

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**MEJORAMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN
DEL PROYECTO ALUMBRADO PÚBLICO DE LA VÍA QUE UNE
LOS DISTRITOS DE LAREDO Y EL PORVENIR**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

PERCY ELBERT SÍMPALO LÓPEZ

ASESOR

LUIS ALBERTO GONZALES BAZÁN

<https://orcid.org/0000-0003-3941-9581>

Chiclayo, 2019

**MEJORAMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE
ILUMINACIÓN DEL PROYECTO ALUMBRADO
PÚBLICO DE LA VÍA QUE UNE LOS DISTRITOS DE
LAREDO Y EL PORVENIR**

PRESENTADA POR:

PERCY ELBERT SÍMPALO LÓPEZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR:

Jony Villalobos Cabrera
PRESIDENTE

Hugo Walter Mundaca Guerra
SECRETARIO

Luis Alberto Gonzales Bazán
ASESOR

RESUMEN

En el Año 2009, la vía que une los distritos de Laredo y El Porvenir no contaba con alumbrado público; es así que la Municipalidad Distrital de Laredo y en coordinación con la Empresa Hidrandina poner en marcha el Proyecto denominado: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”; en la etapa de ejecución, se realiza cálculos de los parámetros de iluminación con los componentes físicos de diseño planteados en el diseño del estudio definitivo, los mismos que no eran óptimos y si bien cumplían con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, sus valores se encontraban cerca al rango mínimo, no garantizando su cumplimiento en la toda etapa de funcionamiento.

Esta investigación tiene como propósito mejorar los parámetros de iluminación y garantizar la calidad de alumbrado público a la vía, acorde con lo establecido en la Norma, con la puesta en operación del Proyecto en mención.

La metodología para el estudio necesito emplear la estrategia experimental, a través de la manipulación variables independientes tales la longitud de los vanos, los equipos y accesorios de iluminación considerados en el diseño del Proyecto; con la finalidad de poder contrastar los efectos sobre las variables dependientes como son los parámetros de iluminación. Para ello se usó como herramienta de cálculo el software Calculux.

El análisis se hizo mediante ensayos, modificando las dimensiones del diseño constructivo del pastoral, tales como el alcance horizontal y el ángulo de inclinación y calculando los parámetros de iluminación para cada caso.

Con los ensayos realizados se pudo verificar la variación de los parámetros de iluminación respecto a las modificaciones del dimensionamiento del pastoral. Así mismo mediante una evaluación adecuada se pudo optimizar las dimensiones del diseño constructivo del pastoral planteado inicialmente en el Proyecto, permitiendo establecer un nuevo diseño con la dimensión más óptima, la misma que fue considerada para ejecución de la obra.

Concluida la ejecución de la obra se realizaron pruebas de campo, tales como luminancia media, iluminancia media y uniformidad media de Iluminancia, cuyos valores eran próximos a los calculados teóricamente con el nuevo diseño, los mismos que se encontraban dentro de los rangos permitidos establecidos en la Norma.

PALABRA CLAVE

Alumbrado de Vías Públicas, Parámetros de Iluminación, Luminancia, Iluminancia, Coeficientes de Uniformidad, Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas.

ABSTRACT

In 2009, the road between the districts of Laredo and El Porvenir did not have street lighting; Thus, the District Municipality of Laredo and in coordination with the Hidrandina Company set up the Project called: "Public Lighting Via link Districts of Laredo and El Porvenir"; In the execution stage, calculations of the lighting parameters are performed with the physical design components raised in the definitive study design, which were not optimal and although they complied with the DGE Technical Standard "Lighting of Public Roads in Zones of Concession of Distribution", its values were close to the minimum range, not guaranteeing its fulfillment in the whole stage of operation.

This research aims to improve the lighting parameters and ensure the quality of street lighting, in accordance with the provisions of the Standard, with the commissioning of the Project in question.

The methodology for the study I need to use the experimental strategy, through the manipulation of independent variables such as the length of the openings, the lighting equipment and accessories considered in the design of the Project; with the purpose of being able to contrast the effects on the dependent variables such as the lighting parameters. For this, the Calculux software was used as a calculation tool.

The analysis was done through tests, modifying the dimensions of the constructive design of the luminaire support, such as the horizontal reach and the angle of inclination and calculating the lighting parameters for each case.

With the tests carried out it was possible to verify the variation of the lighting parameters with respect to the modifications of the luminaire support sizing. Likewise, by means of an adequate evaluation, the dimensions of the luminaire support constructive design initially proposed in the Project could be optimized, allowing the establishment of a new design with the most optimal dimension, the same that was considered for the execution of the work.

Once the work was completed, field tests were carried out, such as average luminance, average illuminance and average uniformity of Illuminance, whose values were close to those theoretically calculated with the new design, the same that were within the allowed ranges established in the Standard.

KEYWORDS

Public Roads Lighting, Lighting Parameters, Luminance, Illuminance, Uniformity Coefficients, Technical Standard for Lighting Public Roads.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	2
III.	LIMITACIONES.....	3
IV.	ALCANCES.....	4
V.	JUSTIFICACIÓN.....	6
	A. Formulación del Problema	6
	B. Hipótesis.....	6
	C. Variables de Diseño.....	6
	1) Variables Independientes.....	6
	2) Variables Dependientes	6
VI.	OBJETIVOS.....	7
	A. Objetivo General	7
	B. Objetivos Específicos	7
VII.	MARCO TEÓRICO	8
	A. Elementos Principales que conformar la vía a iluminar.....	8
	1) Calzada	8
	2) Acera.....	8
	3) Berma Central.....	8
	4) Vano.....	8
	B. Parámetros de iluminación	8
	1) Flujo luminoso (Φ)	8
	2) Intensidad luminosa (I).....	9
	3) Iluminancia (E)	10
	4) Luminancia (L)	10
	5) Factor de Mantenimiento (fm).....	11
	6) Factor de Utilización (η).....	12
	7) Iluminancia Media (Em).....	12
	8) Luminancia Media (Lm).....	13
	9) Coeficientes de Uniformidad.....	13
	10)Deslumbramiento	14

C. Disposición de las luminarias en la vía	15
D. Descripción de la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” aprobada con Resolución R.M. N° 013-2003-EM/DM	17
E. Software de Iluminación Calculux Viario.....	20
VIII. METODOLOGÍA.	21
A. Tipo de investigación	21
B. Análisis de las Variables:	21
1) Variables independientes planteadas en el diseño inicial.....	21
2) Variables Dependientes.	21
IX. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
A. Ubicación.....	23
B. Características de la vía Laredo – El Porvenir	24
C. Características de los componentes físicos del diseño constructivo del Proyecto:“Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”	24
1) Luminarias	24
2) Lámparas	25
3) Pastorales	26
4) Postes.	26
D. Datos de entrada para el cálculo de los Parámetros de Iluminación usando los datos de diseño del Proyecto “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”.....	27
E. Datos de entrada para el cálculo de los Parámetros de Iluminación modificando las dimensiones del pastoral.....	28
1) Primer Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral (PS/1,50 m/2,30 m/1,50" Ø/15°).	28
2) Segundo Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral y el ángulo de inclinación (PS/1,50 m/2,30 m/1,50" Ø/10°).....	29
3) Tercer Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral, el ángulo de inclinación (PS/1,50 m/2,30 m/1,50" Ø/5°).....	30
4) Cuarto Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral, el ángulo de inclinación (PS/ 1,50m /2,30m /1,50" Ø/0°).....	31

X.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	33
A.	Modificaciones de las Variables de Diseño del Proyecto.	33
B.	Cuadro Resumen de los Resultados de los Ensayos Realizados	34
C.	Análisis de los Resultados	34
D.	Dimensiones Consideradas de los componentes de iluminación para la ejecución de la Obra.	35
E.	Pruebas Realizadas de los Parámetros de Iluminación Finalizada la Ejecución de la Obra.	36
1)	Pruebas de Luminancia.....	36
2)	Pruebas de Iluminancia.....	36
F.	Resultados de la Pruebas de Iluminancia y Luminancia Realizadas.....	36
XI.	CONCLUSIONES.....	39
XII.	RECOMENDACIONES	40
XIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	41
XIV.	ANEXOS.....	41

LISTA DE TABLAS

Tabla I Factor de Mantenimiento en Proyectos de Alumbrado Exterior	11
Tabla II Deslumbramiento	14
Tabla III Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje	16
Tabla IV Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje	17
Tabla V Tipos de Calzada	18
Tabla VI Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento	19
Tabla VII Uniformidad de Luminancia	19
Tabla VIII Uniformidad media de Iluminancia	19
Tabla IX Variables independientes del Estudio	33
Tabla X Resultados de los Ensayos Realizados	34
Tabla XI Resultados de las Pruebas de Iluminancia Media	36
Tabla XII Resultados de las Pruebas de Iluminancia Media	38

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Flujo Luminoso	9
Fig. 2. Intensidad Luminosa	9
Fig. 3. Iluminancia	10
Fig. 4 Luminancia	11
Fig. 5 Factor de Utilización	12
Fig. 6 Disposición de las luminarias en la vía con una calzada.....	15
Fig. 7 Disposición de las luminarias en la vía con dos o más calzadas.....	16
Fig. 8 Ubicación de Proyecto.....	23
Fig. 9 Detalle del corte de la Vía El Porvenir – Laredo A-A	24
Fig. 10 Luminaria Ecovia	25
Fig. 11 Detalle de las dimensiones del pastoral considerado en el diseño inicial	26
Fig. 12 Detalle de la altura, alcance y ángulo de inclinación de la luminaria instalada en poste de acuerdo al diseño inicial	27
Fig. 13 Detalle de la disposición del equipo de iluminación de acuerdo al diseño inicial	27
Fig. 14 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al primer ensayo.....	28
Fig. 15 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al segundo ensayo.....	29
Fig. 16 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al tercer ensayo.....	30
Fig. 17 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al cuarto ensayo.....	31

I. INTRODUCCIÓN

En toda instalación de alumbrado público tiene como objetivo principal proporcionar durante las horas de falta de luz natural condiciones de visibilidad que permitan la utilización de las vías públicas a los ciudadanos, sin exponerse al riesgo de su seguridad y bienestar físico.

Entre los efectos sociales que se logra con un proyecto de iluminación está la reducción de la gravedad y del número de accidentes; además del incremento de la seguridad de las personas y de los bienes. Es evidente que una iluminación adecuada mejora las condiciones de vigilancia y constituye un elemento disuasorio de primer orden a eventuales acciones delictivas o molestas.

Asimismo, permite el aumento de la comodidad de conductores y peatones, pues el menor esfuerzo visual y la mayor amplitud de campo de percepción facilitan las actuaciones de todos los usuarios de las vías públicas.

También debe tenerse en cuenta que se contribuye al Incremento de la actividad comercial y turística.

Sin embargo, todo proyecto de iluminación debe estar sujeto a normativas y reglamentos que varían dependiendo del espacio a iluminar, tarea a realizar, país, etc.; estas normativas deberán consultarse para cada proyecto en particular.

En el Perú, los proyectos de iluminación de vías públicas, deben estar acorde con la Norma Técnica DGE (Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución), la misma que es fiscalizada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN, institución pública encargada de regular y supervisar que las empresas del sector eléctrico, hidrocarburos y minero cumplan las disposiciones legales de las actividades que desarrollan.

En dicha Norma tiene como objetivo establecer las exigencias lumínicas mínimas que deben cumplir las instalaciones de alumbrado de vías públicas desde su etapa de diseño, los estándares de calidad mínimos exigidos dentro del marco del cumplimiento de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, así como fijar las obligaciones de los suministradores de alumbrado de vías públicas y las facultades de la autoridad para su correcta operación y oportuna reparación y mantenimiento.

El Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”, materia de este estudio, si bien es cierto cumplía con lo establecido por la norma, sus valores eran cercanos al rango mínimo; no garantizando su cumplimiento en la toda etapa de funcionamiento; motivo que permitió a autor realizar la presente investigación mediante una metodología experimental modificando el diseño de iluminación inicial del Proyecto y evaluando los resultados obtenidos con el propósito de mejorar los parámetros de iluminación.

II. ANTECEDENTES

En el año de 2009, la vía que une los distritos de Laredo y El Porvenir no contaba con alumbrado público representado un alto riesgo de inseguridad en las noches. Es así que la Municipalidad Distrital de Laredo realiza gestiones ante la Empresa Hidrandina para que dentro de su plan expansión considere incluir el Proyecto: “*Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*”, con la finalidad de brindar iluminación a la vía en las horas nocturnas, de tal manera que permita mejorar la seguridad vial, minimizando los accidentes vehiculares y/o peatonales y promoviendo a su vez su uso comercial, industrial y turístico y así mismo cumplir La Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

Hidrandina, aprueba el Proyecto y convoca a concurso su ejecución, otorgándole la buena pro a la empresa contratista CONSORCIO GUADALUPE el Contrato N° GOHN/L-276-2009/C/HDNA y a través del Área de Administración de Proyectos, encarga al autor la supervisión de la Obra: “*Suministro, Transporte, Montaje Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*”, cuyo alcance comprendió la iluminación Pública de la vía desde la salida del distrito de El Porvenir hasta el ovalo de Laredo en el distrito de Laredo, ambos dentro de la provincia de Trujillo.

La vía que une los distritos de Laredo y El Porvenir se encuentra ubicada a 89 m.s.n.m. en la provincia de Trujillo departamento de la Libertad. Tiene una longitud aproximada de 2,5 Km. Está conformada por dos calzadas y una berma central, siendo su calificación vial Colectora 2.

El diseño del Proyecto contemplaba la instalación de luminarias y lámparas de vapor de sodio de 150W y con una disposición de forma central con doble brazo.; considerando postes de C.A.C. de 9/200 y 9/300, pastorales de F°G° PS/3.2m/2.30m/1.5"Ø/15° y vanos promedio entre poste y poste de 36m. de longitud.

Iniciada la obra, se desarrolló el replanteo e ingeniería de detalle, teniendo como base el diseño planteado en el estudio definitivo y las exigencias lumínicas mínimas en las instalaciones de alumbrado según la Norma. Con el empleo de las variables de diseño, establecidas en el Proyecto: “*Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*”, como son la longitud de los vanos y los equipos y accesorios de iluminación considerados en el diseño, se realizó el cálculo de los parámetros de iluminación llegando a la conclusión que, si bien los valores de luminancia e iluminancia cumplían con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, estos no eran óptimos.

Con la presente investigación, se pretende mejorar de los parámetros de Iluminación, empleando una metodología experimental mediante el análisis a través de la manipulación de variables independientes con la finalidad de poder contrastar los efectos sobre las variables dependientes.

III. LIMITACIONES

La zona donde se realizó la experiencia fue en la vía de enlace que une los Distritos de Laredo y El Porvenir lugar donde se ejecutó la Obra. *“Suministro, Transporte, Montaje Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”*.

El tipo de vía que une los distritos de Laredo y Porvenir es Colectora 2 de doble calzada y tiene una longitud aproximada de 2,50 km. El ancho de cada calzada es de 6,00 m y su berma central es de 1,80 m en promedio. Así mismo el tipo de superficie de calzada es de revestimiento con asfalto.

De acuerdo al proyecto el sistema de iluminación considerada en el diseño, estaba conformada por luminarias de vapor de sodio de 70 W, con pastorales de F°G° PS/3,20 m /2,30 m /1,50" Ø/15° y postes de C.A.C. de 9/200 y 9/300.

Así mismo las características de la vía donde se desarrolló el Proyecto, corresponde un tipo de alumbrado III, según la Norma Técnica Peruana DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, el mismo que se tuvo en cuenta para la determinar los parámetros óptimos de iluminación según la Norma.

El presente informe está enfocado a la modificación de las dimensiones del diseño constructivo del pastoral considerado en el Proyecto con el propósito de mejorar los niveles de iluminación establecidos en la Norma.

El software Calculux Viario fue utilizado como herramienta de cálculo de los parámetros de iluminación, empleando como datos de entrada las variables de diseño inicial y sus modificaciones para luego comparar los resultados con los rangos establecidos en la Norma Técnica Peruana DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

Los parámetros de iluminación objeto del estudio fueron la luminancia media, la iluminancia media y la uniformidad media de iluminancia. Para realizar las mediciones de alumbrado se usaron como instrumentos de medida el luxómetro y luminancímetro, empleando el método indicado la Norma.

IV. ALCANCES

El proyecto está ubicado entre los distritos de Laredo y El Porvenir a 89 m.s.n.m. el clima es cálido y primaveral, con una temperatura promedio anual de 20° C. De manera general se puede decir que el clima no presenta características extremas de calor, frío o precipitaciones.

La calificación de la vía de enlace desde la salida del distrito de El Porvenir hasta el ovalo Laredo es tipo de vía colectora 2 y tipo de alumbrado III de acuerdo a la normatividad vigente, debido a que la vía está compuesta por dos calzadas de 6 m de ancho cada una por la que circulan los vehículos, Asimismo posee una berma central de 1.8m. en promedio.

La vía está rodeada de cañaverales en todo el recorrido del tramo, materia principal para la producción de azúcar; esto ocasiona que el ambiente tenga un alto grado de polución por la quema de dichas plantaciones, frecuentemente.

El proyecto de Alumbrado Público, planteó un diseño con las siguientes características:

➤ Redes Primarias Aéreas

- Transformador : Monofásico 10 kVA, 10/0,46-0,23 kV. (03 Unidades).
- Tablero Baja Tensión : Fibra de vidrio implementado con equipos de protección para A.P. (03 Unidades).
- Sistema de Medición : En tablero, medidor monofásico directo para alumbrado público (03 Unidades).
- Puesta a Tierra : Varilla cooperweld de 2.40m. Conductor cooperweld AWG (25 mm²), suelo artificial basado en óxidos metálicos. Protector circular antirrobo (06 Unidades).

➤ Redes Secundarias Aéreas

- Sistema : Aéreo monofásico, 02 conductores de fases y un conductor neutro.
- Nivel de Tensión : 460-230 V, multiaterrado.
- Frecuencia : 60 Hertz.

- Postes : Postes de C.A.C. de 9/200 (41 Unidades) y 9/300 (14 Unidades).
- Conductor : Aéreo de Aluminio Autosoportado, tipo CAAI-S 2x16 + 1x16 mm². (2 683,00 m).
- Ferretería : Fierro forjado y galvanizado en caliente, espesor mínimo de 100 micrones. Especial para cables autosoportados.
- Retenidas : Cable Acero Grado Siemens Martin de 3/8" Ø
- Puesta a Tierra : Varilla Cooperweld de 2,40 m. Conductor cooperweld AWG (25 mm²), suelo artificial basado en óxidos metálicos. Protector circular antirrobo (12 Unidades).

➤ Alumbrado Público

- Iluminación : Luminarias y lámparas de vapor de Sodio de 150W (139 Unidades).
- Pastoral : F°G° PS/3,20 m /2,30 m /1,50" Ø/15° (139 Unidades).
- Disposición : Central con doble brazo.
- Vanos promedio : 36m. de longitud.

V. JUSTIFICACIÓN

El Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Electricidad aprobó Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” mediante R.M. N° 013-2003-EM/DM, la cual tiene como objetivo establecer las exigencias lumínicas mínimas que deben cumplir las instalaciones de alumbrado de vías públicas desde su etapa de diseño. La cual es de aplicación obligatoria dentro de la concesión de las empresas distribuidoras de energía eléctrica. El organismo supervisor de esta normativa es OSINERGMIN quien se encarga de su estricto cumplimiento.

En ese sentido la Obra: “*Suministro, Transporte, Montaje Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*”, tuvo que estar acorde con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”. En el Proyecto se pudo verificar si bien los parámetros de iluminación calculados cumplían con la Norma, sus valores se encontraban en todos los casos cerca al rango mínimo.

Para ello se planteó modificar las dimensiones del diseño constructivo del pastoral propuesto en el Proyecto, con la finalidad de mejorar los parámetros de iluminación y garantizar su cumplimiento de acuerdo con la Norma.

A. Formulación del Problema

¿Es Posible mejorar los parámetros de Iluminación del Proyecto: “*Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*”, modificando las dimensiones del diseño constructivo del pastoral?

B. Hipótesis

Si modificamos las dimensiones del diseño constructivo del pastoral propuesto en el Proyecto: “*Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*”, podremos mejorar sus parámetros de iluminación.

C. Variables de Diseño

1) *Variables Independientes*

Dimensiones de los componentes físicos del diseño constructivo del Proyecto: “*Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*” tales como las dimensiones y ángulo del pastoral, la longitud promedio de vanos, la altura de postes y el tipo de luminaria.

2) *Variables Dependientes*

Parámetros de iluminación tales como la luminancia media, la iluminancia media y uniformidad media de iluminancia, las cuales deben cumplir con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

VI. OBJETIVOS

A. *Objetivo General*

Mejorar los parámetros de iluminación del Proyecto: “*Alumbrado público Vía enlace distritos de Laredo y El Porvenir*” y garantizar la calidad de alumbrado público de acuerdo con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” mediante análisis de la variación de las dimensiones del diseño constructivo del pastoral.

B. *Objetivos Específicos*

- Obtener información del Proyecto: “*Alumbrado Público Vía enlace distritos de Laredo y El Porvenir*”, sobre los componentes físicos del diseño constructivo de iluminación y calcular los parámetros de iluminación con las características de la vía y con los componentes físicos del diseño constructivo planteados en el Proyecto.
- Realizar ensayos modificando las dimensiones del diseño constructivo del de pastoral considerado en el Proyecto y para cada caso, calcular sus nuevos parámetros de iluminación y evaluar los resultados de tal manera que podamos optimizar las dimensiones del diseño constructivo del pastoral planteado inicialmente en el Proyecto.
- Establecer el nuevo diseño constructivo del pastoral e incluirlo en la ingeniería detalle y presupuesto de obra, como nuevo suministro que reemplace al propuesto en el Proyecto.
- Realizar mediciones de alumbrado (iluminancia y luminancia) luego de la ejecución de la obra, en toda la trayectoria de la vía Laredo y El Porvenir, haciendo uso del luxómetro y Luminancímetro y verificar si los resultados obtenidos cumplen con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” aprobada con Resolución R.M. N° 013-2003-EM/DM.

VII. MARCO TEÓRICO

El presente informe está dirigido al alumbrado en vías públicas, para ello es necesario conocer los conceptos generales sobre los elementos principales que conforman la vía, así como los parámetros de iluminación, los equipos de iluminación y su disposición en la vía los cuales deben estar acorde con lo estipulado en la en la normatividad vigente.

A. Elementos Principales que conformar la vía a iluminar

Se considera vía(s) al medio empleado por vehículos y/o peatones para el traslado de un lugar a otro dentro de la ciudad, pudiendo denominarse calle, avenida, pasaje, etc. Incluye además las intersecciones, cruces, puentes y túneles que le dan continuidad. Los elementos principales que conforman la vía son:

1) *Calzada*

Se define como la parte de la vía destinada al tránsito de vehículos; está comprendida entre las aceras o entre la berma central y las aceras, esta puede estar conformada por varios carriles.

2) *Acera*

Es la zona longitudinal de la vía urbana, elevada o no, destinada al tránsito peatonal. Denominado también como vereda, andenes o senderos peatonales.

3) *Berma Central*

Es la zona longitudinal de la vía que separa las calzadas, dicha zona no está destinada a la circulación.

4) *Vano*

Es la parte de la vía cuyo espacio está comprendido entre dos puntos luminosos ubicados longitudinalmente.

B. Parámetros de iluminación

1) *Flujo luminoso (Φ)*

Es la potencia que se emite en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Como potencia que es (energía por unidad de tiempo), podría medirse en vatios (w), sin embargo en luminotecnia se utiliza la unidad lumen (lm) que toma como referencia la radiación visible, ya que se trata de una banda de frecuencias en el espectro luminoso, y a cada frecuencia le corresponde una potencia distinta. [1]

Representación Gráfica del Flujo luminoso (Φ)

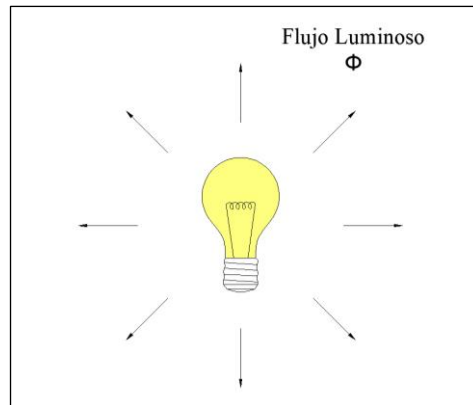


Fig. 1. Flujo Luminoso

Fuente: ComparaLUX, 2016

2) *Intensidad luminosa (I)*

Es la cantidad flujo luminoso que emite una fuente de luz en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido, se puede entender como la luz en forma de energía que llega a cada punto del espacio. Su unidad es la candela (cd), que equivale a 1 lumen por estereorradián (lm/sr). [1]

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Donde:

Φ : es el flujo luminoso incidente, en lm (lúmenes).

Ω : es el ángulo solido

Representación Gráfica de Intensidad luminosa (cd)

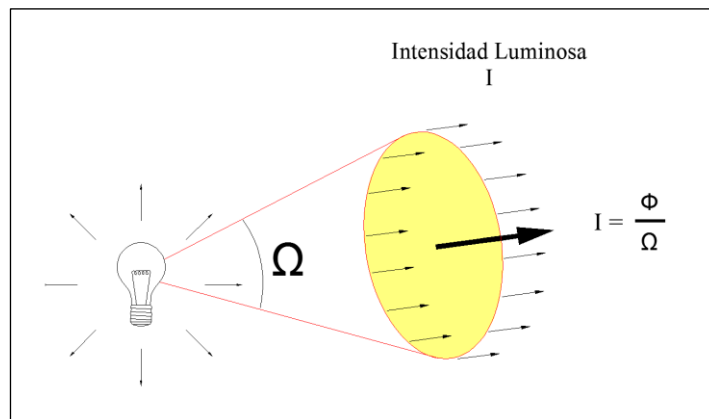


Fig. 2. Intensidad Luminosa

Fuente: ComparaLUX, 2016

3) *Iluminancia (E)*

Representa la densidad del flujo luminoso que llega a una superficie. Se define como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre la superficie y el tamaño de esta misma. Su unidad es el lux (lx), que equivale a un lm/m². [1]

$$E = \frac{\partial \Phi}{\partial S}$$

Donde:

E : es la Iluminancia medida en lx (lux).

Φ : es el flujo luminoso incidente, en lm (lúmenes).

∂S : es el diferencial de superficie, en m².

Representación Gráfica de la Iluminancia

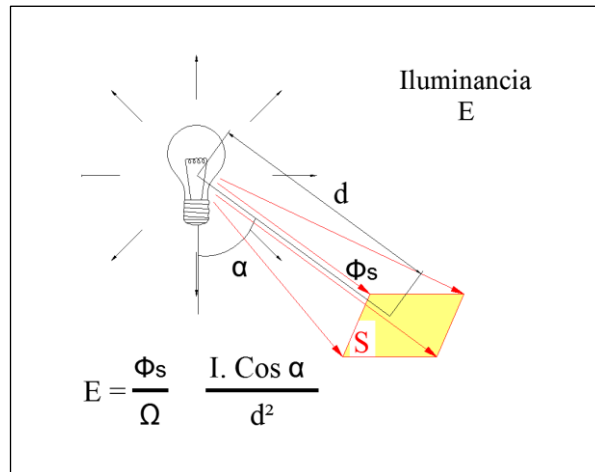


Fig. 3. Iluminancia

Fuente: ComparaLUX, 2016

4) *Luminancia (L)*

Es la medición de la luz que llega a los ojos, procedente de los objetos y es la responsable de excitar la retina provocando la visión. Esta luz proviene de la reflexión que sufre la iluminancia cuando incide sobre los cuerpos. Se define como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su unidad es la cd/m². [2]

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

Donde:

I : es la Intensidad Luminosa, en cd (candelas).
 S : es la superficie, en m².
 α : ángulo que forma la dirección de la mirada con la perpendicular a dicha superficie.

Representación Gráfica de la Iluminancia

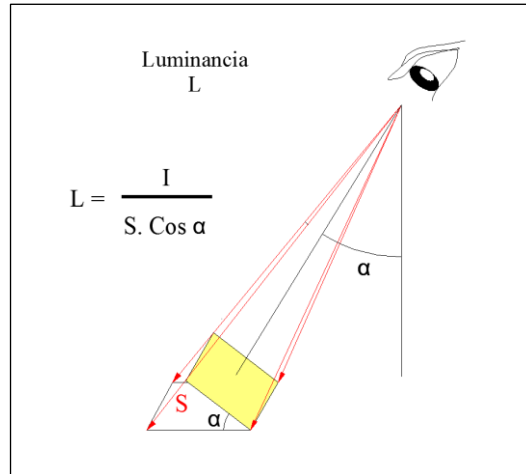


Fig. 4 Luminancia

Fuente: ComparaLUX, 2016

5) Factor de Mantenimiento (f_m)

También llamado factor de conservación, es la relación entre la iluminancia media en el plano de trabajo, después de un periodo de tiempo de uso y la iluminancia media obtenida en la etapa inicial de su funcionamiento. [3]

El factor de Mantenimiento (f_m) depende de las características atmosféricas de la zona. Si se desea proyectar la instalación para que al fin de la vida útil de las lámparas cumplan con los requisitos de proyecto, se deberá seleccionar el Factor de Mantenimiento acorde a las características de la instalación [4].

Tabla I Factor de Mantenimiento en Proyectos de Alumbrado Exterior

Características de luminaria	Polución de la Atmosfera	Factor de Mantenimiento
Hermética	Reducida	0,80
	Moderada	0,70
	Importante	0,60
No hermética	Reducida	0,70
	Moderada	0,60
	Importante	0,50

Fuente: www.artelum.com.ar

6) Factor de Utilización (η)

El factor de utilización es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.

Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes de luminarias, en función del cociente anchura de la calle/altura (A/H), la más habitual. [2]

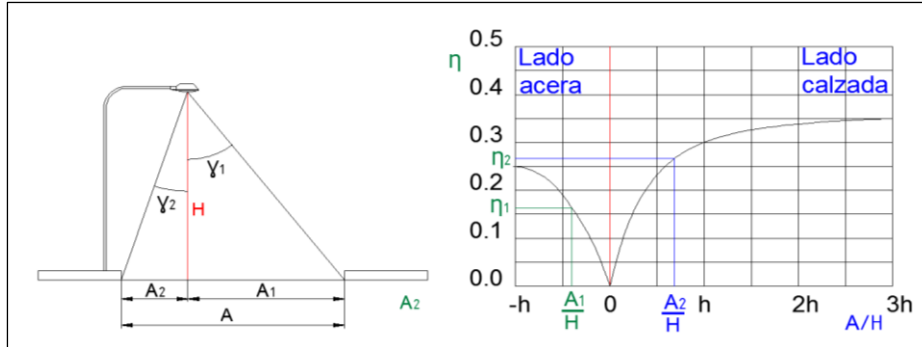


Fig. 5 Factor de Utilización

Fuente: García y Boix, 2001

$$A = A_1 + A_2$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

Para obtener el factor de utilización total de la sección transversal de la calle habrá que sumar los coeficientes del lado acera y del lado calzada.

7) Iluminancia Media (E_m)

Es el promedio aritmético de todos los valores de iluminancia medidos en un tramo o vano. [5]

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_l}{A \cdot d}$$

Donde:

η : es el factor de utilización de la instalación.

f_m : es el factor de mantenimiento.

Φ_l : el flujo luminoso de la lámpara, en lm.

- A : es el ancho a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad (A/2) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo en m.
- d : es el vano o es la separación longitudinal entre las luminarias, en m.

8) *Luminancia Media (Lm)*

Es el promedio aritmético de todos los valores de luminancia medidos en un tramo o vano. [5]

9) *Coefficientes de Uniformidad*

Como criterios de calidad y evaluación de la uniformidad de la iluminación en la vía se analizan el rendimiento visual en términos del coeficiente global de uniformidad U_0 y la comodidad visual mediante el coeficiente longitudinal de uniformidad U_L (medido a lo largo de la línea central). [2]

a) *Uniformidad Media General o Media (de Luminancia) U_0*

Es la luminancia mínima entre la luminancia media de una instalación de Alumbrado Público en cd/m².

$$U_0 = L_{\min} / L_m$$

Donde:

L_{\min} : Es la luminancia mínima en una instalación de alumbrado público en cd/m².

L_m : Es la luminancia media en una instalación de alumbrado público en cd/m².

b) *Uniformidad Longitudinal (de Luminancia) U_L*

Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima a lo largo de una línea paralela al eje de la Vía desde posición del observador.

$$U_L = L_{\min} / L_{\max}$$

Donde:

L_{\min} : Es la luminancia mínima longitudinal.

L_{\max} : Es la luminancia máxima longitudinal.

c) *Uniformidad Media de Iluminancia (Um)*

Es la iluminancia mínima entre la iluminancia media de una instalación de Alumbrado Público en Lux.

$$U_m = E_{\min} / E_m$$

Donde:

E_{\min} : Es la iluminancia mínima en una instalación de alumbrado público en cd/m².

E_m : Es la iluminancia media en una instalación de alumbrado público en cd/m².

10) *Deslumbramiento*

El deslumbramiento producido por las luminarias o los reflejos en la calzada, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo en casos extremos llegar a provocar ceguera transitoria, por lo tanto se hace necesario cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

Se llama **deslumbramiento molesto** a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa, este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable. [2]

Tabla II Deslumbramiento

G	Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

Fuente: Garcia y Boix, 2001

Donde la fórmula de G se calcula a partir de características de la luminaria y la instalación.

Actualmente no se utiliza mucho porque se considera que siempre que no se excedan los límites del deslumbramiento perturbador este está bajo control.

El **deslumbramiento perturbador** se produce por la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. No obstante, este fenómeno no lleva necesariamente asociado una sensación incómoda como el deslumbramiento molesto. Para evaluar la pérdida de visión se utiliza el criterio del incremento de umbral (TI) expresado en tanto por ciento:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0.5}}$$

Donde L_v es la luminancia de velo equivalente y L_m es la luminancia media de la calzada. [2]

C. Disposición de las luminarias en la vía

En los tramos rectos de vías con una única calzada existen tres disposiciones básicas: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada. También es posible suspender la luminaria de un cable transversal pero sólo se usa en calles muy estrechas.

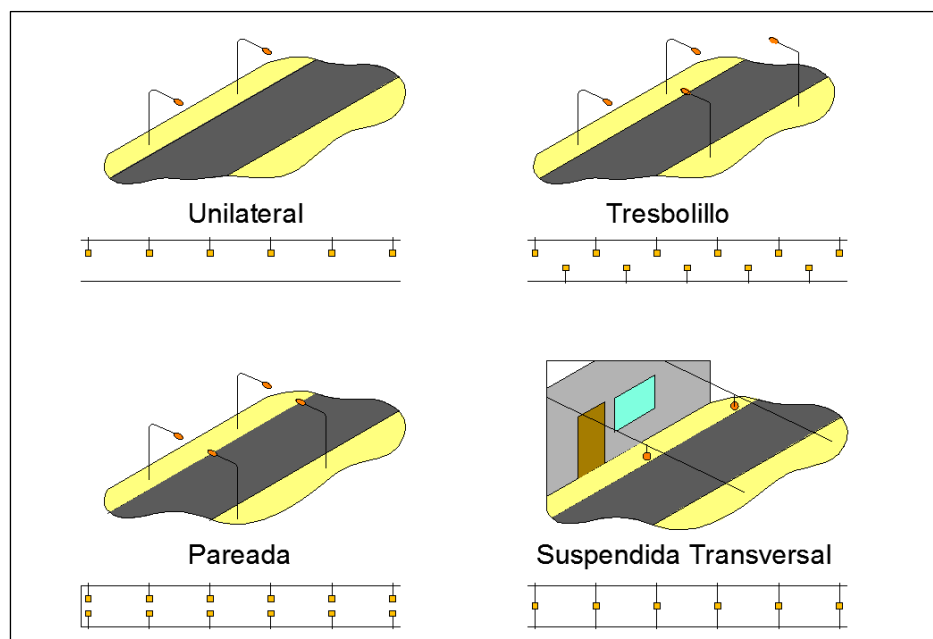


Fig. 6 Disposición de las luminarias en la vía con una calzada

Fuente: Garcia y Boix, 2001

La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1.5.

Tabla III Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje

Disposición de las Luminarias	Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje
Unilateral	$A/H < 1$
Tresbolillo	$1 \leq A/H \leq 1,50$
Pareada	$A/H > 1,50$
Suspendida	Calles muy estrechas

Fuente: Garcia y Boix, 2001

En el caso de **tramos rectos de vías con dos o más calzadas** separadas por una berma se pueden colocar las luminarias sobre la berma o considerar las dos calzadas de forma independiente, si la berma es estrecha se pueden colocar pastorales con doble brazo que dan una buena orientación visual y tienen muchas ventajas constructivas y de instalación por su simplicidad; si la berma es muy ancha es preferible tratar las calzadas de forma separada pueden combinarse los brazos dobles con la disposición al tresbolillo o aplicar iluminación unilateral en cada una de ellas, en este último caso es recomendable poner las luminarias en el lado contrario a la berma porque de esta forma incitamos al usuario a circular por el carril de la derecha. [2]

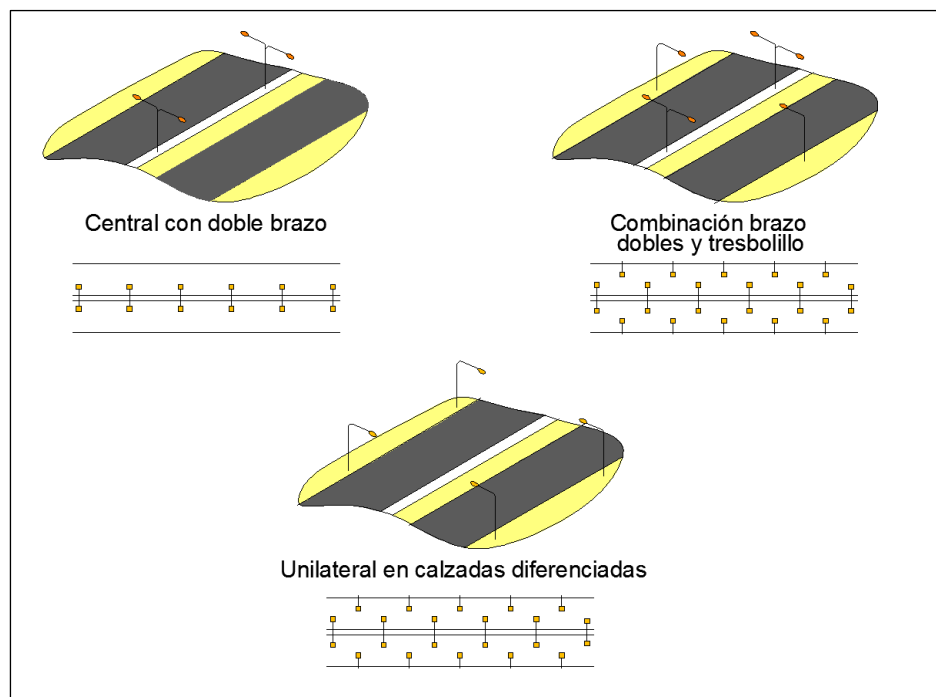


Fig. 7 Disposición de las luminarias en la vía con dos o más calzadas.

Fuente: Garcia y Boix, 2001

D. Descripción de la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” aprobada con Resolución R.M. N° 013-2003-EM/DM

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas de cada país. En el Perú, de acuerdo a la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” aprobada con Resolución R.M. N° 013-2003-EM/DM, el Concesionario debe solicitar a la municipalidad respectiva la clasificación de las vías para luego asignar el tipo de alumbrado que le corresponde, si la municipalidad no hubiese clasificado sus vías, el concesionario debe coordinar con la municipalidad para efectuar tal clasificación tomando como referencia lo establecido en la en la siguiente tabla, y asignará el tipo de alumbrado que le corresponde. Este mismo criterio anterior se emplea para las vías regionales y subregionales que atraviesan la zona urbana; dando Osinergmin conformidad a la clasificación.

Tabla IV Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	<ul style="list-style-type: none"> -Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez -Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas) 	<ul style="list-style-type: none"> -Flujo vehicular ininterrumpido. - Cruces a desnivel. -No se permite estacionamiento. -Alta velocidad de circulación, mayor a 60 km/h. -No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal. -No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial.
Arterial	II	<ul style="list-style-type: none"> -Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se permite estacionamiento. - Alta y media velocidad de circulación, entre 60 y 30 km/h. - No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal. - Volumen importante de vehículos de transporte público.
Colectora I	II	Permite acceso a vías locales	<ul style="list-style-type: none"> -Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica. -Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Colectora 2	III	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos. -Tienen 1 o 2 calzadas principales pero no tienen calzadas auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.
Local Comercial	III	Permite el acceso al comercio local	-Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30 km/h. -Se permite estacionamiento. -No se permite vehículos de transporte público. - Flujo peatonal importante.
Local Residencial 1	IV	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado reducido. -Vías con calzadas asfaltadas pero sin veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Local Residencial 2	V	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas sin asfaltar. -Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Vías peatonales	V	Permite el acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal	- Tráfico exclusivamente peatonal.

Fuente: Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución

Para el diseño de iluminación, se consideran en la superficie de la vía, los niveles de luminancia, iluminancia e índices de control de deslumbramiento, de acuerdo al tipo de alumbrado que corresponde a la vía. La identificación de los tipos de calzada se realizará de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla V Tipos de Calzada

Tipo de superficie	Tipo de calzada
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura
Superficies de tierra	Clara

Fuente: Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución.

Tabla VI Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento
	(cd/m2)	Calzada clara	Calzada oscura	(G)
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	≥ 6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 - 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 - 6
IV		2 – 5	5 – 10	4 - 5
V		1 – 3	2 – 6	4 - 5

Fuente: Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución

La repartición de luminancia e iluminancia debe ser lo suficientemente uniforme para que todo obstáculo destaque por su silueta, cualquiera que sea la posición del observador, en ambos casos, de acuerdo a la normatividad vigente se respetarán los valores que a continuación se señalan en las Tablas:

Tabla VII Uniformidad de Luminancia

Tipo de alumbrado	Uniformidad Longitudinal	Uniformidad media
I	≥0,70	≥0,40
II	≥0,65	≥0,40

Fuente: Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución

Tabla VIII Uniformidad media de Iluminancia

Tipo de Alumbrado	Uniformidad media
III	0,25 - 0,35
IV , V	≥0,15

Fuente: la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución

E. Software de Iluminación Calculux Viario

El software Calculux Viario se empleó como herramienta para realizar el cálculo de los parámetros de iluminación, empleando como datos de entrada las variables de diseño inicial y sus modificaciones, con la finalidad evaluar los resultados optimizando el diseño y mejorar los parámetros de iluminación acorde con la Norma Técnica Peruana DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

Calculux Viario es un programa que permite a los proyectistas de alumbrado seleccionar y evaluar sistemas de alumbrado para instalaciones de alumbrado público. Velocidad, facilidad de uso y versatilidad son características del software.

Se ejecuta en el sistema operativo Microsoft Windows y forma parte de la línea Calculux de Philips, que comprende aplicaciones de interior, de áreas y viarias.

El software permite especificar y calcular esquemas de Alumbrado Público Estándar, estableciendo cálculos predefinidos en un Perfil. Los perfiles dependen de la clase de alumbrado y de las normas de Alumbrado Público.

Así mismo permite Calcular parámetros de iluminación y seleccionar las luminarias de distintos proveedores; realizar informes que muestren los resultados en formatos de texto y gráficos, según las necesidades del proyectista entre otros.

VIII. METODOLOGÍA

A. Tipo de investigación

El tipo de Investigación del presente informe es experimental, realizada por experiencia profesional.

La investigación experimental consiste en la manipulación de una o más variables de estudio (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). La variable independiente se manipula en forma de diferentes valores o condiciones que el experimentador asigna. Dicha asignación por parte del investigador es importante que ocurra, pues de lo contrario, no puede considerarse un experimento.

B. Análisis de las Variables

El análisis del estudio se hará a través de la manipulación de las variables independientes planteadas en el diseño inicial del Proyecto, con la finalidad de poder contrastar los efectos sobre las variables dependientes.

1) *Variables independientes planteadas en el diseño inicial*

Son las dimensiones de los componentes físicos del diseño constructivo del Proyecto: “*Alumbrado Público Vía Enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*” tales como:

- Dimensiones del pastoral: PS/3,20 m/2,30 m/1,50" Ø/15°.
- Longitud máxima de vanos según proyecto: 39,50 m.
- Altura de postes: 9 m.
- Tipo de luminaria: Ecovia 150W.

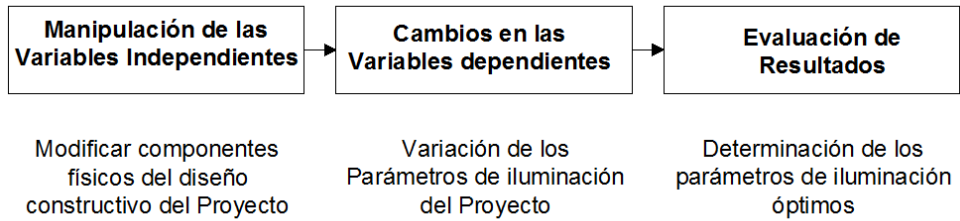
2) *Variables Dependientes*

Las variables dependientes son los parámetros de iluminación, tales como la Luminancia, la Iluminancia y Uniformidad, las cuales deben cumplir con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” y sus valores son calculados con las variables independientes de diseño.

Mediante la manipulación de las dimensiones de los componentes físicos del diseño constructivo del Proyecto: “*Alumbrado Público Vía Enlace Distritos de Laredo y El Porvenir*”, se podrá analizar las variaciones de los parámetros de iluminación. Para ello se utilizará el software Calculux Viario como herramienta de cálculo de dichos parámetros de iluminación.

Para el presente estudio en particular se realizarán modificaciones a las dimensiones del diseño constructivo del pastoral y se evaluarán los resultados, a fin de mejorar los valores de la luminancia media, la iluminancia media y uniformidad media de iluminancia.

Diseño Experimental para evaluar los Parámetros de Iluminación



IX. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La experiencia se basa en la aplicación de una metodología experimental para la evaluación y mejoramiento los parámetros de iluminación del Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”.

La metodología experimental consiste en la modificación del diseño constructivo de Iluminación del pastoral considerado en el Proyecto, con la finalidad de obtener nuevos parámetros de iluminación y poder compararlos con los iniciales a fin de determinar si hubo mejora con los nuevos resultados obtenidos.

A. Ubicación

La vía donde se desarrolló el proyecto está ubicada entre los distritos de Laredo y El Porvenir a 89 m.s.n.m. los cuales se encuentran dentro de la provincia de Trujillo en el departamento de la Libertad.

El clima es cálido y primaveral, con una temperatura promedio anual de 20° C. de manera general se puede decir que el clima no presenta características extremas de calor, frío o precipitaciones.

La vía está rodeada de cañaverales en todo el recorrido del tramo, materia principal para la producción de azúcar. Eso ocasiona que el ambiente tenga un alto grado de polución por la quema de dichas plantaciones, frecuentemente.



Fig. 8 Ubicación de Proyecto

Fuente: Google Earth

B. Características de la vía Laredo – El Porvenir

- Tipo de vía : Colectora 2 de doble calzada.
- Ancho de calzada : 6,00 m.
- Ancho promedio de berma central : 1,80 m.
- Longitud de la vía : 2,50 km.
- Tipo de superficie de calzada : Revestimiento con asfalto
- Tipo de Alumbrado : III
- Factor de Mantenimiento : 0,60 (Ambiente con alta polución).

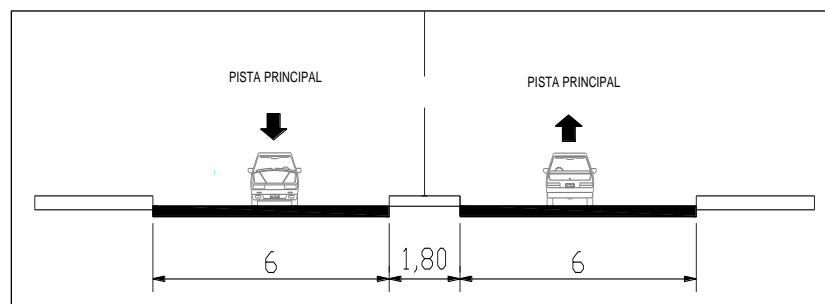


Fig. 9 Detalle del corte de la Vía El Porvenir – Laredo A-A

Fuente: Elaboración propia

C. Características de los componentes físicos del diseño constructivo del Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”

1) Luminarias

Se consideró emplear en el diseño inicial luminarias de la marca Philips modelo ECOVIA 150, para ser utilizadas con lámparas de 150 W de vapor de sodio de alta presión-tubular. Este tipo de luminarias son de haz semirrecortado. Ideal para la iluminación de vías con tipo de alumbrado III según la clasificación de la Norma Técnica N° 013-2003-EM/DM, denominada “Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” del Ministerio de Energía y Minas.

La luminaria ECOVIA 150 tiene las siguientes características: Fabricado de Aluminio Inyectado de Alta Presión, no corrosivo, con reflector de aluminio de alta pureza, con cubierta de vidrio templado de gran dureza, con sistema de hermeticidad mediante empaquetaduras de silicona, además con hermetismo en recinto óptico IP65 y con un peso de 6,50 kg. [6]

Este tipo de luminarias cumplen las siguientes especificaciones técnicas:

- Norma: IEC 60598-2-3/IES 1977.

- Clasificación Fotométrica: Tipo III, mediana, haz semi - recortado (lámpara 150W).
- Estructura Soporte : Aluminio.
- Carcasa: Aluminio.
- Caja de recinto óptico: Protector de vidrio templado liso, espesor promedio 5 mm, patrón fotométrico constante no degradable ante la radiación UV, resistencia impacto, sellado en un reflector de aluminio óptico 99,7% de pureza, de espesor 1mm, independiente de la carcasa, abrillantado y oxidado anodidamente.
- Ignitor: impulsador superpuesto con parada automática.
- Porta lámpara: Porcelana rosca E-40 antivibrante, para lámpara 100; 150 y 250 W.
- Pernería: Acero inoxidable o acero acabado cadmio polimérico
- Conexionado de equipos: Conductor de cobre cableado, aislamiento siliconado, 120°C, sección 2.5mm².
- Conexionado del portalámpara: Conductor de cobre cableado, aislamiento siliconado cubierto con fibra de vidrio, 660 V, 180 °C, sección 2,50 mm².
- Grado de protección: Recinto óptico IP65.
- Portafusibles bipolar tipo interior y fusibles, ubicados en recinto porta equipo.
- Penetración al pastoral: 80 mm.
- Arrancadores: Para facilitar el encendido de las lámparas de vapor de sodio, suministrando un pico de tensión a través de las lámparas, del orden de 3 a 4,50 kV. Operan a una tensión nominal de 220 V y una frecuencia de 60 Hz.



Fig. 10 Luminaria Ecovia

Fuente: Catalogo de Luminarias Philips

2) Lámparas

Consideradas en el diseño de vapor de sodio alta presión con una potencia de 150 W y con un flujo luminoso de 17500 lm.

3) *Pastorales*

El pastoral para el soporte de las luminarias considerado en el diseño inicial, fue de tubo de acero galvanizado en caliente, con diámetro interior del tubo de 38 mm y espesor mínimo de 3 mm; cubierto con pintura macroepoxica con un espesor mínimo 250 μm .

La fijación del pastoral al poste, considerada en el diseño, fue mediante 2 abrazaderas fabricadas con platina galvanizada de 40 mm de alto y 50 mm de ancho.

El diseño contempla la disposición de los pastorales de forma central con doble brazo (Ver Anexo 3: láminas y planos del Proyecto).

- Dimensiones del pastoral : PS/3,20 m/2,30 m/1,50" Ø/15°

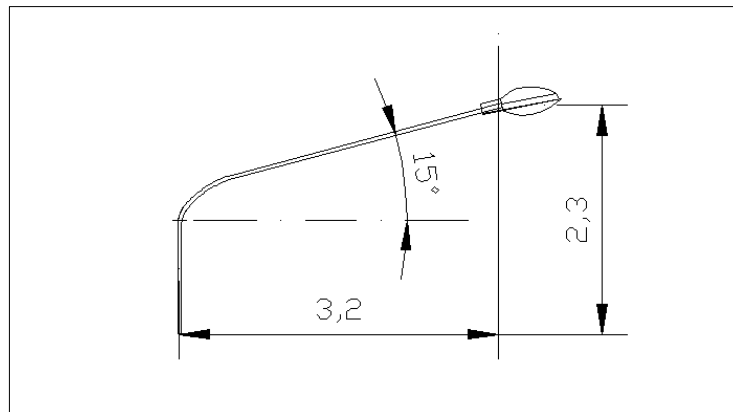


Fig. 11 Detalle de las dimensiones del pastoral considerado en el diseño inicial

Fuente: Elaboración propia

4) *Postes*

Los postes considerandos en el diseño inicial, fueron de concreto armado centrifugados y de forma tronco cónico, con las siguientes características:

- Longitud (m) : 9 9
- Carga de trabajo (Kg.) : 200 300
- Diámetro en la cabeza (mm) : 120 120
- Diámetro en la base (mm) : 255 255

Dentro del diseño se ha considerado un vano promedio entre postes de 39,50 m.

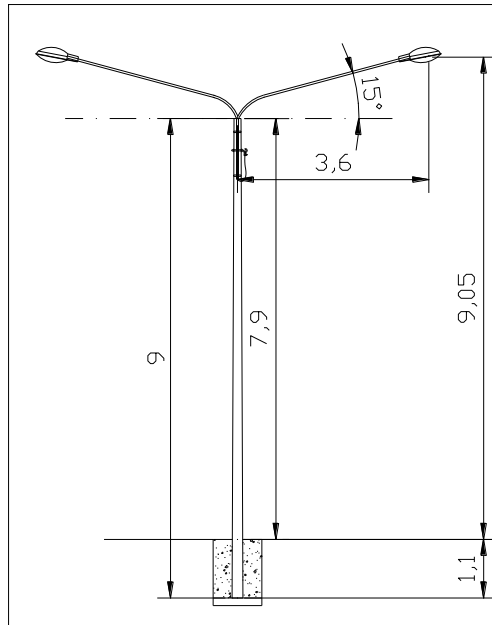


Fig. 12 Detalle de la altura, alcance y ángulo de inclinación de la luminaria instalada en poste de acuerdo al diseño inicial
Fuente: Elaboración propia

D. Datos de entrada para el cálculo de los Parámetros de Iluminación usando los datos de diseño del Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”

Con los datos de la vía Laredo – El Porvenir y los componentes físicos del diseño constructivo del Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”, se procederá a calcular la Luminancia e Iluminancia, empleando el Software de Iluminación Calculux Viario.

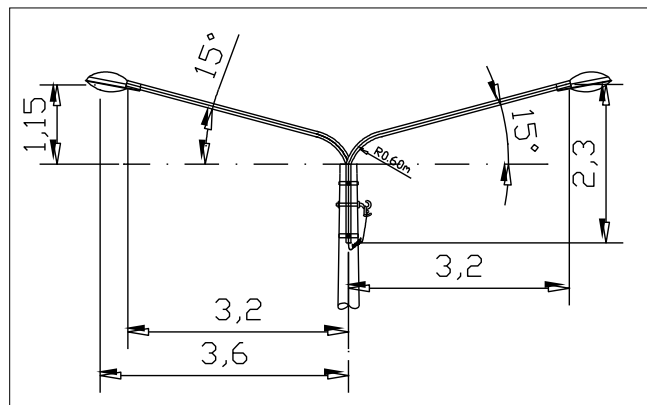


Fig. 13 Detalle de la disposición del equipo de iluminación de acuerdo al diseño inicial
Fuente: Elaboración propia

Datos de entrada:

- Tipo de luminaria	:	Ecovia 150W SON-TPP150W.
- Código	:	SPP186GB.
- Dimensiones del pastoral	:	PS/3,20 m/2,30 m/1,50" Ø/15°
- Carretera	:	Carretera de doble calzada.
- Mediana	:	1,80 m.
- Ancho de calzada	:	6,00 m.
- Número de carriles	:	2
- Factor de mantenimiento	:	0,60 (zona con alto grado de polución)
- Instalación	:	Central
- Altura	:	9,05 m.
- Separación (Vano)	:	39,50 m.
- Saliente	:	2,70 m.
- Inclinación	:	15°

E. Datos de entrada para el cálculo de los Parámetros de Iluminación modificando las dimensiones del pastoral

Modificando las dimensiones del pastoral propuestos en el Proyecto, calcularemos los nuevos parámetros de iluminación.

1) *Primer Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral (PS/1,50 m/2,30 m/1,50" Ø/15°)*

Se modificó el alcance horizontal del pastoral de 3,20 m a 1,50 m tal como se muestra en la siguiente figura:

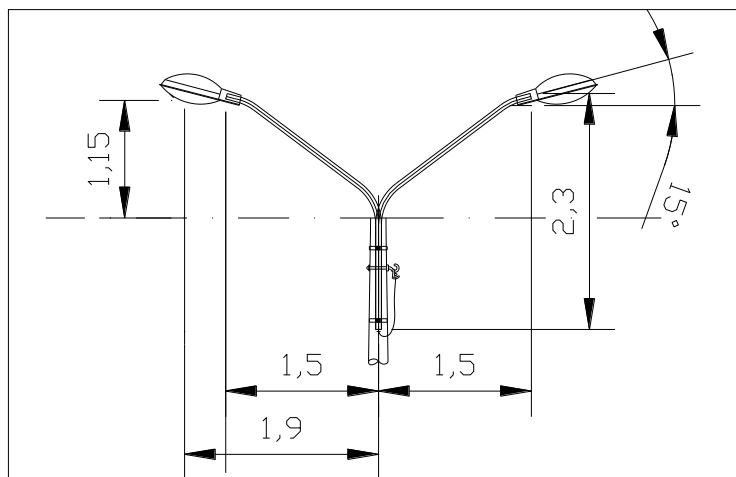


Fig. 14 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al primer ensayo.

Fuente: Elaboración propia

Datos de entrada:

- Tipo de luminaria	:	Ecovia 150W SON-TPP150W.
- Código	:	SPP186 GB.
- Dimensiones del pastoral	:	PS/1,50 m/2,30 m/1,50"Ø/15°
- Carretera	:	Carretera de doble calzada.
- Mediana	:	1,80 m.
- Ancho de calzada	:	6,00 m.
- Número de carriles	:	2
- Factor de mantenimiento	:	0,60 (zona con alto grado de polución)
- Instalación	:	Central
- Altura	:	9,05 m.
- Separación (Vano)	:	39,50 m.
- Saliente	:	1,00 m.
- Inclinación	:	15°.

2) Segundo Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral y el ángulo de inclinación (PS/1,50 m/2,30 m/1,50" Ø/10°)

Se modificó el alcance horizontal del pastoral de 3,20 m a 1,50 m y el ángulo de inclinación de 15° a 10° tal como se muestra en la siguiente figura:

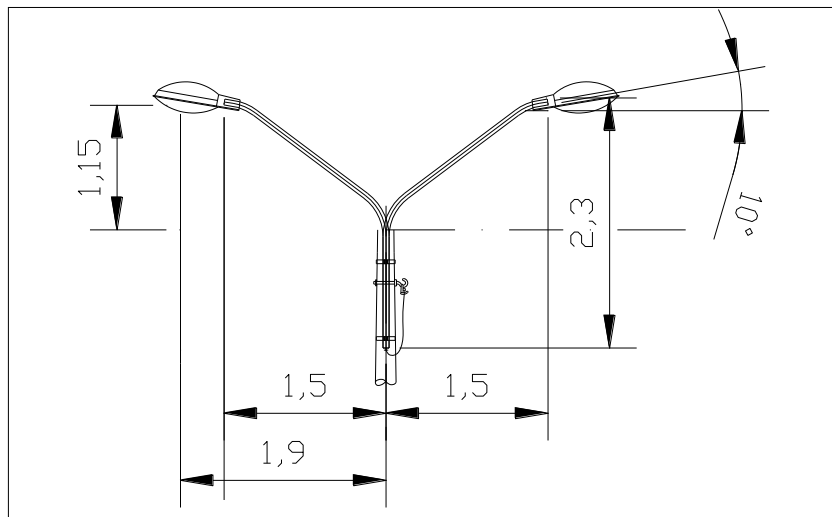


Fig. 15 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al segundo ensayo.

Fuente: Elaboración propia

Datos de entrada:

- Tipo de luminaria : Ecovia 150W SON-TPP150W.
- Código : SPP186GB.
- Dimensiones del pastoral : PS/1,50 m/2,30 m/1,5" Ø/10°
- Carretera : Carretera de doble calzada.
- Mediana : 1,80 m.
- Ancho de calzada : 6,00 m.
- Número de carriles : 2
- Factor de mantenimiento : 0,60 (zona con alto grado de polución)
- Instalación : Central
- Altura : 9,05 m.
- Separación (Vano) : 39,50 m.
- Saliente : 1,00 m.
- Inclinación : 10°

3) Tercer Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral, el ángulo de inclinación (PS/1,50 m/2,30 m/1,50" Ø/5°)

Se modificó el alcance horizontal del pastoral de 3,20 m a 1,50 m y el ángulo de inclinación de 15° a 05° tal como se muestra en la siguiente figura:

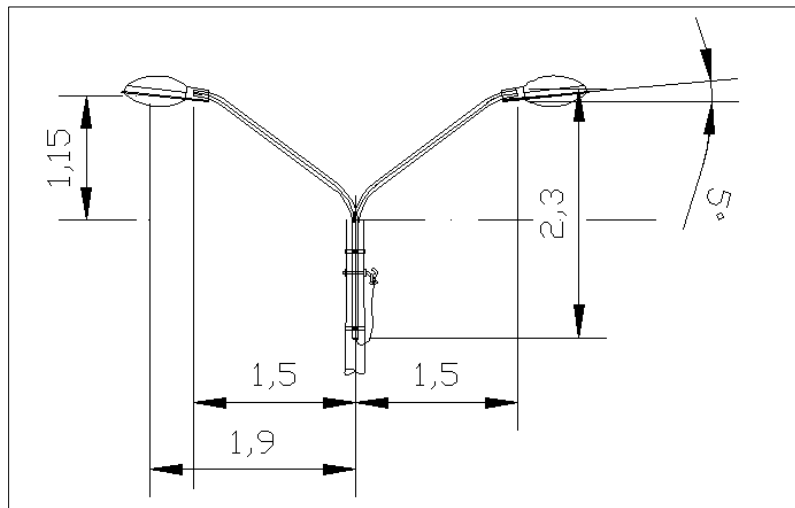


Fig. 16 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al tercer ensayo.

Fuente: Elaboración propia

Datos de entrada:

– Tipo de luminaria	:	Ecovia 150W SON-TPP150W.
– Código	:	SPP186GB.
– Dimensiones del pastoral	:	PS/1,50 m/2,30 m/1,5" Ø/5°
– Carretera	:	Carretera de doble calzada.
– Mediana	:	1,80 m.
– Ancho de calzada	:	6,00 m.
– Número de carriles	:	2
– Factor de mantenimiento	:	0,60 (zona con alto grado de polución)
– Instalación	:	Central
– Altura	:	9,05 m.
– Separación (Vano)	:	39,50 m.
– Saliente	:	1,00 m.
– Inclinación	:	5°

4) Cuarto Ensayo: Modificando el alcance horizontal del pastoral, el ángulo de inclinación (PS/ 1,50m /2,30m /1,50" Ø/0°)

Se modificó el alcance horizontal del pastoral de 3,20 m a 1,50 m y el ángulo de inclinación de 15° a 0° tal como se muestra en la siguiente figura:

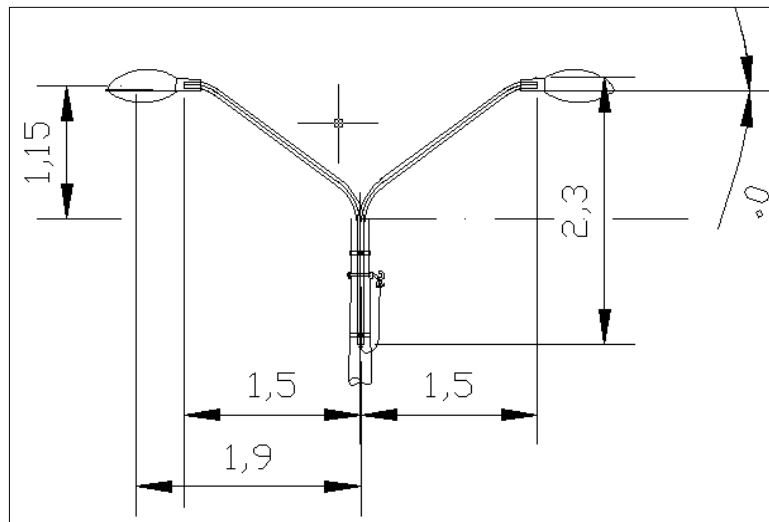


Fig. 17 Detalle de las dimensiones del pastoral y disposición del equipo de iluminación de acuerdo al cuarto ensayo.

Fuente: Elaboración propia

Datos de entrada:

- Tipo de luminaria	:	Ecovia 150W SON-TPP150W.
- Código	:	SPP186GB.
- Dimensiones del pastoral	:	PS/1,50 m/2,30 m/1,50" Ø/0°
- Carretera	:	Carretera de doble calzada.
- Mediana	:	1,80 m.
- Ancho de calzada	:	6,00 m.
- Número de carriles	:	2
- Factor de mantenimiento	:	0,60 (zona con alto grado de polución)
- Instalación	:	Central
- Altura	:	9,05 m.
- Separación (Vano)	:	39,50 m.
- Saliente	:	1,00 m.
- Inclinación	:	0°

X. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. Modificaciones de las Variables de Diseño del Proyecto

En la siguiente tabla se detallan los valores de las variables independientes de los ensayos realizados, los mismos que fueron empleados como datos de entrada para el cálculo de los parámetros de iluminación.

Tabla IX Variables independientes del Estudio

Variables independientes del Estudio	Und	Datos de Entrada Diseño del inicial (PS/3,2m/2,3m /1,5''Ø /15°)	Datos Entrada de los Ensayos Realizados			
			Modificación de datos Primer Ensayo (PS/1,5m/2,3m /1,5''Ø /15°)	Modificación de datos Segundo Ensayo (PS/1,5m/2,3m /1,5''Ø /10°)	Modificación de datos Tercer Ensayo (PS/1,5m/2,3m /1,5''Ø /05°)	Modificación de datos Cuarto Ensayo (PS/1,5m/2,3m /1,5''Ø /00°)
Factor de Mantenimiento		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Instalación		Central	Central	Central	Central	Central
Altura (H)	m	9,05	9,05	9,05	9,05	9,05
Vano o Separación (S)	m	39,50	39,50	39,50	39,50	39,50
Alcance Horizontal del Pastoral	m	3,20	1,50	1,50	1,50	1,50
Alcance Vertical del Pastoral	m	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Ángulo de Inclinación del Pastoral	°	15,00	15,00	10,00	5,00	0,00
Saliente (E)	m	2,70	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

B. Cuadro Resumen de los Resultados de los Ensayos Realizados

En la siguiente tabla se muestran el resumen de los resultados del cálculo de los parámetros de iluminación de acuerdo a los ensayos realizados, los mismos que se detallan en el Anexo 1: Detalle de los cálculos de Iluminación.

Tabla X Resultados de los Ensayos Realizados

Variables Dependientes (Parámetros de Iluminación)	Und	Niveles de los Parámetros de Iluminación Establecidos en la Norma para el tipo de Alumbrado III	Resultados Iniciales con datos del Proyecto (PS/3,2m/2,3m/1,5"Ø / 15°)	Resultados de los Ensayos Realizados			
				Resultados del Primer Ensayo (PS/1,5m/2,3m/1,5"Ø /15°)	Resultados del Segundo Ensayo (PS/1,5m/2,3m/1,5"Ø /10°)	Resultados del Tercer Ensayo (PS/1,5m/2,3m/1,5"Ø /05°)	Resultados del Cuarto Ensayo (PS/1,5m/2,3m/1,5"Ø /00°)
Luminancia							
Media	cd/m ²	0,5 – 1,0	0,69	0,83	0,94	1,00	1,16
Iluminancia							
Media	Lux	10 - 20	10,10	12,60	14,10	15,70	17,20
Mínima/Media (Um)	-	0,25 – 0,35	0,28	0,31	0,31	0,32	0,33

Fuente: Elaboración propia

C. Análisis de los Resultados

1) Análisis de los Resultados del cálculo de los Parámetros de Iluminación usando los datos de diseño del Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”

Con los datos diseño del Proyecto, se realizó el cálculo de los parámetros de iluminación obteniendo los siguientes valores:

- Una luminancia media de 0,69 Cd/m²: De acuerdo a la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, para un alumbrado tipo III la luminaria media debe estar en el rango de 0,5 -1,0 (Cd/m²). Por lo tanto se encuentra dentro del rango aceptable.
- Una iluminancia media de 10,10 lux: De acuerdo a la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” para un alumbrado tipo III la iluminancia media para una calzada oscura debe estar en el rango de 10 – 20 (lux); sin embargo como se puede apreciar que el valor calculado está casi en el límite del rango inferior.

- Una Uniformidad media de iluminancia de 0,28: De acuerdo a la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” para un alumbrado tipo III la Uniformidad media de iluminancia debe estar en el rango de 0,25 – 0,35. Por lo tanto que también se encuentra dentro del rango aceptable.

2) *Análisis de los Resultados del cálculo de los Parámetros de Iluminación modificando componentes físicos del diseño constructivo del Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”*

- El primer ensayo se hizo reduciendo la longitud de alcance horizontal de 3,20 m a 1,50 m. Al realizar esta modificación los valores de los parámetros de iluminación se incrementaron. La luminancia media a 0,83 cd/m², la iluminancia media a 12,60 lux y la uniformidad media de iluminancia a 0,31.
- En el segundo ensayo consistió en comprobar si se puede mejorar aún más los parámetros de iluminación reduciendo el ángulo de inclinación del pastoral y manteniendo el alcance considerado en el primer ensayo. para ello se redujo el ángulo de inclinación a 10°. Al realizar esta modificación se obtuvo un nuevo incremento de los valores de los parámetros de iluminación. La luminancia media a 0,94 cd/m², la iluminancia media a 14,10 lux y uniformidad media de iluminancia a 0,31.
- El tercer ensayo consistió en reducir el ángulo de inclinación a 5° manteniendo el alcance considerado en el primer ensayo, obteniéndose con este cambio un nuevo incremento de la luminancia media a 1,00 cd/m², la iluminancia media a 15,70 lux y uniformidad media de iluminancia de 0,32. Con esta modificación se pudo verificar que la luminancia media llegó a su valor máximo, según el rango establecido en la Norma.
- El cuarto ensayo consistió en reducir el ángulo de inclinación a 0° manteniendo el alcance considerado en el segundo ensayo, obteniéndose con este cambio un nuevo incremento de la luminancia media a 1,16 cd/m², la iluminancia media a 17,20 lux y uniformidad media de iluminancia de 0,33. Sin embargo con esta modificación se verificó que el valor de la luminancia media se encuentra fuera del rango que establece la Norma.

D. Dimensiones Consideradas de los componentes de iluminación para la ejecución de la Obra

Del análisis de resultados obtenidos se pudo comprobar que reduciendo el alcance del pastoral y reduciendo el ángulo de inclinación de la luminaria se

puede mejorar los parámetros de iluminación de acuerdo a la Norma y haciendo más eficiente la iluminación. Por tal motivo el replanteo y la ingeniería de detalle fue aprobada modificando los componentes físicos del Proyecto en expediente de ingeniería de detalle de la obra, quedando los componentes de diseño de iluminación con las siguientes características:

- Dimensiones del pastoral: PS/1.50 m /2.30 m/1.50" Ø/5°
- Longitud máximo de vanos: 39,50 m.
- Altura de postes: 9 m.
- Tipo de luminaria: Ecovia 150 W.

E. Pruebas Realizadas de los Parámetros de Iluminación Finalizada la Ejecución de la Obra

Finalizada la obra: “*Suministro, Transporte, Montaje, Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distrito de Laredo y El Porvenir*”, para la puesta en operación, se realizaron las siguientes pruebas a la red de alumbrado con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento del sistema y el cumplimiento de la a Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

1) Pruebas de Luminancia

Se empleó el Luminancímetro Marca MINOLTA con número de serie 73123027, de propiedad de Hidrandina. Con las mediciones realizadas se pudo comprobar los valores de luminancia media acorde con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, como se puede apreciar en la Tabla XI.

2) Pruebas de Iluminancia

Se empleó el luxómetro Marca MINOLTA con número de serie 76141020-34121034, de propiedad de Hidrandina. Con las mediciones realizadas se pudo comprobar los valores de iluminancia media acorde con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, como se puede apreciar en la Tabla XII.

F. Resultados de la Pruebas de Iluminancia y Luminancia Realizadas

Para realizar las pruebas se eligieron 04 vanos de los circuitos de iluminación de la obra. Las pruebas realizadas arrojaron los siguientes resultados:

Tabla XI Resultados de las Pruebas de Iluminancia Media

VANO N°01

32,00	22,47	15,74	11,15	9,50	9,60	11,28	15,90	22,71	32,40
30,45	21,18	14,84	10,43	8,95	9,00	10,46	14,85	21,33	30,75
28,90	19,96	13,95	9,71	8,40	8,30	9,57	13,78	19,98	29,10
28,55	19,57	13,38	8,90	7,35	7,30	8,71	13,05	19,38	28,50
28,20	19,08	12,79	8,08	6,30	6,40	8,01	12,55	18,76	27,90
27,35	18,58	12,24	7,28	4,25	4,30	7,21	12,05	18,27	27,30

Iluminación media (lux)	15,97
Uniformidad media de iluminancia	0,27

N° Estr.

39,50

N° Estr.

00103065

27,25	18,25	12,18	7,50	4,25	4,78	7,59	12,42	18,49	27,50
27,70	18,71	12,66	8,16	6,60	6,50	8,18	12,80	18,83	27,80
28,15	19,17	13,13	8,82	7,45	7,44	8,85	13,19	19,18	28,10
28,60	19,63	13,59	9,48	8,30	8,29	9,46	13,58	19,52	28,40
30,65	21,19	14,67	10,32	8,90	8,88	10,32	14,71	21,18	30,60
32,70	22,75	15,74	11,15	9,50	9,40	11,14	15,83	22,84	32,80

00109554

Iluminación media (lux)	15,93
Uniformidad media de iluminancia	0,27

Porvenir

Laredo

VANO N°02

32,30	23,47	16,57	11,77	9,90	9,92	11,69	16,39	23,13	31,80
30,35	21,90	15,58	10,98	9,10	9,12	10,98	15,39	21,70	30,15
28,79	20,32	14,58	10,21	8,70	8,78	9,80	14,55	20,31	28,67
28,05	19,97	13,83	9,57	7,15	7,13	9,54	13,86	19,89	28,10
27,70	19,63	13,49	8,98	6,40	6,43	8,99	13,48	19,47	27,65
27,35	19,30	13,18	8,60	4,95	4,98	8,54	13,09	19,05	27,15

Iluminación media (lux)	16,37
Uniformidad media de iluminancia	0,30

N° Estr.

37,70

N° Estr.

00109550

27,00	18,98	12,89	8,50	4,85	4,88	8,57	12,93	19,10	27,20
27,60	19,57	13,48	8,92	6,60	6,64	8,89	13,45	19,61	27,70
28,20	20,17	14,08	9,65	7,15	7,13	9,57	13,94	20,10	28,20
28,80	20,37	14,68	10,22	8,70	8,72	10,12	14,45	20,31	28,70
30,55	21,85	15,65	11,01	9,30	9,33	10,88	15,36	21,84	30,25
32,30	23,50	16,64	11,80	9,90	9,87	11,60	16,47	23,07	31,80

00109549

Iluminación media (lux)	16,39
Uniformidad media de iluminancia	0,30

Porvenir

Laredo

VANO N°03

33,30	25,73	17,09	11,88	9,60	9,58	11,91	17,17	25,72	33,27
31,85	24,45	16,89	11,60	9,45	9,43	11,64	16,78	24,40	31,95
29,00	23,18	16,79	11,33	9,30	9,28	11,40	16,46	23,11	28,70
28,70	23,06	16,66	10,89	8,35	8,33	10,89	16,39	23,03	28,60
28,40	22,92	16,48	10,52	7,40	7,44	10,50	16,29	22,93	28,50
27,83	22,78	16,40	10,11	5,85	5,88	10,14	16,27	22,87	27,90

Iluminación media (lux)	17,91
Uniformidad media de iluminancia	0,33

N° Estr.

35,00

N° Estr.

00109577

27,80	22,58	16,29	10,13	5,90	5,92	10,24	16,49	22,85	27,90
28,30	22,82	16,38	10,52	7,70	7,68	10,59	16,54	23,00	28,50
28,80	23,08	16,59	10,93	8,50	8,47	10,95	16,66	23,14	28,85
29,30	23,32	16,67	11,32	9,30	9,32	11,33	16,87	23,27	29,20
31,45	24,59	16,86	11,61	9,50	9,51	11,53	16,99	24,25	31,95
33,60	25,87	17,08	11,92	9,70	9,76	11,79	17,10	25,26	33,70

00109576

Iluminación media (lux)	17,97
Uniformidad media de iluminancia	0,33

Porvenir

Laredo

VANO N°04

33,60	25,87	17,08	12,02	9,90	9,92	12,09	17,20	26,08	33,90
31,65	24,70	16,69	11,65	9,55	9,60	11,72	16,78	24,80	31,75
30,71	23,56	16,45	11,31	9,20	9,17	11,29	16,55	23,51	30,60
28,90	23,18	16,39	10,98	8,50	8,52	10,96	16,33	23,05	29,70
29,10	22,83	16,29	10,68	7,80	7,78	10,57	16,30	22,58	28,80
27,90	22,48	16,19	10,38	5,97	5,98	10,23	16,28	22,12	27,90

Iluminación media (lux)	18,06
Uniformidad media de iluminancia	0,33

N° Estr.

34,90

N° Estr.

00109592

27,95	22,15	16,28	10,00	5,85	5,88	10,04	16,39	22,33	28,20
26,00	22,76	16,45	10,56	7,60	7,62	10,55	16,43	22,79	29,10
27,05	23,35	16,59	11,10	8,55	8,54	11,03	16,47	23,26	30,00
28,10	23,96	16,75	11,66	9,50	9,52	11,54	16,50	23,73	30,90
30,85	24,95	16,99	11,88	9,70	9,68	11,76	16,78	24,87	30,90
33,60	25,96	17,26	12,11	9,90	9,91	12,01	17,05	26,01	33,90

00109593

Iluminación media (lux)	17,98
Uniformidad media de iluminancia	0,33

Porvenir

Laredo

Fuente: Elaboración propia

Tabla XII Resultados de las Pruebas de Luminancia Media

VANO Nº01

1,07	0,93	0,78	0,62	0,46	0,45	0,63	0,79	0,94	1,08
1,11	0,99	0,88	0,74	0,60	0,58	0,74	0,88	0,99	1,11
1,14	1,06	0,97	0,86	0,74	0,76	0,86	0,97	1,05	1,13
1,15	1,09	1,02	0,89	0,76	0,75	0,89	1,02	1,09	1,15
1,16	1,12	1,07	0,92	0,77	0,78	0,92	1,07	1,12	1,17
1,17	1,15	1,12	0,95	0,79	0,78	0,95	1,12	1,16	1,19

Luminancia	0,94
Media (cd/m2)	

Nº Estr.

39,50

Nº Estr.

1,20	1,17	1,14	0,96	0,79	0,78	0,95	1,12	1,14	1,17
1,17	1,13	1,08	0,93	0,77	0,76	0,92	1,07	1,12	1,16
1,15	1,09	1,03	0,89	0,76	0,77	0,89	1,03	1,09	1,15
1,12	1,05	0,97	0,86	0,74	0,75	0,86	0,98	1,06	1,14
1,09	0,98	0,88	0,74	0,61	0,62	0,69	0,78	0,95	1,11
1,05	0,92	0,78	0,63	0,47	0,46	0,53	0,58	0,83	1,08

Luminancia	0,93
Media (cd/m2)	

Porvenir

Laredo

VANO Nº02

1,08	0,92	0,75	0,64	0,52	0,51	0,63	0,74	0,91	1,07
1,12	0,99	0,86	0,74	0,62	0,63	0,73	0,85	0,98	1,12
1,16	1,07	0,97	0,85	0,72	0,71	0,84	0,95	1,06	1,17
1,18	1,10	1,03	0,89	0,75	0,74	0,88	1,01	1,10	1,19
1,20	1,14	1,08	0,93	0,78	0,73	0,93	1,07	1,14	1,21
1,22	1,18	1,14	0,97	0,81	0,85	0,97	1,13	1,18	1,23

Luminancia	0,94
Media (cd/m2)	

Nº Estr.

37,70

Nº Estr.

1,21	1,17	1,14	0,97	0,81	0,80	0,96	1,11	1,16	1,22
1,20	1,14	1,08	0,93	0,78	0,77	0,92	1,06	1,13	1,20
1,19	1,11	1,03	0,89	0,75	0,74	0,88	1,01	1,10	1,19
1,18	1,08	0,97	0,85	0,72	0,73	0,84	0,96	1,07	1,17
1,13	0,99	0,86	0,74	0,62	0,64	0,74	0,86	0,99	1,12
1,08	0,91	0,74	0,63	0,51	0,52	0,63	0,75	0,91	1,07

Luminancia	0,94
Media (cd/m2)	

Porvenir

Laredo

VANO Nº03

1,10	0,93	0,76	0,65	0,53	0,52	0,65	0,77	0,94	1,10
1,15	1,02	0,88	0,76	0,64	0,63	0,76	0,88	1,01	1,15
1,20	1,10	1,00	0,88	0,75	0,72	0,87	0,98	1,09	1,20
1,22	1,13	1,05	0,91	0,78	0,76	0,91	1,04	1,12	1,21
1,23	1,17	1,10	0,95	0,80	0,79	0,95	1,09	1,16	1,22
1,25	1,20	1,15	0,99	0,83	0,85	0,99	1,15	1,19	1,23

Luminancia	0,97
Media (cd/m2)	

Nº Estr.

35,00

Nº Estr.

1,23	1,18	1,12	0,97	0,83	0,82	0,97	1,12	1,18	1,23
1,22	1,16	1,09	0,95	0,80	0,81	0,95	1,09	1,16	1,22
1,21	1,14	1,06	0,92	0,78	0,76	0,92	1,06	1,14	1,21
1,20	1,12	1,03	0,89	0,75	0,75	0,89	1,03	1,12	1,20
1,15	1,03	0,90	0,77	0,65	0,66	0,77	0,90	1,02	1,15
1,10	0,94	0,77	0,66	0,54	0,54	0,65	0,76	0,93	1,10

Luminancia	0,97
Media (cd/m2)	

Porvenir

Laredo

VANO Nº04

1,10	0,94	0,78	0,67	0,56	0,56	0,67	0,77	0,94	1,10
1,15	1,03	0,91	0,79	0,67	0,67	0,78	0,90	1,03	1,15
1,20	1,12	1,03	0,90	0,77	0,77	0,90	1,03	1,12	1,20
1,22	1,15	1,07	0,93	0,79	0,79	0,93	1,07	1,14	1,22
1,24	1,18	1,11	0,96	0,81	0,81	0,96	1,10	1,17	1,23
1,26	1,21	1,15	0,99	0,83	0,83	0,98	1,14	1,19	1,25

Luminancia	0,98
Media (cd/m2)	

Nº Estr.

34,90

Nº Estr.

1,26	1,21	1,15	0,98	0,82	0,82	0,98	1,14	1,19	1,25
1,24	1,18	1,11	0,96	0,80	0,80	0,95	1,10	1,17	1,23
1,22	1,15	1,07	0,93	0,79	0,79	0,93	1,07	1,14	1,22
1,20	1,12	1,03	0,90	0,77	0,77	0,90	1,03	1,12	1,20
1,15	1,03	0,90	0,78	0,67	0,67	0,78	0,90	1,02	1,15
1,10	0,94	0,77	0,67	0,56	0,56	0,66	0,76	0,93	1,10

Luminancia	0,98
Media (cd/m2)	

Porvenir

Laredo

Fuente: Elaboración propia

XI. CONCLUSIONES

- Luego de obtener información del Proyecto y realizar el cálculo de los parámetros de iluminación con los componentes físicos del diseño constructivo planteados en el Proyecto, se pudo verificar que si bien es cierto cumplen con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”. Estos no eran óptimos.
- Se realizó ensayos mediante un análisis manipulando las dimensiones de los componentes físicos del diseño constructivo. Al realizar la modificación del alcance horizontal del pastoral a 1,50 m, el ángulo de inclinación a 5° y considerando la longitud máxima de vanos: 39,50 m. se comprobó que los parámetros de iluminación habían mejorado notablemente; llegando a variar la luminancia media desde 0,69 cd/m² hasta 1,00 cd/m², la Iluminancia media desde 10,10 lux hasta 15,70 lux y la uniformidad media de iluminancia desde 0,28 hasta 0.32.
- Se estableció el nuevo diseño constructivo del pastoral con las siguientes características PS/1,5m/2,3m/1,5"Ø/05° considerando los resultados obtenidos según ensayos empleando el software Calculux, El mismo que fue empleado en la ejecución de la Obra.
- Una vez culminada la obra se realizaron mediciones de luminancia e iluminancia haciendo uso del luxómetro y luminancímetro, Las pruebas de Luminancia Media según los vanos considerados arrojaron valores comprendidos entre los 0,94 y 0,98 Cd/m² y las pruebas de Iluminancia Media valores comprendidos entre 15,97 y 17.98 Lux, con los que se pudo calcular la Uniformidad Media de Iluminancia comprendida entre 0,27 y 0,33; llegando a comprobar que los Parámetros de Iluminación obtenidos con las pruebas realizadas, eran similares con los calculados mediante software lo mismos que garantizaban la calidad del alumbrado público y cumplían satisfactoriamente con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” aprobada con Resolución R.M. N° 013-2003-EM/DM.

XII. RECOMENDACIONES

- En todo proyecto de iluminación se recomienda realizar los cálculos lumínicos preliminares con las características de la zona, tipo de vía a iluminar y empleando además como variables de entrada la longitud de los vanos y los equipos y accesorios de iluminación considerados en el diseño; de tal manera de poder determinar el dimensionamiento adecuado para lograr los valores de los parámetros de iluminación de acuerdo con la normatividad vigente. El presente documento fue basado en una experiencia real, donde en la etapa de replanteo e ingeniería de detalle, se realizaron cálculos preliminares de los parámetros de iluminación, con el diseño propuesto en el proyecto, cuyos valores se encontraban cercanos al rango mínimo de lo aceptable por la Norma. Es así que empleando una metodología experimental se logró mejorar los valores de los parámetros de iluminación considerados en el proyecto inicial.
- En un proyecto de iluminación de vías públicas, el diseño del pastoral es muy importante puesto que depende de su correcto dimensionamiento para lograr obtener valores aceptables de los parámetros de iluminación. En ese sentido se recomienda realizar ensayos preliminares con la finalidad de obtener el dimensionamiento adecuado del pastoral acuerdo a la característica de la vía, de tal manera que nos garantice cumplir los niveles de iluminación indicados en la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.
- En toda obra de iluminación se recomienda una vez concluida realizar mediciones de alumbrado, lo que permitirá comprobar, si nuestro diseño propuesto, cumple con lo establecido en la Norma.
- Teniendo en cuenta que actualmente se viene implementado la tecnología LED para la iluminación de vías públicas, las mismas que son más eficientes y de larga durabilidad, además con el pasar del tiempo su costo podrá ser más accesible; se recomienda cuando el proyecto cumpla su vida útil se proponga como alternativa de remodelación el empleo de esta esta nueva tecnología con una previa evaluación técnico económica.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

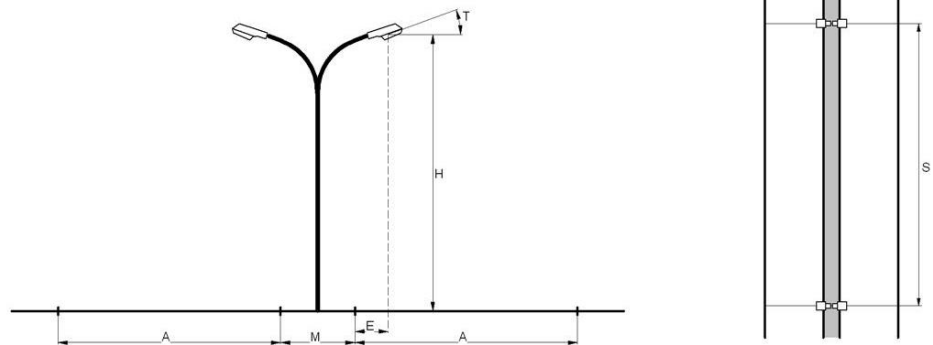
- [1] ComparaLUX. (2016) Apuntes de luminotecnia. [Online].
<https://www.comparalux.es/www/apuntes/apuntes.php>
- [2] Javier Garcia Fernandez and Boix Oriol. (2001) Luminotecnia Iluminación de Interiores y Exteriores. [Online]. <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/>
- [3] Grupo de Estudios Luminotécnicos UPC. Curso On Line de Iluminación. [Online].
<https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index.php>
- [4] Artelum S.A. (2017) https://www.artelum.com.ar/datosutiles_mante.asp. [Online].
https://www.artelum.com.ar/datosutiles_mante.asp
- [5] Norma Técnica DGE. (2002) Norma Técnica DGE “Alumbrado de vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”. [Online].
<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>
- [6] Philips. (2011) Ficha Técnica Luminaria Ecovia. [Online].
www.lighting.philips.com
- [7] Philips. (2000) Calculux Viario. [Online]. <http://www.es.lighting.philips.com>

XIV. ANEXOS

ANEXO 1. DETALLE DE LOS CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

i. Resultados del cálculo de los Parámetros de Iluminación usando los datos de diseño del Proyecto: “Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”

Tipo de Luminaria	:	SPP186 GB
Tipo de Lámpara	:	1 * SON-TPP150W
Flujo Lámpara	:	17500 lumen
Inclin90	(T)	15.0 grad
Tipo de rejilla	:	Luminancia CEN
Factor Mantenimiento Proyecto	:	0.60



Carretera	:	Carretera de Doble Calzada.
Mediana (M)	:	1,80 m.
Altura Calzada (A)	:	6,00 m.
Número de Carriles	:	2
Tabla de Reflexión	:	CIE C2
Qo de Tabla	:	0,070
Factor de Mantenimiento	:	0,60
Instalación	:	Central
Altura (H)	:	9,05 m.
Separación (S)	:	39,50 m.
Saliente (E)	:	2,70 m.

Luminancia

Media	=	0,69 cd/m ²
Mínima	=	0,34 cd/m ²
Máxima	=	0,97 cd/m ²
Mínima/Máxima	=	0,33
Mínima/Media	=	0,47
UI	=	0,53

Iluminancia

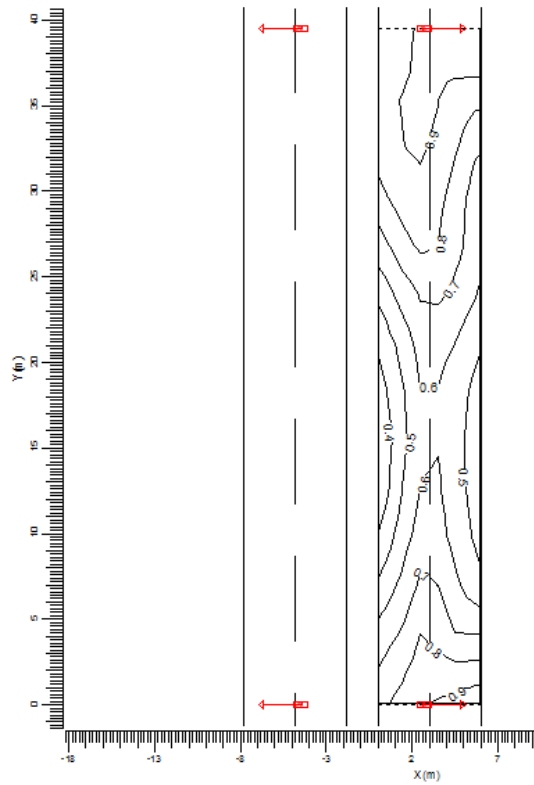
Media	=	10,10 Lux.
Mínima	=	2,90 Lux.
Máxima	=	23,30 Lux.
Mínima/Máxima	=	0,12
Mínima/Media	=	0,28

Luminancia Tabla de resultados

Rejilla	: Principal en Z = -0.00 m						
Cálculo	: Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m ²)						
Tipo Calzada	: CIE C2 con Q0 = 0.070						
X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50	
Y (m)	38.09	0.84	0.87	0.93	0.93	0.96	0.97>
	35.27	0.87	0.91	0.93	0.90	0.85	0.83
	32.45	0.86	0.90	0.91	0.88	0.81	0.73
	29.63	0.79	0.85	0.87	0.83	0.75	0.67
	26.80	0.69	0.76	0.82	0.80	0.73	0.66
	23.98	0.56	0.65	0.71	0.72	0.68	0.62
	21.16	0.46	0.55	0.65	0.63	0.60	0.54
	18.34	0.40	0.49	0.60	0.60	0.56	0.49
	15.52	0.36<	0.48	0.58	0.59	0.54	0.46
	12.70	0.38	0.51	0.60	0.61	0.54	0.47
	9.87	0.45	0.56	0.64	0.64	0.57	0.50
	7.05	0.55	0.63	0.72	0.70	0.62	0.55
	4.23	0.66	0.71	0.80	0.76	0.70	0.69
	1.41	0.75	0.80	0.87	0.86	0.86	0.88

Luminancia Curvas Iso

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m²)
 Tipo Calzada : CIE C2 con Q0 = 0.070



A  SPP186 GB

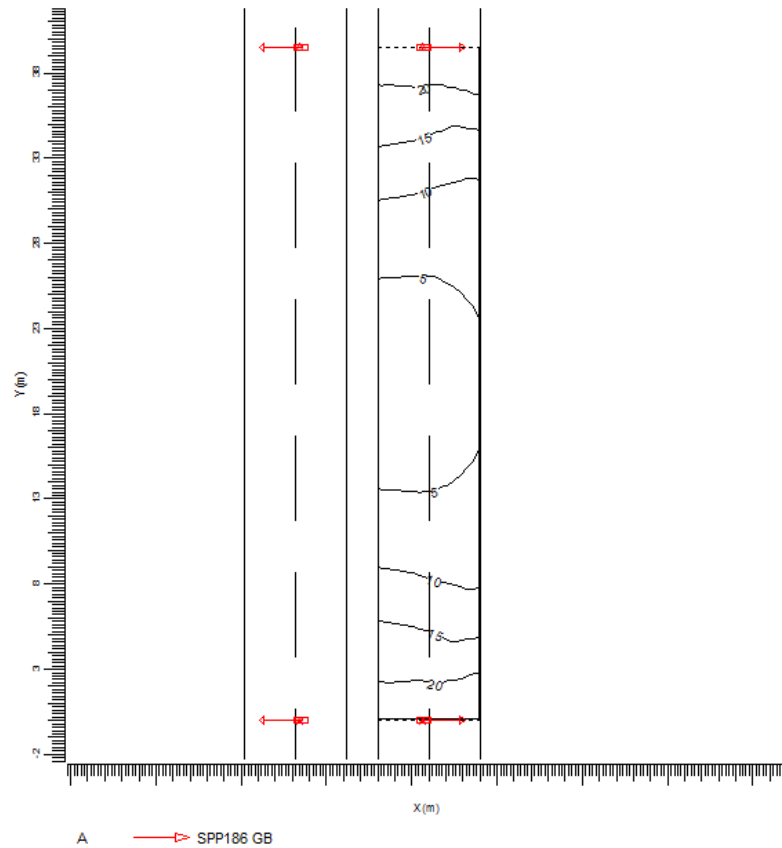
Illuminancia Tabla de resultados

3.5 Eh Calzada: Tabla de texto

Rejilla Cálculo	: Principal en Z = -0.00 m : Iluminancia horizontal (lux)					
X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50
Y (m)						
38.09	21	21	22	21	22	23>
35.27	18	17	17	16	16	16
32.45	13	12	12	12	11	11
29.63	9	8	8	8	8	8
26.80	6	6	5	5	6	6
23.98	4	4	4	4	4	5
21.16	3	3	3	3	4	4
18.34	3	3<	3	3	4	4
15.52	4	4	4	4	4	5
12.70	6	6	5	5	6	6
9.87	9	8	8	8	8	8
7.05	13	12	12	12	11	11
4.23	18	17	17	16	16	16
1.41	21	21	22	21	22	23

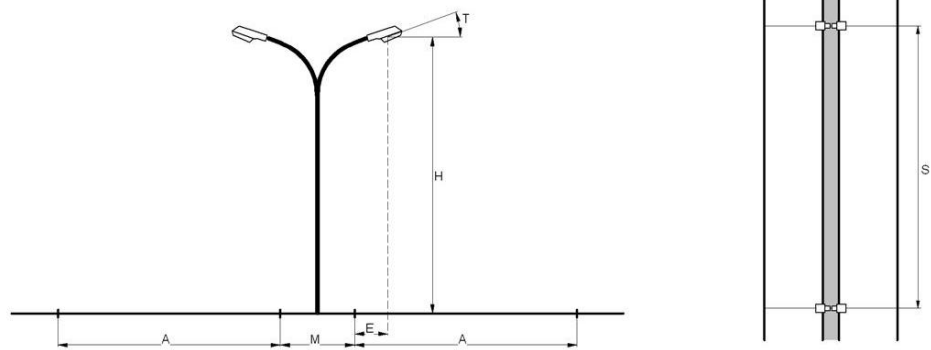
Illuminancia Curvas Iso

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
Cálculo : Iluminancia horizontal (lux)



ii. Resultados del Primer Ensayo: Parámetros de Iluminación modificando el alcance horizontal del pastoral (PS/1.5m/2.30m/1.5"Ø/15°)

Tipo de Luminaria : SPP186 GB
 Tipo de Lámpara : 1 * SON-TPP150W
 Flujo Lámpara : 17500 lumen
 Inclín90 (T) : 15.0 grad
 Tipo de rejilla : Luminancia CEN
 Factor Mantenimiento Proyecto : 0.60



Carretera : Carretera de Doble Calzada.
 Mediana (M) : 1,80 m.
 Altura Calzada (A) : 6,00 m.
 Número de Carriles : 2
 Tabla de Reflexión : CIE C2
 Qo de Tabla : 0,070
 Factor de Mantenimiento : 0,60
 Instalación : Central
 Altura (H) : 9,05 m.
 Separación (S) : 39,50 m.
 Saliente (E) : 1,00 m.

Luminancia

Media = 0,83 cd/m²
 Mínima = 0,45 cd/m²
 Máxima = 1,22 cd/m²
 Mínima/Máxima = 0,37
 Mínima/Media = 0,54
 U1 = 0,52

Iluminancia

Media = 12,60 Lux.
 Mínima = 3,90 Lux.
 Máxima = 28,40 Lux.
 Mínima/Máxima = 0,14
 Mínima/Media = 0,31

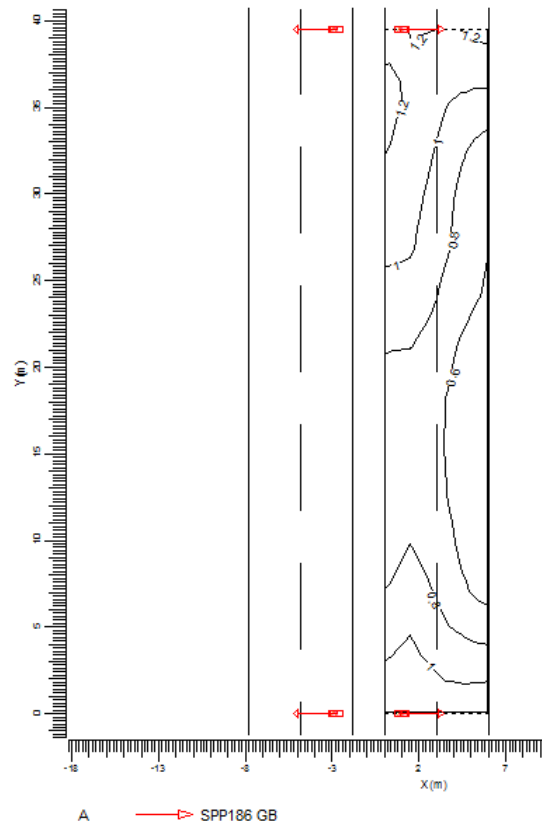
Luminancia Tabla de resultados

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m²)
 Tipo Calzada : CIE C2 con Q0 = 0.070

X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50
Y (m)						
38.09	1.19	1.20	1.17	1.13	1.12	1.14
35.27	1.22>	1.18	1.09	1.01	0.97	0.94
32.45	1.19	1.13	1.04	0.93	0.82	0.73
29.63	1.12	1.06	0.97	0.85	0.75	0.66
26.80	1.04	1.02	0.93	0.82	0.73	0.65
23.98	0.90	0.91	0.85	0.75	0.67	0.60
21.16	0.81	0.80	0.75	0.65	0.57	0.50
18.34	0.74	0.74	0.69	0.61	0.52	0.45
15.52	0.70	0.72	0.68	0.59	0.50	0.45<
12.70	0.70	0.75	0.70	0.61	0.51	0.46
9.87	0.73	0.80	0.74	0.66	0.56	0.50
7.05	0.83	0.89	0.83	0.73	0.63	0.56
4.23	0.97	1.01	0.93	0.86	0.82	0.78
1.41	1.09	1.12	1.09	1.03	1.02	1.04

Luminancia Curvas Iso

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m²)
 Tipo Calzada : CIE C2 con Q0 = 0.070

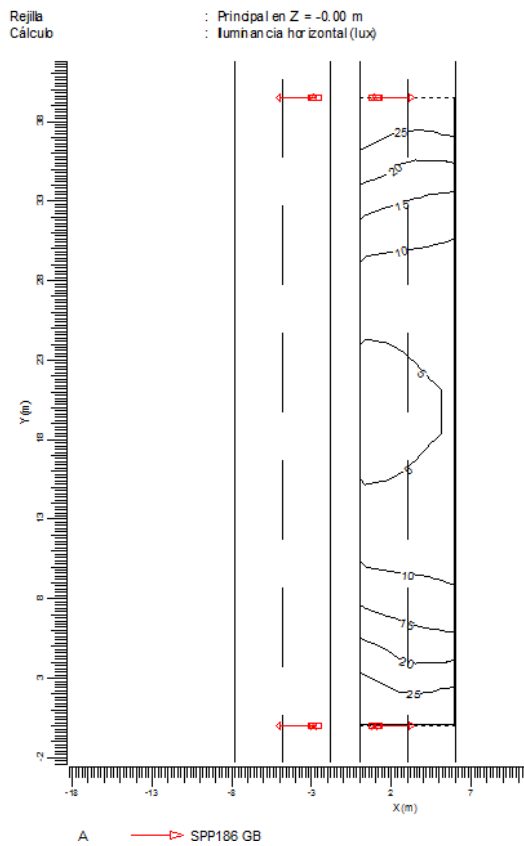


Illuminancia Tabla de resultados

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
Cálculo : Iluminancia horizontal (lux)

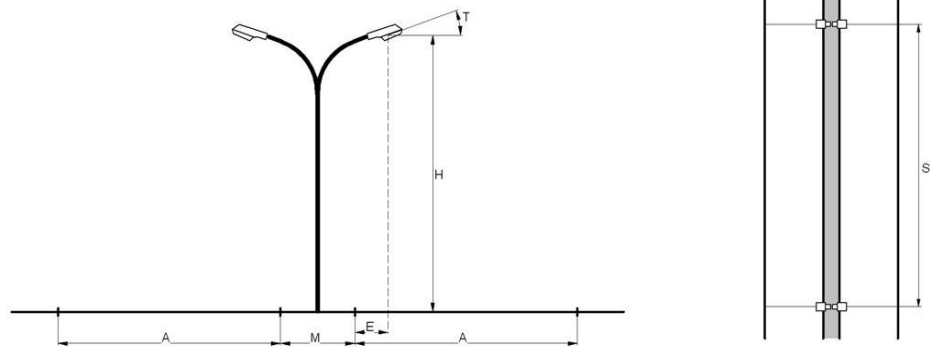
X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50
Y (m)	28>	27	27	27	27	28
35.27	23	22	20	19	19	19
32.45	16	15	14	14	13	12
29.63	10	10	10	9	9	9
26.80	7	7	7	7	7	7
23.98	5	5	5	5	6	6
21.16	4	4	4	4	5	5
18.34	4<	4	4	4	5	5
15.52	5	5	5	5	6	6
12.70	7	7	7	7	7	7
9.87	10	10	10	9	9	9
7.05	16	15	14	14	13	12
4.23	23	22	20	19	19	19
1.41	28	27	27	27	27	28

Illuminancia Curvas Iso



iii. Resultados del Segundo Ensayo: Parámetros de Iluminación modificando el alcance horizontal del pastoral y el ángulo de inclinación (PS/1.5m/2.30m/1.5"Ø/10°)

Tipo de Luminaria : SPP186 GB
 Tipo de Lámpara : 1 * SON-TPP150W
 Flujo Lámpara : 17500 lumen
 Inclin90 (T) : 10.0 grad
 Tipo de rejilla : Luminancia CEN
 Factor Mantenimiento Proyecto : 0.60



Carretera : Carretera de Doble Calzada.
 Mediana (M) : 1,80 m.
 Altura Calzada (A) : 6,00 m.
 Número de Carriles : 2
 Tabla de Reflexión : CIE C2
 Qo de Tabla : 0,070
 Factor de Mantenimiento : 0,60
 Instalación : Central
 Altura (H) : 9,05 m.
 Separación (S) : 39,50 m.
 Saliente (E) : 1,00 m.

Luminancia

Media = 0,94 cd/m²
 Mínima = 0,49 cd/m²
 Máxima = 1,35 cd/m²
 Mínima/Máxima = 0,36
 Mínima/Media = 0,52
 U1 = 0,50

Iluminancia

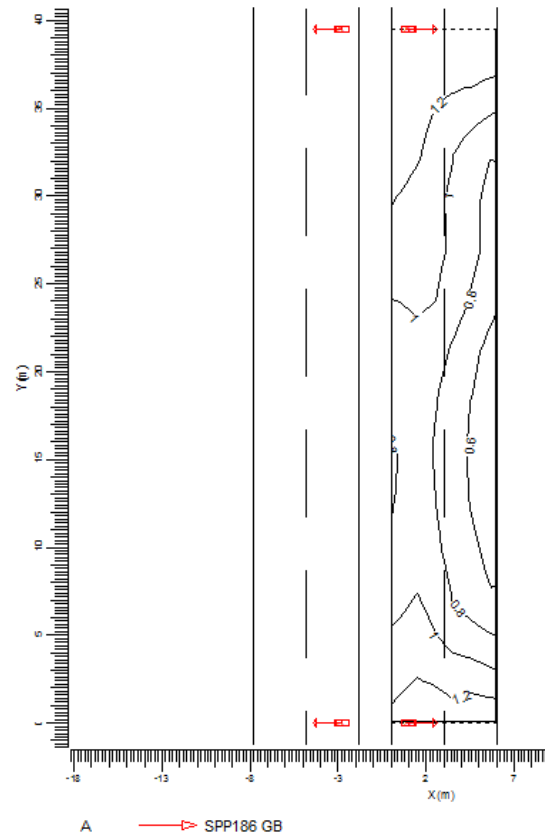
Media = 14,10 Lux.
 Mínima = 4,40 Lux.
 Máxima = 33,00 Lux.
 Mínima/Máxima = 0,13
 Mínima/Media = 0,31

Luminancia Tabla de resultados

Rejilla	: Principal en Z = -0.00 m						
Cálculo	: Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m ²)						
Tipo Calzada	: CIE C2 con Q0 = 0.070						
X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50	
Y (m)	38.09	1.31	1.34	1.34	1.32	1.35	1.33
	35.27	1.30	1.26	1.21	1.17	1.13	1.07
	32.45	1.27	1.23	1.13	1.01	0.91	0.82
	29.63	1.18	1.13	1.06	0.95	0.86	0.76
	26.80	1.12	1.10	1.04	0.97	0.86	0.74
	23.98	1.00	1.03	1.00	0.90	0.78	0.68
	21.16	0.90	0.94	0.88	0.77	0.66	0.55
	18.34	0.84	0.88	0.81	0.71	0.60	0.49
	15.52	0.81	0.85	0.79	0.69	0.58	0.50
	12.70	0.81	0.87	0.80	0.70	0.59	0.52
	9.87	0.85	0.91	0.84	0.73	0.64	0.57
	7.05	0.96	1.01	0.92	0.80	0.70	0.63
	4.23	1.08	1.13	1.05	0.98	0.95	0.89
	1.41	1.21	1.26	1.25	1.20	1.23	1.21

Luminancia Curvas Iso

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m²)
 Tipo Calzada : CIE C2 con Q0 = 0.070



Illuminancia

Tabla de resultados

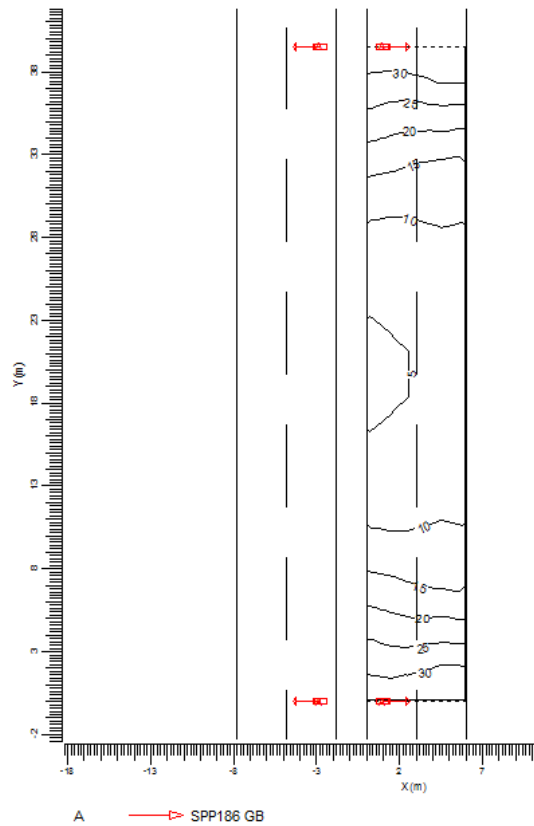
Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Iluminancia horizontal (lux)

X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50
Y (m)						
38.09	30	30	31	31	33	33
35.27	24	23	22	22	23	22
32.45	16	16	15	15	14	14
29.63	11	10	10	11	11	11
26.80	7	7	8	8	9	9
23.98	5	6	6	7	7	7
21.16	4	5	5	5	6	6
18.34	4	5	5	5	6	6
15.52	5	6	6	7	7	7
12.70	7	7	8	8	9	9
9.87	11	10	10	11	11	11
7.05	16	16	15	15	14	14
4.23	24	23	22	22	23	22
1.41	30	30	31	31	33	33

Illuminancia

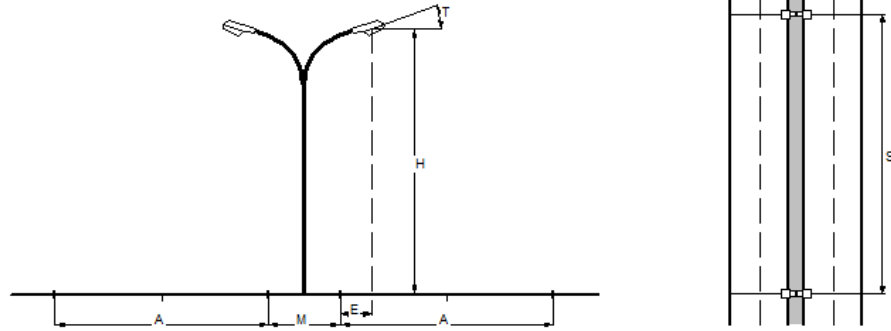
Curvas Iso

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Iluminancia horizontal (lux)



iv. Resultados del Tercer Ensayo: Parámetros de Iluminación modificando el alcance horizontal del pastoral, el ángulo de inclinación (PS/1.5m/2.30m/1.5"Ø/05°)

Tipo de Luminaria : SPP186 GB
 Tipo de Lámpara : 1 * SON-TPP150W
 Flujo Lámpara : 17500 lumen
 Inclin90 (T) : 5.0 grad
 Tipo de rejilla : Luminancia CEN
 Factor Mantenimiento Proyecto : 0.60



Carretera : Carretera de Doble Calzada.
 Mediana (M) : 1,80 m.
 Altura Calzada (A) : 6,00 m.
 Número de Carriles : 2
 Tabla de Reflexión : CIE C2
 Qo de Tabla : 0,070
 Factor de Mantenimiento : 0,60
 Instalación : Central
 Altura (H) : 9,05 m.
 Separación (S) : 39,50 m.
 Saliente (E) : 1,00 m.

Luminancia

Media = 1,00 cd/m²
 Mínima = 0,53 cd/m²
 Máxima = 1,57 cd/m²
 Mínima/Máxima = 0,34
 Mínima/Media = 0,51
 UI = 0,47

Iluminancia

Media = 15,70 Lux.
 Mínima = 5,00 Lux.
 Máxima = 38,50 Lux.
 Mínima/Máxima = 0,13
 Mínima/Media = 0,32

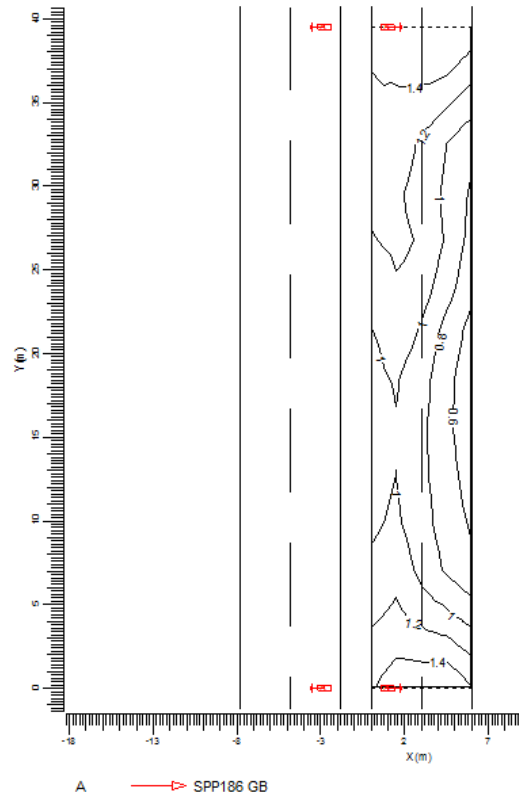
Luminancia Tabla de resultados

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m²)
 Tipo Calzada : CIE C2 con Q0 = 0.070

X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50
Y (m)						
38.09	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.4
35.27	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
32.45	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
29.63	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.8
26.80	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	0.8
23.98	1.1	1.2	1.2	1.0	0.9	0.7
21.16	1.0	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6
18.34	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.5
15.52	0.9	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5
12.70	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
9.87	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
7.05	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7
4.23	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
1.41	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3

Luminancia Curvas Iso

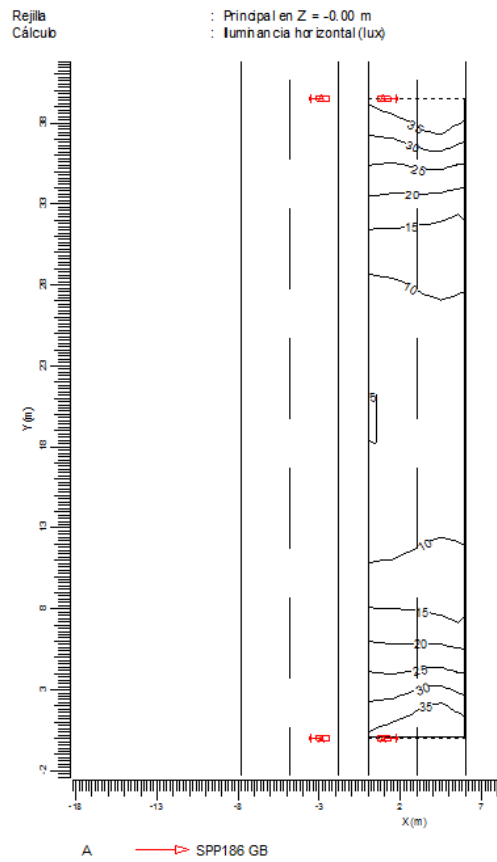
Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m²)
 Tipo Calzada : CIE C2 con Q0 = 0.070



Illuminancia Tabla de resultados

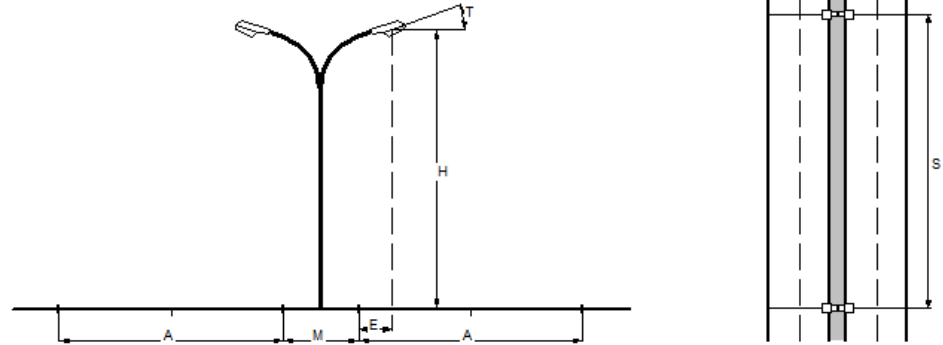
Rejilla Cálculo	: Principal en Z = -0.00 m : Iluminancia horizontal (lux)						
X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50	
Y (m)	38.09	33	34	35	38	39	36
	35.27	25	24	25	26	25	24
	32.45	17	17	17	16	16	15
	29.63	11	11	11	12	12	12
	26.80	8	8	9	10	10	10
	23.98	6	6	7	8	8	8
	21.16	5	5	6	6	6	6
	18.34	5	5	6	6	6	6
	15.52	6	6	7	8	8	8
	12.70	8	8	9	10	10	10
	9.87	11	11	11	12	12	12
	7.05	17	17	17	16	16	15
	4.23	25	24	25	26	25	24
	1.41	33	34	35	38	39	36

Illuminancia Curvas Iso



v. Resultados del Cuarto Ensayo: Parámetros de Iluminación modificando el alcance horizontal del pastoral, el ángulo de inclinación (PS/1.5m/2.30m/1.5"Ø/0°)

Tipo de Luminaria : SPP 186 GB
 Tipo de Lámpara : 1 * SON-TPP 150W
 Flujo Lámpara : 17500 lumen
 Inclin90 (T) : 0.0 grad
 Tipo de rejilla : Luminancia CEN
 Factor Mantenimiento Proyecto : 0.60



Carretera : Carretera de Doble Calzada.
 Mediana (M) : 1,80 m.
 Altura Calzada (A) : 6,00 m.
 Número de Carriles : 2
 Tabla de Reflexión : CIE C2
 Qo de Tabla : 0,070
 Factor de Mantenimiento : 0,60
 Instalación : Central
 Altura (H) : 9,05 m.
 Separación (S) : 39,50 m.
 Saliente (E) : 1,00 m.

Luminancia

Media = 1,16 cd/m²
 Mínima = 0,55 cd/m²
 Máxima = 1,80 cd/m²
 Mínima/Máxima = 0,31
 Mínima/Media = 0,48
 UI = 0,47

Iluminancia

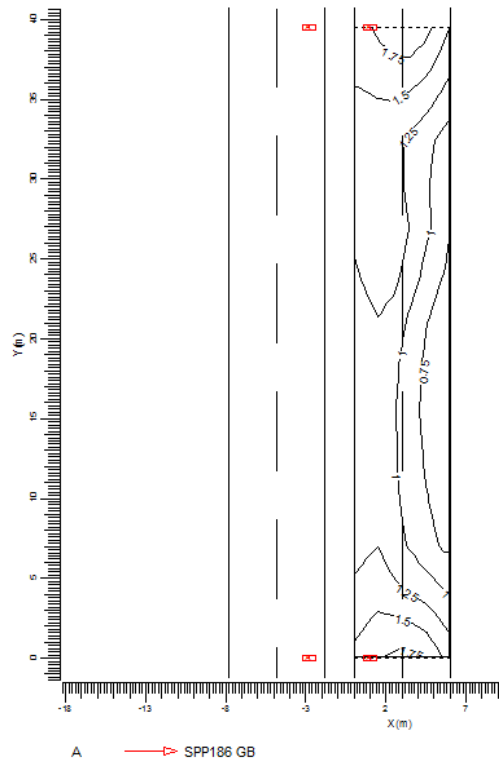
Media = 17,20 Lux.
 Mínima = 5,70 Lux.
 Máxima = 43,60 Lux.
 Mínima/Máxima = 0,13
 Mínima/Media = 0,33

Luminancia Tabla de resultados

Rejilla	: Principal en Z = -0.00 m					
Cálculo	: Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m ²)					
Tipo Calzada	: CIE C2 con Q0 = 0.070					
X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50
Y (m)						
38.09	1.6	1.7	1.8	1.8	1.7	1.5
35.27	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2
32.45	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9
29.63	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	0.9
26.80	1.3	1.4	1.4	1.2	1.1	0.9
23.98	1.3	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8
21.16	1.2	1.2	1.2	0.9	0.8	0.6
18.34	1.1	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6
15.52	1.1	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6
12.70	1.1	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6
9.87	1.1	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7
7.05	1.2	1.2	1.1	1.0	0.8	0.7
4.23	1.3	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
1.41	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3

Luminancia Curvas Iso

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
 Cálculo : Luminancia hacia Observador CEN (O1) (1.50, -60.00, 1.50) (cd/m²)
 Tipo Calzada : CIE C2 con Q0 = 0.070



Illuminance

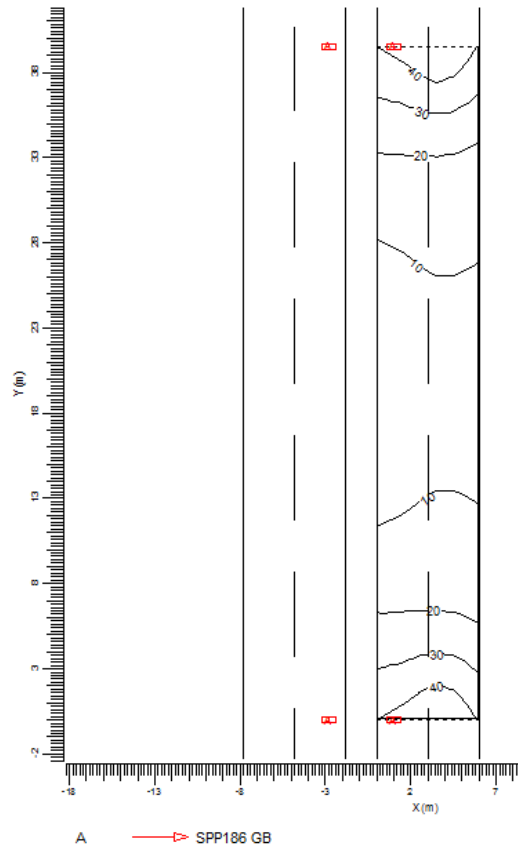
Table of results

Rejilla Cálculo	: Principal en Z = -0.00 m : Iluminancia horizontal (lux)					
X (m)	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50
38.09	36	38	41	44>	42	37
35.27	26	26	28	28	28	26
32.45	18	18	18	18	17	16
29.63	12	12	13	13	13	12
26.80	9	9	10	11	11	10
23.98	7	7	8	8	8	8
21.16	6	6	7	7	7	7
18.34	6<	6	7	7	7	7
15.52	7	7	8	8	8	8
12.70	9	9	10	11	11	10
9.87	12	12	13	13	13	12
7.05	18	18	18	18	17	16
4.23	26	26	28	28	28	26
1.41	36	38	41	44	42	37

Illuminance

Curvas Iso

Rejilla : Principal en Z = -0.00 m
Cálculo : Iluminancia horizontal (lux)



ANEXO 2. TOMAS FOTOGRÁFICAS



Fotografica N°01: Izaje de postes de Alumbrado Público, Obra: “Suministro, Transporte, Montaje Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”



Fotografica N°02: Instalación de Subestaciones y Artefactos de Iluminación, Obra: “Suministro, Transporte, Montaje Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”



Fotografica N°03: Tomas fotograficas Obra Culminada: “Suministro, Transporte, Montaje Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”



Fotografica N°04: Pruebas de Iluminación, Obra: “Suministro, Transporte, Montaje Pruebas y Puesta en Servicio de la Obra Alumbrado Público Vía enlace Distritos de Laredo y El Porvenir”

ANEXO 3. LÁMINAS Y PLANOS DE PROYECTO.