio a alta presión, con brazo metálico de 3 metros. Autos controlados con fotocélula siendo estas de potencia constante. Para la simulación en el nuevo diseño se tendrá en cuenta la luminaria TIPO A de simple nivel de potencia, elegida entre varias luminarias (Muñoz, 2020) por su eficiencia, rendimiento lumínico, y su alcance en la superficie vista por la distribución polar simétrica de intensidad luminosa, tal como muestra la figura 4. La inclinación obtenida en el reporte de Dialux (anexo C) será de 10°, con una altura de la luminaria de 12 metros. Especificaciones técnicas de la luminaria elegida:

Potencia: 250W

Nivel de potencia: Simple Nivel

Clase eléctrica: Clase 1-IEC 60598

Factor de potencias:  $\geq 0.92$

Voltaje: 220V-240V

Resistencia mecánica: IK08

Componentes: Brazo metálico de 2mts y base de fotocélula

Flujo luminoso de la lámpara: 28050 lm

Flujo luminoso de la luminaria: 23897 lm

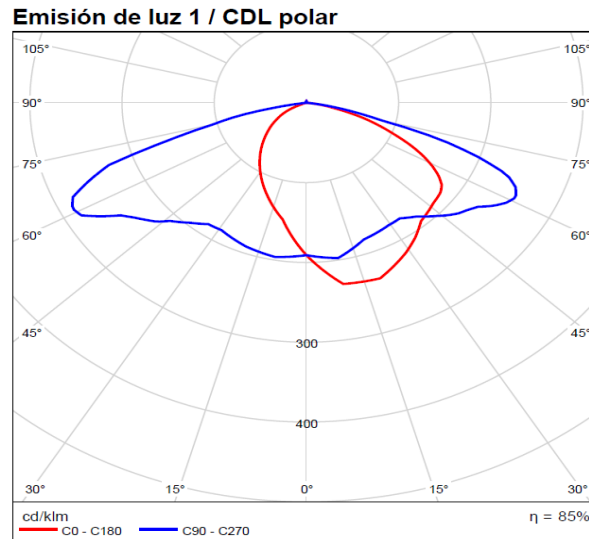


Fig.3 Curva polar fotométrica de luminaria utilizada

Fuente: Ficha técnica de luminaria a utilizar

En la Fig.3 se observa la curva polar fotométrica de la luminaria utilizada. En el plano longitudinal, identificado con el color rojo, la intensidad luminosa.

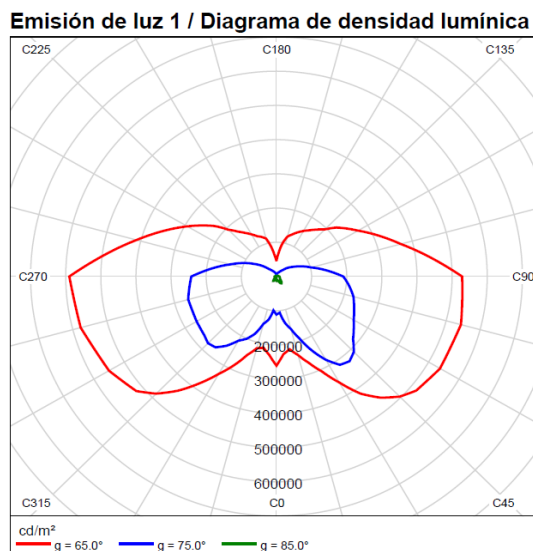


Fig.4 Curva de distribución polar simétrica de intensidad en el plano que contiene la intensidad luminosa máxima.

Fuente: Ficha técnica de luminaria a utilizar

La Fig.4 nos indica la curva de distribución polar simétrica de intensidad en el plano, donde contiene la intensidad luminosa máxima, que indica el ángulo utilizado para la determinación de su alcance en la superficie.

### **2.3.6 Estructuras de soporte (Postes).**

Los postes proyectados serán de 14 metros de altura teniendo como previsión su uso para un futuro tendido de red en medio voltaje, se considerará 2 metros de empotramiento del poste, teniendo un total de 168 postes, siendo estos postes de hormigón armado circulares de 14 metros de altura con un peso de 500Kg. Su disposición será de tipo tresbolillo en toda la vía a Cerritos, soportando el conductor con aisladores tipo ANSI 53-2 y sus respectivos bastidores para el consecuente tendido del conductor. Se preverá el uso de tensores a tierra simple cada 28 postes con fines de mitigar el tiro ejercido en los postes.

La distancia que regirá de poste a poste será de 35 metros de distancia obtenida de los reportes de simulación en Dialux con la respectiva luminaria, habrá distancias cortas y largas por motivo de las intersecciones, aun así, se respeta el nivel lumínico en las intersecciones dadas de las vías transversales a la vía a Cerritos.

### **2.3.7 Transformador.**

Los transformadores proyectados serán 6, estos distribuidos uniformemente en toda la vía con fines de cubrir la demanda que tendrán las luminarias y conservar la caída de tensión bajo norma, estos transformadores serán de 10kVA convencionales monofásicos, alimentados de la red de distribución de la empresa distribuidora en el cantón, en este caso CNEL EP, 3 de ellos alimentados de la red de medio voltaje 42115 y los 3 restantes de la red de medio voltaje 43469, para una tensión primaria de 13.8/7.96 kV y secundaria de 240/120 V.

El seccionador a utilizar será 2H en el primario para aspectos de protecciones, conectando la extensión de red con cable tipo ACSR #2. Y para protecciones en el secundario fusible tipo NH de 63 amperios por fase.

### **2.3.8 Presupuesto.**

Los precios unitarios utilizados para los costos de cada elemento a ocupar en el diseño lumínico los obtuvimos comparando los precios en el mercado (Cia.Ltda., 2020) (Ltda., 2020) considerando todos los elementos a ocupar en cada una de las estructuras, seleccionados estos mediante los materiales regulados en las unidades de propiedad (eléctrica, 2009), seguidamente del presupuesto a tener por costos de materiales y costo de mano de obra por cada rubro a realizar, véase anexo D.

## 2.4 Diseño eléctrico de la vía a Cerritos con luminarias LED

El presente diseño eléctrico se lo realizará de la vía a Cerritos del cantón Pasaje, comprende desde la calle Olmedo hasta la intersección de la salida a Cuenca y la subida a la parroquia Cerritos, siendo esta vía la continuación de la Av. Jubones, arteria vial del cantón Pasaje, tal como lo muestra la figura 5.



Fig.5 Croquis de la vía a Cerritos

Fuente: Google maps

## 2.5 Memoria técnica

La presente memoria técnica identifica el diseño lumínico a realizarse en la vía a Cerritos del cantón Pasaje, en la provincia de El Oro, diseño realizado con luminarias LED, el mismo que beneficiará a la población aledaña de la vía y el transporte que se congrega por la misma, teniendo como proyectado el tendido de 2922.5m de alumbrado público en la vía, cuyo ancho de calzada es de 11.8m.

### 2.5.1 Antecedentes.

La vía a Cerritos del cantón Pasaje es una vía de carácter principal que comunica el casco urbano del cantón con la parroquia rural Cerritos. La vía carece de un sistema de alumbrado público de calidad, con la necesidad planteada, se ha considerado oportuno el presente diseño lumínico con la finalidad de alumbrar eficientemente la vía a Cerritos. La distancia de la vía es de 2922.5m y tiene un ancho de 11.8m de calzada, es recta en su totalidad y no posee desniveles geográficos, el diseño se lo realizará sobre base de las normas vigentes del sistema de distribución de la Empresa distribuidora CNEL EP.

### 2.5.2 Objetivo.

El objetivo del presente trabajo es diseñar un sistema de alumbrado público de la vía a Cerritos con luminarias LED, considerando la realidad actual de la vía se obtendrá la clase de iluminación acorde a los parámetros fotométricos para tráfico motorizado y los parámetros para la selección de clase de iluminación, posteriormente consideramos la luminaria proyectada para simular en Dialux y obtener la disposición de las luminarias, distancia que tendrán, la altura y longitud de brazo óptimas, para posteriormente realizar el plano eléctrico

del sistema de alumbrado público y realizar el cuadro de caídas de tensión por luminaria, material y acometida a utilizar, luego realizar un presupuesto de las luminarias, material y mano de obra a utilizarse en el proyecto.

### 2.5.3 Descripción del proyecto.

La vía a Cerritos actualmente carece de un sistema de alumbrado vial de calidad, por lo cual en el presente diseño se detalla las características del sistema de alumbrado, realizando la simulación en el software Dialux para cumplir con la Regulación No. ARCERNNR 006/18 que establece el nivel de iluminación en vías con tráfico motorizado. Para esto es necesario conocer el tipo de vía que se pretende iluminar, partiendo que la vía a Cerritos está construida de asfalto, en la siguiente Tabla 3 extraída de la Regulación se puede observar los parámetros lumínicos que debe cumplir cada vía de acuerdo a su tipo.

Tabla 3 Parámetros fotométricos para tráfico motorizado

| Clase de Iluminación | Tipo de Superficie                     |       |        |       | Incremento de Umbral | Relación de alrededor |
|----------------------|----------------------------------------|-------|--------|-------|----------------------|-----------------------|
|                      | Seco                                   |       | Mojado |       |                      |                       |
|                      | $L_{av} \left( \frac{cd}{m^2} \right)$ | $U_o$ | $U_f$  | $U_o$ | Ti(%)                | SR                    |
| 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                   |

Fuente: Regulación No. ARCERNNR 006/18

La determinación del tipo de vía se obtiene mediante una visita en campo, seguidamente se realiza la Tabla 4 donde se obtiene el valor de ponderación seleccionado el cual mediante la ecuación (4) se obtiene el tipo de vía sobre la cual se realizará el diseño y la simulación en Dialux.

Tabla 4 Parámetros para la selección de la clase de iluminación

| Parámetro                   | Opciones                                               | Valor de Ponderación (Vp) | Vp seleccionado |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Velocidad                   | Elevada                                                | 1                         | 1               |
|                             | Alta                                                   | 0,5                       |                 |
|                             | Moderada                                               | 0                         |                 |
| Volumen del Tráfico         | Elevado                                                | 1                         | 0.5             |
|                             | Alto                                                   | 0,5                       |                 |
|                             | Moderado                                               | 0                         |                 |
|                             | Bajo                                                   | -0,5                      |                 |
|                             | Muy Bajo                                               | -1                        |                 |
| Composición de Tráfico      | Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado | 2                         | 1               |
|                             | Mezclado                                               | 1                         |                 |
|                             | Solamente motorizado                                   | 0                         |                 |
| Separación de vías          | No                                                     | 1                         | 1               |
|                             | Si                                                     | 0                         |                 |
| Densidad de la intersección | Alta                                                   | 1                         | 0               |
|                             | Moderada                                               | 0                         |                 |
| Vehículo Parqueados         | Se permite                                             | 0,5                       | 0               |
|                             | No se permite                                          | 0                         |                 |
| Iluminación Ambiental       | Alta                                                   | 1                         | 0               |
|                             | Moderada                                               | 0                         |                 |
|                             | Baja                                                   | -1                        |                 |
| Guías Visuales              | Pobre                                                  | 0,5                       | 0.5             |
|                             | Moderado o bueno                                       | 0                         |                 |
| $\sum V_{ps}$               |                                                        |                           | 4               |

Fuente: Regulación No. ARCERNNR 006/18

$$M = (6 - \sum V_{ps}) \quad (4)$$

$$M = (6 - 4) \quad (5)$$

$$M = 2 \quad (6)$$

Se obtiene que el tipo de vía es M2, por consideraciones de seguridad (iluminacion, 2010) se utiliza el tipo de vía M1 para el posterior diseño en Dialux y la optimización en la disposición de los postes.

#### 2.5.4 Red de distribución.

La nueva red de distribución que alimentará al sistema de alumbrado público se lo realizará por medio de las redes de distribución de la empresa distribuidora CNEL EP.

El conductor a utilizar en lo proyectado es de tipo ACSR de calibre #2 AWG con código MEER CO0-0B2 en la red de baja tensión, como se muestra en el plano (anexo E). Las luminarias

se conectan a la red de distribución a través del conductor de aluminio TW, N, 10AWG, sólido con código MEER CO0-0I10, siendo TW Al2x#10AWG.

La red de alumbrado público proyectada se alimentará con 6 transformadores de 10 kVA, repartidos como se estipula en el plano, con fines de cumplir las caídas de tensión. Los transformadores en su primario se alimentarán con la red de media tensión de los ramales 42115 de un lado de la vía y 43469 del otro lado de la vía de la empresa distribuidora CNEL EP con cable de tipo ACSR desnudo de calibre #2AWG, véase anexo F, ramales que energizan las calles aledañas y que nos serviremos de los mismos para fines de energización.

### 2.5.5 Luminaria.

Las luminarias proyectadas son de tipo LED de 152W, con brazo metálico de 3 metros. Auto controlados con fotocélula siendo estas de potencia constante. Para la simulación en el nuevo diseño se tiene en cuenta la luminaria TIPO B de simple nivel de potencia. Elegida entre varias luminarias (Muñoz, 2020) por su eficiencia, rendimiento lumínico, y su alcance en la superficie vista por la distribución polar simétrica de intensidad luminosa, tal como muestra la figura 6. La inclinación obtenida en el reporte de Dialux (anexo G) será de  $0^\circ$ , con una altura de la luminaria de 10 metros. Especificaciones técnicas de la luminaria elegida:

Flujo luminoso de lámparas: 20000 lm

Flujo luminoso de las luminarias: 15873 lm

Potencia: 152 W

Voltaje: 220V

Rendimiento lumínico: 104.4 lm/W

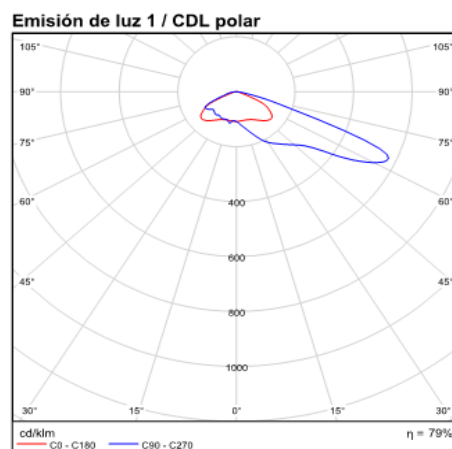


Fig.6 Curva polar fotométrica de luminaria utilizada

Fuente: Ficha técnica de luminaria a utilizar

En la Fig.6 se observa la curva polar fotométrica de la luminaria utilizada. En el plano longitudinal, identificado con el color azul, la intensidad luminosa.

### **2.5.6 Estructuras de soporte (Postes).**

Los postes proyectados serán de 14 metros de altura teniendo como previsión su uso para un futuro tendido de red en medio voltaje, se considerará 2 metros de altura para el empotramiento, teniendo un total de 168 postes, siendo estos postes de hormigón armado circulares de 14 metros de altura con un peso de 500Kg. Su disposición será de tipo tresbolillo en toda la vía a Cerritos, soportando el conductor con aisladores tipo ANSI 53-2 y sus respectivos bastidores para el consecuente tendido del conductor. Se preverá el uso de tensores a tierra simple cada 28 postes con fines de mitigar el tiro ejercido en los postes.

La distancia que regirá de poste a poste será de 35 metros de distancia obtenida de los reportes de simulación en Dialux con la respectiva luminaria, habrá distancias cortas y largas por motivo de las intersecciones, aun así, se respeta el nivel lumínico en las intersecciones dadas de las vías transversales a la vía a Cerritos.

### **2.5.7 Transformador.**

Los transformadores proyectados serán 6, estos distribuidos uniformemente en toda la vía, con fines de cubrir la demanda que tendrán las luminarias y conservar la caída de tensión bajo norma, estos transformadores serán de 10kVA convencionales, monofásicos, alimentados de la red de distribución de la empresa distribuidora en el cantón, 3 de ellos alimentados de la red de medio voltaje 42115 y los 3 restantes de la red de medio voltaje 43469, para una tensión primaria de 13.8/7.96 kV y secundaria de 240/120 V.

El seccionador a utilizar será 2H en el primario para aspectos de protecciones, conectando la extensión de red con cable tipo ACSR #2. Y para protecciones en el secundario fusible tipo NH de 36 amperios por fase.

### **2.5.8 Presupuesto.**

Los precios unitarios utilizados para los costos de cada elemento a ocupar en el diseño lumínico, los obtuvimos comparando los precios en el mercado (Cia.Ltda., 2020) (Ltda., 2020) considerando todos los elementos a ocupar en cada una de las estructuras, seleccionados estos mediante los materiales regulados en las unidades de propiedad (eléctrica, 2009), seguidamente del presupuesto a tener por costos de materiales y costo de mano de obra por cada rubro a realizar, véase anexo H.

## **2.6 Diseño fotovoltaico para iluminación en la vía a Cerritos**

El presente diseño fotovoltaico contribuirá a la iluminación que se proyecta instalar en la vía a Cerritos del cantón Pasaje, con propósitos de independizar la conexión eléctrica de las luminarias con la red eléctrica de la empresa distribuidora del cantón, además de realizar su respectivo estudio de costo beneficio que involucra el instalar este tipo de tecnología versus a la conexión con la red eléctrica de la empresa distribuidora. Para el estudio del mismo por razones de eficiencia, rendimiento lumínico, y distribución de la intensidad luminosa en la superficie, se diseñará el sistema fotovoltaico considerando la misma luminaria LED del diseño eléctrico con luminarias LED.

A continuación se realizará el estudio del sistema fotovoltaico para lo cual se analizará la irradiación en el cantón Pasaje, para obtener la potencia y ubicación idónea que debe tener el panel solar y así suplir de energía de la red pública para el funcionamiento autónomo de la luminaria.

### **2.6.1 Irradiación en el cantón Pasaje.**

La energía que se producirá en un módulo fotovoltaico, se calculará por la irradiación solar que incide en el cantón Pasaje, con ello definiremos las capacidades del módulo fotovoltaico para los diferentes periodos atmosféricos que atraviesa el cantón. Para tal estudio y posterior dimensionamiento del panel solar se obtendrá los datos suministrados por Meteonorm 7.1, software utilizado por la NASA para obtener parámetros atmosféricos del planeta con un historial limitado de los niveles de irradiación, teniendo estos niveles de irradiación sobre los puntos geográficos de latitud y longitud del cantón Pasaje, el periodo que se muestra en la siguiente figura corresponde al 2019, donde se muestra su nivel de irradiación diaria media por cada mes del año 2019, expresada en kWh/m<sup>2</sup>, adicional nos muestra su irradiación anual.

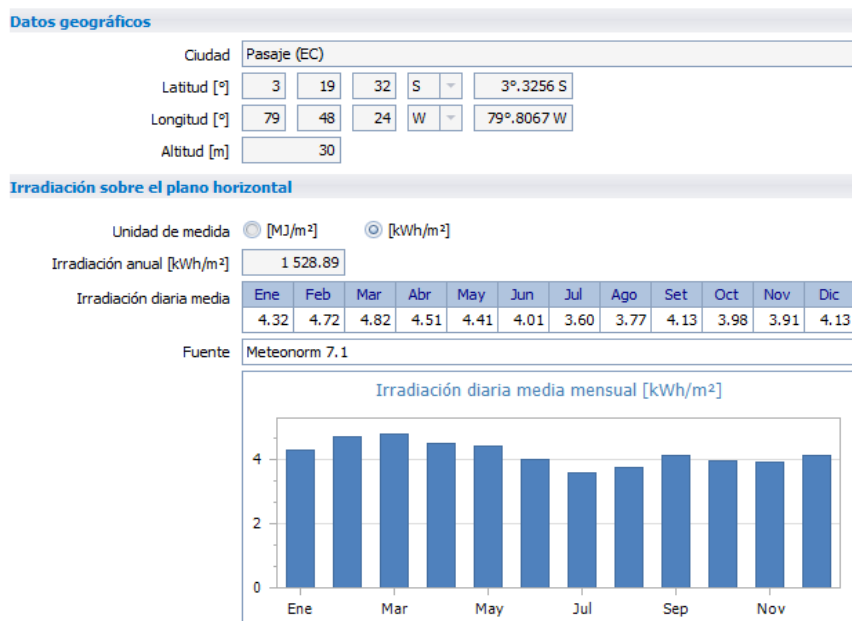


Fig.7 Irradiación media diaria en el cantón Pasaje

Fuente: Meteonorm 7.1

La Fig. 7 representa los niveles de irradiación diaria media en el cantón Pasaje, en base a estos niveles de irradiación se sabrá si la luminaria será o no factible el instalar el sistema fotovoltaico en este sector del cantón.

La luminaria proyectada tiene una potencia de 152W, y se proyecta el uso en 12 horas diarias, se obtiene su consumo de 1.824kWh por luminaria, si se tiene una irradiación diaria media por metro cuadrado entre 3.60kW/m<sup>2</sup> y 4,82 kW/m<sup>2</sup> como muestra en la figura 7, al aplicar una regla de tres, nuestro panel solar deberá tener como mínimo un área de 0.506m<sup>2</sup> para cubrir eficientemente la demanda de la luminaria.

### 2.6.2 Ángulo de inclinación según coordenadas geográficas.

El ángulo de inclinación óptimo se determinará utilizando la ecuación basada en estudios estadísticos de radiación solar anual sobre superficies con distintas inclinaciones situadas en diferentes sitios de latitudes, que provee la inclinación óptima en servicio de las distancias angulares: (Guía técnica de aplicación para instalación de energías renovables)

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \times |\phi| \quad (3)$$

$\beta_{opt}$  = ángulo de inclinación óptimo (grados)

$|\phi|$  = Latitud del lugar, sin signo (grados)

Aplicando la fórmula, la máxima captación de energía solar en todo el transcurso del año, será en los 14,6°:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \times 3,3256 \quad (4)$$

$$\beta_{opt} = 14,6^\circ \quad (5)$$

### 2.6.3 Dimensionamiento del panel solar.

#### Potencia máxima.

Para nuestro caso, la luminaria que estamos utilizando es, 1xLED200-4S/840 con una potencia máxima de 152 W.

#### Cálculo del consumo máximo

$$I_{ins_{max}} = \frac{P_{max}}{v_{bateria}} [Ah/d] \quad (6) \text{ (NREL, 2020)}$$

$$I_{ins_{max}} = \frac{152Wh/d}{12V} [Ah/d] \quad (7) \text{ (NREL, 2020)}$$

$$I_{ins_{max}} = 12,6[Ah/d] \quad (8) \text{ (NREL, 2020)}$$

Se establece un margen de seguridad para el dimensionamiento (Poggi-Varaldo, 2009)

$$I_{max} = I_{ins_{max}} + I_{ins_{max}} * 10\% = 1,1 * I_{ins_{max}} [Ah/d] \quad (9) \text{ (NREL, 2020)}$$

$$I_{max} = 1,1 * 12,6[Ah/d] \quad (10) \text{ (NREL, 2020)}$$

$$I_{max} = 13,93[Ah/d] \quad (11) \text{ (NREL, 2020)}$$

### 2.6.4 Dimensionamiento de la batería.

Cálculo de la capacidad de la batería

$$\frac{I_{max} * D_{aut}}{Pd} [Ah] = \frac{13,93 * 1}{0,6} = 23,22[Ah/d] \quad (12) \text{ (NREL, 2020)}$$

### 2.6.5 Dimensionamiento del regulador de carga.

$$I_{soportada} = I_{ins_{max}} * 1,25 \quad (13) \text{ (Slim, 2020)}$$

$$I_{soportada} = 13,93 * 1,25 \quad (14) \text{ (Slim, 2020)}$$

$$I_{soportada} = 17,41Ah/d \quad (15) \text{ (Slim, 2020)}$$

### 2.6.6 Dimensionamiento del Inversor.

$$Potencia_{soportada} = P_{max} * 1,25 \quad (16) \text{ (Slim, 2020)}$$

$$Potencia_{soportada} = 152 * 1,25 \quad (17) \text{ (Slim, 2020)}$$

$$Potencia_{soportada} = 190W \quad (18) \text{ (Slim, 2020)}$$

## 2.6.7 Elementos del sistema fotovoltaico.

Una vez obtenidos los parámetros que se deben considerar para adquirir los elementos del sistema fotovoltaico para suplir de energía las iluminarias en la vía a Cerritos del cantón Pasaje, se obtendrán los valores inmediatos de los mismos.

### Panel solar:

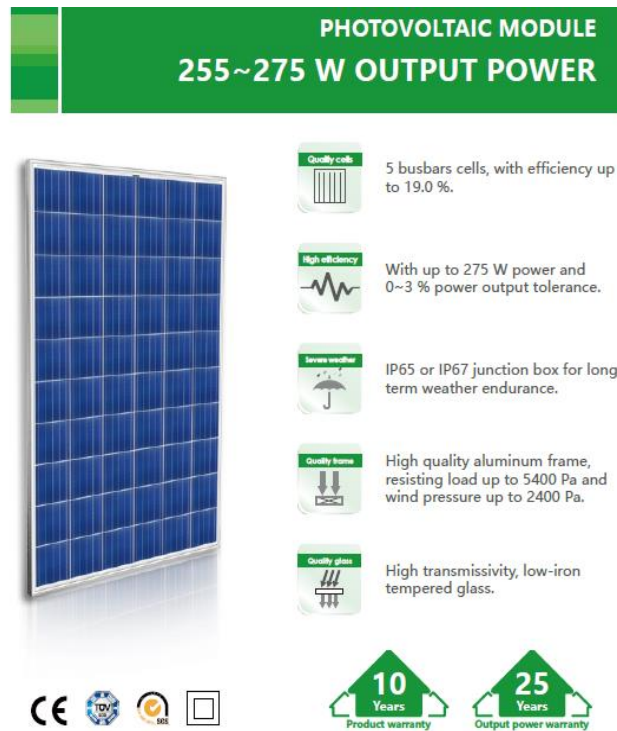


Fig.8 Panel solar utilizado para diseño fotovoltaico

Fuente: Proviento S.A

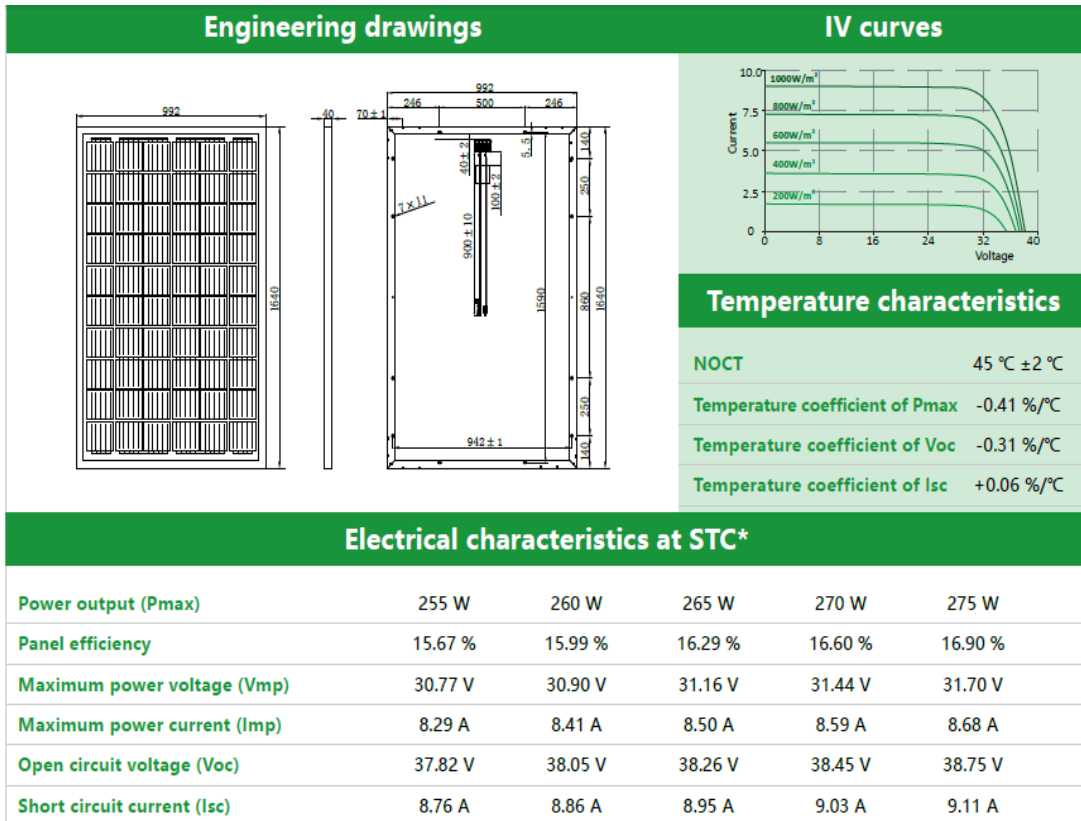


Fig.9 Parámetros eléctricos de panel fotovoltaico utilizado

Fuente: Proviento S.A

Se considera el modelo de panel solar acorde a los cálculos obtenidos para el dimensionamiento del panel solar, cumpliendo los requisitos para energización de la iluminaria a utilizar.

**Batería:**

Batería de plomo acido gel

Voltaje: 12V

Corriente: 25Ah

## BATERIA PLOMO TECNOLOGIA GEL 12V 25Ah



Fig.10 Batería utilizada para diseño fotovoltaico

Fuente: Dieltron S.A

Al tener una batería que cumple con la capacidad calculada, pero el voltaje es la mitad de la que necesita nuestra luminaria propuesta, se tendrá una conexión en serie con dos baterías del mismo tipo, con esto sumaremos el voltaje y mantendríamos el amperaje, cumpliendo de esta forma con los parámetros eléctricos necesarios para suplir de energía la luminaria en el tiempo proyectado.

### Regulador de carga:

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS                                                        |                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eléctricas</b>                                                                |                                                                                                |
| • Clasificaciones máx. de carga y fotovoltaica                                   | Según lo anterior                                                                              |
| • Voltaje del sistema                                                            | 12 o 24 voltios                                                                                |
| • Voltaje mín. de la batería                                                     | 1 voltio                                                                                       |
| • Voltaje de regulación                                                          | 12 voltios    24 voltios                                                                       |
| Batería sellada                                                                  | 14,1 V    28,2 V                                                                               |
| Batería con electrolito líquido                                                  | 14,4 V    28,8 V                                                                               |
| • Desconexión de carga                                                           | 11,5 V    23,0 V                                                                               |
| • Reconexión DBV                                                                 | 12,6 V    25,2 V                                                                               |
| • Voltaje solar máx.                                                             |                                                                                                |
| Batería de 12 V                                                                  | 30 voltios                                                                                     |
| Batería de 24 V                                                                  | 60 voltios                                                                                     |
| • Capacidad de carga precipitada                                                 |                                                                                                |
| SunSaver-6                                                                       | 45 amperios                                                                                    |
| SunSaver-10                                                                      | 65 amperios                                                                                    |
| SunSaver-20                                                                      | 140 amperios                                                                                   |
| • Autoconsumo                                                                    | < 8 mA                                                                                         |
| • Precisión de voltaje                                                           | 12 V: +/- 25 mV (común)<br>24 V: +/- 48 mV (común)                                             |
| • Protección temporal contra sobrevoltaje                                        | 1500 W por conexión                                                                            |
| <b>Mecánicas</b>                                                                 |                                                                                                |
| • Tamaño de cable                                                                | 5 mm <sup>2</sup> / AWG n.º 10                                                                 |
| • Peso (desempacado)                                                             | 0,23 kg                                                                                        |
| • Dimensiones                                                                    | 15,2 x 5,5 x 3,4 cm                                                                            |
| <b>Ambientales</b>                                                               |                                                                                                |
| • Temperatura ambiente                                                           | -40 °C a +60 °C                                                                                |
| • Temperatura de almacenamiento                                                  | -55 °C a +80 °C                                                                                |
| • Humedad                                                                        | 100 % sin condensación                                                                         |
| • Tropicalización                                                                | Encapsulación de epoxia<br>Terminales de clasificación marina<br>Carcasa de aluminio anodizada |
| <b>Protecciones electrónicas</b>                                                 |                                                                                                |
| • Solar: Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje                                 |                                                                                                |
| • Carga: Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje                                 |                                                                                                |
| • Batería: Alto voltaje                                                          |                                                                                                |
| • Todos: Polaridad invertida, alta temperatura, rayos y sobrevoltajes temporales |                                                                                                |
| • Corriente invertida en la noche                                                |                                                                                                |
| <b>Carga de la batería</b>                                                       |                                                                                                |
| • Método de carga                                                                | PWM de la serie de 4 etapas                                                                    |
| • Etapas de carga                                                                | Principal, absorción, flotación, compensación                                                  |
| <b>Compensación de temperatura</b>                                               |                                                                                                |
| Coeficiente                                                                      | 12 V: -30 mV/°C<br>24 V: -60 mV/°C                                                             |
| Margen                                                                           | -30 °C a +60 °C                                                                                |
| Puntos de ajuste                                                                 | Absorción, flotación, compensación                                                             |
| <b>Indicaciones de LED</b>                                                       |                                                                                                |
| • LED de estado (1)                                                              | Cargando o no cargando<br>Condiciones de error solar                                           |
| • LED de la batería (3)                                                          | Nivel de la batería<br>Etapas de carga                                                         |
| <b>Certificaciones</b>                                                           |                                                                                                |
| • ETL con clasificación en la lista UL 1741 y CSA C22.2 N.º 107.1-01             |                                                                                                |
| • Ubicaciones peligrosas                                                         | Clase 1, División 2, Grupos A, B, C, D<br>CSA C22.2#213                                        |
| • Pautas generales de EMC                                                        | Inmunidad, emisiones, seguridad                                                                |
| • FCC                                                                            | Clase B, Parte 15                                                                              |
| • CE                                                                             |                                                                                                |
| • RoHS                                                                           |                                                                                                |
| • ISO 9000                                                                       |                                                                                                |

Fig.11 Especificación técnica de regulador de carga utilizado para diseño fotovoltaico

Fuente: Proviento S.A



Fig.12 Regulador de carga utilizado para diseño fotovoltaico

Fuente: Proviento S.A

Al tener 17.41 Ah/d en el cálculo del regulador de carga, consideramos el inmediato superior, que en este caso es de 20Ah/d, cumpliendo con el nivel de tensión que se necesita para la energización de la luminaria.

### **Inversor:**

Al obtener 190W para la potencia soportada en el inversor, se obtiene el inmediato superior del valor de la potencia, siendo este de 200W y al tener la luminaria de 220V para su trabajo, consideramos tanto de entrada como de salida.



Fig.13 Inversor utilizado para diseño fotovoltaico

Fuente: Sistemas de seguridad Ecuador

Al tener todos los equipos que conforman el sistema fotovoltaico para nuestro caso se obtendrá el listado de materiales y el presupuesto, para el posterior análisis costo beneficio que contrae el instalar todos estos tipos de tecnologías.

### **2.6.8 Presupuesto.**

Los precios unitarios utilizados para los costos de cada elemento a ocupar en el diseño lumínico se los obtuvo comparando los precios en el mercado (S.A, 2020) (ECUADOR, 2020) considerando todos los elementos a ocupar en cada una de las estructuras, seleccionados estos mediante los materiales regulados en las unidades de propiedad (eléctrica, 2009), seguidamente del presupuesto a tener por costos de materiales y costo de mano de obra por cada rubro a realizar, véase anexo I.

### CAPÍTULO 3. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS DISEÑOS LUMÍNICOS

Para fines de análisis se organizan los costos de las diferentes propuestas, donde se realizará la evaluación económica para determinar la factibilidad de la alternativa de solución planteada, donde convendrá la ejecución de la mejor propuesta, es decir, a través del cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) se conocerá la viabilidad de este planteamiento.

#### 3.1 Costo beneficio de los diferentes sistemas de iluminación

A continuación, se presentan los cálculos del consumo energético para cada sistema de iluminación realizado y los consumos proyectados dentro de un plazo de 20 años, tiempo en que las luminarias LED cumplen su vida útil.

La tabla 5 considera las potencias nominales de cada sistema lumínico realizado, el costo de consumo por kW/h actual para la empresa distribuidora CNEL EP, es de 0.10 centavos. (SAPG, 2019). El precio de la energía se mantiene en 0.10 centavos el kW/h para el periodo establecido debido a la incertidumbre que presentan para años futuros (Muñoz, 2020). El costo de consumo diario se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Costo de consumo diario de cada sistema lumínico} = P \text{ de luminaria} * \# \text{ de luminarias} * \text{número de horas de funcionamiento} * \text{costo de kW/h} \quad (19)$$

$$\text{Costo de consumo diario del sistema lumínico en sodio} = 250W * 168 * 12 \text{ horas} * 0.10 \quad (20)$$

$$\text{Costo de consumo diario del sistema lumínico en sodio} = \$ .50,40 \quad (21)$$

$$\text{Costo de consumo diario del sistema lumínico LED} = 152W * 168 * 12 \text{ horas} * 0.10 \quad (22)$$

$$\text{Costo de consumo diario del sistema lumínico LED} = \$ .30,64 \quad (23)$$

El costo de consumo anual se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Costo de consumo anual de cada sistema lumínico} = \text{costo de consumo diario de cada sistema lumínico} * 365 \text{ días} \quad (24)$$

$$\text{Costo de consumo anual del sistema lumínico en sodio} = \$ .50,40 * 365 \text{ días} \quad (25)$$

$$\text{Costo de consumo anual del sistema lumínico en sodio} = \$ .18.396,00 \quad (26)$$

$$\text{Costo de consumo anual del sistema lumínico LED} = \$ .30.64 * 365 \text{ días} \quad (27)$$

$$\text{Costo de consumo anual del sistema lumínico LED} = \$ .11.183,76 \quad (28)$$

Tabla 5. Cálculo de los costos de energía consumida por el sistema de Alumbrado Público en sodio a alta presión y LED.

| Costo de la energía |                         |         |               |                    |               |
|---------------------|-------------------------|---------|---------------|--------------------|---------------|
| Año                 | Luminaria de sodio 250W |         |               | Luminaria LED 152W |               |
|                     | kW/hora                 | USD/kW  | Costo(USD)    | kW/hora LED        | Costo(USD)    |
| 1                   | 504                     | \$ 0,10 | \$ 18.396,00  | 306.43             | \$ 11.183,76  |
| 15                  | 504                     | \$ 0,10 | \$ 275.940,00 | 306.43             | \$ 167.756,40 |
| 20                  | 504                     | \$ 0,10 | \$ 367.920,00 | 306.43             | \$ 223.675,20 |

Fuente: Autor

Tabla 6. Inversión inicial, costos de equipos y mano de obra

| DISEÑOS              | INVERSION INICIAL |
|----------------------|-------------------|
| Diseño 1 Sodio 250W  | \$ 155.299,20     |
| Diseño 2 LED 152W    | \$ 223.093,15     |
| Sistema fotovoltaico | \$ 303.557,90     |

Fuente: Autor

Adicionalmente se debe incluir un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de alumbrado público determinados por la vida útil de los elementos que contiene cada luminaria y referenciada por los periodos de cambios (Muñoz, 2020), para el sistema fotovoltaico se considera la misma luminaria del sistema de alumbrado público con tecnología LED, adicionando los equipos a suplir la energía eléctrica, independizando su conexión con la red de distribución, para tal efecto se considerará:

Tabla 7. Vida útil de los elementos del sistema fotovoltaico

|                                  |
|----------------------------------|
| SISTEMA FOTOVOLTAICO             |
| \$ 303.557,90                    |
| Luminaria (50000-100000 horas)   |
| Bateria(1000 ciclos de descarga) |
| Regulador de carga(8-10 años)    |
| Inversor(10 años)                |

Fuente: (DAPROSE, 2015) (Fotovoltaica, 2006)

Para efecto de la vida útil del panel solar, se establece el número de años de la garantía, siendo este de 20 años.

A continuación se describe la periodicidad y los elementos a reemplazar dentro de la vida útil, para saber el valor económico del mantenimiento requerido y así sumarlo con su consumo e inversión inicial, considerando la tasa de crecimiento para el costo de los materiales a reemplazar dentro del periodo de vida útil y que constarán en el mantenimiento se analizará de acuerdo al promedio del índice porcentual de materiales en los últimos años (Muñoz, 2020)

Tabla 8. Tasa de crecimiento de materiales de construcción

| AÑOS | DICIEMBRE |       |
|------|-----------|-------|
| 2014 | 237.86    | %     |
| 2015 | 244.17    | 6.31  |
| 2016 | 234.63    | -9.54 |
| 2017 | 235.65    | 1.02  |
| 2018 | 239.15    | 3.5   |
| 2019 | 243.91    | 4.75  |
|      |           | 1.21  |

Fuente: (Muñoz, 2020)

Tabla 9. Periodicidad de mantenimiento para 15 años en luminarias de sodio

| PROGRAMACION DE CAMBIO DE ELEMENTOS EN LUMINARIAS DE SODIO                       |          |         |          |           |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|-----------|-----------|
| CAMBIOS DE ACCESORIOS DURANTE LA VIDA UTIL CONSIDERANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO |          |         |          |           |           |
| Año                                                                              | Bombillo | Ignitor | Balastro | Capacitor | Fotoceula |
| 1                                                                                |          |         |          |           |           |
| 2                                                                                |          |         |          |           |           |
| 3                                                                                |          |         |          |           |           |
| 4                                                                                | x        | x       |          |           | x         |
| 5                                                                                |          |         |          |           |           |
| 6                                                                                |          |         |          |           |           |
| 7                                                                                |          |         |          |           |           |
| 8                                                                                | x        | x       | x        | x         | x         |
| 9                                                                                |          |         |          |           |           |
| 10                                                                               |          |         |          |           |           |
| 11                                                                               |          |         |          |           |           |
| 12                                                                               | x        | x       |          |           | x         |
| 13                                                                               |          |         |          |           |           |
| 14                                                                               |          |         |          |           |           |
| 15                                                                               |          |         |          |           |           |

Fuente: Autor

Tabla 10. Periodicidad de mantenimiento para 20 años en luminarias LED

| PROGRAMACION DE CAMBIO DE ELEMENTOS EN LUMINARIAS LED                            |        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|
| CAMBIOS DE ACCESORIOS DURANTE LA VIDA UTIL CONSIDERANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO |        |            |
| Año                                                                              | Driver | Fotocelula |
| 1                                                                                |        |            |
| 2                                                                                |        |            |
| 3                                                                                |        |            |
| 4                                                                                |        | x          |
| 5                                                                                | x      |            |
| 6                                                                                |        |            |
| 7                                                                                |        |            |
| 8                                                                                |        |            |
| 9                                                                                |        | x          |
| 10                                                                               | x      |            |
| 11                                                                               |        |            |
| 12                                                                               |        |            |
| 13                                                                               |        |            |
| 14                                                                               |        | x          |
| 15                                                                               | x      |            |
| 16                                                                               |        |            |
| 17                                                                               |        |            |
| 18                                                                               |        |            |
| 19                                                                               |        | x          |
| 20                                                                               | x      |            |

Fuente: Autor

Tabla 11. Periodicidad de mantenimiento para 20 años en el sistema fotovoltaico

| PROGRAMACION DE CAMBIO DE ELEMENTOS EN SISTEMA FOTOVOLTAICO                      |             |         |                    |                |        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------|--------------------|----------------|--------|------------|
| CAMBIOS DE ACCESORIOS DURANTE LA VIDA UTIL CONSIDERANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO |             |         |                    |                |        |            |
| Año                                                                              | Panel Solar | Bateria | Regulador de carga | Inversor DC-AC | Driver | Fotocelula |
| 1                                                                                |             |         |                    |                |        |            |
| 2                                                                                |             |         |                    |                |        |            |
| 3                                                                                |             | X       |                    |                |        |            |
| 4                                                                                |             |         |                    |                |        | x          |
| 5                                                                                |             |         |                    |                | x      |            |
| 6                                                                                |             | X       |                    |                |        |            |
| 7                                                                                |             |         |                    |                |        |            |
| 8                                                                                |             |         | X                  |                |        |            |
| 9                                                                                |             | X       |                    |                |        | x          |
| 10                                                                               |             |         |                    | X              | x      |            |
| 11                                                                               |             |         |                    |                |        |            |
| 12                                                                               |             | X       |                    |                |        |            |
| 13                                                                               |             |         |                    |                |        |            |
| 14                                                                               |             |         |                    |                |        | x          |
| 15                                                                               |             | X       |                    |                | x      |            |
| 16                                                                               |             |         | X                  |                |        |            |
| 17                                                                               |             |         |                    |                |        |            |
| 18                                                                               |             | X       |                    |                |        |            |
| 19                                                                               |             |         |                    |                |        | x          |
| 20                                                                               | X           |         |                    | X              | x      |            |

Fuente: Autor

Tabla 12. Costo de cada elemento de los diferentes sistemas de Alumbrado Público considerando la tasa de crecimiento con una proyección de 20 años.

| Costos de los elementos de los sistemas luminicos, proyectandonos en los costos de la tasa de crecimiento en los proximos 20 años |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|----------|-----------|------------|-------------------------|------------|---------------------------------------------------|-----------|--------------------|----------|------------|
| Año                                                                                                                               | Luminarias de sodio alta presion de 250W SNP |         |          |           |            | Luminarias LED 152W SNP |            | Sistema Fotovoltaico para Luminarias LED 152W SNP |           |                    |          |            |
|                                                                                                                                   | Bombillo                                     | Ignitor | Balastro | Capacitor | Fotocelula | Driver                  | Fotocelula | Panel Solar                                       | Bateria   | Regulador de carga | Driver   | Fotocelula |
| 1                                                                                                                                 |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 2                                                                                                                                 |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 3                                                                                                                                 |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   | \$ 253,95 |                    |          |            |
| 4                                                                                                                                 | \$ 9,87                                      | \$ 6,01 |          |           | \$ 6,43    |                         | \$ 6,43    |                                                   |           |                    |          | \$ 6,43    |
| 5                                                                                                                                 |                                              |         |          |           |            | \$ 42,81                |            |                                                   |           |                    | \$ 42,81 |            |
| 6                                                                                                                                 |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   | \$ 263,17 |                    |          |            |
| 7                                                                                                                                 |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 8                                                                                                                                 | \$ 10,36                                     | \$ 6,31 | \$ 16,32 | \$ 4,35   | \$ 6,74    |                         | \$ 6,74    |                                                   |           | \$ 184,33          |          | \$ 6,74    |
| 9                                                                                                                                 |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   | \$ 272,72 |                    |          |            |
| 10                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            | \$ 45,46                |            |                                                   |           |                    | \$ 45,46 |            |
| 11                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 12                                                                                                                                | \$ 10,87                                     | \$ 6,62 |          |           | \$ 7,08    |                         | \$ 7,08    |                                                   | \$ 282,62 |                    |          | \$ 7,08    |
| 13                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 14                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 15                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            | \$ 48,27                |            |                                                   | \$ 292,88 |                    | \$ 48,27 |            |
| 16                                                                                                                                | \$ 11,37                                     | \$ 6,94 | \$ 17,94 | \$ 4,89   | \$ 7,44    |                         | \$ 7,43    |                                                   |           | \$ 202,18          |          | \$ 7,43    |
| 17                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 18                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   | \$ 303,51 |                    |          |            |
| 19                                                                                                                                |                                              |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |
| 20                                                                                                                                | Reemplazo de luminarias                      |         |          |           |            |                         |            |                                                   |           |                    |          |            |

Fuente: Autor

Tabla 13. Costo de mantenimiento en un plazo de 20 años para cada sistema de Alumbrado Público.

| Costo de mantenimiento de cada sistema de alumbrado publico |               |
|-------------------------------------------------------------|---------------|
| Luminarias Sodio alta presion de 250W SNP                   | \$ 23.442,72  |
| Luminarias LED 152W SNP                                     | \$ 27.588,96  |
| Sistema Fotovoltaico para Luminarias LED 152W SNP           | \$ 381.763,20 |

Fuente: Autor

Conocidos los costos de las propuestas y sus mantenimientos a realizarse dentro del periodo de vida útil de cada sistema de iluminación, se realizará la evaluación económica para determinar si es o no factible uno de estos sistemas de iluminación, esto significa que a través del cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) se conocerá que sistema es viable.

Tabla 14. Síntesis económica para la factibilidad de sistemas de Alumbrado Público.

| Tipo de sistema de Alumbrado Publico | Costos                 | Potencia    | Comparacion LED vs Sodio        |
|--------------------------------------|------------------------|-------------|---------------------------------|
| Sodio alta presion                   | Costo en 20 años       | 250W        |                                 |
|                                      | Inversion Inicial      | \$ 924,40   |                                 |
|                                      | Costo de mantenimiento | \$ 139,54   |                                 |
|                                      | Consumo                | \$ 2.190,00 |                                 |
|                                      | Total                  | \$ 3.253,94 |                                 |
| LED                                  | Costo en 20 años       | 152W        | 60.8% menos que el A.P en Sodio |
|                                      | Inversion Inicial      | \$ 1.327,94 | 30.39% mas que el A.P en Sodio  |
|                                      | Costo de mantenimiento | \$ 164,22   | 15.03% mas que el A.P en Sodio  |
|                                      | Consumo                | \$ 1.331,51 | 60.8% menos que el A.P en Sodio |
|                                      | Total                  | \$ 2.823.67 |                                 |
| Sistema Fotovoltaico                 | Costo en 20 años       | 152W        |                                 |
|                                      | Inversion Inicial      | \$ 1.806,89 |                                 |
|                                      | Costo de mantenimiento | \$ 2.272,40 |                                 |
|                                      | Consumo                | 0.00        |                                 |
|                                      | Total                  | \$ 4.079,29 |                                 |

Fuente: Autor

### 3.2 Rentabilidad de la implementación de luminarias de Sodio alta presión o LED

#### 3.2.1 Luminaria de Sodio a alta presión de 250W y luminaria LED de 152W.

Se determinará la rentabilidad de la implementación de luminarias a través del análisis económico de los costos de inversión inicial, consumo en el plazo de 20 años y los costos de mantenimiento en el plazo de 20 años.

Tabla 15. Evaluación financiera del proyecto de Alumbrado Público de sodio a alta presión y LED.

| Año | Luminaria de sodio 250W                       |                   |               | Luminaria LED 152W                            |                   |               |               |      |
|-----|-----------------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------------------------------|-------------------|---------------|---------------|------|
|     | Costo de inversion mas costo de mantenimiento | Energia consumida | Total         | Costo de inversion mas costo de mantenimiento | Energia consumida | Total         | VAN           | TIR  |
| 1   | \$ 155,299.20                                 | \$ 18,396.00      | \$ 173,695.20 | \$ 223,093.92                                 | \$ 11,183.76      | \$ 234,277.68 | -\$ 60,582.48 | 0.74 |
| 2   | \$ 155,299.20                                 | \$ 36,792.00      | \$ 192,091.20 | \$ 223,093.92                                 | \$ 22,367.52      | \$ 245,461.44 | -\$ 53,370.24 | 0.78 |
| 3   | \$ 155,299.20                                 | \$ 55,188.00      | \$ 210,487.20 | \$ 223,093.92                                 | \$ 33,551.28      | \$ 256,645.20 | -\$ 46,158.00 | 0.82 |
| 4   | \$ 159,047.28                                 | \$ 73,584.00      | \$ 232,631.28 | \$ 224,174.16                                 | \$ 44,735.04      | \$ 268,909.20 | -\$ 36,277.92 | 0.87 |
| 5   | \$ 159,047.28                                 | \$ 91,980.00      | \$ 251,027.28 | \$ 231,366.24                                 | \$ 55,918.80      | \$ 287,285.04 | -\$ 36,257.76 | 0.87 |
| 6   | \$ 159,047.28                                 | \$ 110,376.00     | \$ 269,423.28 | \$ 231,366.24                                 | \$ 67,102.56      | \$ 298,468.80 | -\$ 29,045.52 | 0.90 |
| 7   | \$ 159,047.28                                 | \$ 128,772.00     | \$ 287,819.28 | \$ 231,366.24                                 | \$ 78,286.32      | \$ 309,652.56 | -\$ 21,833.28 | 0.93 |
| 8   | \$ 166,452.72                                 | \$ 147,168.00     | \$ 313,620.72 | \$ 232,498.56                                 | \$ 89,470.08      | \$ 321,968.64 | -\$ 8,347.92  | 0.97 |
| 9   | \$ 166,452.72                                 | \$ 165,564.00     | \$ 332,016.72 | \$ 232,498.56                                 | \$ 100,653.84     | \$ 333,152.40 | -\$ 1,135.68  | 0.99 |
| 10  | \$ 166,452.72                                 | \$ 183,960.00     | \$ 350,412.72 | \$ 240,135.84                                 | \$ 111,837.60     | \$ 351,973.44 | -\$ 1,560.72  | 0.99 |
| 11  | \$ 166,452.72                                 | \$ 202,356.00     | \$ 368,808.72 | \$ 240,135.84                                 | \$ 123,021.36     | \$ 363,157.20 | \$ 5,651.52   | 1.02 |
| 12  | \$ 170,580.48                                 | \$ 220,752.00     | \$ 391,332.48 | \$ 241,325.28                                 | \$ 134,205.12     | \$ 375,530.40 | \$ 15,802.08  | 1.04 |
| 13  | \$ 170,580.48                                 | \$ 239,148.00     | \$ 409,728.48 | \$ 241,325.28                                 | \$ 145,388.88     | \$ 386,714.16 | \$ 23,014.32  | 1.06 |
| 14  | \$ 170,580.48                                 | \$ 257,544.00     | \$ 428,124.48 | \$ 241,325.28                                 | \$ 156,572.64     | \$ 397,897.92 | \$ 30,226.56  | 1.08 |
| 15  | \$ 170,580.48                                 | \$ 275,940.00     | \$ 446,520.48 | \$ 249,434.64                                 | \$ 167,756.40     | \$ 417,191.04 | \$ 29,329.44  | 1.07 |
| 16  | \$ 178,741.92                                 | \$ 294,336.00     | \$ 473,077.92 | \$ 250,682.88                                 | \$ 178,940.16     | \$ 429,623.04 | \$ 43,454.88  | 1.10 |
| 17  | \$ 178,741.92                                 | \$ 312,732.00     | \$ 491,473.92 | \$ 250,682.88                                 | \$ 190,123.92     | \$ 440,806.80 | \$ 50,667.12  | 1.11 |
| 18  | \$ 178,741.92                                 | \$ 331,128.00     | \$ 509,869.92 | \$ 250,682.88                                 | \$ 201,307.68     | \$ 451,990.56 | \$ 57,879.36  | 1.13 |
| 19  | \$ 178,741.92                                 | \$ 349,524.00     | \$ 528,265.92 | \$ 250,682.88                                 | \$ 212,491.44     | \$ 463,174.32 | \$ 65,091.60  | 1.14 |
| 20  | \$ 178,741.92                                 | \$ 367,920.00     | \$ 546,661.92 | \$ 250,682.88                                 | \$ 223,675.20     | \$ 474,358.08 | \$ 72,303.84  | 1.15 |

Fuente: Autor

Los resultados de la evaluación económica en el sistema de Alumbrado Público con sodio a alta presión, muestra que la inversión inicial y el mantenimiento de los componentes a sustituir

en los 20 años por cada luminaria del sistema de Alumbrado Público, nos da un valor de \$. 178.741,92 para los costos de energía consumida nos da un valor de \$. 367.920,00 por lo que tenemos un valor total de inversión en los 20 años de \$. 546.661,92.

Los resultados de la evaluación económica en el sistema de Alumbrado Público con LED, muestra que la inversión inicial y el mantenimiento de los componentes a sustituir en los 20 años por cada luminaria del sistema de Alumbrado Público, nos da un valor de \$. 250.682,88 para los costos de energía consumida nos da un valor de \$. 223.675,20 por lo que tenemos un valor total de inversión en los 20 años de \$. 474.358,08.

En lo proyectado al TIR, en el onceavo año muestra un valor de 1,00 donde se determinaría el año donde se comienza a recuperar la inversión.

Para determinar el valor actual neto (VAN) del proyecto, se realizó un análisis comparativo entre los dos sistemas de Alumbrado Público, determinando la diferencia monetaria entre ambos sistemas.

Tabla 16. Comparación de la inversión entre los sistemas de Alumbrado Público proyectados.

| Tabla comparativa entre los sistemas de Alumbrado Público |                    |                |                             |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------------------|
| Costos 20años                                             | Sodio alta presion | LED            | Diferencia                  |
| Costo de inversión y mantenimiento                        | \$. 178.741,92     | \$. 250.682,88 |                             |
| Costo de energia consumida                                | \$. 367.920,00     | \$. 223.675,20 | 60.79% en cuanto al consumo |
| Total                                                     | \$. 546.661,92     | \$. 474.358,08 |                             |

Fuente: Autor

El proyecto con las condiciones que se establecieron dentro del análisis determina, un ahorro del 39.2% en la potencia instalada, esto sumado a la relación de los precios de inversión, mantenimiento y costo de energía consumida dentro de los 20 años, se obtuvo como resultado final un VAN positivo de \$. 72.303,84 donde financieramente muestra que el proyecto si es rentable para los 20 años de horizonte, esto debido a los costos del consumo son 60.8% por encima del sistema de Alumbrado público con tecnología LED.

### **3.3 Rentabilidad de la implementación de luminarias de sodio o LED con sistemas fotovoltaicos.**

#### **3.3.1 Luminaria de sodio de 250W y luminaria LED de 152W con sistema fotovoltaico.**

Se determinará la rentabilidad de la implementación de luminarias a través del análisis económico de los costos de inversión inicial, consumo en el plazo de 20 años y los costos de mantenimiento en el plazo de 20 años.

Tabla 17. Evaluación financiera del proyecto de Alumbrado Público con sodio alta presión y LED con sistemas fotovoltaicos.

| Año | Luminaria de sodio 250W                       |                   |               | Luminaria LED 152W con sistemas fotovoltaicos |                   |               | VAN            | TIR  |
|-----|-----------------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------------------------------|-------------------|---------------|----------------|------|
|     | Costo de inversion mas costo de mantenimiento | Energia consumida | Total         | Costo de inversion mas costo de mantenimiento | Energia consumida | Total         |                |      |
| 1   | \$ 155,299.20                                 | \$ 18,396.00      | \$ 173,695.20 | \$ 303,557.52                                 |                   | \$ 303,557.52 | -\$ 129,862.32 | 0.57 |
| 2   | \$ 155,299.20                                 | \$ 36,792.00      | \$ 192,091.20 | \$ 303,557.52                                 |                   | \$ 303,557.52 | -\$ 111,466.32 | 0.63 |
| 3   | \$ 155,299.20                                 | \$ 55,188.00      | \$ 210,487.20 | \$ 346,221.12                                 |                   | \$ 346,221.12 | -\$ 135,733.92 | 0.61 |
| 4   | \$ 159,047.28                                 | \$ 73,584.00      | \$ 232,631.28 | \$ 347,301.36                                 |                   | \$ 347,301.36 | -\$ 114,670.08 | 0.67 |
| 5   | \$ 159,047.28                                 | \$ 91,980.00      | \$ 251,027.28 | \$ 354,493.44                                 |                   | \$ 354,493.44 | -\$ 103,466.16 | 0.71 |
| 6   | \$ 159,047.28                                 | \$ 110,376.00     | \$ 269,423.28 | \$ 398,706.00                                 |                   | \$ 398,706.00 | -\$ 129,282.72 | 0.68 |
| 7   | \$ 159,047.28                                 | \$ 128,772.00     | \$ 287,819.28 | \$ 398,706.00                                 |                   | \$ 398,706.00 | -\$ 110,886.72 | 0.72 |
| 8   | \$ 166,452.72                                 | \$ 147,168.00     | \$ 313,620.72 | \$ 430,805.76                                 |                   | \$ 430,805.76 | -\$ 117,185.04 | 0.73 |
| 9   | \$ 166,452.72                                 | \$ 165,564.00     | \$ 332,016.72 | \$ 476,622.72                                 |                   | \$ 476,622.72 | -\$ 144,606.00 | 0.70 |
| 10  | \$ 166,452.72                                 | \$ 183,960.00     | \$ 350,412.72 | \$ 493,133.76                                 |                   | \$ 493,133.76 | -\$ 142,721.04 | 0.71 |
| 11  | \$ 166,452.72                                 | \$ 202,356.00     | \$ 368,808.72 | \$ 493,133.76                                 |                   | \$ 493,133.76 | -\$ 124,325.04 | 0.75 |
| 12  | \$ 170,580.48                                 | \$ 220,752.00     | \$ 391,332.48 | \$ 541,803.36                                 |                   | \$ 541,803.36 | -\$ 150,470.88 | 0.72 |
| 13  | \$ 170,580.48                                 | \$ 239,148.00     | \$ 409,728.48 | \$ 541,803.36                                 |                   | \$ 541,803.36 | -\$ 132,074.88 | 0.76 |
| 14  | \$ 170,580.48                                 | \$ 257,544.00     | \$ 428,124.48 | \$ 541,803.36                                 |                   | \$ 541,803.36 | -\$ 113,678.88 | 0.79 |
| 15  | \$ 170,580.48                                 | \$ 275,940.00     | \$ 446,520.48 | \$ 599,116.56                                 |                   | \$ 599,116.56 | -\$ 152,596.08 | 0.75 |
| 16  | \$ 178,741.92                                 | \$ 294,336.00     | \$ 473,077.92 | \$ 634,331.04                                 |                   | \$ 634,331.04 | -\$ 161,253.12 | 0.75 |
| 17  | \$ 178,741.92                                 | \$ 312,732.00     | \$ 491,473.92 | \$ 634,331.04                                 |                   | \$ 634,331.04 | -\$ 142,857.12 | 0.77 |
| 18  | \$ 178,741.92                                 | \$ 331,128.00     | \$ 509,869.92 | \$ 685,320.72                                 |                   | \$ 685,320.72 | -\$ 175,450.80 | 0.74 |
| 19  | \$ 178,741.92                                 | \$ 349,524.00     | \$ 528,265.92 | \$ 685,320.72                                 |                   | \$ 685,320.72 | -\$ 157,054.80 | 0.77 |
| 20  | \$ 178,741.92                                 | \$ 367,920.00     | \$ 546,661.92 | \$ 685,320.72                                 |                   | \$ 685,320.72 | -\$ 138,658.80 | 0.80 |

Fuente: Autor

Los resultados de la evaluación económica en el sistema de Alumbrado Público con sodio a alta presión, muestra que la inversión inicial y el mantenimiento de los componentes a sustituir en los 20 años por cada luminaria del sistema de Alumbrado Público, se obtuvo como resultado un valor de \$. 178.741,92 para los costos de energía consumida se obtuvo un valor de \$. 367.920,00 por lo que tenemos un valor total de inversión en los 20 años de \$. 546.661,92.

Los resultados de la evaluación económica en el sistema de Alumbrado Público con tecnología LED con sistemas fotovoltaicos, muestra que la inversión inicial y el mantenimiento de los componentes a sustituir en los 20 años por cada luminaria del sistema de Alumbrado Público, se obtuvo un valor de \$. 685.320,72 para los costos de energía consumida nos da un valor de \$. 0, ya que no necesitamos de conexión a la red de distribución, por razones del sistema fotovoltaico. Por lo que tenemos un valor total de inversión en los 20 años de \$. 685.320,72.

En lo proyectado al TIR, no alcanza a la unidad dentro del tiempo establecido, llegando a 0,80 dentro de los 20 años.

Para determinar el valor actual neto (VAN) del proyecto, se realizó un análisis comparativo entre los dos sistemas de Alumbrado Público, determinando la diferencia monetaria entre ambos sistemas.

Tabla 18. Comparación de la inversión entre los sistemas de Alumbrado Público proyectados.

| Tabla comparativa entre los sistemas de Alumbrado Público |                    |               |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|---------------|
| Costos 20años                                             | Sodio alta presion | LED con F.V   |
| Costo de inversión y mantenimiento                        | \$ 178.741,92      | \$ 685.320,72 |
| Costo de energia consumida                                | \$ 367.920,00      |               |
| Total                                                     | \$ 546.661,92      | \$ 685.320,72 |

Fuente: Autor

El proyecto con las condiciones que se establecieron dentro del análisis determina, un ahorro del 39.2% en la potencia instalada, esto sumado a la relación de los precios de inversión, mantenimiento y costo de energía consumida dentro de los 20 años, nos da como resultado final un VAN negativo de \$. 138.658,80 donde financieramente muestra que el proyecto no es rentable para los 20 años de horizonte, esto debido a los costos de inversión y mantenimiento elevados dentro del tiempo estipulado.

## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Tras realizar los diseños lumínicos, y el análisis técnico-económico de los mismos, se concluye:

1. Las luminarias LED en el país siguen siendo costosas, con un margen de diferencia que oscila en un 100% con respecto al costo con las de tecnología en sodio alta presión, para la presente tesis la diferencia es de 60.8%.
2. Los sistemas fotovoltaicos, al ser una tecnología de costo elevado, según su potencia de operación el costo de los equipos se incrementa.
3. La potencia de una luminaria LED es reducida en cuanto a la de una luminaria de sodio a alta presión, conservando o mejorando los niveles de iluminación con respecto a las de sodio a alta presión.
4. El mantenimiento para las luminarias de sodio alta a presión es más económico con respecto a las luminarias LED.
5. El consumo de las luminarias de sodio a alta presión es mayor con respecto a las luminarias LED, para nuestro caso la diferencia de consumo es de 60.8%
6. El sistema más rentable, es el diseño con luminarias LED entre las propuestas, ya que sus costos de inversión tienen una diferencia en más del 30.39% con respecto a las luminarias de sodio alta presión, pero su menor consumo hace que en los 20 años de horizonte se ahorre \$. 181.036,80; convirtiéndose en el sistema más rentable entre los estudiados.
7. En los diseños lumínicos de Sodio alta presión frente al LED, el ahorro de potencia con LED es de un 39.2%. Al optar por este sistema de Alumbrado Público tenemos un retorno positivo al onceavo año con un valor de \$. 5.651,52
8. En los diseños lumínicos de Sodio a alta presión frente al LED los costos iniciales o de inversión son altos con una diferencia del 30.39%, la razón principal de inclinación para optar por este tipo de luminaria es su ahorro, ya que en los 20 años de horizonte obtenemos \$. 367.920,00 de consumo en sodio a alta presión frente a \$. 223.675,20 de consumo en LED, con un ahorro del 39.2% en los costos de su consumo energético.
9. En los diseños lumínicos de Sodio alta presión frente al LED con sistemas fotovoltaicos, el ahorro de potencia sigue siendo el mismo que en el diseño lumínico LED (39.2%), en esta comparación de sistemas de Alumbrado Público, se obtuvo un VAN negativo de \$. -138.658,80 en el vigésimo año, haciendo que el diseño lumínico con sistemas fotovoltaicos no sea rentable, ya que sus flujos de caja o de inversión no se recuperan en los 20 años de horizonte planteados.

10. En los diseños lumínicos Sodio a alta presión frente al LED con sistemas fotovoltaicos se obtuvo una TIR de 0.80 en el vigésimo año, haciendo que este tipo de sistema no sea rentable para su implementación, esto debido a sus altos costos de inversión y mantenimiento en el plazo dado.

#### **4.2 Recomendaciones**

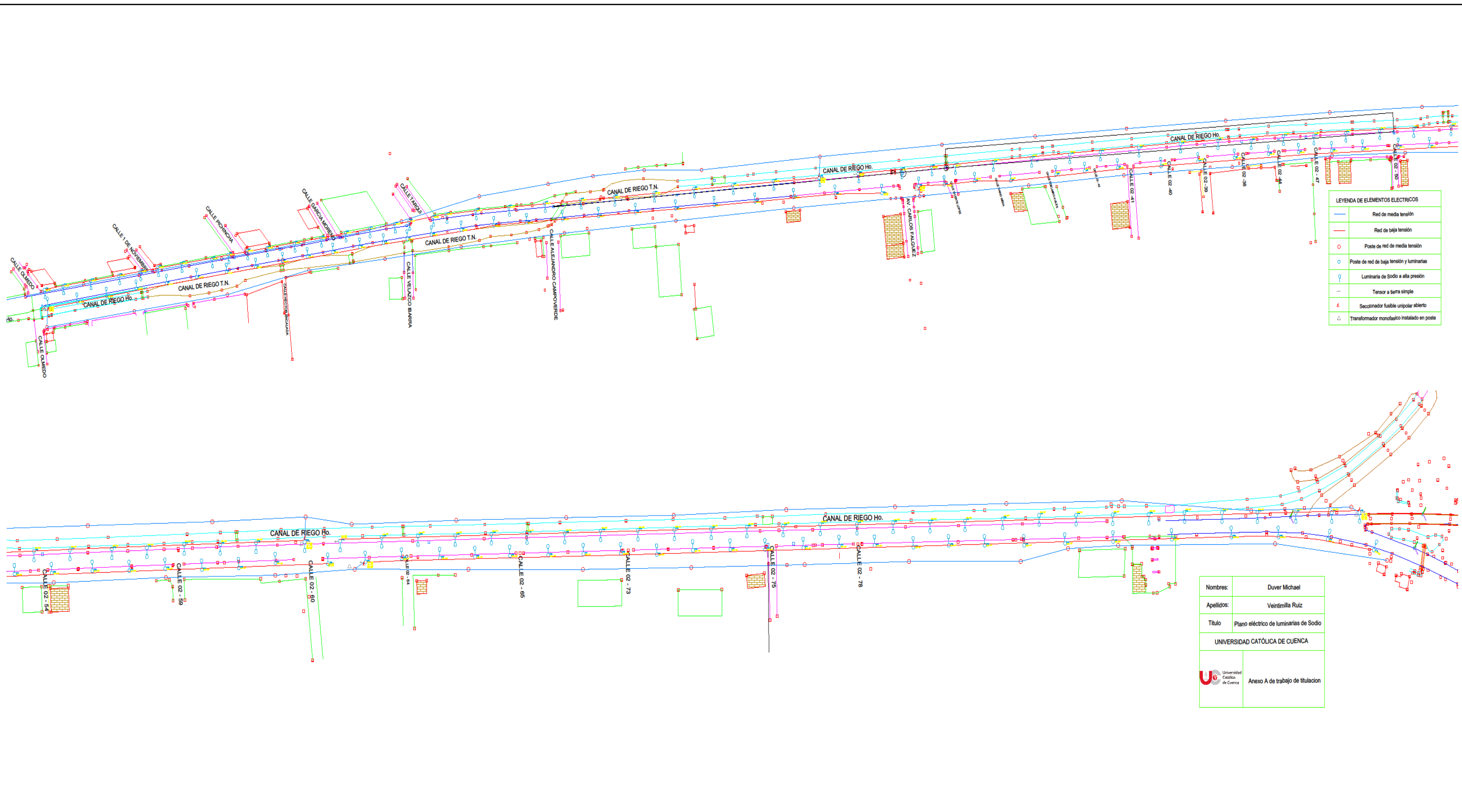
1. Realizar un análisis del mercado a nivel local, nacional o internacional tratando de reducir los costos de inversión y mantenimiento en los diferentes sistemas de iluminación con tecnología LED.
2. Realizar un análisis de eficiencia y rendimiento lumínico a la hora de adquirir una luminaria.
3. Al adquirir equipos de sistemas fotovoltaicos, optimizar y elegir el inmediato superior según su potencia, con fines de optimizar recursos.
4. Respetar los mantenimientos del cronograma planteado, para evitar futuros correctivos y de esta forma aumentar los costos de mantenimiento de los sistemas lumínicos.
5. Realizar un análisis costo beneficio antes de optar por un tipo de sistema de iluminación, para poder determinar la viabilidad financiera del ahorro en los costos de inversión, costos por mantenimiento y los costos por el consumo energético, demostrando la rentabilidad de cada proyecto y de esta manera decidir qué sistema de iluminación ejecutar.
6. Implementar sistemas de iluminación LED en el alumbrado público del país, ya que su rendimiento lumínico y eficiencia son competitivos con los sistemas de iluminación de sodio a alta presión y los costos de mantenimiento con un 15.03% de diferencia para los diseños lumínicos planteados. Aunque sus costos de inversión sean algo elevados con un 30.39% con respecto a los sistemas de iluminación de sodio alta presión, se opta por este sistema de iluminación porque se obtiene un ahorro del 39.2% en los costos de su consumo energético, dando un VAN positivo de \$. 5.651,52 en el onceavo año, lo cual lo hace rentable y factible para la ejecución del sistema lumínico en la vía a Cerritos del cantón Pasaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bustamante, R. I. (2019). Diseño, instalacion, operatividad y mantenimiento de luminarias LED para alumbrado publico. Guayaquil: ESPOL.
2. Cia.Ltda., A. J. (Octubre de 2020). Catalogo de precios para materiales de redes de distribucion y alumbrado publico. Cuenca, Azuay, Ecuador: www.ajm.ec.
3. DAPROSE. (2015). Vida util de regulador de carga. Regulador de carga, energia solar. Madrid.
4. ECUADOR, S. d. (2020). Catagolo Prostar. 2020. Machala.
5. Fotovoltaica, A. (2006). Solarweb. Madrid.
6. Iluminacion, C. I. (2010). CIE 115. CIE.
7. Ltda., G. M. (Octubre de 2020). Catalogo de precios de materiales de redes de distribucion y alumbrado publico. Cuenca, Azuay, Ecuador: www.electrocontrol.com.ec.
8. Muñoz, J. P. (2020). Analisis tecnico economico para determinar la vialidad de remplazar todas las luminarias de sodio utilizadas en el sistema de alumbrado publico general en el area urbana de la ciudad de Cuenca por luminarias de tecnologia LED. Cuenca, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.
9. NREL. (2020). Atlas de las energias renovables y no renovables. USA.
10. Poggi-Varaldo, H. M. (2009). Tecnologias solar-eolica-hidrogeno-pilas de combustible como fuente de energia. Mexico: Ecatepec.
11. Quiñonez, N. D. (2018). Estudio de factibilidad para la implementacion de un sistema de alumbrado publico en Av. Olmedo de la ciudad de Esmeraldas. Guayaquil: UPS.
12. S.A, P. (2020). Catagolo de energias renovables. 2020. Quito.
13. Slim, F. C. (2020). Curso de Instalacion de panles solares. Certificacion para tecnico instalador de sistemas fotovoltaicos. Ciudad de Mexico.

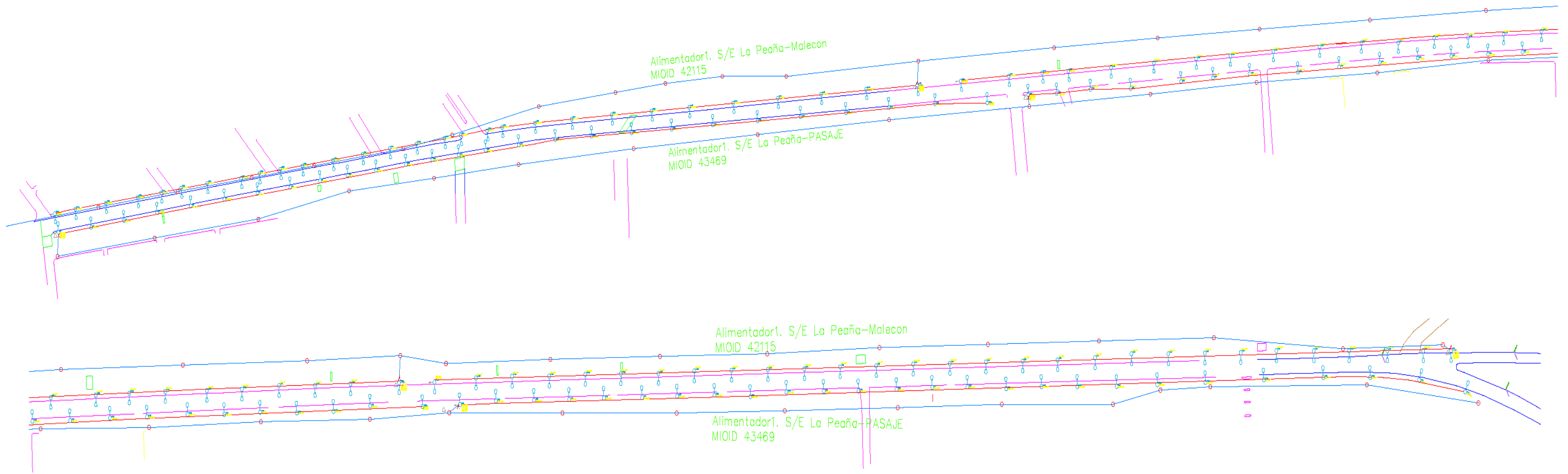
# ANEXOS

## Anexo A. Plano eléctrico con sistemas de iluminación de sodio en la vía a Cerritos.



|                                                                                                                        |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Nombres:                                                                                                               | Duver Michael                          |
| Apellidos:                                                                                                             | Veinimilla Ruiz                        |
| Título:                                                                                                                | Plano eléctrico de luminarias de Sodio |
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA                                                                                         |                                        |
|  Anexo A de trabajo de titulación |                                        |

Anexo B. Media tensión utilizada en sistemas de iluminación de sodio



| LEYENDA DE ELEMENTOS ELECTRICOS |                                             |
|---------------------------------|---------------------------------------------|
|                                 | Red de media tensión                        |
|                                 | Red de baja tensión                         |
|                                 | Poste de red de media tensión               |
|                                 | Poste de red de baja tensión y luminarias   |
|                                 | Luminaria LED                               |
|                                 | Tensor a tierra simple                      |
|                                 | Seccionador fusible unipolar abierto        |
|                                 | Transformador monofasico instalado en poste |

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Nombres:                       | Duver Michael                    |
| Apellidos:                     | Veintimilla Ruiz                 |
| Titulo                         | Red de media tensión utilizada   |
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA |                                  |
|                                | Anexo B de trabajo de titulación |

## Anexo C. Reportes de la simulación en Dialux del sistema de iluminación de sodio

### LUMINARIA LYNCIS SNP 250W

Categoría: Alumbrado Público

Código: L4203

Tipo: ALUMBRADO PÚBLICO

Potencia: 250W

Nivel de potencia: SIMPLE NIVEL

Clase eléctrica: CLASF 1-IEC 60598

Factor de potencia: >0.92

Voltaje: 120-240V/220- 127V

Hermeticidad conjunto eléctrico: IP 66

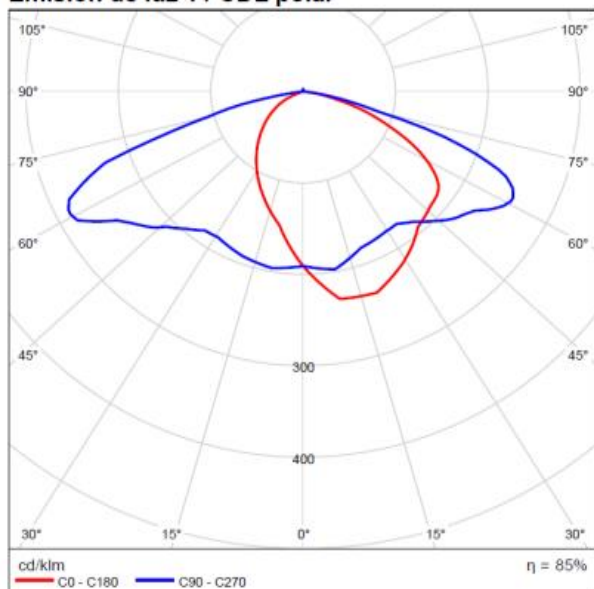
Hermeticidad conjunto óptico: IP 65

Resistencia mecánica: IK 08

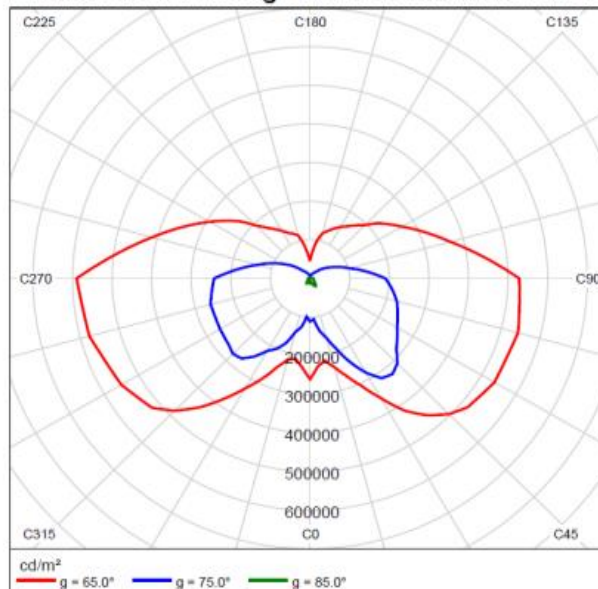
Componentes: INCLUYE: BASE DE FOTOCELULA



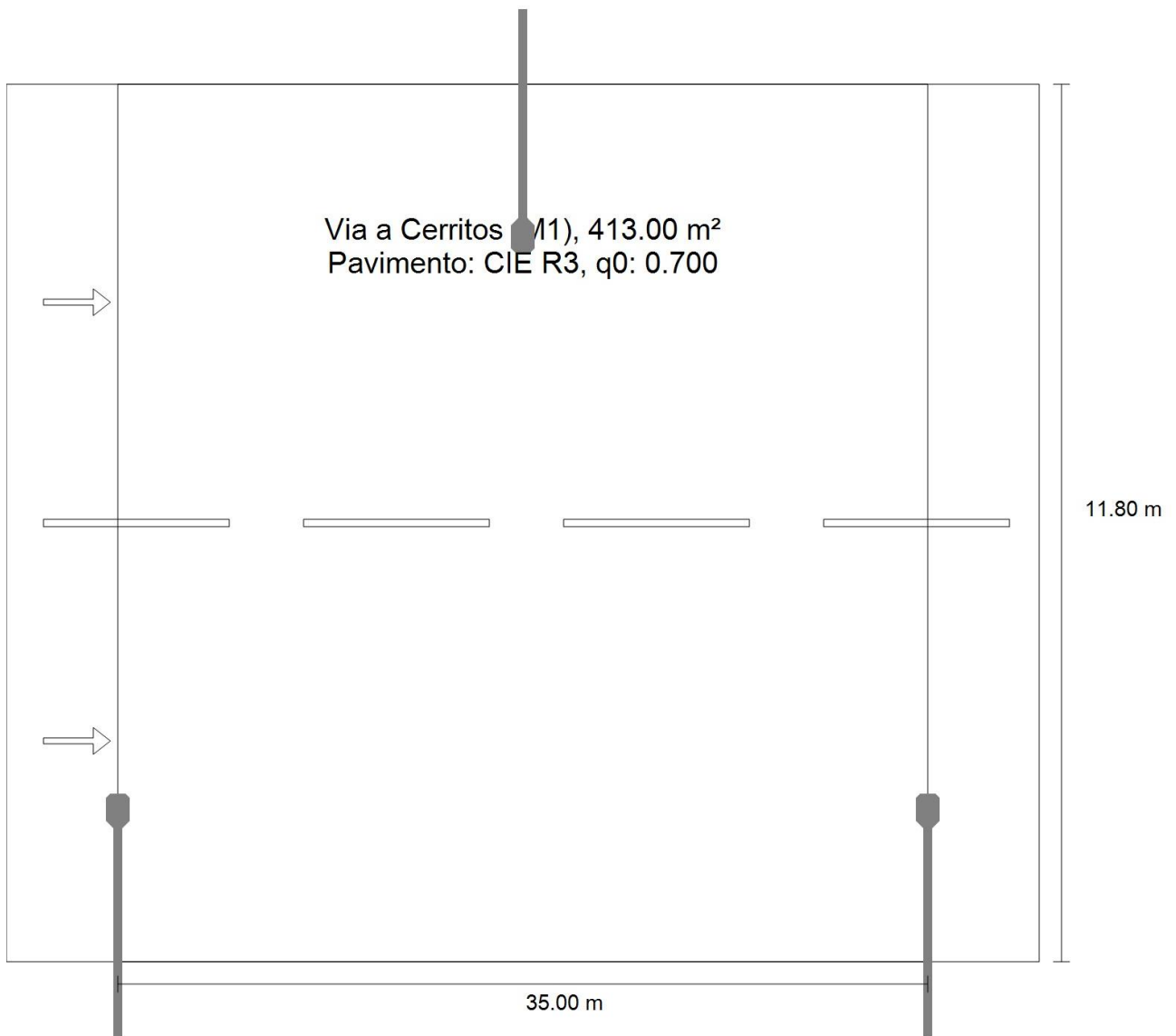
**Emisión de luz 1 / CDL polar**



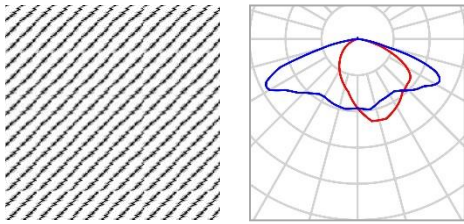
**Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad luminica**



# Resumen (hacia EN13201:2015)



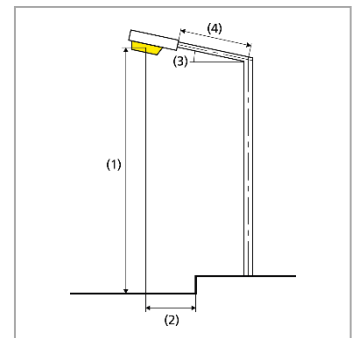
## Resumen (hacia EN13201:2015)



|                                                                                      |                           |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Fabricante                                                                           | P                         | 0.0 W                   |
| N° de artículo                                                                       | $\Phi_{\text{Lámpara}}$   | 30000 lm                |
| Nombre del artículo LUMINARIA LYNCIS<br>COMP SONT-250W /<br>MARRIOTT S.A.<br>ECUADOR | $\Phi_{\text{Luminaria}}$ | 25559 lm                |
| Lámpara                                                                              | $\eta$                    | 85.20 %                 |
|                                                                                      |                           | definido por el usuario |

### LUMINARIA LYNCIS COMP SONT-250W / MARRIOTT S.A. ECUADOR (bilateral en alternancia)

|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Distancia entre mástiles      | 35.000 m               |
| (1) Altura de punto de luz    | 12.000 m               |
| (2) Saliente del punto de luz | 2.000 m                |
| (3) Inclinación del brazo     | 10.0°                  |
| (4) Longitud del brazo        | 3.000 m                |
| Horas de trabajo anuales      | 4000 h: 100.0 %, 0.0 W |
| Consumo                       | 0.0 W/km               |
| ULR/ULOR                      | 0.00 / 0.00            |

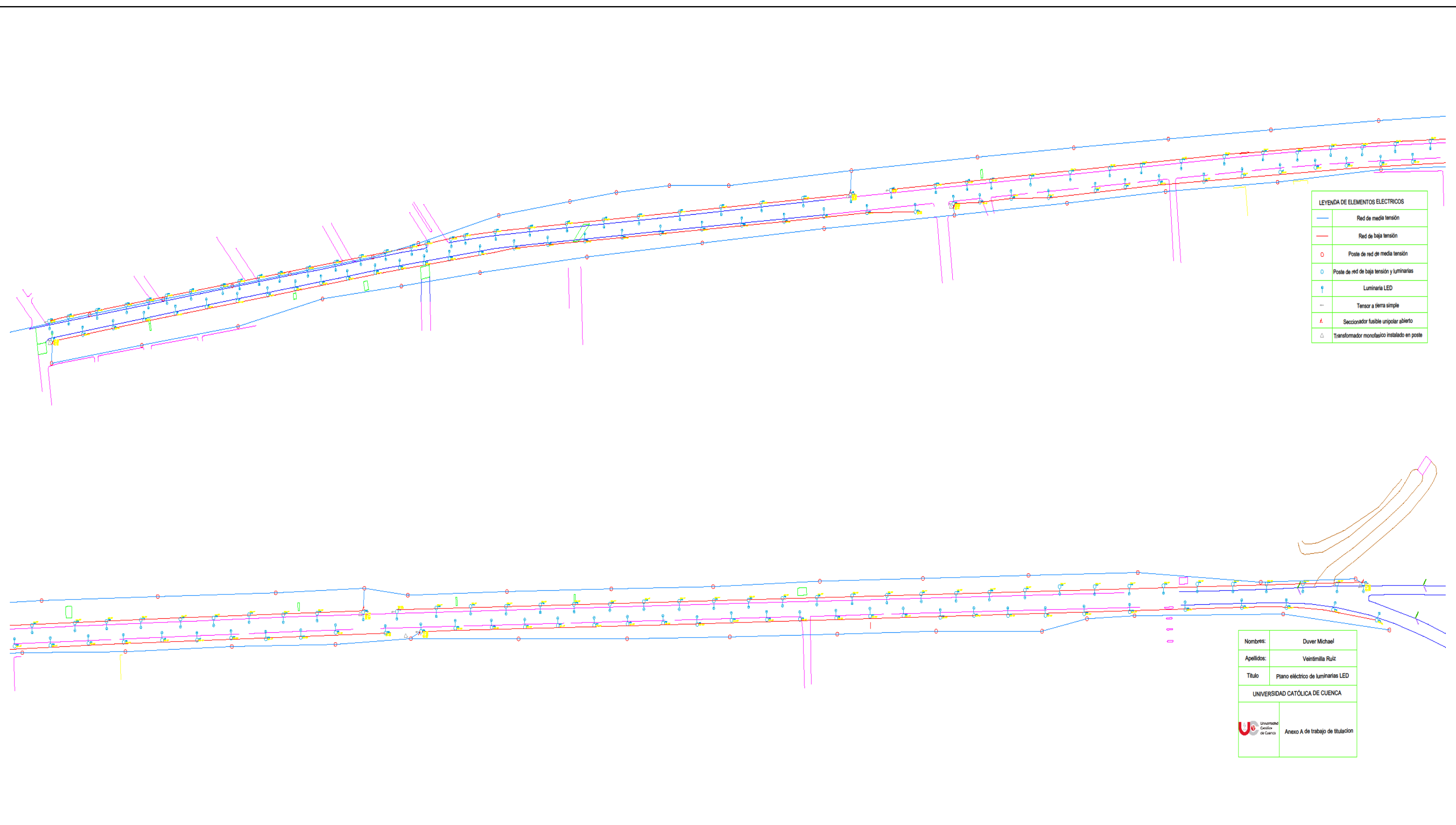


|                                                                                                                      |                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Intensidad lumínica máx.<br>Respectivamente en todas las direcciones que<br>forman los ángulos especificados con las | $\geq 70^\circ$ : 374 cd/klm<br>$\geq 80^\circ$ : 295 cd/klm<br>$\geq 90^\circ$ : 49.5 cd/kl |
| Verticales inferiores (con luminarias instaladas<br>Aptas para el funcionamiento).                                   |                                                                                              |

**. Anexo D. Listado de materiales y análisis presupuestal en el sistema de sodio.**

| Descripción de material en Sistema de Gestión de Proyectos | Precio Unitario sin IVA APROBADO 2019 \$ | CANT        | P. TOTAL           |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|--------------------|
| Poste circular de HA de 12m x 500 Kg.                      | \$219.84                                 | 168         | \$36,933.12        |
| Cruceta metálica galvz de 1,2m en L                        | \$40.47                                  | 6           | \$242.82           |
| Abrazad U de varl, di. 16x150mm.                           | \$2.31                                   | 6           | \$13.86            |
| Pie amg. ángl Fe de 38x38x5x700mm.                         | \$8.06                                   | 6           | \$48.36            |
| Abrazad simple di. 160-190 mm                              | \$6.16                                   | 6           | \$36.96            |
| Seccionad fusib. tipo ab, 15 KV,                           | \$60.48                                  | 6           | \$362.88           |
| Trafo 1F. conv. 10 KVA; 13.2 KV                            | \$774.00                                 | 6           | \$4,644.00         |
| Abrazad simple di. 160-190 mm                              | \$5.83                                   | 12          | \$69.96            |
| Conector p. hendido para Cu/Al. 8-2                        | \$3.77                                   | 18          | \$67.86            |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 54          | \$16.20            |
| Varilla copperw con conect. 16x2400mm.                     | \$5.37                                   | 6           | \$32.22            |
| Grillete de hierro galv. 9.51mm.                           | \$3.77                                   | 12          | \$45.24            |
| Tuerca de ojo galvz di. 16mm.                              | \$1.40                                   | 12          | \$16.80            |
| Retención pref. para alum. 2                               | \$6.33                                   | 174         | \$1,101.42         |
| Aislador rollo ANSI 53-2                                   | \$2.74                                   | 348         | \$953.52           |
| Bastidor galv. 2 vias.                                     | \$6.16                                   | 174         | \$1,071.84         |
| Retención pref. para alum. 2                               | \$6.88                                   | 660         | \$4,540.80         |
| Abrazad simple di. 160-190 mm                              | \$6.99                                   | 168         | \$1,174.32         |
| Conductor Al tipo TW 10                                    | \$0.16                                   | 1176        | \$188.16           |
| Conector p. hendido para Cu/Al. 10-4                       | \$1.75                                   | 336         | \$588.00           |
| Cable de acero galv. 9.51mm.                               | \$0.80                                   | 150         | \$120.00           |
| Retención p' acero di. 9.51mm.                             | \$2.84                                   | 36          | \$102.24           |
| Guardac galv. cable acero di. 10mm.                        | \$0.33                                   | 12          | \$3.96             |
| Varilla de anclaje 16x2000mm.                              | \$9.14                                   | 12          | \$109.68           |
| Bloque de anclaje                                          | \$4.52                                   | 12          | \$54.24            |
| Aislador de retenida ANSI 54-3                             | \$2.69                                   | 6           | \$16.14            |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 57          | \$17.10            |
| Caja tool, NH 1 poste.                                     | \$6.99                                   | 6           | \$41.94            |
| Tiraf. tipo H, con cabz rosc de 2 A.                       | \$0.69                                   | 6           | \$4.14             |
| Fusible NH DIN 0, 63 A. 600 V.                             | \$2.52                                   | 12          | \$30.24            |
| Lumin. Na cerr. 250W; brazo foco, C/F                      | \$202.10                                 | 168         | \$33,952.80        |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 18          | \$5.40             |
| Abrazad doble di. 160-190 mm                               | \$6.84                                   | 6           | \$41.04            |
| Suelda exotérmica 90                                       | \$6.33                                   | 6           | \$37.98            |
| Conductor desnudo cobre duro 2AWG, 7 hilos                 | \$2.74                                   | 78          | \$213.72           |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 11690       | \$3,507.00         |
| Aislador de suspension ANSI 52-1                           | \$6.88                                   | 24          | \$165.12           |
|                                                            |                                          | <b>SUMA</b> | <b>\$90,571.08</b> |

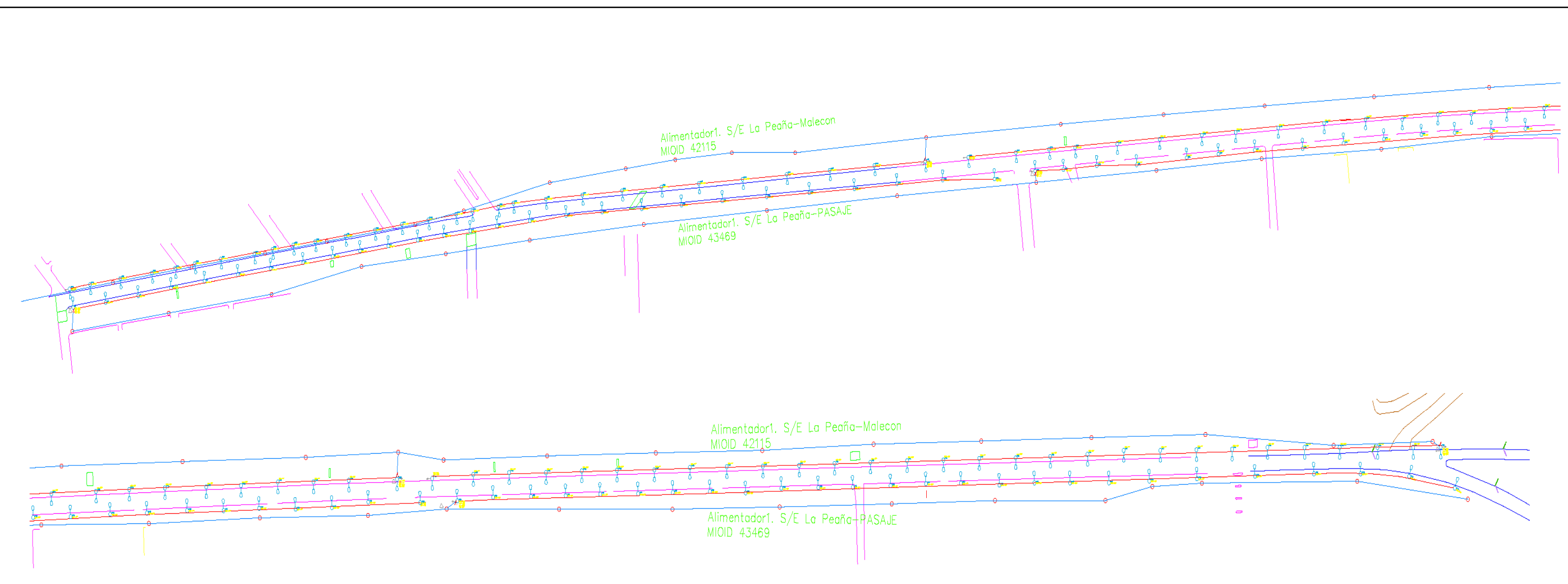
Anexo E. Plano eléctrico con sistemas de iluminación LED en la vía a Cerritos.



| LEYENDA DE ELEMENTOS ELECTRICOS |                                             |
|---------------------------------|---------------------------------------------|
|                                 | Red de media tensión                        |
|                                 | Red de baja tensión                         |
|                                 | Poste de red de media tensión               |
|                                 | Poste de red de baja tensión y luminarias   |
|                                 | Luminaria LED                               |
|                                 | Tensor a tierra simple                      |
|                                 | Seccionador fusible unipolar abierto        |
|                                 | Transformador monofasico instalado en poste |

|                                |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Nombres:                       | Duver Michael                     |
| Apellidos:                     | Ventimilla Ruiz                   |
| Título:                        | Plano eléctrico de luminarias LED |
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA |                                   |
|                                | Anexo A de trabajo de titulación  |

Anexo F. Media tensión utilizada en el sistema de iluminación LED.



| LEYENDA DE ELEMENTOS ELECTRICOS |                                             |
|---------------------------------|---------------------------------------------|
|                                 | Red de media tensión                        |
|                                 | Red de baja tensión                         |
|                                 | Poste de red de media tensión               |
|                                 | Poste de red de baja tensión y luminarias   |
|                                 | Luminaria LED                               |
|                                 | Tensor a tierra simple                      |
|                                 | Seccionador fusible unipolar abierto        |
|                                 | Transformador monofasico instalado en poste |

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Nombres:                       | Duver Michael                    |
| Apellidos:                     | Veintimilla Ruiz                 |
| Titulo                         | Red de media tensión utilizada   |
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA |                                  |
|                                | Anexo B de trabajo de titulación |

## Anexo G. Reportes de la simulación en Dialux del sistema de iluminación LED.

CitySoul



Familia de luminarias para el alumbrado residencial de función de aluminio para lámparas de descarga y módulos LED, fácil mantenimiento.  
Versiones LED: EconomyLine para un flujo luminoso máximo.  
GreenLine para una eficacia (lm/W) máxima.

**Materiales:** Carcasa, marco y acceso lateral. Fundición de aluminio  
Disipador de calor (versiones LED): aluminio inyectado a alta presión, resistente a la corrosión.

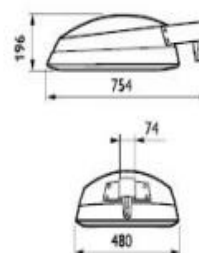
**Color:** Carcasa: Gris ultra oscuro Philips I 07 I 4(similar al RAL 7043 texturizado)

**Marco:** Gris Plateado (similar al RAL 9006 Texturizado)

**Cierre:** vidrio plano (FG) o policarbonato (PC)

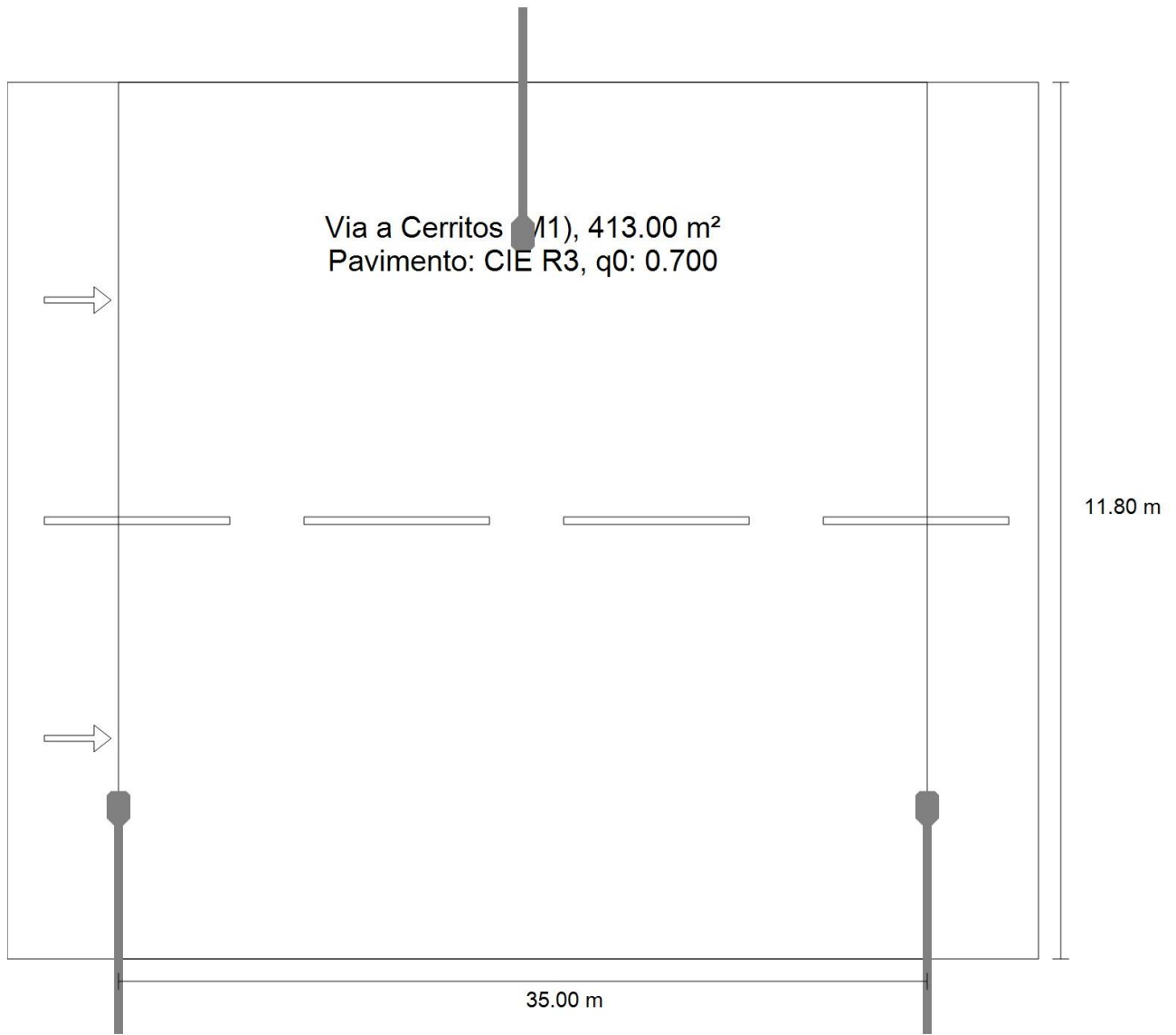
**Fuente de Luz:** SON-T 50/ 70/ 100/ 150/ 250W; CDO \_TT 70/ 100/ 150/ 250W; CDM-T 70/ 150/ 250W; CDM-TMW 210 W; CPO-T 45/ 60/ 90/ 140W; PL-T 32/42W; PL-H 60/85W; QL 55/ 85W; módulos LEDgine reemplazables

**Equipos:** Versión descarga:  
Equipos convencionales o electrónicos con Lumistep (LS), Regulación programable (hasta 5 pasos, DDF), doble nivel con línea de mando (DI2), regulación en cabecera (DI3), DALI (D9) y telegestión por power line (D8) o radio Frecuencia (RF)  
VERSION LED:



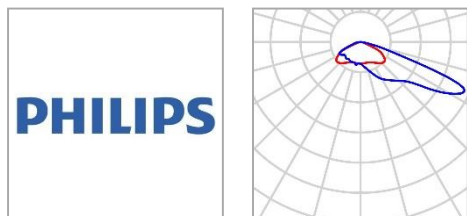
|                             |                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Temperatura de color</b> | <b>LED: Blanco cálido, 3000K, Blanco neutro, 4000K, Blanco frío 5700K</b>                                                                                                                                                  |
| <b>Flujo del sistema</b>    | Hasta 23111 lm                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Consumo del sistema</b>  | Hasta 246 W                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Vida útil</b>            | Versión LED L80F10: 100,000 horas versión GreenLine, 70,000 versión EconomyLine                                                                                                                                            |
| <b>Ópticas</b>              | Óptica Cosmopolis (OC), Óptica CT-POT facetada(OR)<br>Versiones LED: LEDgine multicapa: estrecha (DN) , media (DM), ancha (DW), confort (DC), suelo húmedo (DK), asimétrica (A), simétrica (S), y residencial ancha (DRW). |

# Resumen (hacia EN13201:2015)



Vía a Cerritos ·

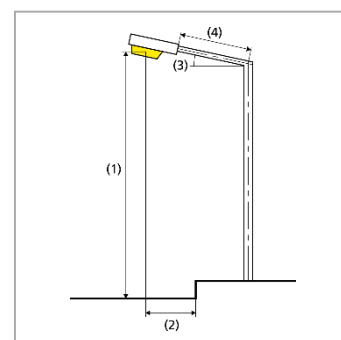
## Resumen (hacia EN 13201:2015)



|                     |                                        |                           |          |
|---------------------|----------------------------------------|---------------------------|----------|
| Fabricante          | PHILIPS                                | P                         | 152.0 W  |
| Nº de artículo      |                                        | $\Phi_{\text{Lámpara}}$   | 20000 lm |
| Nombre del artículo | BVP531 T25 1<br>xLED200-4S/840<br>DX50 | $\Phi_{\text{Luminaria}}$ | 15873 lm |
|                     |                                        | $\eta$                    | 79.36 %  |
| Lámpara             | 1x LED200-4S/840                       |                           |          |

### BVP531 T25 1 XLED200-4S/840 DX50 (BILATERAL EN ALTERNANCIA)

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Distancia entre mástiles      | 35.000 m                 |
| (1) Altura de punto de luz    | 10.000 m                 |
| (2) Saliente del punto de luz | 2.000 m                  |
| (3) Inclinación del brazo     | 0.0°                     |
| (4) Longitud del brazo        | 3.000 m                  |
| Horas de trabajo anuales      | 4000 h: 100.0 %, 152.0 W |
| Consumo                       | 8816.0 W/km              |
| ULR / ULOR                    | 0.00 / 0.00              |



|                                                                                    |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verticales inferiores (con luminarias instaladas<br>Aptas para el funcionamiento). | $\geq 70^\circ$ : 641 cd/klm<br>$\geq 80^\circ$ : 60.4 cd/klm<br>$\geq 90^\circ$ : 0.00 cd/kl |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|

## Anexo H. Listado de materiales y análisis presupuestal en el sistema LED.

| Descripción de material en Sistema de Gestión de Proyectos | Precio Unitario sin IVA APROBADO 2019 \$ | CANT        | P. TOTAL            |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|---------------------|
| Poste circular de HA de 12m x 500 Kg.                      | \$219.84                                 | 168         | \$36,933.12         |
| Cruceta metálica galvaz de 1,2m en L                       | \$40.47                                  | 6           | \$242.82            |
| Abrazad U de varl, di. 16x150mm.                           | \$2.31                                   | 6           | \$13.86             |
| Pie amg. ángl Fe de 38x38x5x700mm.                         | \$8.06                                   | 6           | \$48.36             |
| Abrazad simple di. 160-190 mm                              | \$6.16                                   | 6           | \$36.96             |
| Seccionad fusib. tipo ab, 15 KV,                           | \$60.48                                  | 6           | \$362.88            |
| Trafo 1F. conv. 10 KVA; 13.2 KV                            | \$774.00                                 | 6           | \$4,644.00          |
| Abrazad simple di. 160-190 mm                              | \$5.83                                   | 12          | \$69.96             |
| Conector p. hendido para Cu/Al. 8-2                        | \$3.77                                   | 18          | \$67.86             |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 54          | \$16.20             |
| Varilla copperw con conect. 16x2400mm.                     | \$5.37                                   | 6           | \$32.22             |
| Grillete de hierro galv. 9.51mm.                           | \$3.77                                   | 12          | \$45.24             |
| Tuerca de ojo galvz di. 16mm.                              | \$1.40                                   | 12          | \$16.80             |
| Retención pref. para alum. 2                               | \$6.33                                   | 174         | \$1,101.42          |
| Aislador rollo ANSI 53-2                                   | \$2.74                                   | 348         | \$953.52            |
| Bastidor galv. 2 vias.                                     | \$6.16                                   | 174         | \$1,071.84          |
| Retención pref. para alum. 2                               | \$6.88                                   | 660         | \$4,540.80          |
| Abrazad simple di. 160-190 mm                              | \$6.99                                   | 168         | \$1,174.32          |
| Conductor Al tipo TW 10                                    | \$0.16                                   | 1176        | \$188.16            |
| Conector p. hendido para Cu/Al. 10-4                       | \$1.75                                   | 336         | \$588.00            |
| Cable de acero galv. 9.51mm.                               | \$0.80                                   | 150         | \$120.00            |
| Retención p' acero di. 9.51mm.                             | \$2.84                                   | 36          | \$102.24            |
| Guardac galv. cable acero di. 10mm.                        | \$0.33                                   | 12          | \$3.96              |
| Varilla de anclaje 16x2000mm.                              | \$9.14                                   | 12          | \$109.68            |
| Bloque de anclaje                                          | \$4.52                                   | 12          | \$54.24             |
| Aislador de retenida ANSI 54-3                             | \$2.69                                   | 6           | \$16.14             |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 57          | \$17.10             |
| Caja tool, NH 1 poste.                                     | \$6.99                                   | 6           | \$41.94             |
| Tiraf. tipo H, con cabz rosc de 2 A.                       | \$0.69                                   | 6           | \$4.14              |
| Fusible NH DIN 0, 63 A. 600 V.                             | \$2.52                                   | 12          | \$30.24             |
| Lumin. LED. 152W; brazo foco, C/F                          | \$492.67                                 | 168         | \$82,768.56         |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 18          | \$5.40              |
| Abrazad doble di. 160-190 mm                               | \$6.84                                   | 6           | \$41.04             |
| Suelda exotérmica 90                                       | \$6.33                                   | 6           | \$37.98             |
| Conductor desnudo cobre duro 2AWG, 7 hilos                 | \$2.74                                   | 78          | \$213.72            |
| Conduc de Al desn. ACSR 2.                                 | \$0.30                                   | 11690       | \$3,507.00          |
| Aislador de suspension ANSI 52-1                           | \$6.88                                   | 24          | \$165.12            |
|                                                            |                                          | <b>SUMA</b> | <b>\$139,386.84</b> |

## Anexo I. Listado de materiales y análisis presupuestal en el sistema fotovoltaico.


| DISEÑO LUMINICO CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN VIA A CERRITOS DEL CANTON PASAJE |            |            |        |                     |                |                                                              |                                                   |                           |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|--------|---------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|------------------|
| Código SGP                                                                     |            |            |        | MAT<br>COD<br>CORTO | MAT.<br>UNIDAD | Descripción de material en Sistema de Gestión de Proyectos   | Precio Unitario sin<br>IVA<br>APROBADO 2019<br>\$ | CANT <input type="text"/> | P. TOTAL         |
| CATG<br>RP                                                                     | CATC<br>LS | CATTI<br>P | CATESP |                     |                |                                                              |                                                   |                           |                  |
| 01                                                                             | 06         | 01         | 180    | C070                | MT             | CONDUCTOR AISL SOLIDO POT 600V TW CU 14 AWG                  | 0.16                                              | 840                       | 138.159          |
| 02                                                                             | 05         | 90         | 2      | B021                | PZ             | GABINETE CONERMEX PARA COMPONENTES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS | 38.97                                             | 168                       | 6546.96          |
| 02                                                                             | 15         | 99         | 020    | C035                | MT             | REGULADOR DE CARGA MORNINGSTAR 20A 12-24V                    | 168.06                                            | 168                       | 28234.08         |
| 02                                                                             | 20         | 01         | 110    | A011                | PZ             | BATERIA PLOMO ACIDO DSK 25AH                                 | 122.53                                            | 336                       | 41170.08         |
| 02                                                                             | 41         | 03         | 020    | C100                | PZ             | PANEL SOLAR ECO GREEN ENERGY 255-275W                        | 179.20                                            | 168                       | 30105.6          |
| 02                                                                             | 44         | 05         | 150    | P082                | PZ             | POSTES DE HORMIGON ARMADO CIRCULAR DE 12 MTS.                | 219.84                                            | 168                       | 36932.7          |
| 02                                                                             | 70         | 06         | 20     | L052                | PZ             | LUMIN CERRADA LED, LAMP 152W,220VAC                          | 492.67                                            | 168                       | 82768.56         |
| 02                                                                             | 20         | 01         | 110    | A011                | PZ             | INVERSOR DE TENSION 200W 220V                                | 47.11                                             | 168                       | 7914.48          |
|                                                                                |            |            |        |                     |                |                                                              |                                                   | <b>SUMA</b>               | <b>233810.62</b> |

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Duver Michael Veintimilla Ruiz** portador de la cédula de ciudadanía N° 0704873421. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Alumbrado público de la vía a Cerritos del cantón Pasaje a base de paneles solares.**

**Análisis de alumbrado público de la vía a Cerritos del cantón Pasaje, con alternativas de uso de luminarias de sodio alta presión y luminarias LED con paneles solares fotovoltaicos.”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de enero de 2021



F: .....

Duver Michael Veintimilla Ruiz  
0704873421