

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERIA EN ENERGIA**



**“ANÁLISIS DE INDICADORES DE CALIDAD Y  
RENDIMIENTO DE ILUMINACIÓN CON DIALUX  
EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO CON  
TECNOLOGÍA LED PARA LA CIUDAD DE  
CHIMBOTE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGIA**

**AUTORES:**

BACH. LIONEL STEV DOMINIK LUJAN MONTOYA

BACH. OSCAR ESCOBAR GIL

**ASESOR:**

ING. JULIO ESCATE RAVELLO

**NUEVO CHIMBOTE – PERU**

**FEBRERO 2017**

## INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
DEDIDACATORIA.....	3
I. INTRODUCCION.....	5
1.1 Realidad Problemática.....	6
1.2 Formulación del problema. ....	6
1.3 Importancia y Justificación del estudio. ....	6
1.4 Formulación de la hipótesis.....	6
1.5 Objetivos.....	7
1.6 Lugar donde se realiza el proyecto. ....	7
II. FUNDAMENTO TEORICO.....	8
2.1 SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO.....	8
2.1.1 Descripción del Servicio.....	8
2.1.2 Conceptos Básicos de Iluminación.....	9
2.1.3 Indicadores de Calidad y Rendimiento de Iluminación AP.....	14
2.1.4 Niveles de Iluminación Recomendados.....	15
2.1.4.1 Tipos de Alumbrado.....	15
2.1.4.2 Estándares de Alumbrado Público.....	17
2.1.5 Disposición de las Luminarias.....	19
2.1.6 Definición del Equipo AP.....	20
2.1.7 Elección del Tipo de Luminaria.....	21
2.1.8 Características Geométricas de la Instalación.....	22
2.2 ALUMBRADO PUBLICO CON TECNOLOGIA LED.....	24
2.2.1. Fundamentos de la Tecnología LED.....	24
2.2.2. Características de los LED.....	25
2.2.3. Ventajas de los LED.....	26
2.2.4. Sistema de alumbrado LED.....	27
2.2.5. Luminarias de alumbrado LED.....	30

2.3	ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL ALUMBRADO PUBLICO DE LA AV. JOSÉ PARDO.....	31
2.3.1	Postes.....	31
2.3.2	Pastorales.....	32
2.3.3	Luminarias.....	33
2.3.4	Lámparas.....	36
2.4	ANALISIS ECONOMICO EN PROYECTOS DE INGENIERA.....	38
2.4.1	Valor actual neto (VAN) .....	38
2.4.2	Tasa interna de retorno (TIR). .....	39
2.4.3	Periodo de recuperación de inversión (NPER).....	40
III.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	41
3.1	MÉTODO (S) DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.2	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41
3.5	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS E INFORMANTES O FUENTES PARA OBTENER LOS DATOS.....	42
3.6	TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	42
3.7	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	42
IV.	CALCULOS Y RESULTADOS.....	43
4.1	CÁLCULOS Y MEDICIONES DE CALIDAD AP UTILIZANDO LUMINARIASVSAP EXISTENTES.....	43
4.1.1	Elaboración del plano del sistema AP existente de la AV. José Pardo.....	43
4.1.2	Disposición de las luminarias en la vía.....	44
4.1.3	Tipos de Alumbrado.....	45
4.1.4	Estándares de Calidad del AP.....	46
4.1.5	Mediciones de Calidad de AP utilizando luminarias VSAP existentes....	47
4.1.6	Cálculo de la Máxima Demanda AP.....	50

4.2 CÁLCULOS DE CALIDAD AP UTILIZANDO LUMINARIAS LED PROYECTADAS.....	52
4.2.1 Elaboración del nuevo plano del sistema AP con luminarias LED.....	52
4.2.2 Consideraciones para la instalación de luminarias LED.....	52
4.2.3 Disposición de las luminarias en la vía.....	54
4.2.4 Tipos de alumbrado y estándares de calidad AP.....	54
4.2.5 Cálculos de calidad AP utilizando luminarias LED.....	55
4.2.6 Cálculo de la Máxima demanda AP.....	71
4.3 ANALISIS DE LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO DE ILUMINACION UTILIZANDO LUMINARIAS VSAP Y LED EN LA AV. JOSE PARDO.....	73
4.3.1 Luminancia Media.....	74
4.3.2 Iluminancia Media.....	74
4.3.3 Uniformidad Media.....	76
4.3.4 Rendimiento Lumínico.....	77
4.3.5 Eficiencia Energética.....	78
4.4 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA Y ECONOMICO OBTENIDO POR LA UTILIZACION DE LAS LUMINARIAS LED.....	79
4.4.1 Determinación del consumo y costo de energía eléctrica utilizando luminarias con vapor de sodio existentes.....	79
4.4.2 Determinación del consumo y costo de energía eléctrica utilizando luminarias con tecnología LED proyectadas.....	81
4.4.3 Calculo del ahorro en consumo y costo de energía eléctrica utilizando luminarias con tecnología LED proyectadas.....	83
4.5 ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DEL SISTEMA AP CON LUMINARIAS VSAP Y LUMINARIAS LED.....	86
4.5.1 Costo de las Instalaciones AP en la Av. José Pardo.....	86
4.5.2 Costo de Operación y Mantenimiento del Sistema AP en la Av. José Pardo.....	88

4.5.3 Análisis de Ingeniería Económica (VAN-TIR-NPER).....	90
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
VI. BIBLIOGRAFIA.....	97
VII. ANEXOS.....	98

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 01:</b> Alumbrado público con luminarias VSAP en la Av. José Pardo-Chimbote, Junio 2016.....	8
<b>Figura N° 03:</b> Sistema de Coordenadas C - $\gamma$ .....	12
<b>Figura N° 07:</b> Curvas Isolux de una luminaria.....	13
<b>Figura N° 08:</b> Disposición de luminarias en vías con única calzada.....	19
<b>Figura N° 09:</b> Disposición de luminarias en vías con dos o más calzadas.....	20
<b>Figura N° 10:</b> Corte transversal de un LED.....	24
<b>Figura N° 11:</b> Principio de emisión de luz de un LED.....	25
<b>Figura N° 12:</b> Luminaria LED para alumbrado exterior.....	30
<b>Figura N° 13:</b> Luminaria LED para alumbrado interior.....	30
<b>Figura N° 14:</b> Luminarias LED Roadfocus de PHILIPS.....	34
<b>Figura N° 15:</b> Dimensiones luminarias LED Roadfocus Medium y Large.....	35
<b>Figura N° 16:</b> Lámparas de vapor de sodio de alta presión SON-T.....	36
<b>Figura N° 17:</b> Módulos LED LUXEON-T 215W96LED4K-T.....	37
<b>Figura N° 18:</b> VAN vs tasa de interés.....	39
<b>Figura N° 19:</b> Subestaciones que conforman el AP de la Av. José Pardo.....	43
<b>Figura N° 26:</b> Insertar al proyecto el archivo fotométrico (.ies).....	56
<b>Figura N° 27:</b> Dimensiones de la luminaria escogida.....	56
<b>Figura N° 28:</b> Agregar un camino peatonal al proyecto.....	57
<b>Figura N° 36:</b> Insertar un nuevo recuadro de evaluación en el proyecto.....	58
<b>Figura N° 37:</b> Agregar luminarias a la arquitectura del proyecto.....	59
<b>Figura N° 38:</b> Disposición de las luminarias en la vía.....	59
<b>Figura N° 39:</b> Disposición de mástiles en la vía.....	60
<b>Figura N° 40:</b> Dimensiones del brazo del mástil en la vía.....	60
<b>Figura N° 41:</b> Opciones de vista del proyecto.....	61
<b>Figura N° 43:</b> Opciones de Output en el proyecto.....	61
<b>Figura N° 44:</b> Opciones de Rendering en 3D.....	62
<b>Figura N° 45:</b> Guardar output como archivo PDF.....	62
<b>Figura N° 46:</b> Gráfico de áreas del consumo de energía mensual utilizando luminarias VSAP vs. luminarias con tecnología LED.....	84
<b>Figura N° 47:</b> Gráfico de barras del costo y ahorro económico por el consumo de energía mensual, luminarias VSAP vs. luminarias LED.....	85

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla N°01:</b> Tipos de alumbrado según la clasificación vial.....	16
<b>Tabla N°02:</b> Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento.....	17
<b>Tabla N°03:</b> Uniformidad de luminancia.....	18
<b>Tabla N°04:</b> Uniformidad media de iluminancia.....	18
<b>Tabla N° 05:</b> Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje.....	19
<b>Tabla N° 06:</b> Tipos de LED.....	28
<b>Tabla N° 07:</b> Proceso de configuración del LED. ....	29
<b>Tabla N° 08:</b> Especificaciones técnicas de postes de CAC.....	31
<b>Tabla N° 09:</b> Especificaciones técnicas de postes de madera tratada.....	31
<b>Tabla N° 10:</b> Lámparas de vapor de sodio de alta presión SON-T y SON-T PLUS.....	36
<b>Tabla N° 11:</b> Módulos LED LUXEON-T.....	37
<b>Tabla N° 12:</b> Disposición de las Luminarias en las Vías Existentes.....	44
<b>Tabla N° 13:</b> Tipos de Alumbrado en las Vías Existentes.....	45
<b>Tabla N° 14:</b> Tipos de Calzada Existentes.....	46
<b>Tabla N° 15:</b> Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento seleccionados.....	46
<b>Tabla N° 16:</b> Uniformidad media de iluminancia seleccionados.....	47
<b>Tabla N° 17:</b> Mediciones de Calidad AP en la Av. José Pardo - Luminarias VSAP Existentes.....	48
<b>Tabla N° 18:</b> Eficiencia Energetica del AP en la Av. José Pardo - Luminarias VSAP Existentes.....	49
<b>Tabla N° 19:</b> Cuadro de Cargas N°01, con luminarias VSAP, SAB CH0016.....	50
<b>Tabla N° 20:</b> Cuadro de Cargas N°02, con luminarias VSAP, SAB CH0950.....	50
<b>Tabla N° 21:</b> Cuadro de Cargas N°03, con luminarias VSAP, SAM CH0027.....	50
<b>Tabla N° 22:</b> Cuadro de Cargas Total N°04, utilizando luminarias VSAP.....	51
<b>Tabla N° 23:</b> Porcentaje de Luminarias LED a instalar.....	52
<b>Tabla N° 24:</b> Niveles de iluminación en la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas.....	67
<b>Tabla N° 25:</b> Rendimiento de iluminación en AP de la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas.....	68

<b>Tabla N° 26:</b> Niveles de iluminación en la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas.....	69
<b>Tabla N° 27:</b> Rendimiento de iluminación en AP de la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas.....	70
<b>Tabla N° 28:</b> Cuadro de Cargas N°05, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0016.....	71
<b>Tabla N° 29:</b> Cuadro de Cargas N°06, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0950.....	71
<b>Tabla N° 30:</b> Cuadro de Cargas N°07, con luminarias VSAP y LED, SAM CH0027.....	71
<b>Tabla N° 31:</b> Cuadro de Cargas Total N°08, con lumin. VSAP y LED.....	72
<b>Tabla N° 32:</b> Niveles de luminancia media obtenidos en las calzadas 1 y 2.....	74
<b>Tabla N° 33:</b> Niveles de iluminancia media en las calzadas 1 y 2.....	75
<b>Tabla N° 34:</b> Niveles de iluminancia media en las aceras y en la berma central.....	75
<b>Tabla N° 35:</b> Uniformidad media de las aceras de la Av. José Pardo.....	76
<b>Tabla N° 36:</b> Rendimiento lumínico de las luminarias VSAP y LED.....	77
<b>Tabla N° 37:</b> Eficiencia Energética AP utilizando luminarias VSAP y LED.....	78
<b>Tabla N° 38:</b> Consumo y costo de energía con luminarias VSAP, SAB CH0016.....	79
<b>Tabla N° 39:</b> Consumo y costo de energía, con luminarias VSAP, SAB CH0950.....	79
<b>Tabla N° 40:</b> Consumo y costo de energía, con luminarias VSAP, SAM CH0027.....	80
<b>Tabla N° 41:</b> Consumo y costo de energía total, con luminarias VSAP.....	80
<b>Tabla N° 42:</b> Consumo y costo de energía eléctrica, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0016.....	81
<b>Tabla N° 43:</b> Consumo y costo de energía eléctrica, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0950.....	81
<b>Tabla N° 44:</b> Consumo y costo de energía eléctrica, utilizando luminarias LED, SAM CH0027.....	82
<b>Tabla N° 45:</b> Consumo y costo de energía eléctrica total, utilizando luminarias LED, todas las subestaciones.....	82

<b>Tabla N° 46:</b> Ahorro en consumo y costo de energía eléctrica, utilizando luminarias LED.....	83
<b>Tabla N° 47:</b> Costo de las luminarias VSAP existentes del AP de la AV. José Pardo.....	86
<b>Tabla N° 48:</b> Costo de las luminarias LED proyectadas para la AV. José Pardo.....	87
<b>Tabla N° 49:</b> Comparativo de precios de las luminarias VSAP y LED.....	87
<b>Tabla N° 50:</b> Costo de Mantenimiento con luminarias VSAP - AV. José Pardo.....	88
<b>Tabla N° 51:</b> Costo de Mantenimiento luminarias VSAP y LED – AV. José Pardo.....	89
<b>Tabla N° 52:</b> Ahorro en el costo de mantenimiento con luminarias LED.....	89
<b>Tabla N° 53:</b> Vida Útil de las luminarias LED vs. VSAP.....	90
<b>Tabla N° 54:</b> Flujo de caja neto, AP con luminarias VSAP.....	90
<b>Tabla N° 55:</b> Flujo de caja neto, AP con luminarias LED.....	91
<b>Tabla N° 56:</b> Flujo de caja neto incremental, AP con luminarias VSAP vs. LED.....	92

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se buscó determinar si se obtendría una mejora de los indicadores de calidad y rendimiento de iluminación en el sistema de alumbrado público de la ciudad de Chimbote, debido al uso de luminarias LED en reemplazo de las luminarias existentes de vapor de sodio de alta presión en la Av. José Pardo.

Para este estudio se consideraron 3 SEDs donde se proponen instalar 60 luminarias LED en reemplazo de las luminarias existentes vapor de sodio de alta presión, para mejorar la iluminación de la Av. José Pardo y a su vez ahorrar energía.

Se determinaron los niveles de iluminación respectivos para las luminarias LED proyectadas, manteniendo la actual disposición de luminarias; bilateral pareada en berma central con doble brazo y para una disposición proyectada de luminarias; combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas en la Av. José Pardo. Identificando que las luminarias marca PHILIPS, modelo ROADFOCUS LARGE de 215W y ROADFOCUS MEDIUM de 108W eran las luminarias que presentaban mejores características y resultados para esta vía en lo que se refiere a luminancia, iluminancia y uniformidad media como recomienda la norma técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

De los indicadores de calidad de iluminación para las luminarias LED propuestas para la Av. José Pardo, se concluyó que la actual disposición de luminarias es la más óptima para esta vía, donde se podría alcanzar una mejora de la luminancia media en las calzadas 1 y 2 de 23.2% y 24.0% respectivamente. La iluminancia media en las calzadas 1 y 2 podrían mejorar hasta un 30.7%, en las aceras 1 y 2 podrían mejorar hasta un 47.4% y 48.7% respectivamente y en la berma central podrían mejorar hasta un 47.1%. La uniformidad media en las calzadas 1 y 2 también podrían mejorar hasta un 29.9% y 29.0% respectivamente. De los indicadores de rendimiento de iluminación AP con luminarias LED, en el rendimiento lumínico no se obtendría ninguna mejora y en la eficiencia energética se podría lograr una mejora en las calzadas 1 y 2 de hasta un 52%. Todos estos resultados fueron obtenidos mediante el uso del software de iluminación DIALUX, de la empresa PHILIPS.

## **ABSTRACT**

The present research project sought to determine if there would be an improvement in the indicators of quality and performance of lighting in the public lighting system of the city of Chimbote due to the use of LED luminaires replacing existing luminaires of steam High pressure sodium in Av. José Pardo.

For this study, 3 SEDs were considered where it is proposed to install 60 LED luminaires replacing the existing high pressure sodium vapor lamps, to improve the lighting of the José Pardo Avenue and, in turn, save energy.

The respective lighting levels for the projected LED luminaires were determined, maintaining the current arrangement of luminaires; Bilateral paired in central double-arm berm and for a projected arrangement of luminaires; Bilateral paired combination in central and unilateral berm in differentiated roadways in Av. José Pardo. Identifying that the PHILIPS brand luminaires, ROADFOCUS LARGE model of 215W and ROADFOCUS MEDIUM of 108W were the luminaires that presented better characteristics and results for this way in terms of luminance, illuminance and average uniformity as recommended by the technical norm DGE "Public Ways in Distribution Concession Zones".

From the lighting quality indicators for LED luminaires proposed for Av. José Pardo, it was concluded that the current arrangement of luminaires is the most optimum for this route, where an improvement of the average luminance could be achieved in lanes 1 and 2 of 23.2% and 24.0%, respectively. The average illuminance on lanes 1 and 2 could improve up to 30.7%, on sidewalks 1 and 2 could improve up to 47.4% and 48.7% respectively and in the central berm could improve up to 47.1%. The average uniformity in roadways 1 and 2 could also improve to 29.9% and 29.0%, respectively. AP performance indicators with LED luminaires, light performance would not get any improvement and energy efficiency could improve roadways 1 and 2 by up to 52%.

All these results were obtained through the use of DIALUX lighting software from PHILIPS.

## **DEDICATORIA**

... A ti señor JEHOVA que siempre guías mi camino y me llenas de bendiciones con una vida privilegiada, una maravillosa familia y grandes amigos.

A mis padres Lionel Lujan Ramos y Doriany Montoya Ramos, quienes siempre estuvieron conmigo, y han puesto todas sus energías, esperanzas y sueños en mí. Gracias por la vida, los consejos y convertirme en un hombre de bien, espero de corazón poder retribuirles todo el esfuerzo y sacrificios invertidos.

A todos mis maestros y personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

*Lionel Stev Dominik Luján Montoya*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Augustina Gil Capurro y Oscar Escobar Carbajal, por todo lo que me han dado, enseñarme el buen camino, a ser mejor persona y valorar mucho la vida, gracias por estar en todo momento conmigo.

Al Ingeniero Julio Escate Ravello por su apoyo y asesoría en esta tesis, por su amistad y los consejos brindados a lo largo de estos 5 años en la universidad.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo de investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

*Oscar Escobar Gil*

## **I. INTRODUCCION**

La implementación de luminarias con tecnología LED en el alumbrado público de las ciudades; ha sido una experiencia muy positiva en muchos países desarrollados. El aspecto más relevante de estas luminarias radica en la eficacia luminosa; con la que se consigue una luz de mayor calidad con menor energía, así como su prolongada vida útil de hasta 100 000 horas. Si bien su costo de inversión es más alto que las luminarias convencionales, sin embargo los costos de operación y mantenimiento son mucho más bajos, así como menos contaminantes y amigables con el ambiente.

Recorriendo de noche el casco urbano de nuestra ciudad de Chimbote, se puede observar que existen varias vías principales que tienen bajos niveles de iluminación en su alumbrado público con luminarias de vapor de sodio de alta presión, en los cuales se presentan zonas mucho más iluminadas que otras para una misma vía, y son esos lugares poco iluminados de noche que favorecen la delincuencia y dificultan la visibilidad de los conductores para distinguir de lejos a los transeúntes que atraviesan las vías de forma intempestiva.

En este contexto, una solución para mejorar la iluminación en el alumbrado público y ahorrar energía es el cambio de tecnología pasando de usar luminarias de vapor de sodio de alta presión a luminarias con tecnología LED, las cuales son de mayor eficiencia, mejor iluminación y menor potencia.

En este estudio se buscará determinar si podríamos mejorar los niveles de iluminación y la eficiencia energética del alumbrado público en la Av. José Pardo de la ciudad de Chimbote, haciendo uso de luminarias con tecnología LED manteniendo la actual disposición de luminarias en vía y para una nueva disposición propuesta. Se determinaran los indicadores de calidad y rendimiento de iluminación para las luminarias LED con el software de cálculo DIALUX 4.12 de la empresa Philips y se compararan con las mediciones reales del alumbrado público proporcionadas por la concesionaria HIDRANDINA S.A.

## **1.1 Realidad Problemática**

El empleo más común que se le da a la energía es la iluminación, ya que, ocupa el 19% del consumo de la electricidad mundial. Actualmente, la baja eficiencia en las instalaciones de alumbrado público con luminarias de vapor de sodio y el malgaste de la iluminación hacen evidente la necesidad de introducir mejoras en este sector.

El alumbrado público en el Perú se compone principalmente de luminarias de vapor de sodio de alta presión, con una tecnología realmente barata pero que consume mucha energía, así mismo también hay que considerar los elevados costos de operación y mantenimiento de estas luminarias. Lo que se busca en la actualidad es implementar tecnologías nuevas en el alumbrado público que nos permitan mejorar los niveles de iluminación y la eficiencia energética de nuestras instalaciones para mejorar la calidad de vida nocturna de los conductores y peatones que transiten por las vías y demás espacios públicos.

## **1.2 Formulación del problema.**

*¿Existe una mejora de los indicadores de calidad y rendimiento de iluminación en el sistema de alumbrado público de la ciudad de Chimbote mediante el uso de luminarias con tecnología LED?*

## **1.3 Importancia y Justificación del estudio.**

La utilización de luminarias con tecnología LED en el alumbrado público es una forma de iluminación que supera ampliamente a las convencionales, está comprobado que con ese tipo de tecnologías se pueden mejorar los niveles de iluminación de las vías y ahorrar entre el 15 y 85% del consumo normal de energía eléctrica que con las tecnologías convencionales, y haciendo hincapié en el ahorro económico en la facturación de energía que supone la utilización de esta tecnología en el Perú en vez de las convencionales para el alumbrado público, sin duda son más los beneficios que las desventajas apostando por estos tipos de luminarias ,siguiendo así el ejemplo de los países europeos en lo que es eficiencia energética.

## **1.4 Formulación de la hipótesis.**

Mediante el uso de luminarias con tecnología LED en el alumbrado público de la ciudad de Chimbote se podrían mejorar los indicadores de calidad y rendimiento de iluminación en 30% y en 40% respectivamente.

## **1.5 Objetivos**

### **Objetivo General:**

Determinar los indicadores de calidad y rendimiento de iluminación con DIALUX que se alcanzaría por el uso de luminarias con tecnología LED en el alumbrado público de la ciudad de Chimbote.

### **Objetivos Específicos:**

- Determinar las luminarias con tecnología LED a utilizar, que cumplan con los niveles de iluminación especificados en la norma técnica de “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución” en en la Av. José Pardo de la ciudad de Chimbote.
- Determinar y comparar con DIALUX los niveles de iluminación y rendimiento AP para las luminarias con tecnología LED manteniendo la disposición existente de luminarias bilateral y para una disposición proyectada de luminarias unilateral en la Av. José Pardo de la ciudad de Chimbote.
- Determinar y comparar con DIALUX los niveles de iluminación y rendimiento AP para las luminarias VSAP existentes y las luminarias LED proyectadas, manteniendo la disposición actual de luminarias bilateral en la Av. José Pardo de la ciudad de Chimbote.
- Determinar los costos por consumo de energía eléctrica del alumbrado público para luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión (existentes) y para luminarias con tecnología LED (proyectadas) en la Av. José Pardo de la ciudad de Chimbote.
- Identificar las características técnicas y económicas de luminarias usando la tecnología actual y la tecnología LED en la Av. José Pardo de la ciudad de Chimbote.

## **1.6 Lugar donde se realiza el proyecto.**

Este proyecto de investigación se realizó en las cuadras 2, 3, 5, 6 y 7 de la Av. José Pardo, desde el jirón Sáenz Peña hasta la avenida José Gálvez y comprenden todas las instalaciones de alumbrado público que atraviesan estas vías.

## II. FUNDAMENTO TEORICO

### 2.1 SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO

#### 2.1.1 Descripción del Servicio AP

El Alumbrado Público es un servicio esencial y de utilidad pública que consiste en iluminar las vías, parques y plazas, con el objeto de garantizar el desarrollo normal de actividades de la localidad y ofrecer seguridad al tránsito peatonal y vehicular durante las noches; de esta manera se contribuye a mejorar la calidad de vida de la población.

En algunos países el alumbrado público es responsabilidad de las empresas concesionarias y se incluye en las tarifas. En otros es responsabilidad de la municipalidad, la cual se encarga de cobrarla en los arbitrios. En ambos casos, la calidad del alumbrado público está relacionada con los niveles de iluminación de acuerdo a la zona. En el Perú la norma técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, establece los niveles de iluminación mínimos que deben cumplir todas las instalaciones de alumbrado público.



*Figura N° 01: Alumbrado público con luminarias VSAP en la Av. José Pardo – Chimbote, Junio 2016.*

## 2.1.2 Conceptos Básicos de Iluminación

### ➤ Magnitudes y Unidades de Medida

#### a) Tensión (V)

Se conoce comúnmente como voltaje; su unidad de medida es el voltio (V).

El nivel de operación para sistemas de alumbrado público en el Perú es 220 V.

#### b) Potencia Eléctrica (P)

La potencia es la energía consumida por unidad de tiempo. Su unidad de medida es el vatio (W).

Los fabricantes proporcionan información de la potencia que consume cada bombilla mediante su valor en Vatios, por ejemplo, se consiguen en el mercado bombillas de vapor de sodio de alta intensidad de descarga (HID) de 70,150, 250, 400 y 1000 W.

#### c) Flujo luminoso o potencia luminosa ( $\Phi$ )

Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Por lo tanto es un factor que depende únicamente de las propiedades intrínsecas de la fuente. Su unidad es el lumen (lm).

Empíricamente se demuestra que a una radiación de 555 nm de 1 W de potencia emitida por un cuerpo negro le corresponde 683 lúmenes.

$$1\text{ watt- luz a } 555\text{nm} = 683\text{ lm}$$

**Flujo luminoso Símbolo:**  $\Phi$

**Unidad:** lumen (lm)

#### d) Iluminancia o Nivel de luz

Luz que llega a una superficie determinada. Su unidad, el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado ( $1\text{lx} = 1\text{lm} / \text{m}^2$ ).

Uno de los factores más importante es la iluminancia, ya que la mayoría de las normas técnicas industriales de iluminación definen las condiciones lumínicas de los puestos de trabajo determinando los niveles de iluminación en lux, según los requerimientos visuales que impliquen las tareas realizadas.

<b>Símbolo:</b>	<b><i>E</i></b>
<b>Iluminancia:</b>	<b><math>E = \Phi / S</math></b>
<b>Unidad:</b>	<b><math>1 \text{ lux (lx)} = 1 \text{ lumen/m}^2</math></b>

#### **e) Intensidad luminosa**

Flujo emitido en un ángulo y en una dirección. Se utiliza para expresar cómo se reparte la luz de una fuente en las distintas direcciones, ya que las fuentes luminosas normalmente no emiten el mismo flujo luminoso en todas las direcciones. La intensidad se mide en candelas (cd).

<b>Símbolo:</b>	<b><i>I</i></b>
<b>Unidad:</b>	<b><i>candela (cd)</i></b>

#### **f) Luminancia**

Flujo reflejado por los cuerpos, o el flujo emitido si un el objeto es una fuente de luz. Es el único concepto que mide realmente lo que nosotros vemos de la luz, ya que hace referencia a la claridad o brillo con que vemos las distintas superficies. La luminancia se mide en candelas por superficie (cd/m<sup>2</sup>).

<b>Símbolo:</b>	<b><i>L</i></b>
<b>Luminancia:</b>	<b><math>L = I / S</math></b>
<b>Unidad:</b>	<b><i>cd/m<sup>2</sup></i></b>

#### **g) Deslumbramiento**

Es una sensación producida, dentro del campo visual del observador, por una luminancia suficientemente mayor o menor que aquella a la cual los ojos se habían adaptado y que causa molestias, incomodidad o pérdida temporal de la visibilidad. En alumbrado público el deslumbramiento tiene dos componentes:

- El deslumbramiento molesto que produce falta de comodidad al observador durante la conducción a través de un área iluminada.
- El deslumbramiento incapacitivo que consiste en la disminución temporal de la capacidad del observador.

#### **h) Rendimiento Lumínico o Eficacia luminosa**

Expresa la relación que existe entre el flujo luminoso que emite una bombilla y la potencia eléctrica consumida. Su unidad de medida es el lumen por vatio (lm/W).

$$Eficacia = \frac{\text{Lumenes emitidos por la bombilla}}{\text{Potencia de la bombilla}}$$

### i) Eficiencia Energética del Alumbrado Público

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\varepsilon = \frac{S * Em}{P}$$

$\varepsilon$  = Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m<sup>2</sup>\*lux/W)

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

$S$  = Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

$Em$  = Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux)

### j) Temperatura de color

Las fuentes de luz pueden crear atmósferas cálidas o frías en su apariencia. La temperatura de color, expresada en grados Kelvin (°K), es una forma de describir esta tonalidad. Cuanto mayor sea la temperatura de color, la luz será más fría y azulosa.

### ➤ Gráficos y Diagramas

A continuación veremos los gráficos más habituales en luminotecnia:

- Diagrama polar o curva de distribución luminosa.
- Curvas isolux.

#### a) Diagrama Polar o Curvas de Distribución Luminosa

En estos gráficos la intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas (I, C,  $\gamma$ ). La primera de ellas I representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección.

El ángulo C nos dice en qué plano vertical estamos y  $\gamma$  mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria. En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba. Los valores de C utilizados en las

gráficas no se suelen indicar salvo para el alumbrado público. En este caso, los ángulos entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$  quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre  $180^\circ$  y  $360^\circ$  en la acera;  $90^\circ$  y  $270^\circ$  son perpendiculares al bordillo y caen respectivamente en la calzada y en la acera.

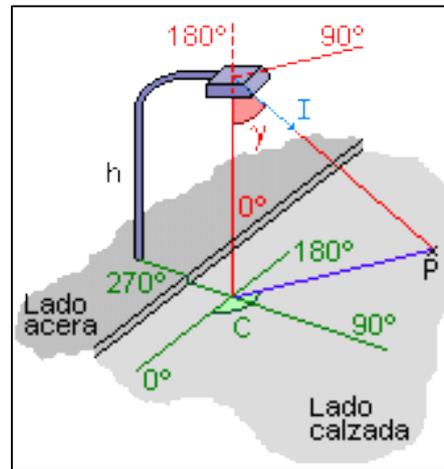


Figura N° 03: Sistema de Coordenadas C -  $\Psi$  .  
Fuente: García y Boix, 2004.

Con un sistema de tres coordenadas es fácil pensar que más que una representación plana tendríamos una tridimensional. De hecho esto es así y si representamos en el espacio todos los vectores de la intensidad luminosa en sus respectivas direcciones y uniéramos después sus extremos, obtendríamos un cuerpo llamado sólido fotométrico. Pero como trabajar en tres dimensiones es muy incómodo, se corta el sólido con planos verticales para diferentes valores de C (suelen ser uno, dos, tres o más dependiendo de las simetrías de la figura) y se reduce a la representación plana de las curvas más características.

En la curva de distribución luminosa, los radios representan el ángulo  $\Psi$  y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C, solo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a estos ( $C = 0^\circ$  y  $C = 90^\circ$ ) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad. Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de esta, los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso real de la lámpara por la lectura en el gráfico y dividirlo por 1000 lm.

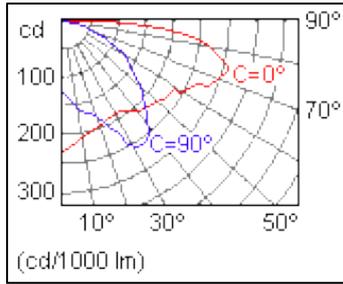


Figura N° 04: Curvas de distribución luminosa de una luminaria.  
Fuente: García y Boix, 2004.

$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} \cdot \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000}$$

### b) Curvas Isolux

Las curvas anteriormente vistas (diagramas polares e isocandelas) se obtienen a partir de características de la fuente luminosa, flujo o intensidad luminosa, y dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de esta.

Por el contrario, las curvas isolux hacen referencia a las iluminancias, flujo luminoso recibido por una superficie, datos que se obtienen experimentalmente o por cálculo a partir de la matriz de intensidades, usando la fórmula:

$$E_H = \frac{I(C, \gamma)}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma$$

Estos gráficos son muy útiles porque dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo y son utilizados especialmente en el alumbrado público.

Lo más habitual es expresar las curvas isolux en valores absolutos definidos para una lámpara de 1000 lm y una altura de montaje de 1m.

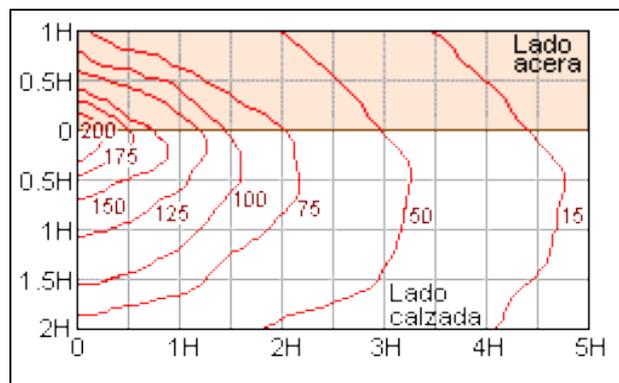


Figura N° 07: Curvas Isolux de una luminaria.

### 2.1.3 Indicadores de Calidad y Rendimiento de Iluminación AP

Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad y rendimiento de iluminación en el alumbrado público.

Teniendo en cuenta esto, podríamos definir los indicadores de alumbrado público como: el conjunto de herramientas que nos permiten conocer y comparar las instalaciones entre sí, además de facilitarnos de una manera fácil, fiable y factible su eficacia energética y el grado de cumplimiento normativo, sin menoscabo de la calidad lumínica.

Para los sistemas de alumbrado público, podemos dividir los indicadores en dos tipos: indicadores de la calidad del alumbrado e indicadores del rendimiento de las instalaciones.

✓ ***Indicadores de la calidad del alumbrado:***

Parámetros como la luminancia e iluminancia media, la uniformidad. Serán aquellos que nos permitirán evaluar la calidad de la iluminación del alumbrado público.

✓ ***Indicadores del rendimiento:***

Como el rendimiento lumínico y la eficiencia energética.

#### **Uniformidades**

La iluminación óptima, se obtiene cuando la uniformidad de las luminarias de la calzada, es tal que las condiciones de visión del conductor no se modifican según el punto examinado y cuando en condiciones normales de circulación, la visión no resulta molesta, debido a las alternancias de sombra y claridad.

Las uniformidades, tanto de luminancias como de iluminancias de las calzadas, son fundamentales para conseguir los efectos de silueta definidos anteriormente, quedando definidas según el caso de que se trate, en los siguientes términos:

- Uniformidad media de iluminación,  $U_m = E_{min}/E_{med}$
- Uniformidad general,  $U_g = E_{min}/E_{máx}$
- Uniformidad global de luminancia,  $U_o = L_{min}/L_{med}$

- Uniformidad longitudinal de luminancia,  $U_l = L_{min}/L_{máx}$  en el eje longitudinal de la calzada.
- Uniformidad transversal de luminancia,  $U_t = L_{min}/L_{máx}$  en el eje transversal de la calzada.
- Uniformidad extrema de luminancia,  $U_e = L_{min}/L_{máx}$  (casi no se utiliza).

#### **2.1.4 Niveles de Iluminación Recomendados**

En el Perú la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” establece las exigencias lumínicas mínimas que deben cumplir las instalaciones de alumbrado de vías públicas, según el tipo de alumbrado que se le asigne y su clasificación vial.

##### **2.1.4.1 Tipos de Alumbrado**

A cada vía pública le corresponde un tipo de alumbrado específico que determina su nivel mínimo de alumbrado.

##### **➤ Tipos de alumbrado en vías de tránsito vehicular motorizado.**

El Concesionario solicitará a la municipalidad respectiva la clasificación de las vías para luego asignar el tipo de alumbrado que le corresponde, según la Tabla N°01. Si la municipalidad no hubiese clasificado sus vías, el Concesionario coordinará con la municipalidad para efectuar tal clasificación tomando como referencia lo establecido en la Tabla N°01, y asignará el tipo de alumbrado que le corresponde. El mismo criterio anterior se emplea para las vías regionales y subregionales que atraviesan la zona urbana. La Autoridad dará conformidad a la clasificación

Los tipos de alumbrado se determinan de acuerdo al tipo de vía, bajo el criterio funcional conforme la Tabla N°01.

Tabla N°01: Tipos de alumbrado según la clasificación vial

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez - Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)	-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	-Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.	-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 1	II	Permite acceso a vías locales	-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.
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: MINEM - DGE, 2002.

En el caso de las vías regionales y subregionales, debe considerarse sólo el alumbrado en el tramo comprendido dentro de la zona urbana.

Para efectos de diseño, los proyectistas deberán tener presente la norma municipal vigente respecto al Sistema Vial Metropolitano.

Para proyectos en provincias, se deben considerar normas correspondientes. En todo caso, el proyectista deberá coordinar con el concesionario y la municipalidad respectiva la viabilidad de construcción, estipulados en dichos dispositivos municipales.

#### 2.1.4.2 Estándares de Alumbrado Público

Toda instalación de alumbrado público debe cumplir, como mínimo, con los niveles de alumbrado para tráfico motorizado, tráfico peatonal y áreas públicas recreacionales, desde la etapa de diseño como en el control de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, la fiscalización por parte de la Autoridad y reclamaciones que pudiera n realizar los usuarios.

##### ➤ **Requerimiento para el diseño y puesta en operación de nuevas instalaciones**

Para las nuevas instalaciones, así como para su diseño de iluminación, se consideran en la superficie de la vía, los niveles de luminancia, iluminancia e índices de control de deslumbramiento establecidos en la Tabla N°02, de acuerdo al tipo de alumbrado que corresponde a la vía, conforme al numeral 2.2.3.1. La identificación de los tipos de calzada se realizará de acuerdo a lo siguiente:

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

*Tabla N°02: Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento*

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco ( cd/m2)	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbram. ( G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
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: MINEM - DGE, 2002.*

En caso de vías exclusivamente peatonales, deberá considerarse un nivel de iluminancia media equivalente al tipo de alumbrado V.

**a. Uniformidades de luminancia e iluminancia**

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, se respetarán los valores que a continuación se señalan en las Tablas N°03 y N°04:

*Tabla N°03: Uniformidad de luminancia*

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

*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

*Tabla N°04: Uniformidad media de iluminancia*

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

*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

- b.** La iluminación de las veredas no deberá ser inferior al 20% de la iluminación medida de la calzada.
- c.** Los estándares de calidad fijados en las Tablas N°02, 03 y 04 deben verificarse en el momento de la puesta en operación comercial de las nuevas instalaciones de alumbrado de vías públicas.
- d.** El control de calidad que se exija en los asentamientos humanos (AAHH) que se encuentren en cerros y cuyas vías no están afirmadas, o sea dificultoso el desplazamiento de vehículos rodantes, o la calzada presente ondulaciones, solo será el parámetro iluminancia media para el tipo de vía que corresponde. Conforme vayan mejorando las vías, les será de aplicación la Tabla N°02.

➤ **Requerimiento para el control de la calidad del alumbrado y reclamaciones de los usuarios:**

- a. Los niveles mínimos de alumbrado para efecto del control de la calidad del alumbrado de vías públicas, para la aplicación de la NTCSE y reclamaciones de usuarios, son las que se indica en la Tabla N°02.
- b. Todo cambio de color de la calzada obliga que la iluminación de ésta se ajuste a los estándares vigentes que le corresponde.

### 2.1.5 Disposición de las Luminarias

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.

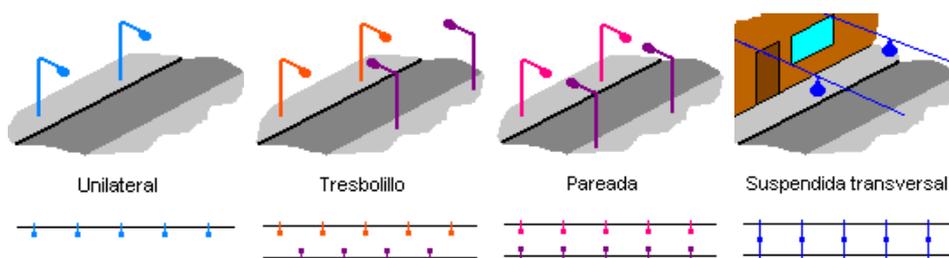


Figura N° 08: Disposición de luminarias en vías con única calzada.

Fuente: García y Boix, 2001.

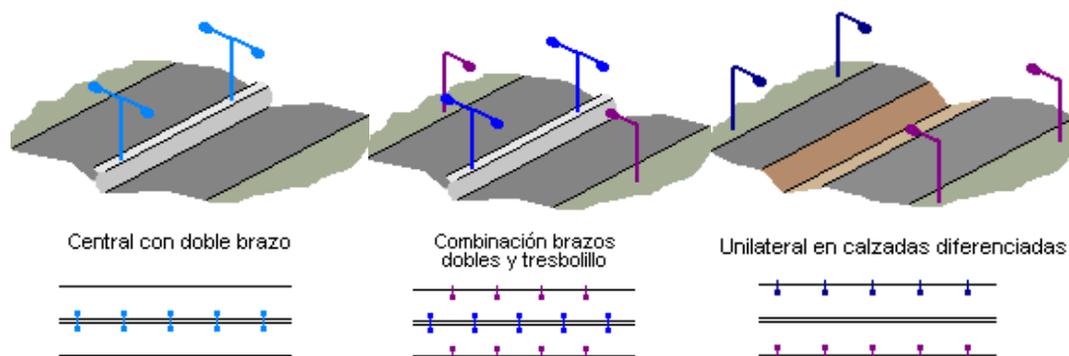
La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1.5.

Tabla N° 05: Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje.

	<b>Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje</b>
<b>Unilateral</b>	$A/H < 1$
<b>Tresbolillo</b>	$1 \leq A/H \leq 1.5$
<b>Pareada</b>	$A/H > 1.5$
<b>Suspendida</b>	Calles muy estrechas

Fuente: García y Boix, 2001.

En el caso de tramos rectos de vías con dos o más calzadas separadas por una mediana, como el caso de la avenida José Pardo, se pueden colocar las luminarias sobre la mediana o considerar las dos calzadas de forma independiente. Si la mediana es estrecha se pueden colocar farolas de doble brazo que dan una buena orientación visual y tienen muchas ventajas constructivas y de instalación por su simplicidad. Si la mediana 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.



*Figura N° 09: Disposición de luminarias en vías con dos o más calzadas.  
Fuente: Garcia y Boix, 2001.*

### 2.1.6 Definición del Equipo AP

Los tipos de luminarias, utilizadas en el alumbrado público desde el punto de vista de características fotométricas; tienen tres características básicas: el alcance longitudinal, la dispersión transversal y el control del deslumbramiento.

En este caso tendremos en cuenta otra clasificación (CIE-1965), que aún se usa en el mercado de luminarias, atiende al valor de la intensidad luminosa en la línea de visión de los conductores, teniendo tres clases diferentes:

#### a) Luminaria “cut off”

Es aquella en la que la intensidad luminosa máxima debe estar comprendida entre los ángulos  $0^\circ$  y  $65^\circ$  con respecto a la vertical, y los valores de intensidad por encima de  $65^\circ$  debe ser, para un flujo nominal de 1000 Lm como máximo de  $I_{80} = 30$  cd a  $80^\circ$  y de  $I_{90} = 10$  cd a  $90^\circ$ .

**b) Luminaria “semi cut off”**

Es aquella en la que la intensidad luminosa máxima debe estar comprendida entre los ángulos  $0^\circ$  y  $65^\circ$  con respecto a la vertical, y los valores de intensidad por encima de  $65^\circ$  debe ser, para un flujo nominal de 1000 Lm como máximo de  $I_{80} = 30$  cd a  $80^\circ$  y de  $I_{90} = 10$  cd a  $90^\circ$ .

**c) Luminaria “non cut off”**

Es aquella cuyos valores de intensidad luminosa, para un flujo nominal de 1000 Lm en los ángulos de  $80^\circ$  y superiores, son mayores a los correspondientes a la luminaria “semi cut off”.  $I_{80} > 100$  cd.

### **2.1.7 Elección del Tipo de Luminaria**

La selección de la luminaria adecuada, para cada clase de alumbrado público, es bastante compleja, ya que exige un análisis detallado del material y de la instalación, pero en realidad, la cuestión consiste en adecuar las características de las diferentes clases de luminarias a las condiciones ambientales de las zonas de instalación y por otro lado, a las exigencias lumínicas de la misma.

La forma de distribución del flujo luminoso de la luminaria, es uno de los factores importantes a la hora de seleccionar una luminaria, lo mismo que sus tres características básicas, que la definen: el alcance, la dispersión y el control del deslumbramiento.

Otro factor de gran importancia es la geometría de la instalación, fundamentalmente la altura de la luminaria y el ancho de la vía, que tienen una gran influencia; así una luminaria de “extensión ancha”, puede emplearse para una altura de montaje baja, en una vía ancha, si ésta es de “alcance corte”, no es adecuada para alturas bajas de montaje, excepto si se emplean distancias cortas de separación entre farolas; las luminarias del tipo “intermedio” y dispersión transversal estrecha, proporcionan mejores uniformidades y peor control de deslumbramiento.

También se deben tener en cuenta, desde el punto de vista del deslumbramiento, el ángulo y la intensidad luminosa, que las define por su clasificación fotométrica como, “cut off”, “semi cut off” y “non cut off”, teniendo en cuenta la clasificación de las vías.

Por último, queremos destacar otro factor importante a la hora de elegir la luminaria, que es la contaminación ambiental y el grado de mantenimiento de la instalación. Las luminarias abiertas, solamente son adecuadas donde la contaminación sea muy baja, y esta permanezca durante la vida de la instalación, y además el mantenimiento y su limpieza se frecuente, por la gran exposición que estas luminarias tienen al polvo, la lluvia, los insectos y toda clase de partículas que arrastre el viento. Para paliar todos estos problemas, se disponen las luminarias herméticas, que mantienen un alto grado de aislamiento interno de la óptica y de la lámpara de luminaria, frente a todas las contaminaciones mencionadas, que reducen notablemente el rendimiento de la luminaria.

### **2.1.8 Características Geométricas de la Instalación**

Estas son, la altura de la luminaria, sobre el suelo y la distancia entre luminarias (intervalo).

La altura de los puntos de luz, tiene una gran influencia sobre la calidad de la instalación y sobre sus costos. El hecho de colocar los puntos de luz a gran altura determina las ventajas e inconvenientes siguientes:

Ventajas:

- ✓ Buena distribución de luminancias sobre la calzada.
- ✓ Disminución del riesgo de deslumbramiento, lo que permite instalar lámparas de mayor potencia luminosa.
- ✓ Se consigue una mayor separación (intervalo) entre los puntos de luz, lo cual reduce el costo de la instalación.

Inconvenientes:

- Dificulta las tareas de mantenimiento e incrementa sus costos.
- Disminuye el factor de utilización, ya que una mayor parte del flujo luminoso se dispersa.

Por su contraposición, una instalación de las luminarias demasiado baja tendría los efectos contrarios a los señalados.

Por todo ello, vemos que la elección de la altura de la luminaria, a priori, requiere el estudio de una serie de factores, que nos determinaran en cada caso concreto y dependiendo del tipo de vía, cual es la más adecuada para cada caso, estos factores son entre otros: la disposición de luminarias, el tipo de vía, la topografía del terreno, la geometría de la instalación, la interferencia con equipos urbanos, la interferencia con árboles, etc.

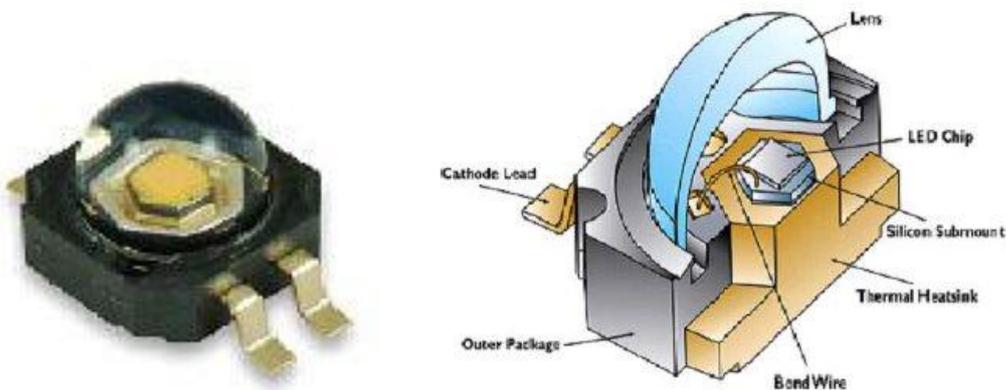
A título orientativo, se aconsejan las siguientes alturas, en función de la potencia lumínica de las lámparas:

- Lámparas de pequeña potencia (<10000 Lm)..... de 6 a 8 m
- Lámparas de mediana potencia (entre 10000 y 25000 Lm)..... de 9 a 11 m
- Lámparas de gran potencia (>25000 Lm)..... de 12 a 16 m

## 2.2 ALUMBRADO PUBLICO CON TECNOLOGIA LED

### 2.2.1. Fundamentos de la Tecnología LED

Un LED (light emitting diode) es un dispositivo semiconductor que emite luz casi monocromática cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica. El color del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por todo el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo.



*Figura N° 10: Corte transversal de un LED*

*Fuente: Pecanins, 2010.*

Es básicamente un semiconductor unido a dos terminales (ánodo y cátodo) que cuando circula corriente eléctrica produce un efecto llamado electroluminiscencia, fenómeno que transforma la energía eléctrica en radiación visible. Por tanto son fuentes de luz en estado sólido, es decir, sin filamento o gas inerte que lo rodee, ni capsula de vidrio que lo recubra como las tecnologías tradicionales.

La invención del LED data de 1956 y las primeras aplicaciones industriales comienzan en 1970. Debido a su baja eficacia luminosa en un principio eran escasas sus aplicaciones, utilizándose en los electrodomésticos, en la electrónica de entretenimiento y en la industria automovilística; después de largas investigaciones se ha conseguido que su eficacia sea superior.

Los nuevos diodos que emiten luz son semiconductores compuestos, que convierten la energía eléctrica en luz. Con un tamaño de pocos milímetros ofrecen decisivas ventajas gracias a su avanzada tecnología, que los convierten en una alternativa real a las lámparas en muchas aplicaciones.

Un diodo emisor está compuesto por varias capas de material semiconductor. Cuando se aplica tensión eléctrica en el sentido del conductor se origina una fuerte corriente, generándose luz en una fina capa, llamada capa activa. El LED emite luz casi monocromática, que depende de los materiales utilizados. Dos combinaciones de materiales, InGa AIP e InGaNg son empleados para producir LED de alta luminosidad en todos los colores del azul al rojo.

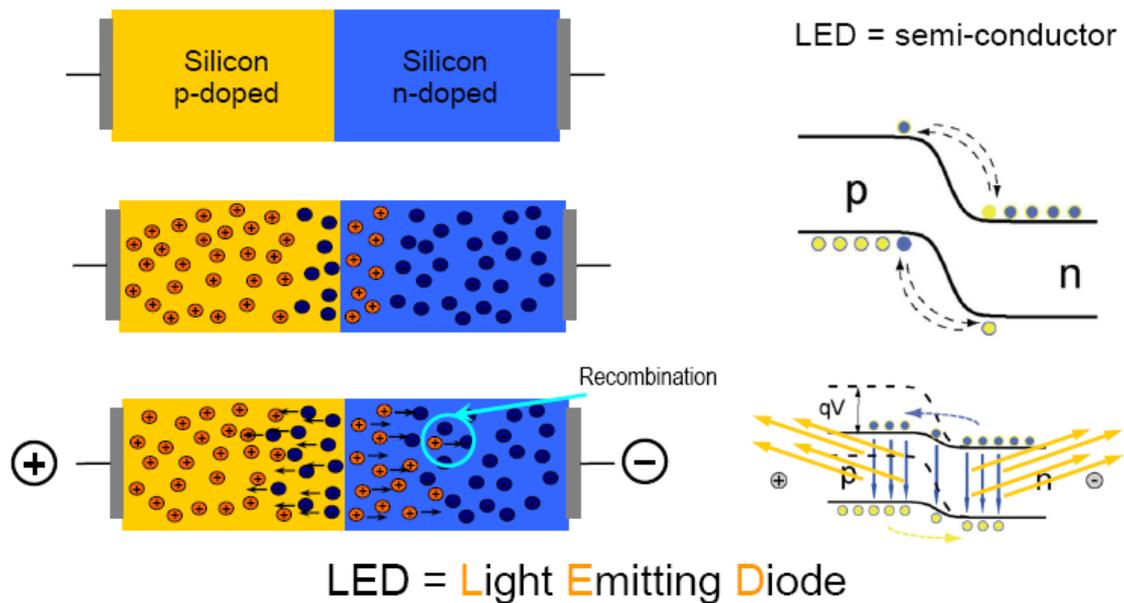


Figura N° 11: Principio de emisión de luz de un LED  
Fuente: OSINERMIN, 2013.

### 2.2.2. Características de los LEDs

- Eficacia luminosa cuya evolución los sitúa actualmente en 100 lm/W y la tendencia es seguir creciendo hasta posiblemente alcanzar los 200–230 lm/W en 10 años.
- Alta eficacia de color conseguida en los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul y blanco, y además con buena reproducción cromática (Según el texto se denomina también Índice de Reproducción Cromática o IRC),  $R = 80$ .
- Larga vida útil que oscila entre 50.000 y 100.000 horas, lo que significa que su funcionamiento es altamente fiable.
- Resistencia a golpes y vibraciones dado que sus componentes son muy compactos, pudiendo trabajar en condiciones mecánicas adversas.

- Sin radiaciones perjudiciales ya que emiten prácticamente luz visible, evitando la radiación ultravioleta y sin apenas radiación infrarroja.
- Selección del blanco binning: es un perfeccionamiento de la clasificación ya existente de grupos de colores. Dentro de cada grupo, se hacen subgrupos más pequeños, con como máximo 3 pasos de Mac. Adams. Entre LED pertenecientes a los subgrupos que contengan sólo 1 paso de Mac Adams no se apreciará ninguna diferencia visible. Y en los subgrupos que contengan 2–3 pasos es difícil que se aprecien.
- De esta forma, se monta en cada módulo, LED pertenecientes a un mismo subgrupo para no apreciar variaciones en la temperatura de color. El rango de temperaturas, por ejemplo  $\pm 300$  K, no proporciona ningún dato sobre homogeneidad.

### **2.2.3. Ventajas de los LEDs**

Comparados con las fuentes de luz convencionales la tecnología LED presenta numerosas ventajas, entre las que podemos destacar:

- ✓ Tamaño reducido: tamaño reducido, de pocos milímetros, ajustándose así a una multitud de aplicaciones.
- ✓ Alta resistencia contra golpes: alta resistencia a vibraciones e impactos, ofreciendo mayor fiabilidad que las lámparas convencionales por no haber fallos en los filamentos.
- ✓ Larga duración: larga vida útil, entre 50.000 y 100.000 horas respetando las condiciones recomendadas de funcionamiento.
- ✓ Bajo consumo: bajo consumo, ahorrando energía por la poca potencia instalada.
- ✓ Alta eficiencia en colores: elevada saturación de color, por lo que no se necesitan filtros de color. Los LED son fuentes de luz prácticamente monocromáticas que permiten obtener una amplia gama de colores.
- ✓ No radiación UV/IR: no generan radiación ultravioleta ni infrarroja, por lo que no se deterioran los materiales expuestos a la luz del LED.

- ✓ Efectividad a bajas temperaturas: Funcionamiento fiable a bajas temperaturas, hasta de  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Estas ventajas propias de las propiedades y características de la tecnología LED se traducen en importantes beneficios para los usuarios, ya que:

- Ofrecen opciones de diseño creativo para soluciones innovadoras de iluminación, gracias a la variedad de colores, sus compactas dimensiones y la versatilidad de sus productos.
- Alta rentabilidad económica merced al bajo consumo energético y a la larga vida.
- Máxima seguridad debida a la fiabilidad, incluso en condiciones ambientales adversas.

#### **2.2.4. Sistema de alumbrado LED**

Los sistemas de alumbrado LED están constituidos por distintos dispositivos (luminarias, LED, drivers y sus correspondientes circuitos), que componen el producto final a instalar y que, por consiguiente, son los que demuestran las ventajas que ofrece la tecnología LED, en relación a otras técnicas convencionales de iluminación.

De hecho, un sistema de alumbrado LED mal diseñado en alguno de sus componentes o dispositivos, puede fomentar la idea de que la tecnología LED toda vía no está preparada para sustituir a las técnicas tradicionales, lo cual no se ajusta a la realidad.

Antes de proseguir, se considera conveniente aclarar el concepto de sistema de alumbrado LED, que puede definirse como aquel que incorpora la tecnología LED necesaria para obtener una luminaria, que integre una fuente de luz LED con todos los dispositivos precisos para el funcionamiento y protección de los distintos componentes y, que además, disponga de todos los circuitos auxiliares indispensables, así como de una correcta conexión con la red de alimentación eléctrica.

Un sistema de alumbrado LED está compuesto por varios dispositivos como luminaria, fuente de luz (lámparas, tiras o módulos LED), equipo de alimentación (driver), que deben ajustarse a las especificaciones establecidas en la normativa vigente.

## ➤ Tipos de LED

En el campo de la iluminación se disponen de diferentes tecnologías para conseguir una fuente de luz, tradicionalmente se clasificaban por lámparas incandescentes y lámparas de descarga, que agrupaban el mayor porcentaje de las fuentes de luz, aun cuando, con un nicho más reducido, también se encuentran las lámparas de inducción.

Con los LED aparece un nuevo principio de generación de luz producida desde dispositivos en estado sólido, del acrónimo en inglés SSL (Solid State Lighting).

Irrumpe una nueva tecnología para la generación de luz, que está avanzando de forma exponencial y, aunque aún todavía no cubre la sustitución de todas las tecnologías y fuentes de luz, sí que apunta a sustituir la gran mayoría de ellas a medio y largo plazo, ya sea a través de lámparas de sustitución directa, conocidas como lámparas retrofit, hasta la reposición completa de luminaria y punto de luz en un solo elemento.

Básicamente existen tres tipos de LED, para aplicaciones específicas y con características particulares para cada una de ellas.

*Tabla N° 06: Tipos de LED*

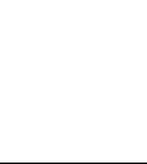
LED de 3 mm y 5	
	Señales publicitarias, indicadores, retroiluminación, (frigorífico, TV, etc.)
	Voltaje constante ( conexión en paralelo)
LED SMD (Surface mount LED)	
	Zona inferior de armarios, pasos de peatones, luz decorativa.
	Voltaje constante 12 V/ 24 V (conexión en paralelo).
	Temperatura baja (sin reductor de calor).
LED de alta potencia (LED >1 W):	
	Efectos de iluminación con lente, idóneos para una variedad de aplicaciones.
	Voltaje constante 350 mA/ 700 mA (conexión en serie).
	Última tecnología disponible en el mercado.

*Fuente: FENERCOM, 2015.*

➤ **LED: concepto y producto final**

Sobre los tres tipos anteriores de LED se construye una arquitectura más compleja que proporciona soluciones cada vez con mayor flujo luminoso. Y que dota al diodo inicial de todos los elementos necesarios para poder iluminar.

*Tabla N° 07: Proceso de configuración del LED.*

Nivel	Nombre	Descripción	Imagen
Nivel 0	<b>LED die</b>	LED diodo semiconductor original	
Nivel 1	<b>LED die in package</b>	LED diodo encapsulado	
Nivel 2	<b>LED Board</b>	LED en circuito impreso	
Nivel 3	<b>LED Module</b>	LED en circuito impreso con interface. Puede incluir elementos adicionales, ópticas, disipador o controlador.	
Nivel 4	<b>LED Lamp</b>	LED en módulo incluido en lámpara bajo estándar IEC	

*Fuente: FENERCOM, 2015.*

En una lámpara convencional, generalmente el filamento o el tubo de arco, son los factores determinantes de las prestaciones y calidad de la misma.

Pero en una lámpara de LED, un buen LED no garantiza las buenas prestaciones de la lámpara. Un LED de alta potencia moderno no puede funcionar por sí mismo. Siempre es necesario un disipador de calor, además de un controlador electrónico y lentes.

Son estos tres elementos en su conjunto los que determinan la prestación final de la lámpara, casi independientemente de qué tipo de emisor del LED se utiliza en el interior.

### 2.2.5. Luminarias de alumbrado LED

Las luminarias LED constituyen uno de los dispositivos o componentes fundamentales de los sistemas de alumbrado LED.

Se debe distinguir entre dos tipos de luminarias LED, las utilizadas para alumbrado exterior y las que se instalan en iluminación interior, tal y como se representan en las figuras siguientes:

*Fuente: FENERCOM, 2015.*



*Figura N° 12: Luminaria LED para alumbrado exterior.  
Fuente: FENERCOM, 2015.*



*Figura N° 13: Luminaria LED para alumbrado interior.  
Fuente: FENERCOM, 2015.*

## 2.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL ALUMBRADO PUBLICO DE LA AV. JOSÉ PARDO

### 2.3.1 Postes

#### a) Postes Existentes

Los postes usados en el Sistema de Alumbrado Público con luminarias VSAP de la Av. José Pardo (plano JP-IAP-01), son de Concreto Armado Centrifugado de 12 m de longitud, fabricados de acuerdo a las Norma ITINTEC 339-027 y DGE - 015 - PD-1, tienen las siguientes características:

*Tabla N°08: Especificaciones técnicas de postes existentes de 12m*

<b>POSTES DE C.A.C.</b>	<i>Baja Tensión (BT)</i>
a. Longitud total (m)	<b>12</b>
b. Carga de trabajo (kg)	300
c. Diámetro de la Punta (mm)	165
d. Diámetro de la Base (mm)	345
e. Longitud de Empotramiento (m)	1.2
f. Peso aproximado (kg)	-

*Fuente: Distriluz, 2015.*

#### b) Postes Proyectados

Los postes proyectados para el Sistema de Alumbrado Público con luminarias LED de la Av. José Pardo, deberán ser de Concreto Armado Centrifugado de 9 m de longitud, fabricados de acuerdo a las Norma ITINTEC 339-027 y DGE - 015 - PD-1, deben tener las siguientes características:

*Tabla N°09: Especificaciones técnicas de postes proyectados de 9m*

<b>POSTES DE C.A.C.</b>	<i>Baja Tensión (BT)</i>
a. Longitud total (m)	<b>9</b>
b. Carga de trabajo (kg)	300
c. Diámetro de la Punta (mm)	120
d. Diámetro de la Base (mm)	255
e. Longitud de Empotramiento (m)	0.9
f. Peso aproximado (kg)	550

*Fuente: Distriluz, 2015.*

### 2.3.2 Pastorales

#### c) Pastorales Existentes

##### ➤ Pastorales de Concreto Armado

Los pastorales usados en el Sistema de Alumbrado Público de la Av. José Pardo son de concreto armado vibrado (C.A.V.), fabricados de acuerdo a la norma INDECOPI-EX ITINTEC y DGE-15-PD.

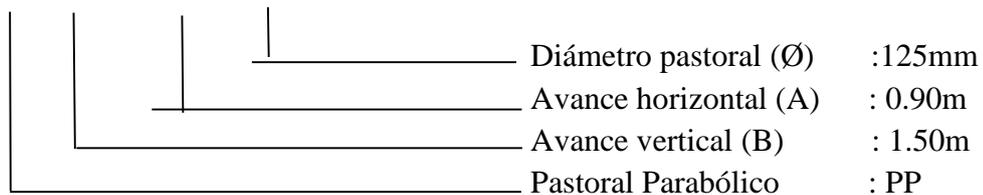
Los pastorales llevan en su interior un ducto en toda su longitud que permite el paso del conductor de conexión al equipo de Alumbrado Público. El extremo superior termina en un tubo de Fe. de 1½" que sobresale del pastoral 10 cm. al cual se acopla la luminaria.

##### *Dimensiones:*

- Pastoral Doble C.A. PD/1.50/1.30/125 (plano JP-IAP-01)

Un pastoral de concreto, se designa de la siguiente manera:

**PS / 1.50 / 1.30 / 125**



#### d) Pastorales Proyectoados

##### ➤ Pastorales de Acero Galvanizado

Para el soporte de las luminarias con tecnología LED; se están proponiendo pastorales de Acero Galvanizado que reemplazaran a los pastorales de C.A.V. existentes, estos pastorales deberán ser fabricados de acuerdo a la normas SAE J403 y ASTM A153/A153 M, y no presentar fisuras ni rebabas.

##### *Nuevas dimensiones:*

- Pastoral Parabólico A°G° PS/2/1.5/50.8/15° (plano JP-IAP-02)
- Pastoral Parabólico A°G° PS/3.4/3.2/50.8/15°

### 2.3.3 Luminarias

#### a) Luminarias Existentes

Las luminarias usadas en el Sistema de Alumbrado Público de la Av. José Pardo emplean lámparas de vapor de sodio de alta presión, de las siguientes especificaciones:

##### ➤ Luminaria CALIMA

Modelo	: CALIMA I
Marca	: ROY APLHA
Lámpara	: SON-T PLUS 150W
Sistemas Ópticos	: Reflector fabricado en el proceso de embutición de aluminio de alta pureza. Refractor de vidrio templado curvo, resistente a los choques térmicos y mecánicos.
Material y acabados	: Cuerpo de aluminio inyectado y embutido, acabado exterior en pintura poliésterica aplicada electrostáticamente. Portalámpara de policarbonato o aluminio E-40.
Montaje	: Para usar con brazo de 27 a 60 mm de diámetro exterior. Altura de montaje recomendada 7 - 9m.
Peso	: Min. 5 kg – Max. 7,5 kg.

##### ➤ Luminaria COBRA HEAD

Modelo	: SRP 601
Marca	: PHILIPS
Lámpara	: SON-T 250W
Sistemas Ópticos	: Completamente sellado, con empaque especial que permite la respiración y además filtra las impurezas de aire. Refractor de vidrio de distribución estándar IES tipo II semicutoff.
Material y acabados	: Cuerpo de aluminio inyectado a alta presión y pintado al horno. Portalámpara socket E-40.
Aplicaciones	: Avenidas Principales, carreteras, iluminación perimetral.
Montaje	: Para usar con brazo de 42 a 60 mm de diámetro exterior.

## b) Luminarias Proyectadas

Las luminarias LED, deberán ser marca PHILIPS, modelo RoadFocus, la tecnología LED que se encuentra en las luminarias RoadFocus contribuye aún más a la eficiencia mediante la reducción de los costos de energía sin sacrificar el rendimiento, mientras que una larga vida útil de luminarias reducen los costos de mantenimiento y operación.

Las luminarias RoadFocus brindan infinitas soluciones para el alumbrado de calzadas, están diseñadas para reemplazar luminarias tradicionales (HID) de 70-400W, proporcionando luz uniforme y alto rendimiento con tecnología LED. Con RoadFocus, las ciudades disfrutan de carreteras bien iluminadas y un aumento de la sensación de seguridad que se extiende desde pequeñas calles a autopistas de varios carriles.

### ***Beneficios:***

- ✓ Actualización de la infraestructura lumínica con alto ahorro energético en el reemplazo de VSAP a LED.
- ✓ Estética de líneas suaves perfectamente adaptable al paisaje urbano de las ciudades.
- ✓ Adaptable en instalaciones existentes y nuevas.
- ✓ Gama completa de ópticas, proporcionan una iluminación uniforme aplicable a una amplia gama de carreteras.
- ✓ La tecnología LED ofrece una mayor vida útil del sistema y reduce al mínimo el consumo de energía para un rendimiento acelerado en su inversión inicial.



*Figura N° 14: Luminarias LED Roadfocus de PHILIPS.  
Fuente: Philips, 2015.*

➤ **RoadFocus LED**

- Modelos : RoadFocus Large (RFL)  
RoadFocus Medium (RFM)
- Marca : PHILIPS
- Lámpara : Módulo LED LUXEON-T 215W96LED4K-T (RFL)  
Módulo LED LUXEON-T 108W48LED4K-T (RFM)
- Sistemas Ópticos : Mediano Tipo III.
- Material y acabados : Cuerpo de aluminio inyectado resistente a la polución.  
Grado de estanqueidad (hermetismo) IP66. Acabados esmaltado gris, blanco y negro.
- Montaje : A brazo de columna, diámetro 40-50-60mm.
- Peso : 12.38 kg (RFL) y 5.53 kg (RFM).

**Dimensiones:**

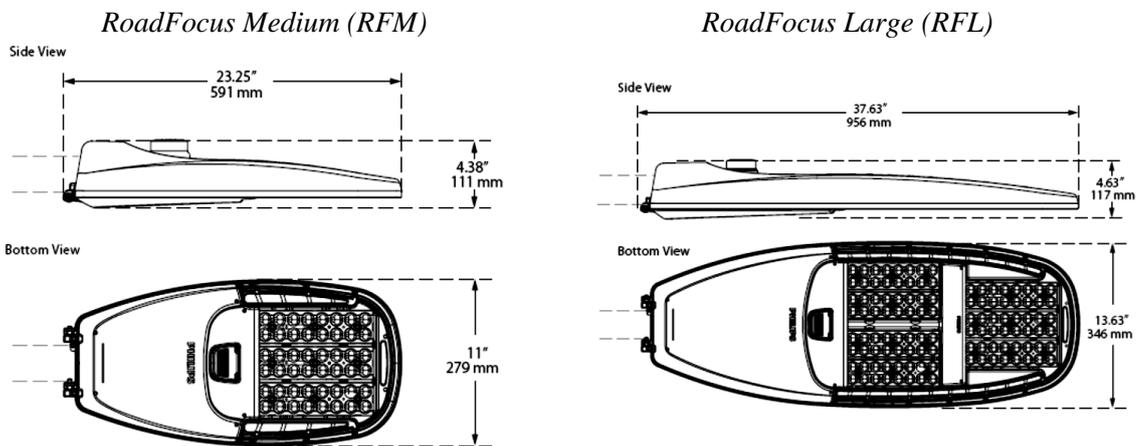


Figura N° 15: Dimensiones luminarias LED Roadfocus Medium y Large  
Fuente: Philips, 2015.

**Descripción del código de las luminarias (fabricante):**

RFM	108W48LED4K-T	R3M	UNIV	DMG	RCD	WC10	GY3
Modelo Designación	Datos LED Module	Sistema Optico	Tensión Voltaje	Dimerizable	Twist-Lock	Garantia	Color
<b>RFS</b> RoadFocus small	<b>108W</b> Potencia	<b>R3M</b> Tipo III medium	<b>UNIV</b> 120-277 VAC	<b>DMG</b> Dimerizable, incluye driver dimerizable	<b>RCD</b> Receptaculo para "twist-lock"	<b>WC10</b> Garantia de 10 años	<b>GY3</b> Esmaltado color gris
<b>RFM</b> RoadFocus medium	<b>48LED</b> Cantidad de leds	<b>R3S</b> Tipo III short	<b>HVU</b> 347-480 VAC		Fotocelda o "shorting cap" 5-pin		
<b>RFL</b> RoadFocus large	<b>4K</b> 4000°K +/-500°	<b>R2M</b> Tipo II medium					
<b>T</b>	Luxeon T	<b>R3S</b> Tipo II short					
		<b>S</b> Tipo V					

## 2.3.4 Lámparas

### ➤ Lámparas Existentes

Las lámparas usadas en el Sistema de Alumbrado Público de la Av. José Pardo son de vapor de sodio de alta presión, marca Philips, modelos SON-T y SON-T PLUS. Cuentan con un tubo de descarga de óxido de aluminio sinterizado alojado en un bulbo externo de vidrio duro y equipadas con una base patrón con rosca. El tubo de descarga está relleno con una amalgama de sodio y mercurio y xenón que es utilizado como gas de encendido. Las lámparas SON-T tienen un bulbo tubular.



Figura N° 16: Lámparas de vapor de sodio de alta presión SON-T

Fuente: Philips, 2009.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión que se instalaron fueron las siguientes:

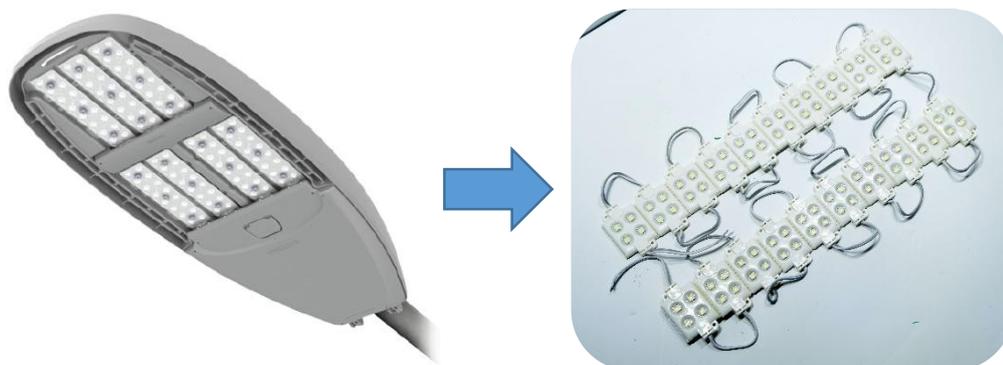
Tabla N° 10: Lámparas de vapor de sodio de alta presión SON-T y SON-T PLUS.

MARCA LUMINARIA	MODELO	Pot. Lámp. (W)	TIPO DE LAMPARA	Clasificación Fotométrica	Flujo Luminoso (Lumens)	Vida Útil (Hrs.)	Casquillo
			Lámp. Existente		Lámp. Exist.		
ROY APLHA	CALIMA	150	1x150W SON-T PLUS	M-II-SR	16,500	24,000	E-40
PHILIPS	COBRA HEAD	250	1x250W SON-T	M-II-SR	28,000	24,000	E-40

Fuente: Philips, 2009.

## ➤ Lámparas Proyectadas

Las luminarias RoadFocus proyectadas, tendrán como fuente de luz; módulos LED LUXEON-T de 48 y 96 LEDs para las luminarias de 108 y 215W respectivamente. Están diseñados para ofrecer una alta eficacia con una alta densidad de flujo y permitir el control del haz apretado en aplicaciones lumínicas direccionales y altas.



*Figura N° 17: Módulos LED LUXEON-T 215W96LED4K-T  
Fuente: Philips, 2015.*

Los módulos LED LUXEON-T permitirán la optimización del sistema mediante la mezcla de la combinación perfecta de alta eficacia y bajo costo del sistema, mientras que la temperatura de color correlacionada apretada asegura la consistencia en el punto de color del sistema.

Fuentes de Luz	: Módulo LED LUXEON-T 108W48LED4K-T Módulo LED LUXEON-T 215W96LED4K-T
Potencias	: 108W y 215W respectivamente.
Flujo Luminoso	: de 12279 Lm a 23559 Lm (según versión).
Temperatura de Color	: 4000 K, blanco neutral (+/-500 K)
CRI	: > 70
Vida Útil	: 100.000 hrs (L70 a 25°C)

*Tabla N° 11: Módulos LED LUXEON-T*

MARCA	LUMINARIA	POT. (W)	TIPO DE LAMPARA	CLASIF. FOTOMETR.	FLUJO (lum)	Vida Útil (Hrs.)
PHILIPS	ROADFOCUS MEDIUM	108	108W48LED4K-T	R3M	12,279	100,000
PHILIPS	ROADFOCUS LARGE	215	215W96LED4K-T	R3M	23,559	100,000

*Fuentes: Philips, Catálogo de luminarias LED RoadFocus, 2015.*

## 2.4 ANALISIS ECONOMICO EN PROYECTOS DE INGENIERA

La evaluación económica de un proyecto de ingeniería se realiza principalmente con los siguientes parámetros de análisis:

- Valor Actual Neto
- Tasa de Retorno
- Periodo de recuperación de inversión

### 2.4.1 Valor actual neto (VAN)

El valor presente simplemente significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo del VAN.

- Si  $VAN > 0$ , es conveniente aceptar la inversión, ya que se estaría ganando más del rendimiento solicitado.
- Si  $VAN < 0$ , se debe rechazar la inversión porque no se estaría ganando el rendimiento mínimo solicitado.

Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN más alto significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en el invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada.

Matemáticamente se expresa el VAN por la siguiente formula:

$$VAN = -I + \frac{FNE_1}{(1 + i_1)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + i_2)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1 + i_n)^n}$$

Donde:

FNE: Flujo neto efectivo.

I: Inversión (realizada para ejecutar el proyecto).

n: Vida Útil del equipo

i: Tasa de interés anual.

## 2.4.2 Tasa interna de retorno (TIR).

La ganancia anual que tiene cada inversionista se puede expresar como una tasa de rendimiento o de ganancia anual llamada tasa interna de rendimiento. En la gráfica N°06 se observa que, dado que la tasa de interés, que en este caso es la Tasa de interés, es fijada por el inversionista, conforme ésta aumenta el VAN se vuelve más pequeño, hasta que en determinado valor se convierte en cero, y es precisamente en ese punto donde se encuentra la TIR.

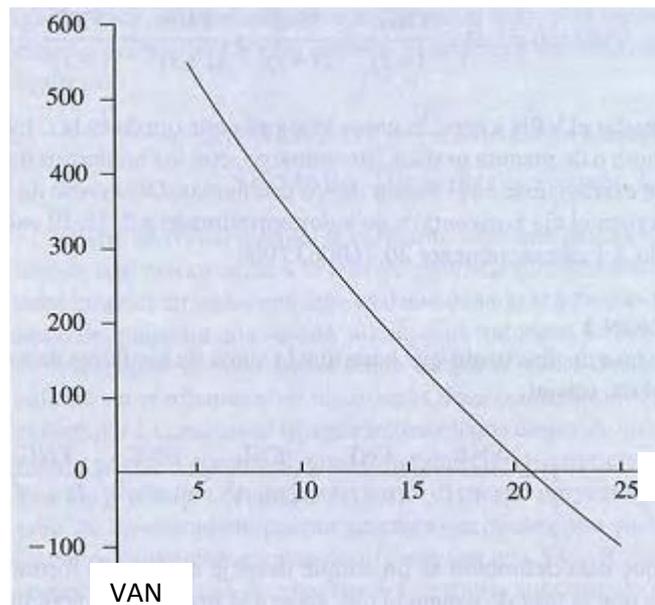


Figura N° 18: VAN vs tasa de interés

Fuente: Blank y Tarquin, 2006.

- Cuando el TIR es mayor que la tasa de interés (i) entonces es conveniente realizar la inversión.
- Si la TIR es menor que la tasa de interés, el proyecto debe rechazarse.
- Cuando la TIR es igual a la tasa de interés, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no.

La ecuación para cálculo del VAN es la siguiente fórmula:

$$VAN = 0 = -I + \frac{FNE_1}{(1 + TIR_1)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + TIR_2)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1 + TIR_n)^n}$$

Donde:

FNE: Flujo neto efectivo.

I: Inversión (realizada para ejecutar el proyecto)

n: Vida Útil del equipo

TIR: Tasa Interna de Retorno.

### **2.4.3 Periodo de recuperación de inversión (NPER).**

El Payback o Plazo de Recuperación es un método estático para la evaluación de inversiones y se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión.

El número de años que se tarda en recuperar la inversión es crucial a la hora de decidir si embarcarse en un proyecto o no. Si los flujos de caja no son iguales habrá que ir restando a la inversión inicial los flujos de caja de cada año y si son iguales la formula será esta:

$$NPER = \frac{I}{FNE}$$

Donde:

NPER: Periodo de recuperación de inversión.

FNE: Flujo neto efectivo (promedio).

I: Inversión (realizada para ejecutar el proyecto)

### III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

#### 3.1 MÉTODO (S) DE LA INVESTIGACIÓN

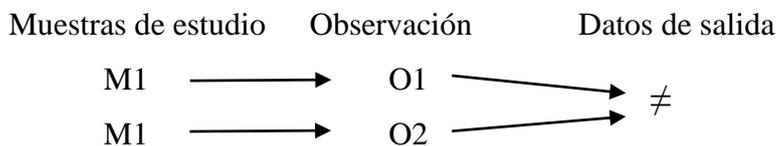
El presente trabajo de investigación es del tipo aplicativo y tecnológico, de naturaleza descriptiva, con estudios e información bibliográfica especializada.

#### 3.2 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

- Investigar sobre los proyectos de incorporación de las luminarias con tecnología LED en el alumbrado de exteriores de otros países, mayormente europeos.
- Recopilar la mayor cantidad de información bibliográfica especializada acerca de este tipo de tecnologías.
- Procesar toda la información recopilada mediante el software DIALUX para estudiar y analizar posibles ventajas y desventajas en la incorporación de este tipo de tecnología en el alumbrado público de nuestra localidad en estudio.

#### 3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Utilizaremos el diseño descriptivo comparativo



Donde:

M1 – Sistema AP con luminarias VSAP existentes.

M2 – Sistema AP con luminarias LED proyectadas.

O1– Bajos niveles de iluminación y rendimiento AP.

O2– Altos niveles de iluminación y rendimiento AP.

#### 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra son la misma y está compuesto por el sistema de alumbrado público con luminarias VSAP existentes y con luminarias LED proyectadas ubicadas en las cuadras N° 2, 3, 5, 6 y 7 de la Av. José Pardo desde el Jr. Guillermo Moore hasta el Jr. José Gálvez, de la ciudad de Chimbote.

### **3.5 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS E INFORMANTES O FUENTES PARA OBTENER LOS DATOS**

Las técnicas que se utilizaron en el presente trabajo de investigación fueron: el análisis visual y documental, referencias bibliográficas de estudios relacionados al tema, el fundamento teórico para los cálculos de consumo, ahorro de energía e iluminación en vías públicas.

También se hizo la recolección de los datos acerca del consumo de energía, características técnicas de las luminarias tradicionales de vapor de sodio de la base de datos de la concesionaria de distribución eléctrica Hidrandina S.A.

### **3.6 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Se hizo un resumen de la información más importante y vitalicia para la investigación, los datos proporcionados por la empresa concesionaria acerca del consumo de energía eléctrica y el fundamento teórico.

### **3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Se hizo uso de los programas MICROSOFT WORD y EXCEL, así mismo se empleó el software DIALUX de la empresa PHILIPS, el análisis de los resultados está especificado en la conclusión del presente trabajo de investigación

## IV. CALCULOS Y RESULTADOS

### 4.1 CÁLCULOS Y MEDICIONES DE CALIDAD AP UTILIZANDO LUMINARIAS VSAP EXISTENTES

#### 4.1.1 Elaboración del plano del sistema AP existente de la AV. José Pardo.

- ✓ Se elaboró el plano JP-IAP-01 que comprende el sistema eléctrico de alumbrado público existente con lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP), de la Av. José Pardo.
- ✓ Se identificaron visualmente en la zona, todas las subestaciones que forman parte del recorrido de la red de AP de la Av. José Pardo, identificándose las siguientes subestaciones: SAB CH0016, SAB CH0950 y SAM CH0027.



*Figura N° 19: Subestaciones que conforman el AP de la Av. José Pardo.*

- ✓ Se solicitó a la concesionaria eléctrica de la zona HIDRANDINA S.A. los diagramas de los circuitos AP de las subestaciones antes identificadas, con el fin de conocer el recorrido de los circuitos AP y las potencias de las lámparas existentes.
- ✓ Para los cálculos de iluminación también fueron necesarios los cortes de vía de las calles y avenidas donde están instaladas las luminarias con vapor de sodio de alta presión, para lo que se tuvo que elaborar mediante varias visitas a la zona y mediciones de las calzadas y bermas, los cortes de vía de la avenida.

#### 4.1.2 Disposición de las luminarias VSAP en la Av. José Pardo.

- La avenida José Pardo es una vía de 02 calzadas con una berma central ampliada que funciona como un Boulevard entre ambas calzadas, la disposición de las luminarias VSAP en la vía es *bilateral pareada en berma central con doble brazo*.

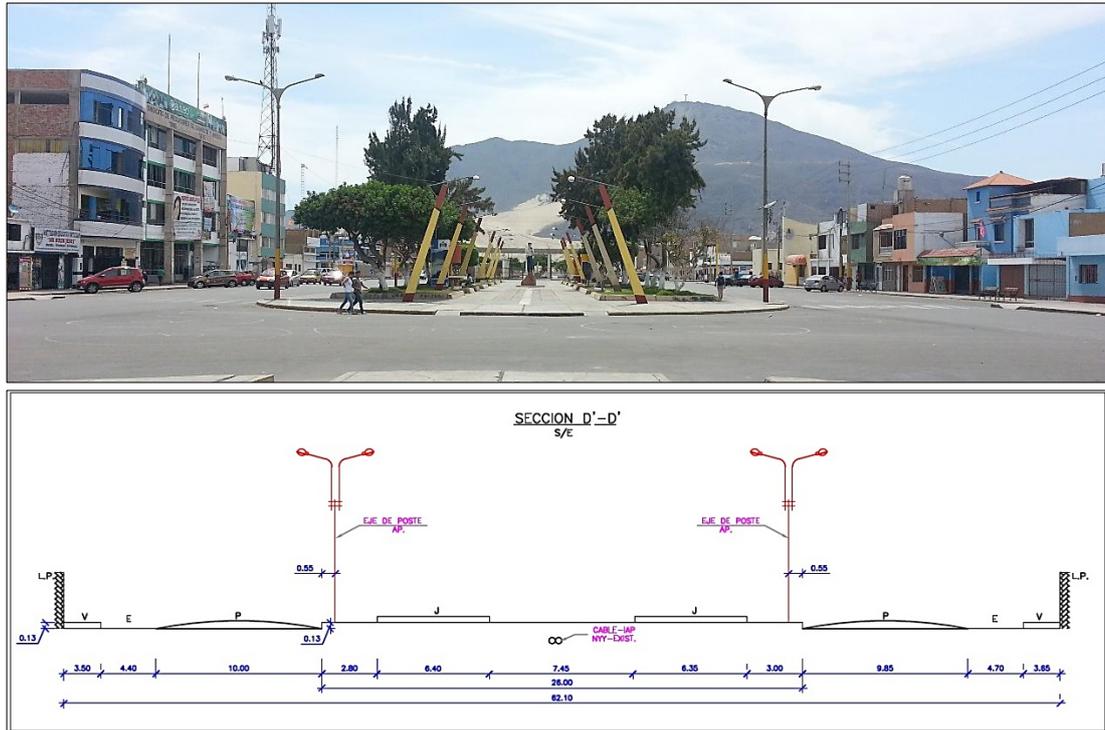


Figura N° 19: Corte de vía y disposición de luminarias de la Av. José Pardo.

Tabla N° 12: Disposición de las Luminarias en las Vías Existentes

NOMBRE DE VÍA	CORTE	Ancho de Vía (m)	Calzada 1 (m)	Calzada 2 (m)	Berma Central (m)	Disposición de Luminarias
AV. JOSÉ PARDO	D - D	62.70	10.45	10.20	26.00	<b>BILATERAL PAREADA EN BERMA CENTRAL CON DOBLE BRAZO</b>
	D' - D'	62.10	10.00	9.85	26.00	
	D'' - D''	62.25	10.00	9.80	26.00	
	E - E	59.50	15.60	10.00	26.00	
	F - F	61.50	9.90	9.85	26.00	
	F' - F'	61.80	9.50	9.90	26.00	
	F'' - F''	61.80	9.70	9.80	26.00	

### 4.1.3 Tipos de Alumbrado de la Av. José Pardo.

A cada vía pública le corresponde un tipo de alumbrado específico que determina su nivel mínimo de alumbrado (Norma Técnica DGE), establecidos por Osinerming en coordinación con la Municipalidad Provincial del Santa; fueron los siguientes:

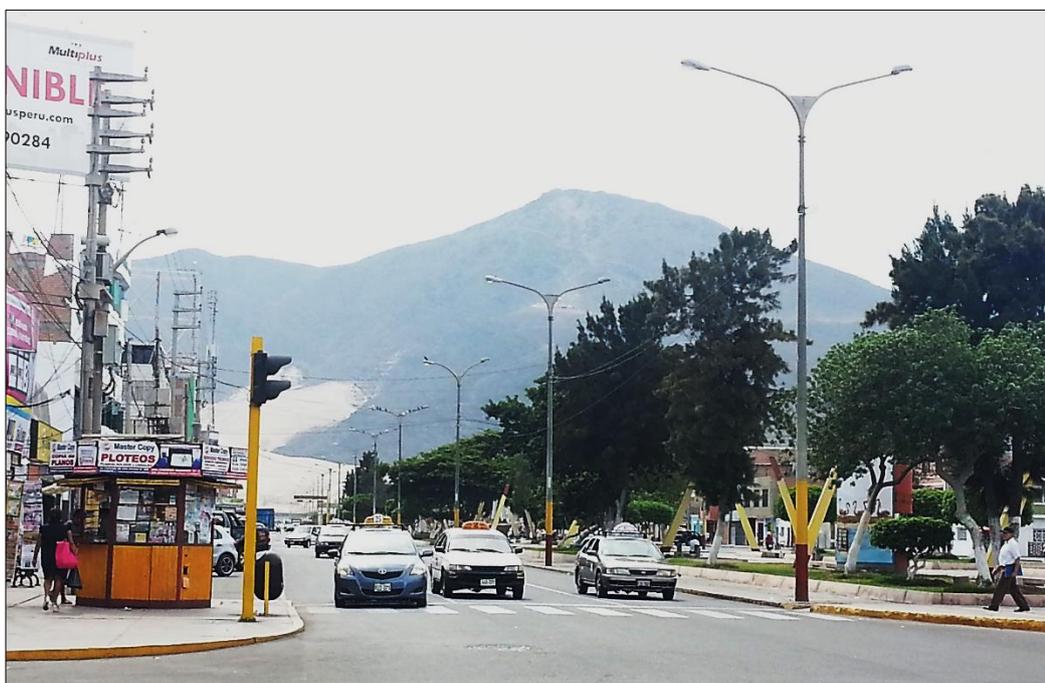


Figura N° 19: Tipo de vía de la Av. José Pardo, Colectora 2.

Tabla N° 13: Tipos de Alumbrado en la Av. José Pardo.

NOMBRE DE VÍA	CORTE	Tipo de Vía	Tipo de Alumbrado	Función	Características de tránsito y la vía
AV. JOSÉ PARDO	D' - D'	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.
	D'' - D''				
	F - F				
	F' - F'				
	F'' - F''				

La calificación de los tipos de vía y alumbrado de la Av. José Pardo (tabla N°13), fueron brindados por la Supervisión de Alumbrado Público de la empresa concesionaria HIDRANDINA S.A.

#### 4.1.4 Niveles de Iluminación Mínimos del AP de la Av. José Pardo

##### a) Tipos de Calzada

La identificación de los tipos de calzada fue el siguiente:

*Tabla N° 14: Tipos de Calzada Existentes*

<b>Tipo de superficie</b>	<b>Tipo de calzada</b>
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura

*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

Todas las calzadas de la Av. José Pardo, tienen un revestimiento de asfalto y se le considera según la norma técnica DGE como calzadas del tipo oscuras. La berma central de la Av. José Pardo es de revestimiento de concreto y se considera como una calzada tipo Clara; aunque realmente no sea una calzada sino una berma o camino peatonal.

##### b) Niveles de Luminancia, Iluminancia e Índice de Control de Deslumbramiento

Los niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento dados por la norma técnica DGE en la tabla N° 02 para todos los tipos de alumbrado existentes, fueron los siguientes:

*Tabla N°15: Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento seleccionados*

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco ( cd/m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbram. ( G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 - 6

*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

##### c) Uniformidades de Luminancia e Iluminancia

Para el control de la uniformidad de luminancia, la tabla N°03 no establece valores para los tipos de alumbrado III. Por lo tanto como no está especificado en la norma técnica DGE, no serán considerados.

Distinto es el caso de la uniformidad media de iluminancia, que la norma técnica DGE (tabla N°04) establece los siguientes valores mínimos para los tipos de alumbrado III y son los siguientes:

*Tabla N°16: Uniformidad media de iluminancias seleccionadas*

Tipo de Alumbrado	Uniformidad media
III	0,25 - 0,35

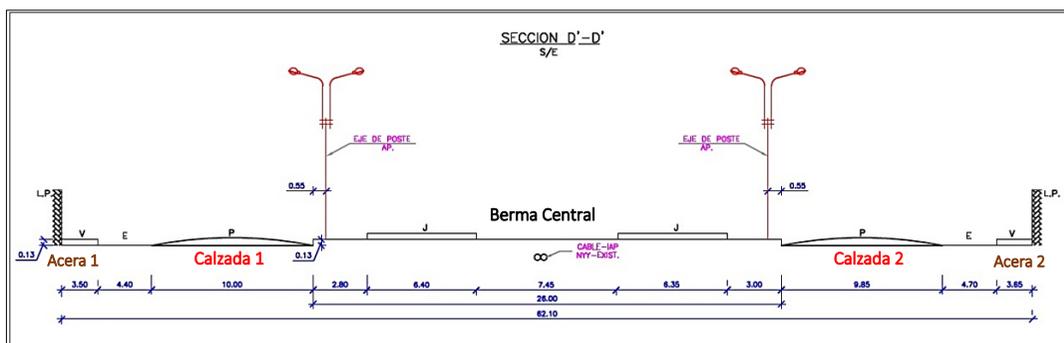
*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

#### **4.1.5 Mediciones de Calidad AP de la Av. José Pardo utilizando luminarias VSAP existentes.**

A continuación se presentan las mediciones realizadas con luxómetro de los niveles de luminancia e iluminancia y también la uniformidad media del alumbrado público de la Av. José Pardo, tomados por la concesionaria eléctrica de la zona Hidrandina S.A. mediante el método de los 9 puntos.

Estas medidas corresponden al servicio de alumbrado público, para las luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 150W modelo CALIMA I y 250W modelo COBRA HEAD, instaladas en la avenida José Pardo como indica el plano JP-IAP-01.

➤ Disposición de luminarias VSAP: Bilateral pareada en berma central con doble brazo (existente).



**Método de medición de los 9 puntos.**

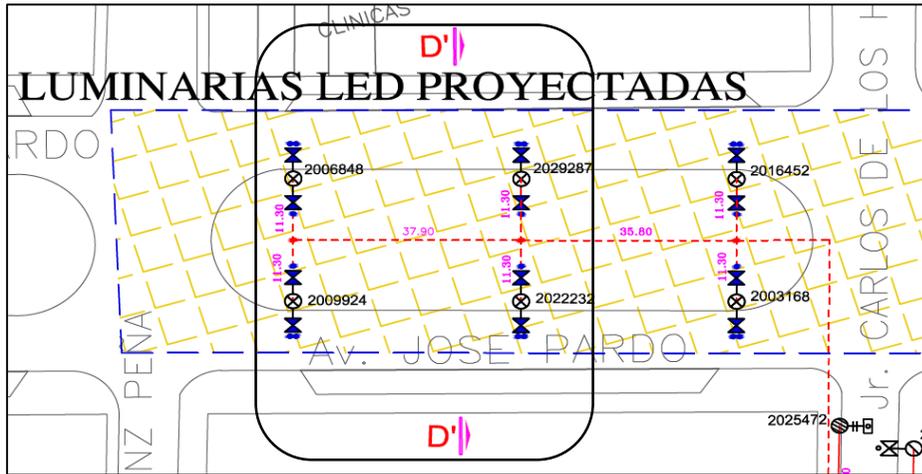
- Altura de montaje (Hm) = 12.3 m
- Longitud de brazo pastoral = 1.5 m
- Vano = 33.1 m (mínimo).  
37.9 m (máximo).
- Luminarias VSAP = 250 y 150 W.

Tabla N°17: Mediciones de Calidad AP en la Av. José Pardo - Luminarias VSAP Existentes

CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Tipo de Alumb.	Tipo de Calzada	Vano Máximo	LUMINANCIA MEDIA Lm (cd/m <sup>2</sup> )	ILUMINANCIA							
							Emed (lux)		Emed (lux)			Uniformidad (E <sub>min</sub> /E <sub>med</sub> )		
							Calzada Oscura		Acera Clara					
III	RIII	m.	0.5 - 1.0		10 - 20		≥ 1.0			0.25 - 0.35				
						Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2	Acera 1	Acera 2	B. Central	Calzada 1	Calzada 2
D' - D'	2006848	2029287	III	RIII	37.90	0.60	0.56	13.01	13.01	5.29	5.11	13.37	0.28	0.28
	2029287	2016452	III	RIII	35.80	0.63	0.59	13.77	13.77	5.60	5.40	14.13	0.31	0.31
D'' - D''	2017336	2031993	III	RIII	35.00	0.65	0.60	13.77	13.77	5.52	5.62	14.55	0.33	0.33
	2031993	2029475	III	RIII	35.35	0.64	0.60	13.77	13.77	5.46	5.57	13.94	0.32	0.32
F - F	2007610	2025617	III	RIII	34.25	0.67	0.62	14.54	14.54	6.05	5.77	14.74	0.34	0.34
	2025617	2024238	III	RIII	34.40	0.67	0.62	14.54	14.54	6.02	5.78	14.68	0.34	0.34
F' - F'	2014783	2024204	III	RIII	35.20	0.66	0.62	14.54	14.54	5.91	5.82	14.07	0.32	0.32
	2024204	2021660	III	RIII	33.10	0.70	0.66	15.30	15.30	6.25	6.16	14.96	0.35	0.35
F'' - F''	2026334	2025259	III	RIII	34.90	0.66	0.61	13.77	14.54	5.74	5.62	14.55	0.33	0.33
	2025259	2003537	III	RIII	36.20	0.63	0.59	13.77	13.77	5.52	5.41	14.01	0.31	0.31

Fuente: Hidrandina, 2015.

❖ **Calculo de la Eficiencia Energética AP de la Av. José Pardo con luminarias VSAP existentes.**



**Calculo de la Eficiencia Energética para Vmáx = 37.9 m**

$$\varepsilon = \frac{S * Em}{P}$$

$\varepsilon$  = Eficiencia energética de la instalación de AP (m<sup>2</sup>\*lux/W)  
 $P$  = Pot. activa total instalada lámparas y equipos auxiliares (W)  
 $S$  = Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)  
 $Em$  = Iluminancia media de la instalación (lux)

$S1 = Vmáx * Acalzada1 = 37.9m * 10m = 379 m^2$  (calzada 1)  
 $S2 = Vmáx * Acalzada2 = 37.9m * 9.85m = 373.3 m^2$  (calzada 2)  
 $Em = 13.01 lux$  (calzada 1 y 2)       $P = 250W$

$$\varepsilon_1 = \frac{S * Em}{P} = \frac{379m^2 * 13.01lux}{250w} = 19.72 m^2 * lux/W$$

$$\varepsilon_2 = \frac{S * Em}{P} = \frac{373.3m^2 * 13.01lux}{250w} = 19.42 m^2 * lux/W$$

Tabla N°18: Eficiencia Energética AP de la Av. José Pardo - Luminarias VSAP Existentes

CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Vano Máximo	Calzada 1	Calzada 2	Iluminancia Media (Emed)		Eficiencia Energética (ε)	
						Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
			m.	m.	m.	lux	lux	m <sup>2</sup> *lux/W	m <sup>2</sup> *lux/W
D' - D'	2006848	2029287	37.90	10.00	9.85	13.01	13.01	<b>19.72</b>	<b>19.42</b>
	2029287	2016452	35.80			13.77	13.77	<b>19.72</b>	<b>19.42</b>
D'' - D''	2017336	2031993	35.00	10.00	9.80	13.77	13.77	<b>19.28</b>	<b>18.89</b>
	2031993	2029475	35.35			13.77	13.77	<b>19.47</b>	<b>19.08</b>
F - F	2007610	2025617	34.25	9.90	9.85	14.54	14.54	<b>19.71</b>	<b>19.61</b>
	2025617	2024238	34.40			14.54	14.54	<b>19.80</b>	<b>19.70</b>
F' - F'	2014783	2024204	35.20	9.50	9.90	14.54	14.54	<b>19.44</b>	<b>20.26</b>
	2024204	2021660	33.10			15.30	15.30	<b>19.24</b>	<b>20.05</b>
F'' - F''	2026334	2025259	34.90	9.70	9.80	13.77	14.54	<b>18.65</b>	<b>19.89</b>
	2025259	2003537	36.20			13.77	13.77	<b>19.34</b>	<b>19.54</b>

#### 4.1.6 Cálculo de la Máxima Demanda AP de la Av. José Pardo.

A continuación se muestra los cuadros de carga del AP de la Av. José Pardo por subestación. Se consideraron las 03 principales subestaciones que comprenden en su mayoría las redes de AP de la avenida José Pardo, siendo las siguientes:

*Tabla N° 19: Cuadro de Cargas N°01, con luminarias VSAP, SAB CH0016.*

CUADRO DE CARGAS AP N°01 - LUMINARIAS VSAP (SAB CH0016)						
TIPO DE LAMPARA	POT. DE LAMPARA (W)	POT. DEL SISTEMA* (W)	Nº LAMP.	Pot. (kW)	I (A)	POTENCIA TRAFO (KVA)
		(Pot. Lamp + Pérdidas)				
VAPOR DE SODIO	70	90	3	0.27	0.79	250
VAPOR DE SODIO	100	120	4	0.48	1.40	
VAPOR DE SODIO	150	175	18	3.15	9.19	
VAPOR DE SODIO	250	280	6	1.68	4.90	
TOTAL			31	5.58	16.27	

*Tabla N° 20: Cuadro de Cargas N°02, con luminarias VSAP, SAB CH0950.*

CUADRO DE CARGAS AP N°02 - LUMINARIAS VSAP (SAB CH0950)						
TIPO DE LAMPARA	POT. DE LAMPARA (W)	POT. DEL SISTEMA* (W)	Nº LAMP.	Pot. (kW)	I (A)	POTENCIA TRAFO (KVA)
		(Pot. Lamp + Pérdidas)				
VAPOR DE SODIO	70	90	1	0.09	0.26	250
VAPOR DE SODIO	100	120	3	0.36	1.05	
VAPOR DE SODIO	150	175	11	1.925	5.61	
VAPOR DE SODIO	250	280	10	2.8	8.16	
TOTAL			25	5.18	15.09	

*Tabla N° 21: Cuadro de Cargas N°03, con luminarias VSAP, SAM CH0027.*

CUADRO DE CARGAS AP N°03 - LUMINARIAS VSAP (SAM CH0027)						
TIPO DE LAMPARA	POT. DE LAMPARA (W)	POT. DEL SISTEMA* (W)	Nº LAMP.	Pot. (kW)	I (A)	POTENCIA TRAFO (KVA)
		(Pot. Lamp + Pérdidas)				
VAPOR DE SODIO	70	90	1	0.09	0.26	150
VAPOR DE SODIO	100	120	5	0.6	1.75	
VAPOR DE SODIO	150	175	20	3.5	10.21	
VAPOR DE SODIO	250	280	18	5.04	14.70	
TOTAL			44	9.23	26.91	

El resumen de los cuadros de cargas de todas las subestaciones, es el siguiente:

*Tabla N° 22: Cuadro de Cargas Total N°04, utilizando luminarias VSAP.*

CUADRO DE CARGAS AP N°04 - LUM. VSAP (TODAS LAS SUBESTACIONES)								
SUBESTACION	TIPO DE LUMINARIA	Nº LAMP. 70W	Nº LAMP. 100W	Nº LAMP. 150W	Nº LAMP. 250W	TOTAL UAP	Pot. (kW)	I (A)
SAB CH0016	VSAP	3	4	18	6	31	5.58	16.27
SAB CH0950	VSAP	1	3	11	10	25	5.18	15.09
SAM CH0027	VSAP	1	5	20	18	44	9.23	26.91
<b>TOTAL</b>		<b>5</b>	<b>12</b>	<b>49</b>	<b>34</b>	<b>100</b>	<b>19.99</b>	<b>58.27</b>

La máxima demanda de todas las unidades de alumbrado público (UAP) que intervienen en el alumbrado público de la AV. José Pardo que forman parte de nuestro estudio, es de 19.99 kW, utilizando las luminarias existentes con lámparas de vapor de sodio de alta presión, según la tabla N°22.

## 4.2 CÁLCULOS DE CALIDAD AP UTILIZANDO LUMINARIAS LED PROYECTADAS

### 4.2.1 Elaboración del nuevo plano del sistema AP con luminarias LED.

Se elaboró el plano JP-IAP-02 que comprende el sistema de alumbrado público proyectado con luminarias con tecnología LED en la Av. José. Se descartaron e identificaron las potencias y mejores modelos de las luminarias LED para esta avenida; mediante los cálculos lumínicos respectivos con el software de iluminación DIALUX, se escogieron los siguientes modelos como los mejores en iluminación para esta vía.

Luminarias : ROADFOCUS de 108 y 215W, marca Philips.  
Módulos LED : - LUXEON-T 108W48LED4K-T  
- LUXEON-T 215W96LED4K-T

### 4.2.2 Consideraciones para la instalación de luminarias LED en la Av. José Pardo.

- ✓ Para este estudio se consideraron 3 SEDs donde se proyecta instalar 60 luminarias LED en reemplazo de las luminarias VSAP, para mejorar la iluminación de la Av. José Pardo y a su vez ahorrar energía.
- ✓ El reemplazo y ubicación de estas nuevas luminarias LED deberá realizarse según el plano realizado JP-IAP-02 (anexo).
- ✓ En las 3 SEDs se deberán cambiar 30 luminarias de VSAP 150W por luminarias LED de 108W y 30 luminarias de VSAP 250W por luminarias LED de 215W ubicadas dentro de la Av. José Pardo, un total de 60 luminarias.
- ✓ Las 3 SEDs consideradas para el cambio de luminarias de VSAP por LED:

Tabla N° 23: Porcentaje de Luminarias LED a instalar.

SED	Luminarias LEDs Instaladas	Total de Luminarias de la SED	Porcentaje
CH0016	12	31	<b>38.71%</b>
CH0950	12	25	<b>48.00%</b>
CH0027	36	44	<b>81.82%</b>
<i>Total</i>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>60.00%</b>

- ✓ No se deberán reemplazar todas las luminarias de las 3 SEDs consideradas, solamente el porcentaje de luminarias que atraviesa la Av. José Pardo, ya que en campo se identificó esta avenida como una oportunidad de mejora en cuanto a calidad de iluminación y ahorro de energía.
- ✓ Las 3 SEDs consideradas tienen para el control de alumbrado células fotovoltaicas, que en el periodo de invierno encienden de 18:15 a 06:15; aproximadamente 12 horas de encendido.
- ✓ Los cálculos de iluminación respectivos con las luminarias LED proyectadas se realizaron con el software DIALUX 4.12, de la empresa Philips, manteniendo la actual disposición de luminarias; bilateral pareada en berma central con doble brazo y para una disposición proyectada de luminarias; combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas en la Av. José Pardo. Se determinaron los niveles de iluminación para ambas disposiciones de luminarias en la vía y se recomendará cual es el que ofrece mejores indicadores de calidad y rendimiento AP.

### 4.2.3 Disposición de las luminarias LED en la vía

En este proyecto se consideraron 2 opciones de disposición de las luminarias LED proyectadas:

- a) Bilateral pareada en berma central con doble brazo (disposición existente).

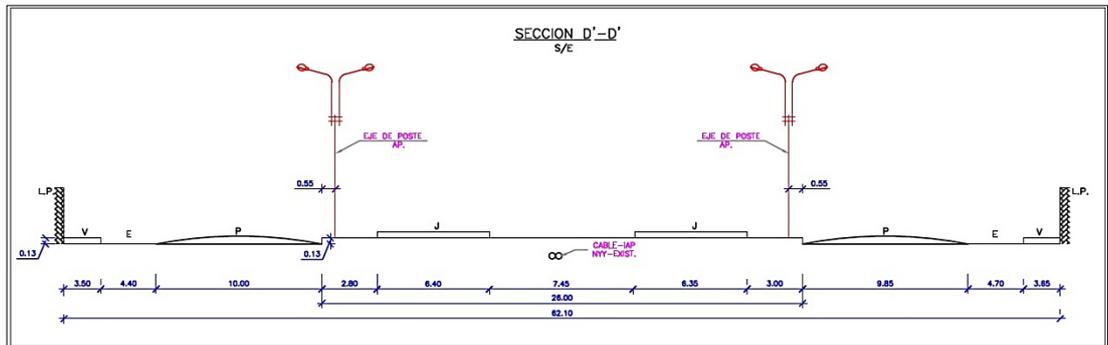


Figura N° 19: Disposición existente de luminarias LED en la Av. José Pardo.

- b) Combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas (disposición proyectada).

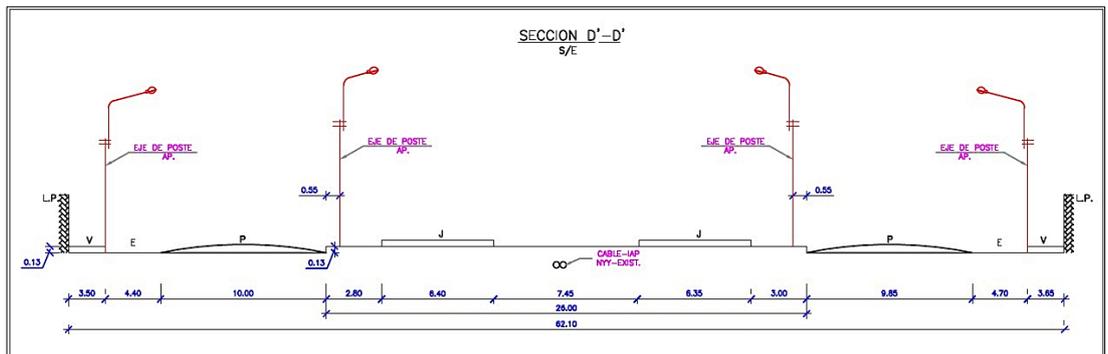


Figura N° 19: Disposición proyectada de luminarias LED en la Av. José Pardo.

### 4.2.4 Tipo de alumbrado y niveles mínimos de iluminación del AP con luminarias LED.

Las consideraciones seleccionadas para el alumbrado público de la Av. José Pardo; utilizando luminarias con tecnología LED modelo ROADFOCUS de 108 y 215W marca Philips, tendrán que cumplir con los niveles mínimos de alumbrado (luminancia, iluminancia y uniformidad) especificados en las tablas N° 13, 14, 15 y 16; para una vía colectora 2 y para un tipo de alumbrado III.

#### **4.2.5 Cálculos de calidad AP con DIALUX para las luminarias LED proyectadas.**

Se calcularon los niveles de luminancia, iluminancia y uniformidad de iluminación a lo largo del recorrido del alumbrado público de la Av. José Pardo para ambos tipos de disposición de luminarias LED utilizando el software de iluminación:

- ✓ DIALUX 4.12 de la empresa Philips.

DIALux es un software gratuito para el cálculo y la visualización de proyectos de iluminación profesional. Este programa es del Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada (Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik) DIAL. El software DIALux permite el análisis cuantitativo, rápido y sin problemas de un proyecto, y cuenta con una funcionalidad sencilla de renderización 3D.

A continuación mediante el programa DIALUX simularemos la arquitectura de la Av. José Pardo y las 02 disposiciones propuestas de las luminarias LED en la vía para obtener los valores de luminancia, iluminancia y uniformidad media.

#### **❖ Cálculos de calidad AP con DIALUX - Luminarias LED ( $V_{m\acute{a}x} = 37.9m$ )**

*Disposición de luminarias = Bilateral pareada en berma central con doble brazo.*

En este estudio se proyecta instalar luminarias LED marca Philips, modelo ROADFOCUS MEDIUM de 108W y ROADFOCUS LARGE de 215W. Los archivos fotométricos (.ies) de estos modelos de luminarias se encuentran en la página del fabricante Philips.

Una vez descargado los archivos fotométricos para cada modelo de luminaria, regresamos al Dialux para agregar la luminaria al programa, para eso vamos a la opción *Selección de Luminarias > Archivos de luminarias > Añadir nueva carpeta.*

En el recuadro que nos abre, seleccionamos con doble click la carpeta donde hemos descargado los archivos fotométricos de las luminarias, luego seleccionamos la luminaria RFM 108W48LED4K-T-R3M que es nuestra luminaria escogida, a continuación le daremos anticlick y en la opción *Insertar en el proyecto.*

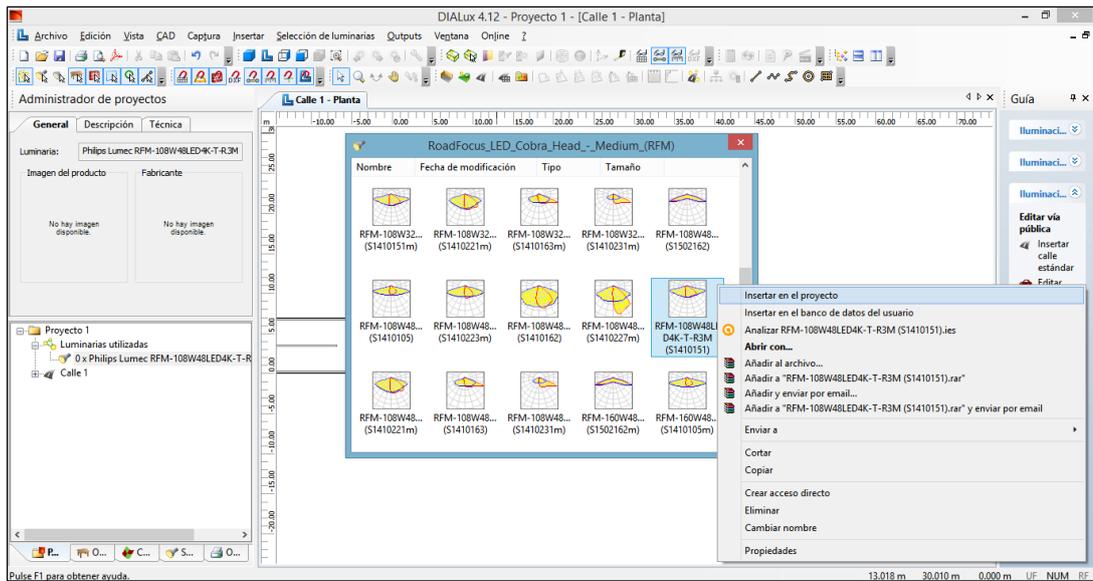


Figura N° 26: Insertar al proyecto el archivo fotométrico (.ies)  
Fuente: Dialux, 2016.

Se nos abre el cuadro de dimensiones de luminaria, e ingresamos las medidas correspondientes para el modelo de luminaria escogido, tales como: longitud, anchura y altura según los datos especificados por el fabricante en su catálogo.

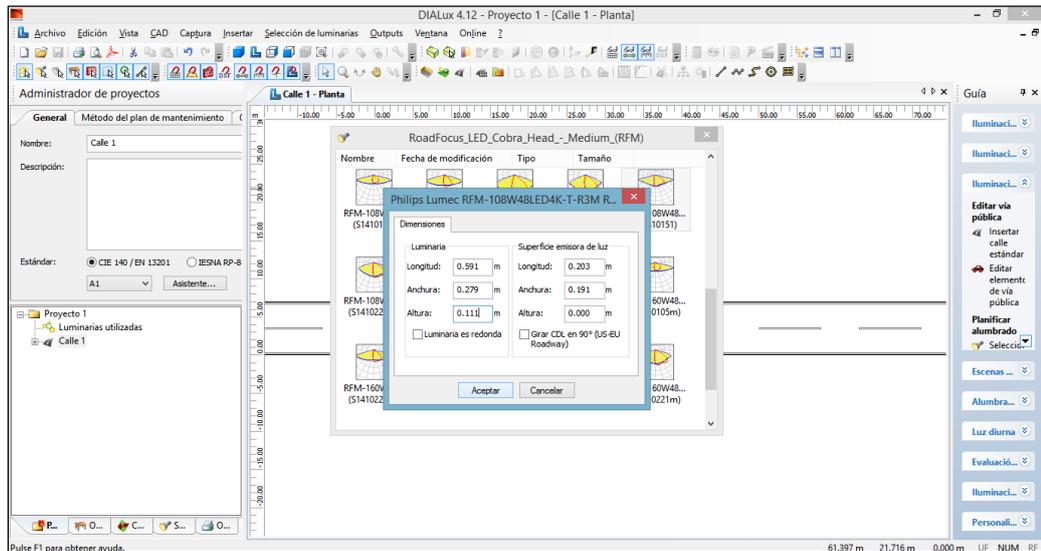


Figura N° 27: Dimensiones de la luminaria escogida  
Fuente: Dialux, 2016.

Con esto ya tendremos agregado la luminaria LED modelo Roadfocus Medium de 108W al proyecto, lo siguiente será repetir el proceso para agregar la otra luminaria LED modelo Roadfocus Large de 215W.

Ahora simularemos las calles de la Av. José Pardo en el programa, teniendo en consideración que a cada proyecto le pertenece un corte de calle determinado y

una longitud de vano, las medidas de los cortes de vía de la avenida y los vanos están especificados en el plano JP-IAP-02.

Para la Av. José Pardo, la arquitectura de la avenida es en el siguiente orden: camino peatonal 1, estacionamiento 1, calzada 1, berma central, calzada 2, estacionamiento 2, camino peatonal 2.

Para empezar agregamos el primer elemento de calle que es un camino peatonal, para eso vamos a la opción *Insertar > Elemento de calle > Camino peatonal*.

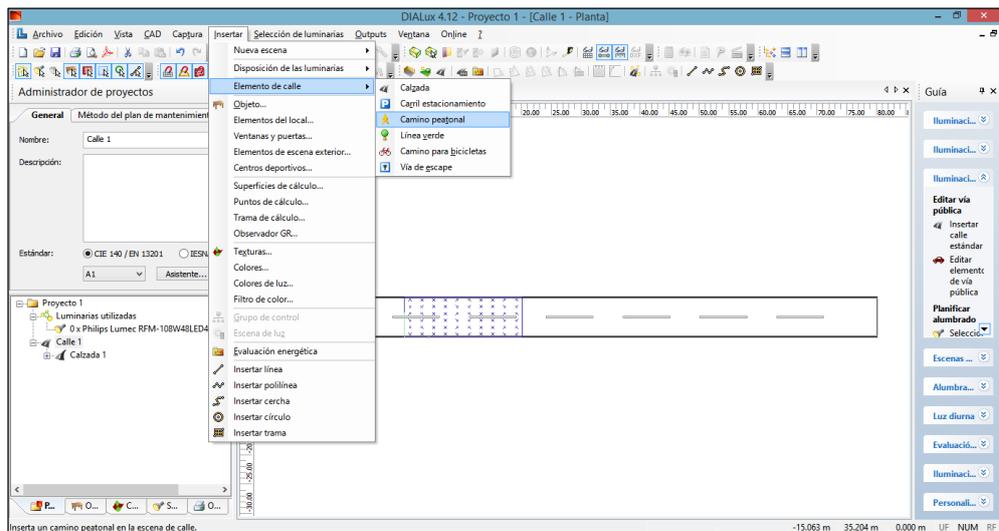


Figura N° 28: Agregar un camino peatonal al proyecto  
Fuente: Dialux, 2016.

Continuamos agregando el segundo elemento de calle que es un carril de estacionamiento, para eso vamos a la opción *Insertar > Elemento de calle > Carril estacionamiento*.

El tercer elemento de calle que es la calzada 1, para eso vamos a la opción *Insertar > Elemento de calle > Calzada*.

El cuarto elemento de calle que es la calzada 2, para eso vamos nuevamente a la opción *Insertar > Elemento de calle > Calzada*.

Al agregar una nueva calzada, el programa automáticamente te agrega un separador central o berma central entre ambas calzadas.

Así continuamos agregando todos los elementos de calle que componen la avenida José Pardo: camino peatonal 1, estacionamiento 1, calzada 1, berma central, calzada 2, estacionamiento 2, camino peatonal 2.

Ahora ingresaremos las dimensiones de cada elemento de calle según las medidas reales que indica el plano JP-IAP-02, tales como la anchura de la vía y altura sobre el nivel de la calzada de los elementos.

Una vez completado, incluiremos un recuadro de evaluación para ver como mejora la iluminación en la berma central, a manera de incluirlos en nuestro análisis. Seleccionamos con un click nuestro elemento de arcén central 1 y con anticlick escogemos la opción *insertar recuadro de evaluación*.

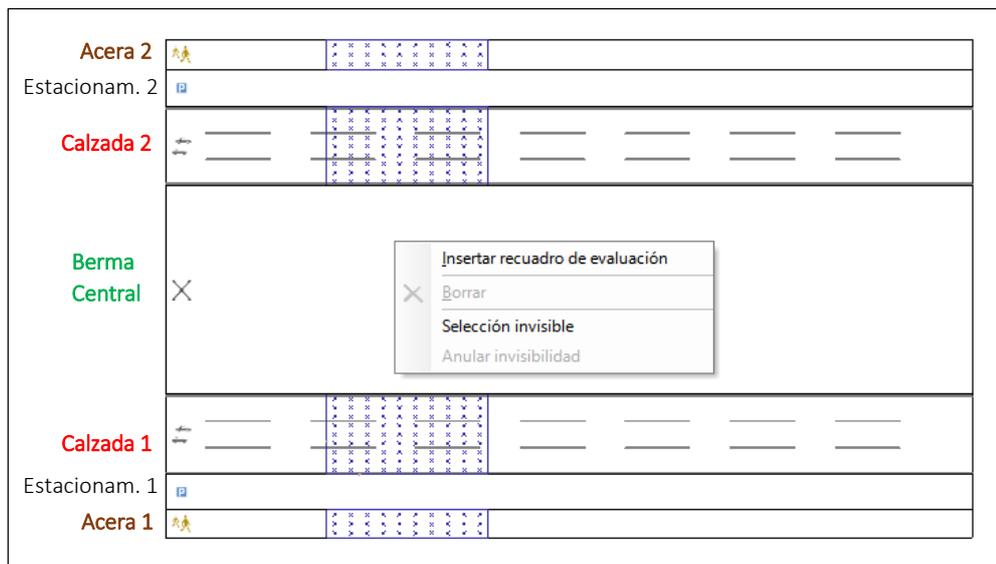


Figura N° 36: Insertar un nuevo recuadro de evaluación en el proyecto  
Fuente: Dialux, 2016.

Para agregar las luminarias a la calle que estamos simulando bastara arrastrar el archivo que habíamos agregado anteriormente a la calle del proyecto. Cada vez que arrastramos estamos agregando por defecto una fila de 06 luminarias cada grupo. Agregaremos en total 02 filas de luminarias RFM 108W y 02 filas de luminarias RFL de 215W.

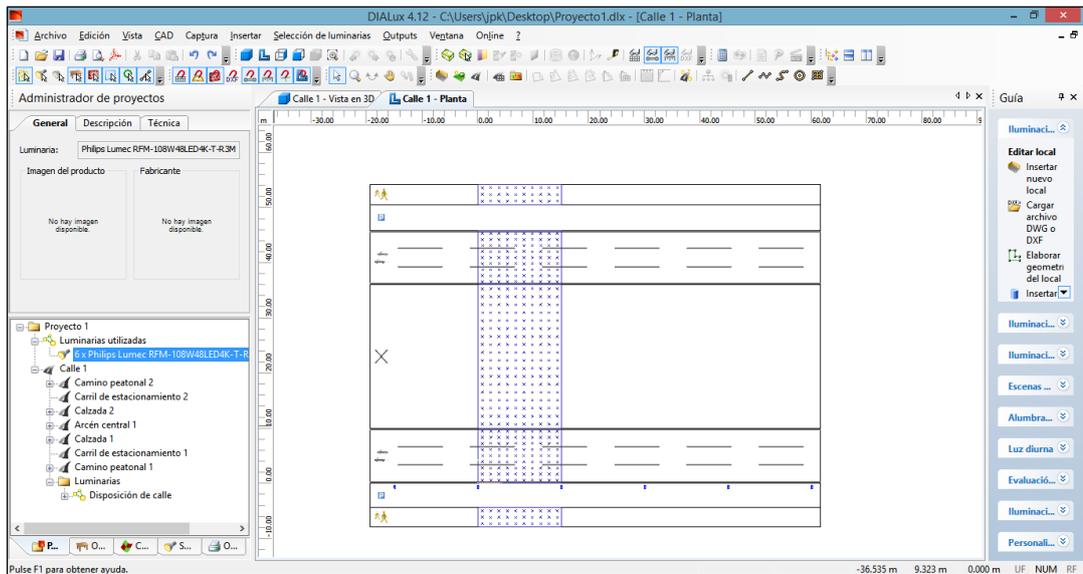


Figura N° 37: Agregar luminarias a la arquitectura del proyecto  
Fuente: Dialux, 2016.

Luego configuramos la opción de los 04 filas de luminarias a manera de obtener la disposición de las luminarias existentes correspondientes a la Av. José Pardo, en nuestro caso las luminarias serán del tipo *unilateral arriba y abajo* que es la que más se asemeja a una *bilateral pareada en berma central con doble brazo* (existente).

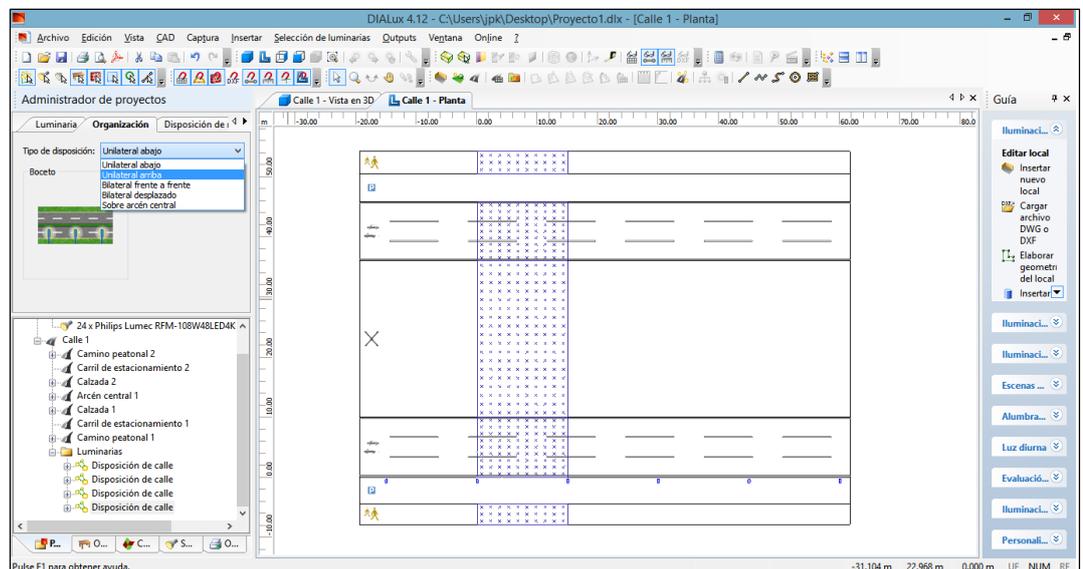


Figura N° 38: Disposición de las luminarias en la vía  
Fuente: Dialux, 2016.

En la pestaña disposición de mástiles ingresamos para cada grupo de luminarias a instalar, las siguientes medidas: *altura de montaje de las luminarias*, *altura del punto de luz*, *cantidad de luminarias por mástil*, *distancia entre dos mástiles* y *desplazamiento longitudinal*.

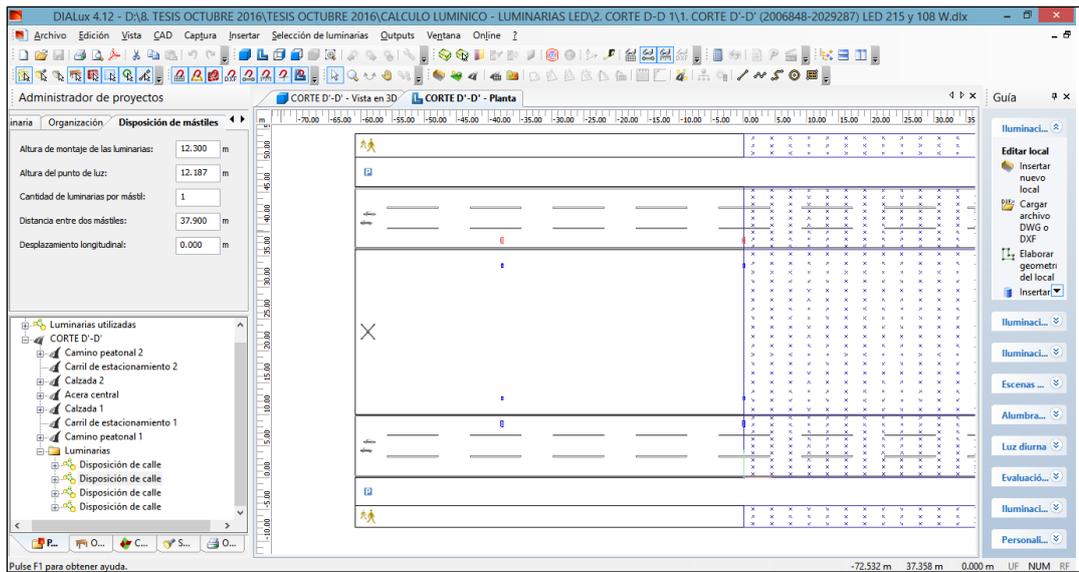


Figura N° 39: Disposición de mástiles en la vía

Fuente: Dialux, 2016.

Es momento de ingresar todos los datos de las características del brazo de cada grupo de luminarias a instalar, tales como: *longitud del brazo, inclinación del brazo, saliente sobre la calzada, distancia mástil-calzada y el ángulo de rotación.*

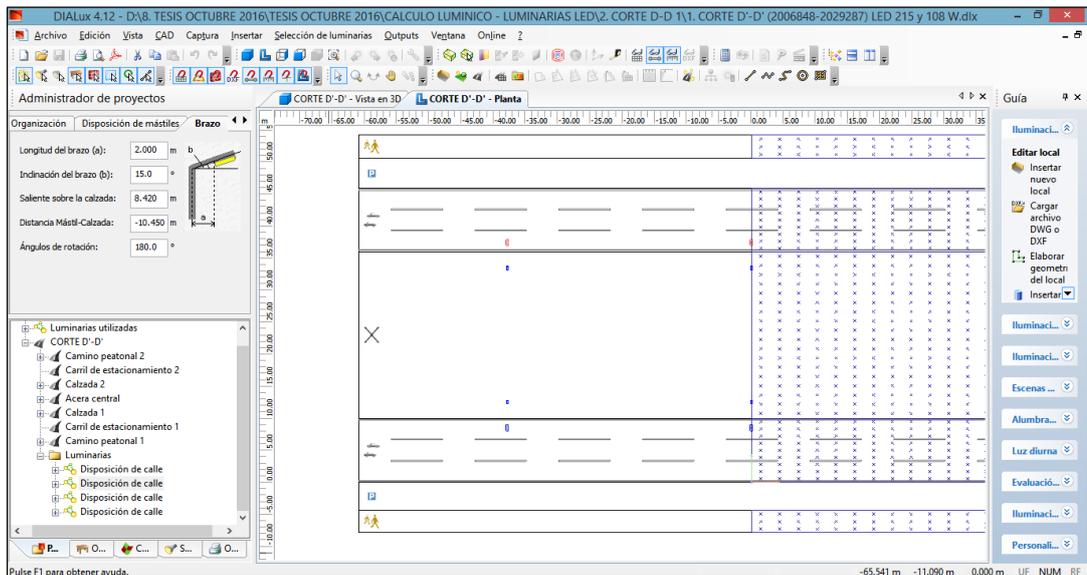


Figura N° 40: Dimensiones del brazo del mástil en la vía

Fuente: Dialux, 2016.

Una vez que hemos completado todos los valores, entre las opciones de vista del proyecto tenemos varias opciones: *Vista > Vista 3D, planta, frontal y lateral.*

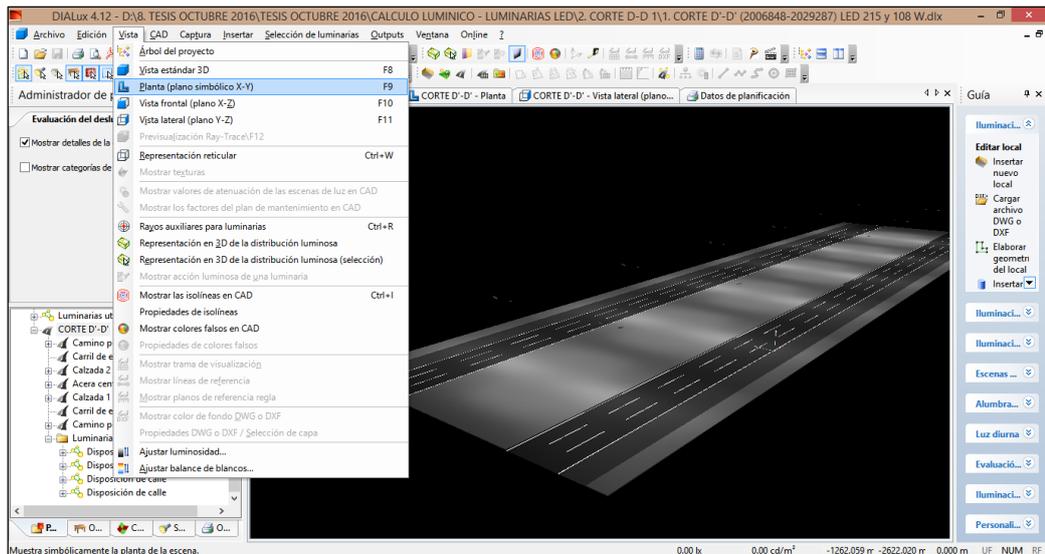


Figura N° 41: Opciones de vista del proyecto

Fuente: Dialux, 2016.

Para obtener los resultados de nuestra simulación será necesario cambiar de la pestaña del *proyecto* a la pestaña *Output* y seleccionar de la lista todos los datos del proyecto y los cálculos que queremos que se incluyan en nuestro informe.

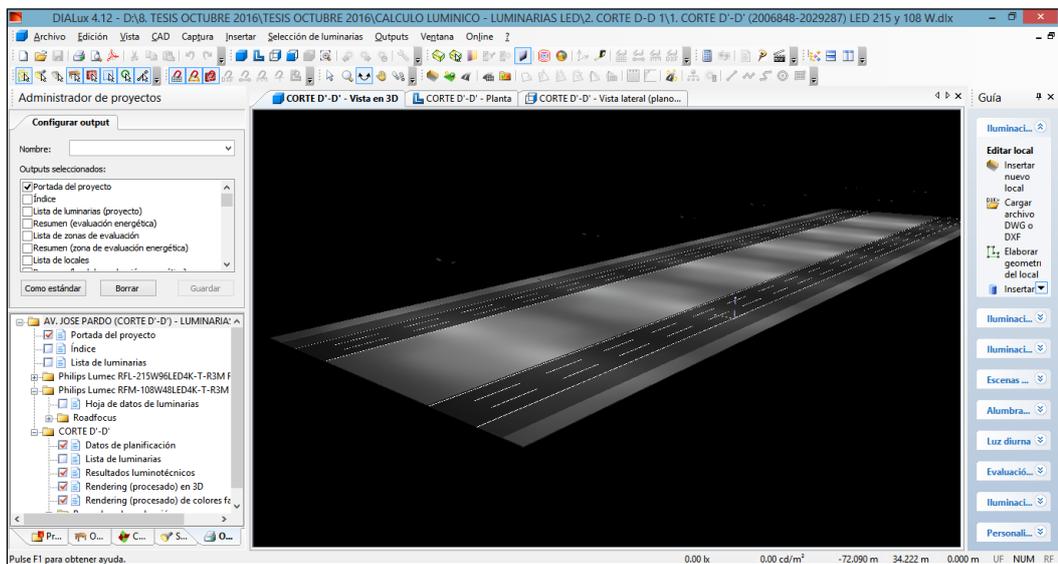


Figura N° 43: Opciones de Output en el proyecto

Fuente: Dialux, 2016.

Para poder ver los resultados serán cuestión de hacer doble click en la pestaña *Rendering (procesado) en 3D*.

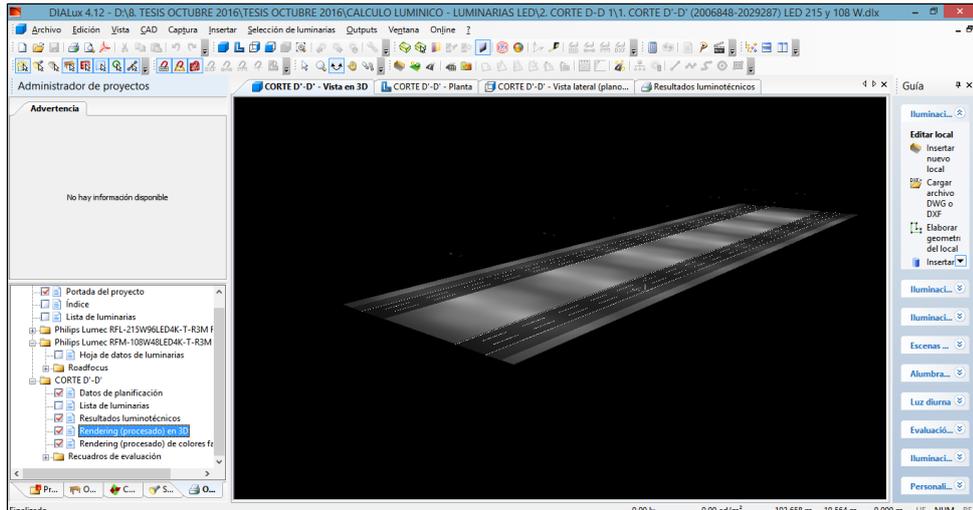


Figura N° 44: Opciones de Rendering en 3D  
Fuente: Dialux, 2016.

EL programa calcula todos valores de iluminación requeridos tales como: luminancia media, iluminancia media de calzada y de las aceras, uniformidad media y otros valores más.

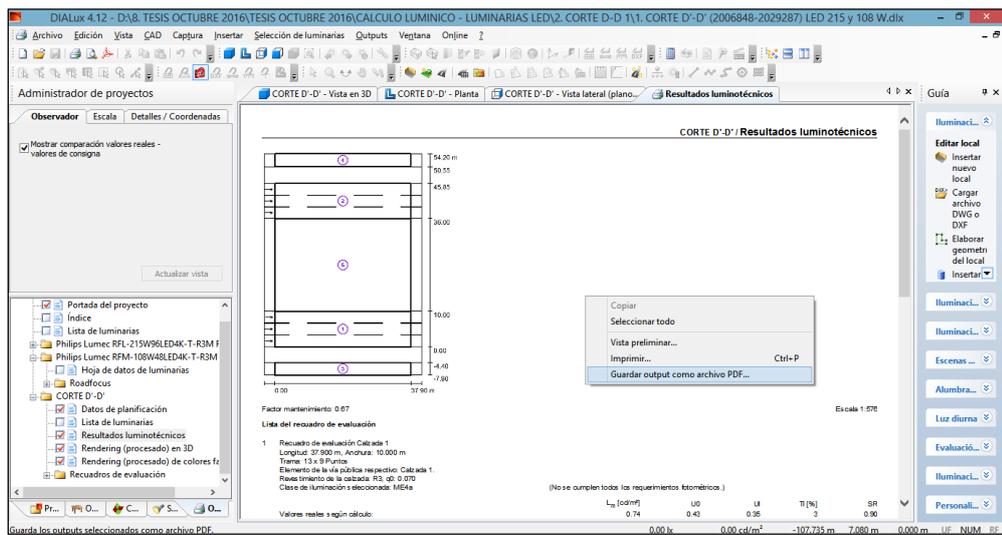


Figura N° 45: Guardar output como archivo PDF  
Fuente: Dialux, 2016.

Los resultados pueden ser exportados en un archivo PDF haciendo anticlick en la ventana y escogiendo la opción *Guardar output como archivo PDF*.

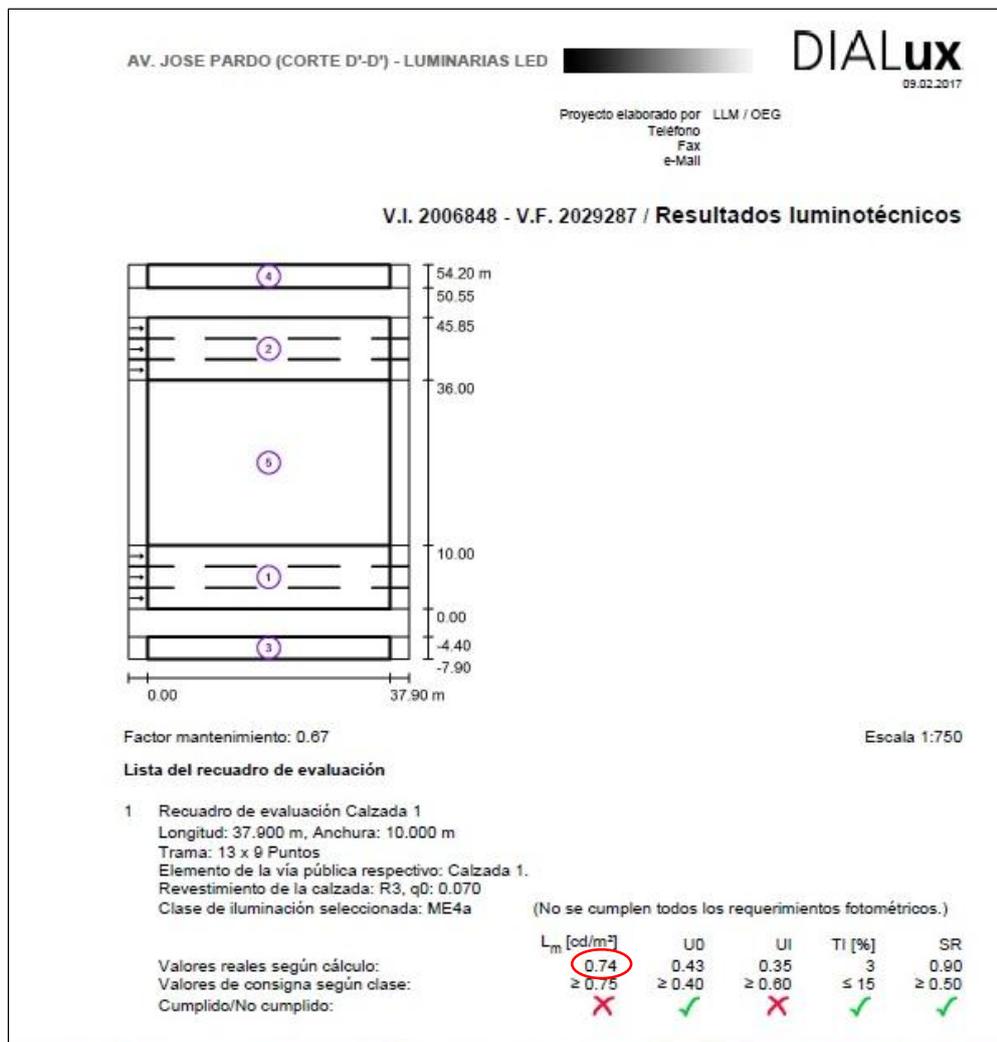
A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante el programa.

❖ **Resultados de calidad AP con DIALUX - Luminarias LED (V<sub>máx</sub> = 37.9m)**

*DETALLES DE CALCULO CON DIALUX.*

- Disposición de luminarias: Bilateral pareada en berma central con doble brazo.
- Vano Inicial: 2006848 - Vano Final: 2029287
- Longitud de vano = 37.9 m
- Luminarias LED: RFL 215W y RFM 108W
- Postes: C.A.C. 12/300/2/165/345
- Pastoral: A°G° PP/2/1.5/50.8/15°
- Altura de montaje = 12.3m

A continuación se muestra los valores calculados por el DIALUX de luminancia, iluminancia y uniformidad media para el **V<sub>máx</sub> = 37.9m**.



V.I. 2006848 - V.F. 2029287 / Resultados luminotécnicos

Lista del recuadro de evaluación

2 Recuadro de evaluación Calzada 2  
Longitud: 37.900 m, Anchura: 9.850 m  
Trama: 13 x 9 Puntos  
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2.  
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.89	0.38	0.37	4	0.90
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	X	X	X	✓	✓

3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1  
Longitud: 37.900 m, Anchura: 3.500 m  
Trama: 13 x 3 Puntos  
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.  
Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	7.77	0.52
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

4 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2  
Longitud: 37.900 m, Anchura: 3.650 m  
Trama: 13 x 3 Puntos  
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.  
Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	7.57	0.52
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

V.I. 2006848 - V.F. 2029287 / Resultados luminotécnicos

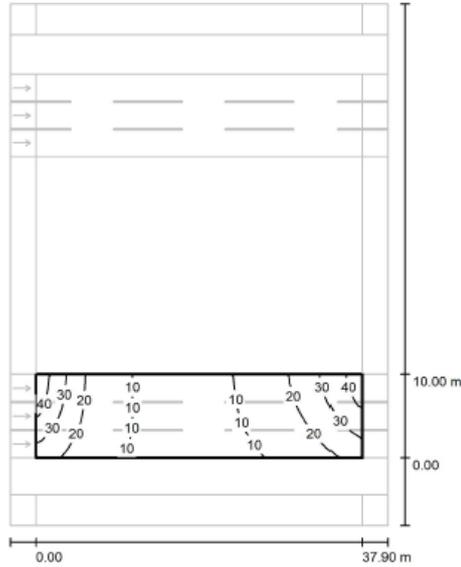
Lista del recuadro de evaluación

5 Acera central  
Longitud: 37.900 m, Anchura: 26.000 m  
Trama: 13 x 18 Puntos  
Elemento de la vía pública respectivo: Acera central .  
Clase de iluminación seleccionada: CE5

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	19.06	0.31
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	X

V.I. 2006848 - V.F. 2029287 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / **Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 500

Trama: 13 x 9 Puntos

$E_m$  [lx]  
16

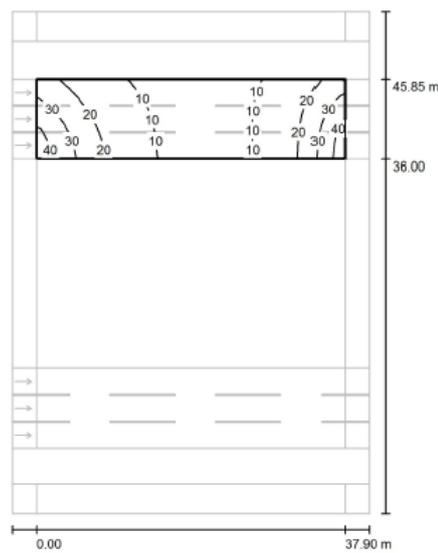
$E_{min}$  [lx]  
5.44

$E_{max}$  [lx]  
41

$E_{min} / E_m$   
0.336

$E_{min} / E_{max}$   
0.131

V.I. 2006848 - V.F. 2029287 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / **Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 500

Trama: 13 x 9 Puntos

$E_m$  [lx]  
16

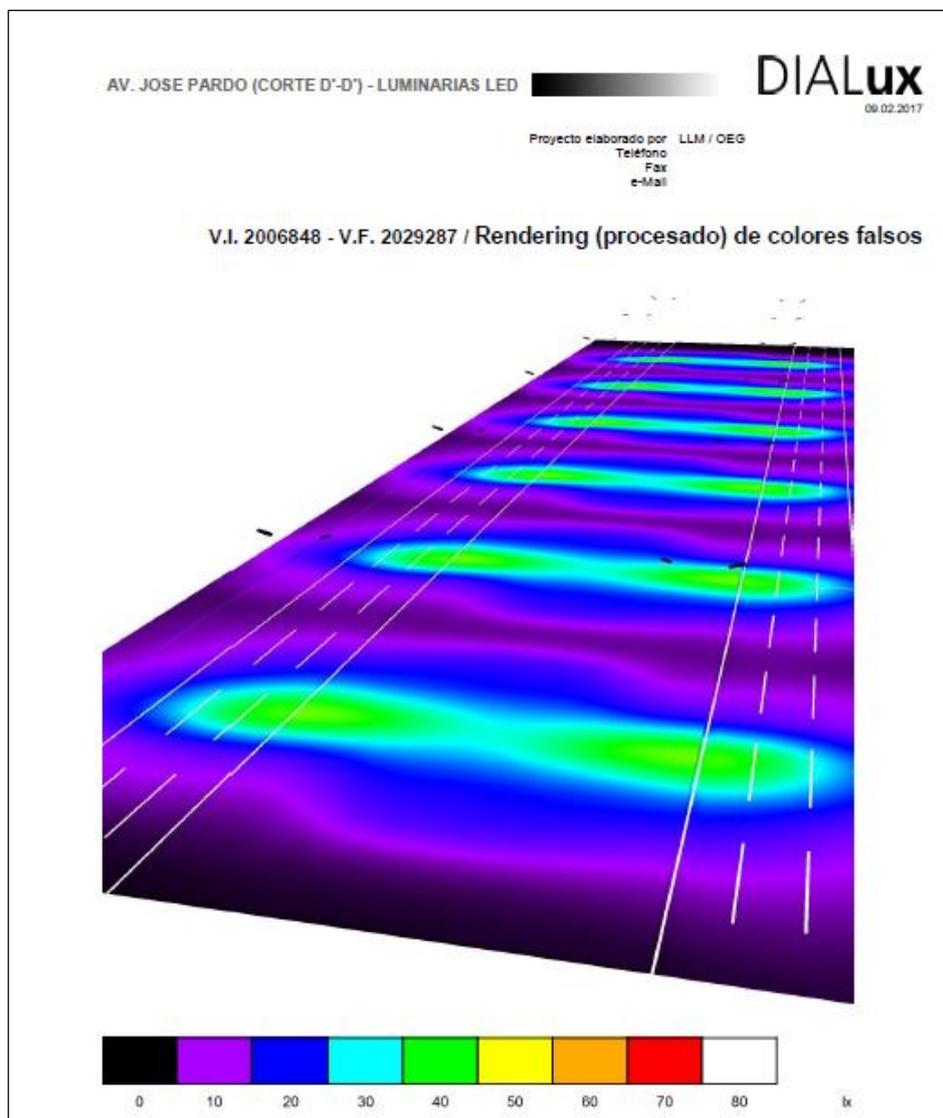
$E_{min}$  [lx]  
5.45

$E_{max}$  [lx]  
41

$E_{min} / E_m$   
0.337

$E_{min} / E_{max}$   
0.132

El programa también nos ofrece una simulación de la iluminancia media de la Av. José Pardo para un  $V_{\text{máx}} = 37.9\text{m}$  en un rendering de colores falsos.



Donde observamos que con las luminarias LED obtendríamos una buena distribución luminosa evitando casi en su totalidad las zonas oscuras o de baja iluminación (<10lux).

Los resultados obtenidos con DIALUX para este  $V_{\text{máx}} = 37.9\text{m}$  con luminarias LED serían:

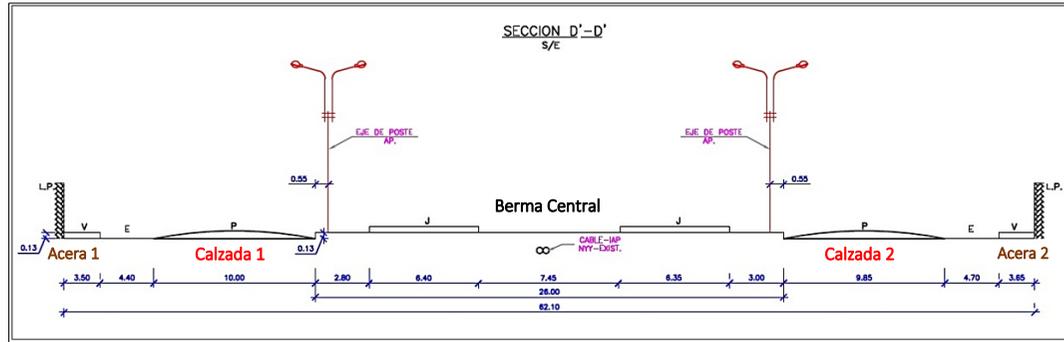
**Luminancia media:**  $L_m=0.74\text{ cd/m}^2$  (Calzada 1) y  $L_m=0.69\text{ cd/m}^2$  (Calzada 2).

**Iluminancia media:**  $E_m=16\text{ lux}$  (Calzada 1) y  $E_m=16\text{ lux}$  (Calzada 2).

$E_m=7.77\text{ lux}$  (Acera 1),  $E_m=7.57\text{ lux}$  (Acera 2) y  $E_m=19.06\text{ lux}$  (Berma Central)

**Uniformidad media:**  $E_{\text{min}}/E_m=0.336$  (Calzada 1) y  $E_{\text{min}}/E_m = 0.337$  (Calzada 2).

a) Bilateral pareada en berma central con doble brazo (disposición existente).



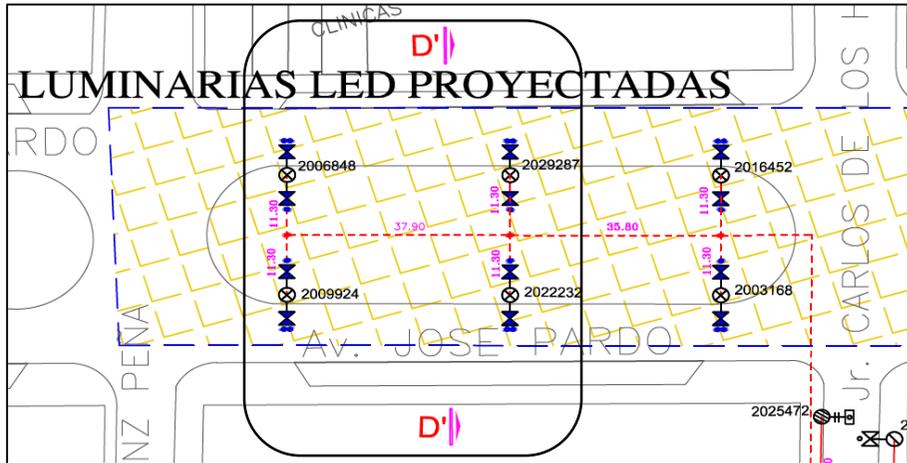
**DETALLES DE CALCULO CON DIALUX.**

- Disposición de luminarias: *Bilateral pareada en berma central con doble brazo.*
- Vano Inicial - Vano Final
- Long. vano = 33.1 m (mínimo) y 37.9 m (máximo).
- Luminarias LED: RFL 215W y RFM 108W
- Postes: C.A.C. 12/300/2/165/345
- Pastoral: A°G° PP/2/1.5/50.8/15° (proyectado)
- Altura de montaje = 12.3m

Tabla N°24: Niveles de iluminación con DIALUX del AP en la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas.

CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Tipo de Alumbrado	Tipo de Calzada	Vano Máximo	LUMINANCIA MEDIA Lm (cd/m <sup>2</sup> )	ILUMINANCIA								
							Emed (lux)		Emed (lux)			Uniformidad (E <sub>min</sub> /E <sub>med</sub> )			
							Calzada Oscura	Calzada Clara	Calzada Clara	Acera Clara	Berma Central		Calzada Clara	Calzada Clara	
Norma			III	RIII	m.	0.5 - 1.0	10 - 20	≥ 1.0			0.25 - 0.35				
							Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2	Acera 1	Acera 2	Berma Central	Calzada 1	Calzada 2
D' - D'	2006848	2029287	III	RIII	37.90	0.74	0.69	16	16	7.77	7.57	19.06	0.336	0.337	
	2029287	2016452	III	RIII	35.80	0.78	0.73	17	17	8.23	8.01	20.18	0.392	0.393	
D'' - D''	2017336	2031993	III	RIII	35.00	0.80	0.74	17	18	8.13	8.36	20.70	0.421	0.422	
	2031993	2029475	III	RIII	35.35	0.79	0.74	17	17	8.05	8.28	20.50	0.408	0.409	
F - F	2007610	2025617	III	RIII	34.25	0.82	0.76	18	18	8.82	8.54	21.05	0.435	0.436	
	2025617	2024238	III	RIII	34.40	0.82	0.76	18	18	8.78	8.50	20.96	0.432	0.433	
F' - F'	2014783	2024204	III	RIII	35.20	0.81	0.74	18	17	8.63	8.24	20.42	0.412	0.414	
	2024204	2021660	III	RIII	33.10	0.86	0.79	19	19	9.18	8.75	21.72	0.460	0.456	
F'' - F''	2026334	2025259	III	RIII	34.90	0.80	0.75	18	18	8.36	8.23	20.89	0.426	0.425	
	2025259	2003537	III	RIII	36.20	0.77	0.72	17	17	8.06	7.94	20.15	0.374	0.374	

❖ **Calculo de la Eficiencia Energética AP de la Av. José Pardo con luminarias LED proyectadas.**



**Calculo de la Eficiencia Energética para Vmáx = 37.9 m**

$$\epsilon = \frac{S * Em}{P}$$

$\epsilon$  = Eficiencia energética de la instalación de AP (m2\*lux/W)  
 P = Pot. activa total instalada lámparas y equipos auxiliares (W)  
 S = Superficie iluminada (m2)  
 Em = Iluminancia media de la instalación (lux)

S1 = Vmáx\*Acalzada1 = 37.9m\*10m = 379 m2 (calzada 1)  
 S2 = Vmáx\*Acalzada2 = 37.9m\*9.85m = 373.3 m2 (calzada 2)  
 Em = 16.0 lux (calzada 1 y 2)      P = 215W

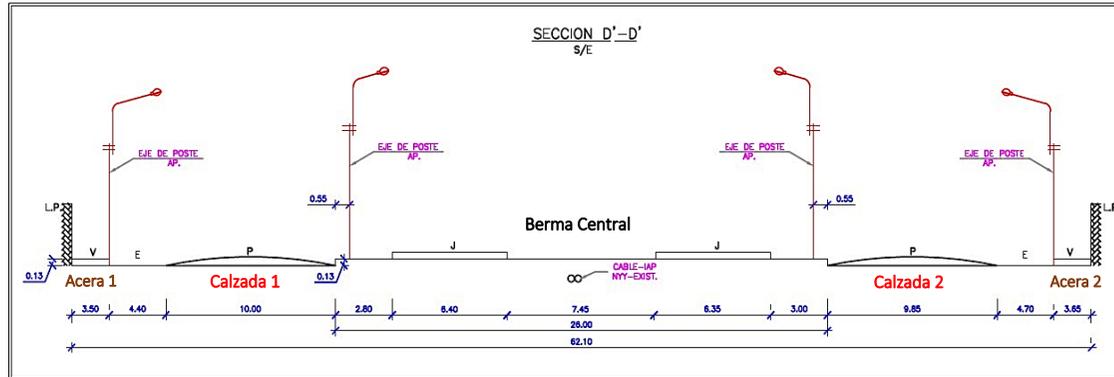
$$\epsilon_1 = \frac{S * Em}{P} = \frac{379m2 * 16.0lux}{215w} = 28.20 \text{ m}^2 * \text{lux/W}$$

$$\epsilon_2 = \frac{S * Em}{P} = \frac{373.3m2 * 16.0lux}{215w} = 27.78 \text{ m}^2 * \text{lux/W}$$

Tabla N°25: Rendimiento de iluminación en AP de la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas

CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Calzada 1	Calzada 2	Iluminancia Media (Emed)		Eficiencia Energética (ε)	
					Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
Norma			m.	m.	lux	lux	m2*lux/W	m2*lux/W
D' - D'	2006848	2029287	10.00	9.85	16.00	16.00	<b>28.20</b>	<b>27.78</b>
	2029287	2016452			17.00	17.00	<b>28.31</b>	<b>27.88</b>
D'' - D''	2017336	2031993	10.00	9.80	17.00	18.00	<b>27.67</b>	<b>28.72</b>
	2031993	2029475			17.00	17.00	<b>27.95</b>	<b>27.39</b>
F - F	2007610	2025617	9.90	9.85	18.00	18.00	<b>28.39</b>	<b>28.24</b>
	2025617	2024238			18.00	18.00	<b>28.51</b>	<b>28.37</b>
F' - F'	2014783	2024204	9.50	9.90	18.00	17.00	<b>28.00</b>	<b>27.55</b>
	2024204	2021660			19.00	19.00	<b>27.79</b>	<b>28.96</b>
F'' - F''	2026334	2025259	9.70	9.80	18.00	18.00	<b>28.34</b>	<b>28.63</b>
	2025259	2003537			17.00	17.00	<b>27.76</b>	<b>28.05</b>

b) Combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas (disposición proyectada).



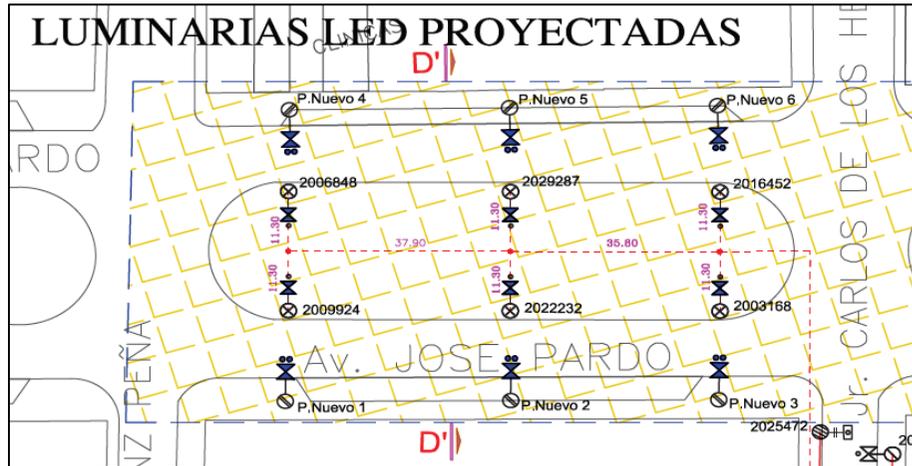
**DETALLES DE CALCULO CON DIALUX.**

- Disposición de luminarias: *Combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas.*
- Vano Inicial - Vano Final
- Long. vano = 33.1 m (mínimo) y 37.9 m (máximo).
- Luminarias LED: 108W (b. central) y 215W (calzadas).
- Postes: C.A.C. 12/300/2/165/345  
C.A.C. 9/300/2/120/255 (proyectado)
- Pastoral: A°G° PP/2/1.5/50.8/15° (proyectado)  
A°G° PP/3.4/3.2/50.8/15° (proyectado)
- Altura de montaje = 12.3m (b. central) y 11.3m (calzadas).

Tabla N°26: Niveles de iluminación con DIALUX del AP en la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas.

CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Tipo de Alumbrado	Tipo de Calzada	Vano Máximo	LUMINANCIA MEDIA Lm (cd/m2)	ILUMINANCIA							
							Emed (lux)		Emed (lux)			Uniformidad (Emin/Emed)		
							Calzada Oscura	Calzada Clara						
III	RIII	m.	0.5 - 1.0		10 - 20		≥ 1.0			0.25 - 0.35				
						Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2	Acera 1	Acera 2	Berma Central	Calzada 1	Calzada 2
D' - D'	2006848	2029287	III	RIII	37.90	0.68	0.76	16	16	14.32	14.19	13.01	0.233	0.237
	2029287	2016452	III	RIII	35.80	0.72	0.81	17	17	15.16	15.02	13.77	0.252	0.255
D'' - D''	2017336	2031993	III	RIII	35.00	0.72	0.84	18	18	15.35	15.43	14.10	0.263	0.259
	2031993	2029475	III	RIII	35.35	0.72	0.83	17	18	15.20	15.27	13.96	0.260	0.256
F - F	2007610	2025617	III	RIII	34.25	0.76	0.85	18	18	15.97	15.84	14.47	0.264	0.271
	2025617	2024238	III	RIII	34.40	0.76	0.85	18	18	15.90	15.77	14.40	0.262	0.268
F' - F'	2014783	2024204	III	RIII	35.20	0.74	0.83	18	18	15.51	15.31	14.07	0.257	0.260
	2024204	2021660	III	RIII	33.10	0.79	0.88	19	19	16.50	16.28	14.96	0.286	0.288
F'' - F''	2026334	2025259	III	RIII	34.90	0.73	0.82	18	18	15.55	15.49	14.19	0.262	0.266
	2025259	2003537	III	RIII	36.20	0.71	0.80	17	17	14.99	14.94	13.68	0.257	0.261

❖ **Calculo de la Eficiencia Energética AP de la Av. José Pardo con luminarias LED proyectadas.**



**Calculo de la Eficiencia Energética para Vmáx = 37.9 m**

$$\epsilon = \frac{S * Em}{P}$$

$\epsilon$  = Eficiencia energética de la instalación de AP (m<sup>2</sup>\*lux/W)  
 P = Pot. activa total instalada lámparas y equipos auxiliares (W)  
 S = Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)  
 Em = Iluminancia media de la instalación (lux)

S1 = Vmáx\*Acalzada1 = 37.9m\*10m = 379 m<sup>2</sup> (calzada 1)  
 S2 = Vmáx\*Acalzada2 = 37.9m\*9.85m = 373.3 m<sup>2</sup> (calzada 2)  
 Em = 16.0 lux (calzada 1 y 2)      P = 215W

$$\epsilon_1 = \frac{S * Em}{P} = \frac{379m^2 * 16.0lux}{215w} = 28.20 \text{ m}^2 * \text{lux/W}$$

$$\epsilon_2 = \frac{S * Em}{P} = \frac{373.3m^2 * 16.0lux}{215w} = 27.78 \text{ m}^2 * \text{lux/W}$$

Tabla N°27: Rendimiento de iluminación en AP de la Av. José Pardo - Luminarias LED Proyectadas

CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Vano Máximo	Calzada 1	Calzada 2	Iluminancia Media (Emed)		Eficiencia Energética (ε)	
						Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
Norma			m.	m.	m.	lux	lux	m <sup>2</sup> *lux/W	m <sup>2</sup> *lux/W
D' - D'	2006848	2029287	37.90	10.00	9.85	16	16	<b>28.20</b>	<b>27.78</b>
	2029287	2016452	35.80			17	17	<b>28.31</b>	<b>27.88</b>
D'' - D''	2017336	2031993	35.00	10.00	9.80	18	18	<b>29.30</b>	<b>28.72</b>
	2031993	2029475	35.35			17	18	<b>27.95</b>	<b>29.00</b>
F - F	2007610	2025617	34.25	9.90	9.85	18	18	<b>28.39</b>	<b>28.24</b>
	2025617	2024238	34.40			18	18	<b>28.51</b>	<b>28.37</b>
F' - F'	2014783	2024204	35.20	9.50	9.90	18	18	<b>28.00</b>	<b>29.18</b>
	2024204	2021660	33.10			19	19	<b>27.79</b>	<b>28.96</b>
F'' - F''	2026334	2025259	34.90	9.70	9.80	18	18	<b>28.34</b>	<b>28.63</b>
	2025259	2003537	36.20			17	17	<b>27.76</b>	<b>28.05</b>

#### 4.2.6 Cálculo de la Máxima demanda AP

La máxima demanda correspondiente al servicio de AP, se calculó para las luminarias con tecnología LED proyectadas, modelo ROADFOCUS de 108 y 215W. A continuación se muestra los nuevos cuadros de carga por subestación.

Tabla N° 28: Cuadro de Cargas N°05, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0016.

CUADRO DE CARGAS AP N°05 - CON LUMINARIAS VSAP y LED (SAB CH0016)						
TIPO DE LUMINARIA	POT. DE LAMPARA (W)	POT. DEL SISTEMA* (W)	Nº LAMP.	Pot. (kW)	I (A)	POTENCIA TRAFO (KVA)
		(Pot. Lamp + Pérdidas)				
VAPOR DE SODIO	70	90	3	0.27	0.79	250
VAPOR DE SODIO	100	120	4	0.48	1.40	
VAPOR DE SODIO	150	175	12	2.1	6.12	
<b>ROADFOCUS LED</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>6</b>	<b>0.65</b>	<b>1.89</b>	
<b>ROADFOCUS LED</b>	<b>215</b>	<b>215</b>	<b>6</b>	<b>1.29</b>	<b>3.76</b>	
TOTAL			31	4.79	13.96	

Tabla N° 29: Cuadro de Cargas N°06, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0950.

CUADRO DE CARGAS AP N°06 - CON LUMINARIAS VSAP y LED (SAB CH0950)						
TIPO DE LUMINARIA	POT. DE LAMPARA (W)	POT. DEL SISTEMA* (W)	Nº LAMP.	Pot. (kW)	I (A)	POTENCIA TRAFO (KVA)
		(Pot. Lamp + Pérdidas)				
VAPOR DE SODIO	70	90	1	0.09	0.26	250
VAPOR DE SODIO	100	120	3	0.36	1.05	
VAPOR DE SODIO	150	175	5	0.88	2.55	
VAPOR DE SODIO	250	280	4	1.12	3.27	
<b>ROADFOCUS LED</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>6</b>	<b>0.65</b>	<b>1.89</b>	
<b>ROADFOCUS LED</b>	<b>215</b>	<b>215</b>	<b>6</b>	<b>1.29</b>	<b>3.76</b>	
TOTAL			25	4.38	12.78	

Tabla N° 30: Cuadro de Cargas N°07, con luminarias VSAP y LED, SAM CH0027.

CUADRO DE CARGAS AP N°07 - CON LUMINARIAS VSAP y LED (SAM CH0027)						
TIPO DE LUMINARIA	POT. DE LAMPARA (W)	POT. DEL SISTEMA* (W)	Nº LAMP.	Pot. (kW)	I (A)	POTENCIA TRAFO (KVA)
		(Pot. Lamp + Pérdidas)				
VAPOR DE SODIO	70	90	1	0.09	0.26	150
VAPOR DE SODIO	100	120	5	0.6	1.75	
VAPOR DE SODIO	150	175	2	0.35	1.02	
<b>ROADFOCUS LED</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>1.94</b>	<b>5.67</b>	
<b>ROADFOCUS LED</b>	<b>215</b>	<b>215</b>	<b>18</b>	<b>3.87</b>	<b>11.28</b>	
TOTAL			44	6.85	19.99	

El resumen de los nuevos cuadros de cargas de todas las subestaciones, es el siguiente:

*Tabla N° 31: Cuadro de Cargas Total N°08, utilizando luminarias LED.*

CUADRO DE CARGAS AP N°08 - CON LUMINARIAS VSAP y LED (TODAS LAS SUBESTACIONES)										
SUBESTACION	TIPO DE LUMINARIA	Nº LAMP. VSAP 70W	Nº LAMP. VSAP 100W	Nº LAMP. VSAP 150W	Nº LAMP. VSAP 250W	Nº LUM. LED 108W	Nº LUM. LED 215W	TOTAL UAP	Pot. (kW)	I (A)
SAB CH0016	VSAP y LED	3	4	12	0	6	6	31	4.79	13.96
SAB CH0950	VSAP y LED	1	3	5	4	6	6	25	4.38	12.78
SAM CH0027	VSAP y LED	1	5	2	0	18	18	44	6.85	19.99
<b>TOTAL</b>		<b>5</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>16.03</b>	<b>46.73</b>

La nueva máxima demanda de todas las subestaciones que intervienen en el alumbrado público, sería de 16.03 kW, utilizando las luminarias con tecnología LED proyectadas, según la tabla N°31.

### **4.3 ANALISIS DE LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO DE ILUMINACION UTILIZANDO LUMINARIAS VSAP Y LED EN LA AV. JOSE PARDO.**

Lo que haremos en este capítulo es comparar los indicadores de calidad y rendimiento de la iluminación en la Av. José Pardo utilizando luminarias VSAP manteniendo la actual de disposición de luminarias en la vía y utilizando luminarias LED para los 02 tipos de disposición de luminarias propuestos. Para ello analizaremos los valores obtenidos en las mediciones realizadas por la concesionaria eléctrica Hidrandina S.A. para el caso de las luminarias VSAP existentes (tabla N°17) y compararlos con los valores calculados obtenidos mediante el software DIALUX para las luminarias LED proyectadas (tabla N°24 y 26).

De las 02 propuestas de disposición de luminarias LED en la vía se puede apreciar que para el caso *b) Combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas*, los niveles de iluminación obtenidos de uniformidad media (tabla N°26) no cumplen con los valores mínimos que indica la norma técnica DGE para un tipo de alumbrado III como lo es la Av. José Pardo. Los resultados obtenidos con DIALUX para esta disposición nos muestran (tabla N°26) que la uniformidad media está por debajo del mínimo que indica la norma, es decir para el vano de 37.9m la uniformidad media es 0.233 para la calzada 1 y 0.237 para la calzada 2 cuando la norma indica que el mínimo debe de ser 0.25.

Ahora para los vanos de 35.8m, 35.2m y 36.2m tenemos valores de uniformidad media muy parecidos al mínimo de 0.25 que indica la norma, si bien estamos trabajando con un software de iluminación profesional, podría ser que en campo estos valores bajen hasta por el mínimo requerido. De estas conjeturas concluimos que la disposición de luminarias propuesta *b) Combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas*, no cumple con los valores mínimos de uniformidad media que nos exige la norma y por lo que a continuación queda descartada su recomendación y análisis, ya no siendo considerada como una opción ejecutable en parte también por ser una propuesta que demanda una mucha mayor inversión inicial.

A continuación comparemos los indicadores de calidad y rendimiento de la iluminación en la Av. José Pardo utilizando luminarias VSAP y utilizando luminarias LED manteniendo la disposición de luminarias *a) Bilateral pareada en berma central con doble brazo*.

## ✓ INDICADORES DE CALIDAD AP

### 4.3.1 Luminancia Media

Los niveles de luminancia media dados por la norma técnica DGE en su tabla N° 02 para el tipo de alumbrado III en la Av. José Pardo es entre los 0.5-1.0 cd/m<sup>2</sup> o superior.

Tabla N°32: Niveles de luminancia media obtenidos en las calzadas 1 y 2.

ITEM	CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Vano Máximo	LUMINANCIA MEDIA Lm (cd/m <sup>2</sup> )			
					LUMINARIAS VSAP		LUMINARIAS LED	
					Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
1	D' - D'	2006848	2029287	37.90	0.60	0.56	<b>0.74</b>	<b>0.69</b>
2		2029287	2016452	35.80	0.63	0.59	<b>0.78</b>	<b>0.73</b>
3	D'' - D''	2017336	2031993	35.00	0.65	0.60	<b>0.80</b>	<b>0.74</b>
4		2031993	2029475	35.35	0.64	0.60	<b>0.79</b>	<b>0.74</b>
5	F - F	2007610	2025617	34.25	0.67	0.62	<b>0.82</b>	<b>0.76</b>
6		2025617	2024238	34.40	0.67	0.62	<b>0.82</b>	<b>0.76</b>
7	F' - F'	2014783	2024204	35.20	0.66	0.62	<b>0.81</b>	<b>0.74</b>
8		2024204	2021660	33.10	0.70	0.66	<b>0.86</b>	<b>0.79</b>
9	F'' - F''	2026334	2025259	34.90	0.66	0.61	<b>0.80</b>	<b>0.75</b>
10		2025259	2003537	36.20	0.63	0.59	<b>0.77</b>	<b>0.72</b>

Analizando la tabla N° 36 podemos concluir que debido a la instalación de luminarias LED modelo Roadfocus Medium de 108W y Roadfocus Large de 215W, obtendríamos una mejora de hasta un 0.15 cd/m<sup>2</sup> en la calzada 1, que representa un 23.21% más que usando las luminarias existentes de VSAP. También tendríamos una mejora de hasta un 0.14 cd/m<sup>2</sup> en la calzada 2, que representa un 24.02% más, mejorando así la sensación de seguridad de los peatones y la visibilidad de los conductores que circulen por esta vía.

### 4.3.2 Iluminancia Media

Los niveles de Iluminancia media dados por la norma técnica DGE en su tabla N° 02 para el tipo de alumbrado III en la Av. José Pardo es entre los 10 - 20 lux o superior.

Tabla N°33: Niveles de iluminancia media en las calzadas 1 y 2.

ITEM	CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Vano Máximo	ILUMINANCIA MEDIA (lux)			
					LUMINARIAS VSAP		LUMINARIAS LED	
					Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
1	D' - D'	2006848	2029287	37.90	13.01	13.01	16.00	16.00
2		2029287	2016452	35.80	13.77	13.77	17.00	17.00
3	D'' - D''	2017336	2031993	35.00	13.77	13.77	17.00	18.00
4		2031993	2029475	35.35	13.77	13.77	17.00	17.00
5	F - F	2007610	2025617	34.25	14.54	14.54	18.00	18.00
6		2025617	2024238	34.40	14.54	14.54	18.00	18.00
7	F' - F'	2014783	2024204	35.20	14.54	14.54	18.00	17.00
8		2024204	2021660	33.10	15.30	15.30	19.00	19.00
9	F'' - F''	2026334	2025259	34.90	13.77	14.54	18.00	18.00
10		2025259	2003537	36.20	13.77	13.77	17.00	17.00

Para este caso tenemos que debido a la instalación de luminarias LED, obtendríamos una mejora en la iluminancia media en las calzadas 1 y 2 de la Av. José Pardo de hasta 4.23 lux, que representa un 30.72% más que usando las luminarias existentes de VSAP.

A continuación se muestra el análisis realizado para los niveles de iluminancia media en las aceras y la berma central de la Av. José Pardo, que debe ser mayor a 1.0 lux según la norma técnica DGE.

Tabla N°34: Niveles de iluminancia media en las aceras y en la berma central.

ITEM	CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Vano Máximo	ILUMINANCIA MEDIA (lux)					
					LUMINARIAS VSAP			LUMINARIAS LED		
					Acera 1	Acera 2	B. Central	Acera 1	Acera 2	B. Central
1	D' - D'	2006848	2029287	37.90	5.29	5.11	13.37	7.77	7.57	19.06
2		2029287	2016452	35.80	5.60	5.40	14.13	8.23	8.01	20.18
3	D'' - D''	2017336	2031993	35.00	5.52	5.62	14.55	8.13	8.36	20.70
4		2031993	2029475	35.35	5.46	5.57	13.94	8.05	8.28	20.50
5	F - F	2007610	2025617	34.25	6.05	5.77	14.74	8.82	8.54	21.05
6		2025617	2024238	34.40	6.02	5.78	14.68	8.78	8.50	20.96
7	F' - F'	2014783	2024204	35.20	5.91	5.82	14.07	8.63	8.24	20.42
8		2024204	2021660	33.10	6.25	6.16	14.96	9.18	8.75	21.72
9	F'' - F''	2026334	2025259	34.90	5.74	5.62	14.55	8.36	8.23	20.89
10		2025259	2003537	36.20	5.52	5.41	14.01	8.06	7.94	20.15

En este escenario es donde podríamos obtener una mayor mejora en la iluminancia media de la Av. José Pardo. En la acera 1 tendríamos una mejora de hasta 2.59 lux, que representa un 47.38% más que usando las luminarias existentes de VSAP, y en la calzada 2 podríamos conseguir llegar hasta 2.74 lux de mejora, que representa 48.68% más.

En la berma central tendríamos un mejora de 6.56 lux, que representa un 47.08% de más que usando luminarias VSAP.

### 4.3.3 Uniformidad Media

La uniformidad media dados por la norma técnica DGE en su tabla N° 04 para el tipo de alumbrado III en la Av. José Pardo es entre los 0.25-0.35 o superior.

*Tabla N°35: Uniformidad media de las aceras de la Av. José Pardo*

ITEM	CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Vano Máximo	UNIFORMIDAD MEDIA (Emin/Emed)			
					LUMINARIAS VSAP		LUMINARIAS LED	
					Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
1	D' - D'	2006848	2029287	37.90	0.28	0.28	<b>0.34</b>	<b>0.34</b>
2		2029287	2016452	35.80	0.31	0.31	<b>0.39</b>	<b>0.39</b>
3	D'' - D''	2017336	2031993	35.00	0.33	0.33	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>
4		2031993	2029475	35.35	0.32	0.32	<b>0.41</b>	<b>0.41</b>
5	F - F	2007610	2025617	34.25	0.34	0.34	<b>0.44</b>	<b>0.44</b>
6		2025617	2024238	34.40	0.34	0.34	<b>0.43</b>	<b>0.43</b>
7	F' - F'	2014783	2024204	35.20	0.32	0.32	<b>0.41</b>	<b>0.41</b>
8		2024204	2021660	33.10	0.35	0.35	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>
9	F'' - F''	2026334	2025259	34.90	0.33	0.33	<b>0.43</b>	<b>0.43</b>
10		2025259	2003537	36.20	0.31	0.31	<b>0.37</b>	<b>0.37</b>

La uniformidad media de iluminancia en la acera 1 de la Av. José Pardo, también tendrían una mejora de hasta 0.11 y en la acera 2 una mejora de 0.10, que representa un 29.87% y 29.02% respectivamente más que usando las luminarias existentes de VSAP.

✓ **RENDIMIENTO DE ILUMINACION AP**

**4.3.4 Rendimiento Lumínico**

El rendimiento lumínico fue calculado para las luminarias VSAP de 150W y 250W y para las luminarias LED de 108W y 215W.

*Tabla N°36: Rendimiento lumínico de las luminarias VSAP y LED*

<b>LUMINARIAS VSAP</b>		
POTENCIA (W)	FLUJO (Lm)	RENDIMIENTO LUMINICO (Lm/W)
150	16,500	110
250	28,000	112
<b>LUMINARIAS LED</b>		
POTENCIA (W)	FLUJO (Lm)	RENDIMIENTO LUMINICO (Lm/W)
108	12,279	113.7
215	23,559	109.6

De la tabla N°40 podemos observar que en el rendimiento lumínico de ambas luminarias VSAP y LED no existe una diferencia considerable, por lo que este indicador se mantendría igual, es decir no existiría una mejora necesariamente.

### 4.3.5 Eficiencia Energética

La eficiencia energética del alumbrado público fue calculada para las luminarias VSAP y LED, según se detalla a continuación:

*Tabla N°37: Eficiencia Energética AP utilizando luminarias VSAP y LED.*

ITEM	CORTE	Punto Luminoso VANO INICIAL	Punto Luminoso VANO FINAL	Vano Máximo	Eficiencia Energética ( $\epsilon = m^2 \cdot lux / m^2$ )			
					LUMINARIAS VSAP		LUMINARIAS LED	
					Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
1	D' - D'	2006848	2029287	37.90	19.72	19.42	<b>28.20</b>	<b>27.78</b>
2		2029287	2016452	35.80	19.72	19.42	<b>28.31</b>	<b>27.88</b>
3	D'' - D''	2017336	2031993	35.00	19.28	18.89	<b>27.67</b>	<b>28.72</b>
4		2031993	2029475	35.35	19.47	19.08	<b>27.95</b>	<b>27.39</b>
5	F - F	2007610	2025617	34.25	19.71	19.61	<b>28.39</b>	<b>28.24</b>
6		2025617	2024238	34.40	19.80	19.70	<b>28.51</b>	<b>28.37</b>
7	F' - F'	2014783	2024204	35.20	19.44	20.26	<b>28.00</b>	<b>27.55</b>
8		2024204	2021660	33.10	19.24	20.05	<b>27.79</b>	<b>28.96</b>
9	F'' - F''	2026334	2025259	34.90	18.65	19.89	<b>28.34</b>	<b>28.63</b>
10		2025259	2003537	36.20	19.34	19.54	<b>27.76</b>	<b>28.05</b>

En este indicador sí encontramos una mejora considerable evaluando la iluminación en las aceras de la Av. José Pardo con ambos tipos de luminarias VSAP y LED. Haciendo uso de las luminarias LED lograríamos una mejora de hasta 9.7  $m^2 \cdot lux / W$  en la calzada 1, que representa un 52%% más que usando las luminarias existentes de VSAP. Y una mejora de hasta 9.82  $m^2 \cdot lux / W$  en la calzada 2, que representa un 52%% más que usando las luminarias existentes de VSAP.

### 4.3 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA Y ECONOMICO OBTENIDO POR LA UTILIZACION DE LAS LUMINARAS LED.

#### 4.3.1 Determinación del consumo y costo de energía eléctrica con luminarias VSAP existentes.

El consumo de energía eléctrica mensual de AP de cada subestación, fue proporcionado por la Supervisión de Mediciones de Calidad de la concesionaria eléctrica de la zona HIDRANDINA S.A.

La tarifa de la energía establecido por Osinerming, fue obtenido del “Pliego tarifario máximo del servicio público de electricidad” para la concesionaria HIDRANDINA S.A., entre el periodo que comprende el mes de febrero de 2015 hasta enero de 2016.

Tabla N° 38: Consumo y costo de energía con luminarias VSAP, SAB CH0016.

PERIODO	SAB CH0016 - LUMINARIAS VSAP (EXISTENTE)		
	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	1,917	0.4646	890.72
MAR-2015	2,039	0.4646	947.17
ABR-2015	2,105	0.4646	977.91
MAY-2015	2,196	0.5037	1,105.96
JUN-2015	2,131	0.5037	1,073.30
JUL-2015	2,294	0.5186	1,189.50
AGO-2015	2,287	0.5278	1,206.90
SET-2015	2,024	0.5323	1,077.29
OCT-2015	2,184	0.5323	1,162.37
NOV-2015	2,018	0.5333	1,076.11
DIC-2015	1,995	0.5358	1,068.74
ENE-2016	2,003	0.5524	1,106.27
<b>TOTAL</b>	<b>25,190.22</b>		<b>12,882.25</b>

Tabla N° 39: Consumo y costo de energía, con luminarias VSAP, SAB CH0950.

PERIODO	SAB CH0950 - LUMINARIAS VSAP (EXISTENTE)		
	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	1,621	0.4646	752.93
MAR-2015	1,635	0.4646	759.78
ABR-2015	1,782	0.4646	828.11
MAY-2015	1,241	0.5037	625.26
JUN-2015	1,325	0.5037	667.61
JUL-2015	1,200	0.5186	622.49
AGO-2015	1,300	0.5278	686.32
SET-2015	1,630	0.5323	867.87
OCT-2015	1,635	0.5323	870.49
NOV-2015	1,630	0.5333	869.50
DIC-2015	1,635	0.5358	876.21
ENE-2016	1,635	0.5524	903.36
<b>TOTAL</b>	<b>18,272.61</b>		<b>9,329.93</b>

Tabla N° 40: Consumo y costo de energía, con luminarias VSAP, SAM CH0027.

PERIODO	SAM CH0027 - LUMINARIAS VSAP (EXISTENTE)		
	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S/./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	2,925	0.4646	1,358.96
MAR-2015	3,175	0.4646	1,475.11
ABR-2015	3,165	0.4646	1,470.46
MAY-2015	3,390	0.5037	1,707.54
JUN-2015	3,353	0.5037	1,688.91
JUL-2015	3,656	0.5186	1,896.00
AGO-2015	3,521	0.5278	1,858.38
SET-2015	3,377	0.5323	1,797.58
OCT-2015	3,237	0.5323	1,723.06
NOV-2015	2,936	0.5333	1,565.77
DIC-2015	3,106	0.5358	1,664.19
ENE-2016	3,071	0.5524	1,696.42
<b>TOTAL</b>	<b>38,912.00</b>		<b>19,902.37</b>

Tabla N° 41: Consumo y costo de energía total, con luminarias VSAP.

PERIODO	IAP VSAP - TOTA LAS SUBESTACIONES		
	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S/./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	6,463	0.4646	3,002.61
MAR-2015	6,849	0.4646	3,182.05
ABR-2015	7,052	0.4646	3,276.48
MAY-2015	6,827	0.5037	3,438.76
JUN-2015	6,809	0.5037	3,429.82
JUL-2015	7,150	0.5186	3,707.99
AGO-2015	7,108	0.5278	3,751.60
SET-2015	7,031	0.5323	3,742.74
OCT-2015	7,056	0.5323	3,755.91
NOV-2015	6,584	0.5333	3,511.39
DIC-2015	6,736	0.5358	3,609.15
ENE-2016	6,709	0.5524	3,706.05
<b>TOTAL</b>	<b>82,374.83</b>		<b>42,114.55</b>

El consumo de energía anual AP con luminarias VSAP en la Av. José Pardo es de 82,374.83 kWh.

El costo de energía anual debido al consumo de energía AP, de la Av. José Pardo es de S/. 42,114.55.

#### 4.3.2 Determinación del consumo y costo de energía eléctrica utilizando luminarias con tecnología LED proyectadas.

El consumo de energía eléctrica mensual de AP de cada subestación, fue calculado en base a la máxima demanda proyectada por la utilización de estas nuevas luminarias LED establecidos en las tablas N° 29, 30 y 31.

La tarifa de la energía establecido por Osinerming, está siendo proyectada en el mismo periodo de tiempo y es la misma para ambos casos.

*Tabla N° 42: Consumo y costo de energía eléctrica, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0016.*

PERIODO	SAB CH0016 - LUMINARIAS ROADFOCUS LED (PROYECTADO)					
	Pot. (Kw)	I (A)	TIEMPO MENSUAL (h)	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S/./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	4.79	13.96	336	1,448	0.4646	672.69
MAR-2015	4.79	13.96	372	1,603	0.4646	744.76
ABR-2015	4.79	13.96	360	1,551	0.4646	720.74
MAY-2015	4.79	13.96	372	1,603	0.5037	807.44
JUN-2015	4.79	13.96	360	1,551	0.5037	781.40
JUL-2015	4.79	13.96	372	1,603	0.5186	831.33
AGO-2015	4.79	13.96	372	1,603	0.5278	846.08
SET-2015	4.79	13.96	360	1,551	0.5323	825.76
OCT-2015	4.79	13.96	372	1,603	0.5323	853.29
NOV-2015	4.79	13.96	360	1,551	0.5333	827.31
DIC-2015	4.79	13.96	372	1,603	0.5358	858.90
ENE-2016	4.79	13.96	372	1,603	0.5524	885.51
			<b>TOTAL</b>	<b>18,874</b>		<b>9,655.21</b>

*Tabla N° 43: Consumo y costo de energía eléctrica, con luminarias VSAP y LED, SAB CH0950.*

PERIODO	SAB CH0950 - LUMINARIAS ROADFOCUS VSAP y LED					
	Pot. (Kw)	I (A)	TIEMPO MENSUAL (h)	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S/./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	4.38	12.78	336	1,325	0.4646	615.79
MAR-2015	4.38	12.78	372	1,467	0.4646	681.77
ABR-2015	4.38	12.78	360	1,420	0.4646	659.77
MAY-2015	4.38	12.78	372	1,467	0.5037	739.14
JUN-2015	4.38	12.78	360	1,420	0.5037	715.30
JUL-2015	4.38	12.78	372	1,467	0.5186	761.01
AGO-2015	4.38	12.78	372	1,467	0.5278	774.51
SET-2015	4.38	12.78	360	1,420	0.5323	755.91
OCT-2015	4.38	12.78	372	1,467	0.5323	781.11
NOV-2015	4.38	12.78	360	1,420	0.5333	757.34
DIC-2015	4.38	12.78	372	1,467	0.5358	786.25
ENE-2016	4.38	12.78	372	1,467	0.5524	810.61
			<b>TOTAL</b>	<b>17,278</b>		<b>8,838.51</b>

Tabla N° 44: Consumo y costo de energía eléctrica, utilizando luminarias LED, SAM CH0027.

PERIODO	SAM CH0027 - LUMINARIAS VSAP y LED					
	Pot. (Kw)	I (A)	TIEMPO MENSUAL (h)	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S/./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	6.85	19.99	336	2,073	0.4646	962.95
MAR-2015	6.85	19.99	372	2,295	0.4646	1,066.13
ABR-2015	6.85	19.99	360	2,221	0.4646	1,031.74
MAY-2015	6.85	19.99	372	2,295	0.5037	1,155.85
JUN-2015	6.85	19.99	360	2,221	0.5037	1,118.56
JUL-2015	6.85	19.99	372	2,295	0.5186	1,190.04
AGO-2015	6.85	19.99	372	2,295	0.5278	1,211.15
SET-2015	6.85	19.99	360	2,221	0.5323	1,182.08
OCT-2015	6.85	19.99	372	2,295	0.5323	1,221.48
NOV-2015	6.85	19.99	360	2,221	0.5333	1,184.30
DIC-2015	6.85	19.99	372	2,295	0.5358	1,229.51
ENE-2016	6.85	19.99	372	2,295	0.5524	1,267.60
			<b>TOTAL</b>	<b>27,018</b>		<b>13,821.39</b>

Tabla N° 45: Consumo y costo de energía eléctrica total, utilizando luminarias LED, todas las subestaciones.

PERIODO	IAP VSAP y LED - TOTALES LAS SUBESTACIONES		
	ENERGIA MENSUAL (kWh)	TARIFA ENERGIA (S/./kWh)	COSTO DE ENERGIA (S/.)
FEB-2015	4,846	0.4646	2,251.43
MAR-2015	5,365	0.4646	2,492.66
ABR-2015	5,192	0.4646	2,412.25
MAY-2015	5,365	0.5037	2,702.44
JUN-2015	5,192	0.5037	2,615.26
JUL-2015	5,365	0.5186	2,782.38
AGO-2015	5,365	0.5278	2,831.74
SET-2015	5,192	0.5323	2,763.75
OCT-2015	5,365	0.5323	2,855.88
NOV-2015	5,192	0.5333	2,768.95
DIC-2015	5,365	0.5358	2,874.66
ENE-2016	5,365	0.5524	2,963.72
<b>TOTAL</b>	<b>63,170.55</b>		<b>32,315.11</b>

El consumo de energía anual AP con luminarias VSAP y LED en la Av. José Pardo sería de 63,170.55 kWh.

El nuevo costo de energía anual debido al consumo de energía AP, de la Av. José Pardo sería de S/. 32,315.11

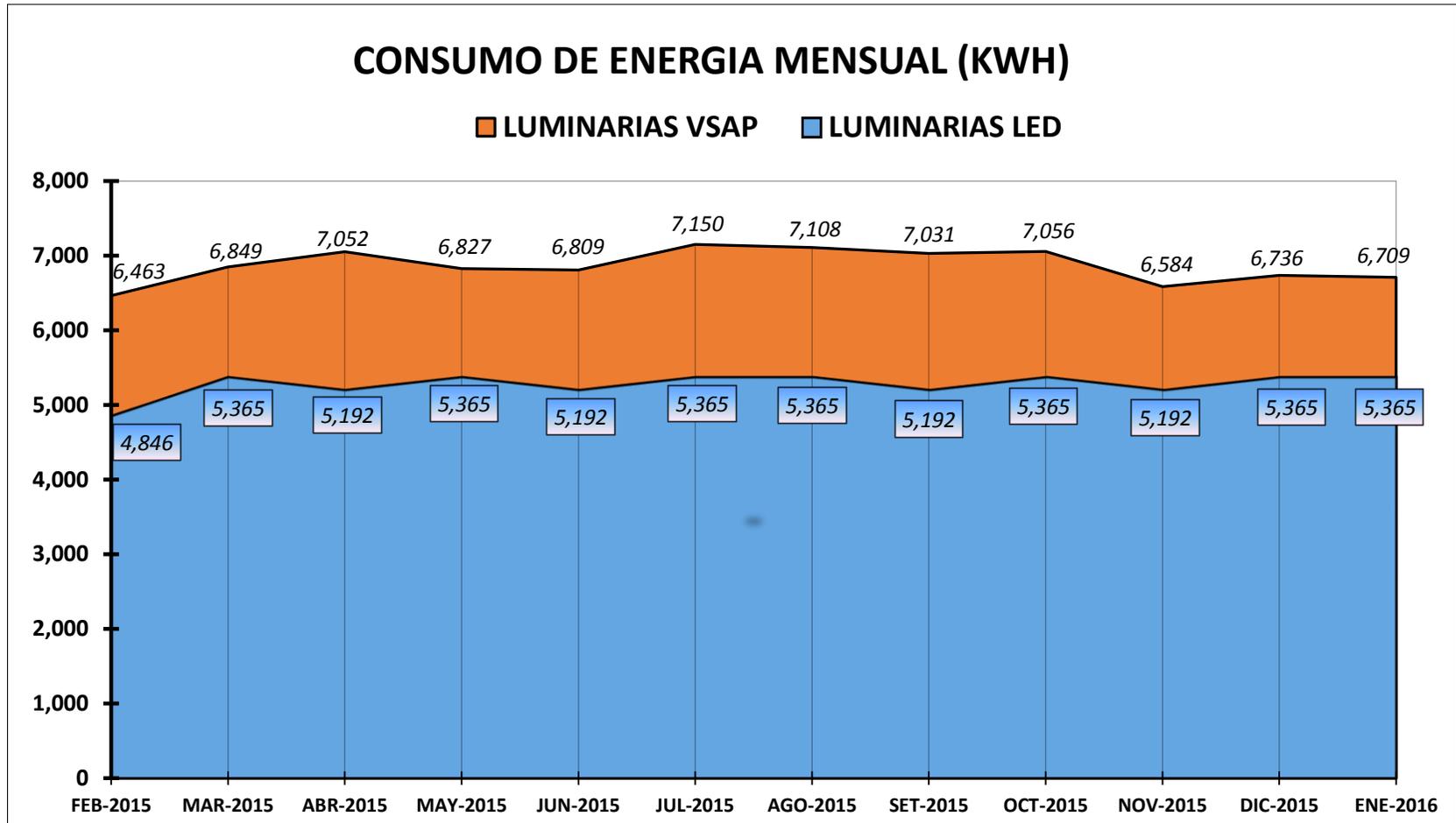
### 4.3.3 Cálculo del ahorro en consumo y costo de energía eléctrica utilizando luminarias con tecnología LED proyectadas.

El ahorro en consumo y costo de energía eléctrica mensual de AP que representa la sustitución de las actuales luminarias con vapor de sodio de alta presión por luminarias con tecnología LED en las subestaciones CH0016, CH0950 Y CH0027, es el siguiente:

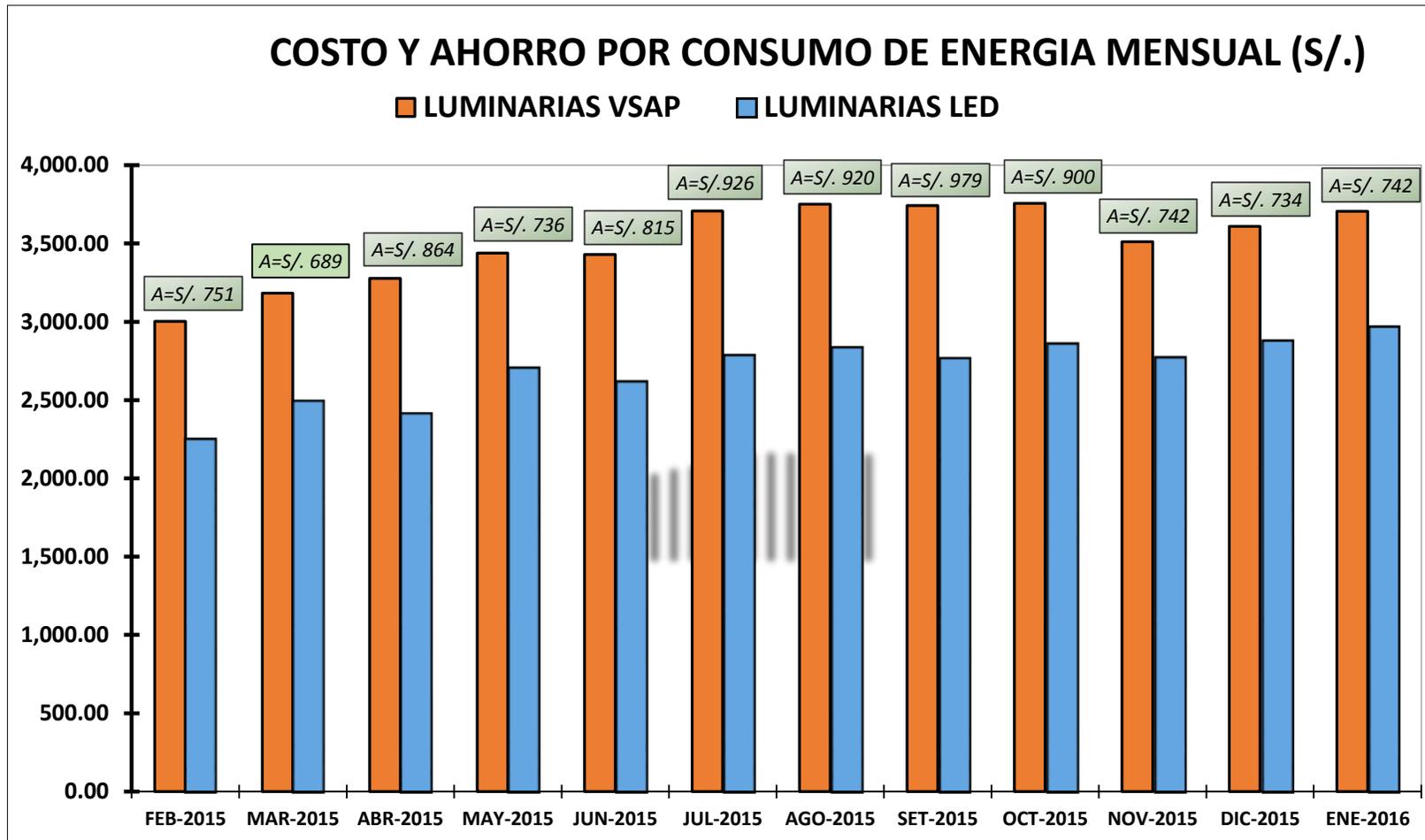
*Tabla N° 46: Ahorro en consumo y costo de energía eléctrica, utilizando luminarias LED*

PERIODO	TODAS LAS SUBESTACIONES		
	AHORRO EN CONSUMO (kWh)	AHORRO COSTO ENERGIA (S/.)	% DE AHORRO - CONSUMO
FEB-2015	1,617	751	25.02%
MAR-2015	1,484	689	21.66%
ABR-2015	1,860	864	26.38%
MAY-2015	1,462	736	21.41%
JUN-2015	1,617	815	23.75%
JUL-2015	1,785	926	24.96%
AGO-2015	1,743	920	24.52%
SET-2015	1,839	979	26.16%
OCT-2015	1,691	900	23.96%
NOV-2015	1,392	742	21.14%
DIC-2015	1,371	734	20.35%
ENE-2016	1,344	742	20.03%
<b>TOTAL</b>	<b>19,204</b>	<b>9,799</b>	

- El promedio anual de ahorro de energía eléctrica de Alumbrado Público por la sustitución de las actuales luminarias con vapor de sodio de alta presión por luminarias con tecnología LED en la Av. José Pardo de la ciudad de Chimbote es en promedio de 23.28%.
- El ahorro anual en consumo de energía eléctrica de AP que generan las luminarias con tecnología LED es de 19,204 kWh entre el mes de febrero del 2015 hasta enero de 2016.
- Así mismo el ahorro anual en costo de energía eléctrica de AP con estas nuevas luminarias es de S/. 9,799.



*Figura N° 46: Gráfico de áreas del consumo de energía mensual utilizando luminarias VSAP vs. luminarias LED*



*Figura N° 47: Gráfico de barras del costo y ahorro económico por el consumo de energía mensual utilizando luminarias VSAP vs. luminarias LED*

## 4.5 ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DEL SISTEMA AP CON LUMINARIAS VSAP Y LUMINARIAS LED.

### 4.5.1 Costo de las Instalaciones AP en la Av. José Pardo.

Este proyecto solo contempla, el reemplazo de las luminarias VSAP existentes por luminarias con tecnología LED, más eficientes y con mejor performance, para lograr un ahorro en el consumo y el costo de la energía eléctrica, conservando todos los demás materiales existentes que ya se encuentran instalados y forman parte de red de AP de esta avenida; dígase de los conductores de AP, postes de concreto armado, armados BT y empalmes.

Por lo que para la comparación económica no es necesario hallar el costo de estos materiales, ya que no forman parte de los objetos de estudio y principalmente porque se seguirán haciendo uso de los mismos materiales en la instalación de las luminarias LED.

Un caso excepcional sería el de los pastorales, que si se ha considerado un cambio de los pastorales de concreto existentes por pastorales de acero galvanizado, y que para esta evaluación no considera el costo del reemplazo de estos materiales, ya que la misma empresa Hidrandina tiene entre sus planes la sustitución paulatina de estos pastorales migrando desde el concreto al acero galvanizado.

#### ➤ Luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP)

Se obtuvieron los precios históricos de las luminarias VSAP existentes que conforman el sistema de alumbrado público de la Av. José Pardo.

Tabla N° 47: Costo de las luminarias VSAP existentes del AP de la AV. José Pardo

MARCA	MODELO	POT. DE LAMPARA (W)	Nº LUMIN.	PRECIOS EN NUEVOS SOLES				
				P. UNIT. LUMIN.	P. UNIT. LAMP.	P. UNIT. CONJUNTO*	P. TOTAL LAMPARAS	P. TOTAL CONJUNTO*
PHILIPS	COBRA HEAD SRP 601	250	30	390.00	24.65	414.65	739.50	12,439.50
ROY APLHA	CALIMA I	150	30	230.00	21.20	251.21	636.00	7,536.30
<b>TOTAL (S/.)</b>							<b>1,376</b>	<b>19,976</b>

\* Precio del conjunto que incluye luminaria con sus equipos auxiliares y lámpara.

<sup>1</sup> Factura TECSUR N° 029-0056705 para PICNSAC y Factura SIMEON N° 000191, Setiembre del 2014.

<sup>2</sup> Contrato entre SEAL y ROY APLHA para la adquisición de lámparas y luminarias, Octubre del 2009.

- ✓ El costo de las luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión, que conforman actualmente el sistema de alumbrado público de la Av. José Pardo, es de S/. 19,796.
- ✓ El precio de todas las lámparas de vapor de sodio de alta presión existentes, es de S/. 1,376.

➤ **Luminarias con Tecnología LED**

Se cotizaron las luminarias LED proyectadas, modelos ROADFOCUS de 108 y 215W, marca Philips, los precios son los siguientes:

*Tabla N° 48: Costo de las luminarias LED proyectadas para la AV. José Pardo*

MARCA	MODELO	POT. DE MODULO (W)	Nº LUMIN.	PRECIOS EN DOLARES	
				PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
PHILIPS	ROADFOCUS LARGE	215	30	860	25,800
	ROADFOCUS MEDIUM	108	30	520	15,600
SUB TOTAL (\$)					41,400
SUB TOTAL (S/.)					139,518
Descuento (15%)					-20,928
<b>TOTAL NETO (S/.)</b>					<b>118,590</b>

*Precio Dólar\* = S/. 3.37*

*\* Viernes 3 de Junio de 2016*

- ✓ El precio de las 60 luminarias con tecnología LED proyectadas para el nuevo sistema de alumbrado público de la Av. José Pardo, es de S/. 118,590.
- ✓ El precio de las luminarias con tecnología LED es casi 7 veces más caro que las luminarias VSAP existentes.

*Tabla N° 49: Comparativo de precios de las luminarias VSAP y LED.*

Luminarias	VSAP	LED
Modelo	COBRA HEAD 250W	ROADFOCUS 215W
<b>PRECIO (S/.)</b>	<b>414.7</b>	<b>2,898.2</b>

Luminarias	VSAP	LED
Modelo	CALIMA 150W	ROADFOCUS 108W
<b>PRECIO (S/.)</b>	<b>251.2</b>	<b>1,752.4</b>

#### 4.5.2 Costo de Operación y Mantenimiento del Sistema AP en la Av. José Pardo

##### ➤ Luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP)

Se obtuvieron los precios base del costo de mantenimiento que maneja la concesionaria Hidrandina; de las luminarias VSAP existentes de las SEDs que conforman el AP de la Av. José Pardo.

Tabla N° 50: Costo de Mantenimiento con luminarias VSAP - AV. José Pardo

<b>SED</b>	<b>Costo de Mant. Mensual</b>	<b>Costo de Mant. Anual</b>
CH0016	S/. 241.26	S/. 2,895.07
CH0950	S/. 165.59	S/. 1,987.12
CH0027	S/. 296.82	S/. 3,561.87
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 703.67</b>	<b>S/. 8,444.06</b>

Fuente: Hidrandina, 2015.

- ✓ Dichos precios fueron brindadas por el área de Mantenimiento, y considera trabajos de inspección nocturnas con el fin de detectar fallas en las fuentes de luz, mediciones eléctricas y luminotécnicas, operaciones de limpieza de luminarias, mantenimiento de equipos de control de AP, localización y reparación de averías.
- ✓ El costo de mantenimiento mensual de las 3 SEDs usando luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión, que conforman actualmente el sistema de alumbrado público de la Av. José Pardo, es de S/. 703.67.
- ✓ El costo de mantenimiento anual de las 3 SEDs es de S/. 8,444.06.

➤ **Luminarias con Tecnología LED**

Como para el presente proyecto se ha considerado solamente la instalación de 60 luminarias LED, se calculó el nuevo costo de mantenimiento de las luminarias VSAP existentes y de las luminarias LED proyectadas en las SEDs que conforman el AP de la Av. José Pardo.

*Tabla N° 51: Costo de Mantenimiento luminarias VSAP y LED - AV. José Pardo*

<b>SED</b>	<b>Costo de Mant. Mensual</b>		<b>Costo de Mant. Anual</b>	
CH0016	S/.	132.72	S/.	1,592.62
CH0950	S/.	106.56	S/.	1,278.67
CH0027	S/.	83.64	S/.	1,003.62
<b>TOTAL</b>	<b>S/.</b>	<b>322.91</b>	<b>S/.</b>	<b>3,874.91</b>

- ✓ El nuevo costo de mantenimiento mensual de las 3 SEDs usando las luminarias VSAP existentes y las luminarias LED proyectadas en el sistema AP de la Av. José Pardo, sería de S/. 322.91.
- ✓ El costo de mantenimiento anual de las 3 SEDs sería de S/. 3,874.91.

El ahorro en el costo de mantenimiento por la instalación de solamente 60 luminarias LED, que representa un 60% de todas las luminarias existentes de las 3 SEDs en estudio es el siguiente.

*Tabla N° 52: Ahorro en el costo de mantenimiento con luminarias LED.*

<b>SED</b>	<b>Ahorro Mant. Mensual</b>		<b>Ahorro Mant. Anual</b>	
CH0016	S/.	108.54	S/.	1,302.45
CH0950	S/.	59.04	S/.	708.45
CH0027	S/.	213.19	S/.	2,558.25
<b>TOTAL</b>	<b>S/.</b>	<b>380.76</b>	<b>S/.</b>	<b>4,569.15</b>

#### 4.5.3 Análisis de Ingeniería Económica (VAN-TIR-NPER)

La comparación se realizará entre las luminarias LED proyectadas y las luminarias de VSAP existentes. En la tabla N°57 se especifican las horas de vida de cada luminaria y sus equivalencias en días y años.

*Tabla N° 53: Vida Útil de las luminarias LED vs. VSAP*

LUMINARIAS	HORAS	DIAS	AÑOS
LED	100,000	8333	23
SODIO	24,000	2000	5

En la tabla N°58, calcularemos el flujo de caja neto del AP con luminarias VSAP, utilizando una inversión inicial de 19,976.00 nuevos soles en luminarias tipo vapor de sodio con un costo de energía anual de 42,115.00 nuevos soles, también se añade una inversión de 1,376.00 nuevos soles por cada 5 años para el cambio de las lámparas, que corresponde con su tiempo de vida útil. Su costo de mantenimiento anual de las 03 subestaciones es de 8,444.00 nuevos soles.

*Tabla N° 54: Flujo de caja neto, AP con luminarias VSAP*

AÑO	INVERSION (S/.)	COSTO DE ENERGIA (S/.)	COSTO MANTEN. (S/.)	FCN
0	19,976			19,976
1		42,115	8,444	50,559
2		42,115	8,444	50,559
3		42,115	8,444	50,559
4		42,115	8,444	50,559
5	1,376	42,115	8,444	51,935
6		42,115	8,444	50,559
7		42,115	8,444	50,559
8		42,115	8,444	50,559
9		42,115	8,444	50,559
10	19,976	42,115	8,444	70,534
11		42,115	8,444	50,559
12		42,115	8,444	50,559
13		42,115	8,444	50,559
14		42,115	8,444	50,559
15	1,376	42,115	8,444	51,935
16		42,115	8,444	50,559
17		42,115	8,444	50,559
18		42,115	8,444	50,559
19		42,115	8,444	50,559
20	19,976	42,115	8,444	70,534
21		42,115	8,444	50,559
22		42,115	8,444	50,559
23		42,115	8,444	50,559

Y en la tabla N°59, calculamos el flujo de caja neto del AP con luminarias VSAP y LED, utilizando una inversión inicial de 118,590.00 nuevos soles en luminarias LED con un costo de energía anual de 32,315.00 nuevos soles, en este no se añade otra inversión por que el tiempo de vida las luminarias LED son de 23 años. Su nuevo costo de mantenimiento anual de las 03 subestaciones será de 3,875.00 nuevos soles.

*Tabla N° 55: Flujo de caja neto, AP con luminarias LED*

<b>AÑO</b>	<b>INVERSION (S/.)</b>	<b>COSTO DE ENERGIA (S/.)</b>	<b>COSTO MANTEN. (S/.)</b>	<b>FCN</b>
0	118,590			118,590
1		32,315	3,875	36,190
2		32,315	3,875	36,190
3		32,315	3,875	36,190
4		32,315	3,875	36,190
5		32,315	3,875	36,190
6		32,315	3,875	36,190
7		32,315	3,875	36,190
8		32,315	3,875	36,190
9		32,315	3,875	36,190
10		32,315	3,875	36,190
11		32,315	3,875	36,190
12		32,315	3,875	36,190
13		32,315	3,875	36,190
14		32,315	3,875	36,190
15		32,315	3,875	36,190
16		32,315	3,875	36,190
17		32,315	3,875	36,190
18		32,315	3,875	36,190
19		32,315	3,875	36,190
20		32,315	3,875	36,190
21		32,315	3,875	36,190
22		32,315	3,875	36,190
23		32,315	3,875	36,190

Luego de ello calculamos la diferencia de flujos de caja entre ambos tipos de luminarias Vapor de sodio vs LED obteniendo un promedio FCNI = 16,225.00 nuevos soles.

Tabla N° 56: Flujo de caja neto incremental, AP con luminarias VSAP vs. LED

AÑO	FCN VSAP	FCN LED	FCNI
0	19,976	118,590	-98,614
1	50,559	36,190	14,369
2	50,559	36,190	14,369
3	50,559	36,190	14,369
4	50,559	36,190	14,369
5	51,935	36,190	15,745
6	50,559	36,190	14,369
7	50,559	36,190	14,369
8	50,559	36,190	14,369
9	50,559	36,190	14,369
10	70,534	36,190	34,344
11	50,559	36,190	14,369
12	50,559	36,190	14,369
13	50,559	36,190	14,369
14	50,559	36,190	14,369
15	51,935	36,190	15,745
16	50,559	36,190	14,369
17	50,559	36,190	14,369
18	50,559	36,190	14,369
19	50,559	36,190	14,369
20	70,534	36,190	34,344
21	50,559	36,190	14,369
22	50,559	36,190	14,369
23	50,559	36,190	14,369

Para los cálculos de VAN, TIR y NPER proponemos una tasa de interés del 12.00 % apto para proyectos de ingeniería.

➤ **VAN:**

Utilizando una tasa de interés del 12.00% y los valores de diferencia de flujo de caja neto entre luminaria LED y VPS anual obtenemos:

$$VAN = S/.21,824.00$$

Este indicador nos demuestra que nuestro proyecto es viable por tener VAN>0.

➤ **TIR:**

Con el VAN = 0, calculamos el TIR con los valores de los valores de diferencia de flujo de caja neto entre luminaria LED y VPS anual obtenemos:

$$TIR = 15.06\%$$

Este indicador nos demuestra que nuestro proyecto es viable porque el TIR es mayor que la tasa de interés propuesta 12.00%.

➤ **NPER:**

Para el periodo de retorno de la inversión con un interés del 12.00% utilizamos la diferencia de inversión inicial junto al ahorro anual justificado por el cambio de luminarias LED por VPS.

$$NPER = 11.53 \text{ años}$$

Este indicador nos demuestra que nuestra inversión de instalación de luminarias LED en lugar de las luminarias VSAP será recuperada en aproximadamente 11 años y medio.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se identificaron las luminarias LED marca PHILIPS, modelos ROADFOCUS LARGE de 215W y ROADFOCUS MEDIUM de 108W, como las luminarias con mejores características y que ofrecen los mejores niveles de iluminación y rendimiento AP especificados en la norma técnica DGE, para el tipo de vía de la Av. José Pardo.
- Se determinaron y compararon con DIALUX los niveles de iluminación y rendimiento AP para las luminarias LED proyectadas manteniendo la disposición actual de luminarias; bilateral pareada en berma central con doble brazo y para una disposición proyectada; combinación de luminarias bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas, resultando que mantener la disposición actual de luminarias sería la más conveniente de estos dos casos, pues ofrece mejores niveles de iluminación y rendimiento AP para las luminarias LED proyectadas en la Av. José Pardo.
- Se determinaron y compararon los niveles de iluminación y rendimiento AP mediante el software DIALUX 4.12 para ambos tipos de luminarias VSAP y LED manteniendo la disposición actual de luminarias bilateral pareada en berma central con doble brazo en la Av. José Pardo. Las luminarias LED lograron una gran mejora en la iluminación del AP en comparación con las luminarias VSAP existentes, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

#### **Indicadores de Calidad AP**

- La luminancia media de la calzada 1 de la Av. José Pardo se ha mejorado hasta un 0.15 cd/m<sup>2</sup>, que representa un 23.21% más que usando las luminarias existentes de VSAP. También tendríamos una mejora de hasta un 0.14 cd/m<sup>2</sup> en la calzada 2, que representa un 24.02% más, mejorando así la sensación de seguridad de los peatones y la visibilidad de los conductores que circulen por esta vía, gracias a la instalación de luminarias LED.

- La iluminancia media de las calzadas 1 y 2 de la Av. José Pardo se ha mejorado hasta en 4.23 lux más, que representa un 30.72% más que usando las luminarias existentes de VSAP.
- La iluminancia media en las aceras de la Av. José Pardo se ha mejorado hasta en 2.59 lux más en la calzada 1, que representa un 47.38% más que usando las luminarias existentes de VSAP, y en la calzada 2 podríamos conseguir llegar hasta 2.74 lux de mejora, que representa 48.68% más.
- En la berma central tendríamos un mejora de hasta 6.56 lux, que representa un 47.08% de más que usando luminarias VSAP.
- La uniformidad media de iluminancia en la acera 1 de la Av. José Pardo, también tendrían una mejora de hasta 0.11 y en la acera 2 una mejora de 0.10, que representa un 29.87% y 29.02% respectivamente más que usando las luminarias existentes de VSAP.

#### **Indicadores de Rendimiento AP**

- Los rendimientos lumínicos de ambas luminarias VSAP y LED no cuentan con una diferencia considerable, por lo que este indicador se mantiene igual, es decir no existe una mejora en este indicador debido a la instalación de luminarias LED.
  - En la eficiencia energética, haciendo uso de las luminarias LED lograríamos una mejora de hasta 9.7 m<sup>2</sup>\*lux/W en la calzada 1, que representa un 52% más que usando las luminarias existentes de VSAP. Y una mejora de hasta 9.82 m<sup>2</sup>\*lux/W en la calzada 2, que representa un 52% más que usando las luminarias existentes de VSAP.
- Se determinaron los costos por consumo de energía eléctrica del alumbrado público, para las luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión el costo anual por consumo de energía eléctrica de AP de la Av. José Pardo es de S/. 42,114 y para las luminarias con tecnología LED sería de S/. 32,315, lo que significaría un ahorro anual en el costo de energía eléctrica facturada de S/. 9,799.
- Se determinaron las características técnico-económicas de las instalaciones con luminarias VSAP existentes y LED proyectadas. El precio de las luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión, que conforman actualmente el sistema de alumbrado público de la Av. José Pardo, es de S/. 19,976 y el precio de las luminarias

con tecnología LED proyectadas para el nuevo sistema de alumbrado público de la Av. José Pardo, sería de S/. 118,590.

Del análisis de ingeniería económica realizado al proyecto se obtuvo que el VAN sería de 21,824 soles y al ser positivo nos indica que nuestro proyecto es viable, el TIR sería de 15.06 % lo que sigue demostrando la viabilidad de nuestro proyecto debido que este valor es mayor que la tasa de interés propuesta inicialmente de 12.00%. El periodo de retorno de la inversión es de 11 años y medio, lo que significa que a partir del año número 12, ya se habría recuperado toda la inversión inicial y los siguientes 11 años de vida útil de las luminarias LED significarían un ahorro de energía y un ahorro económico.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar más planes pilotos y evaluar más tiempo las luminarias LED marca PHILIPS modelo Roadfocus Large de 215W y Roadfocus Medium de 108W, por ser una tecnología nueva en nuestro país y no tener muchos antecedentes
- Se recomienda para futuras investigaciones, analizar la instalación de luminarias LED en el alumbrado público con un sistema de telegestión integrado que pueda determinar fallas en los equipos y ahorrar energía de una manera más eficiente y automática.
- Se recomienda también para futuras investigaciones con luminarias LED en el alumbrado público; abordar el tema del análisis de los bonos de carbono por ahorro de energía eléctrica consumida, adecuada a la normativa y realidad de nuestro país. Esto a manera de incentivo para que las empresas de distribución quieran apostar por este tipo de instalaciones.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### NORMA TECNICA

- Ministerio de Energía y Minas. (2002). *Norma técnica DGE, Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución*. Lima, Perú. 4pp.

### LIBROS

- Sarzo, M.M. (2007). *Proyectos de Electrificación* (3 ed.). Megabyte. Lima, Perú.
- Blank L, Tarquin A. (1999). *Ingeniera Económica* (4 ed.). Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia. 615 pp.
- Garcia, F.J., Boix A.O. (2004). *Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores*. Recuperado de [http://recursos.citcea.upc.edu/llum/externior/vias\\_p.html](http://recursos.citcea.upc.edu/llum/externior/vias_p.html)

### TESIS:

- Blas, Z.A., Figueroa C.F. (2011). *Ahorro de energía en el sistema de alumbrado público en la Av. Chimú, Urb. Laderas del norte de la ciudad de Chimbote mediante el uso de luminarias con tecnología LED* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote. 30-37 pp.
- Murillo, H.V. (2007). *Análisis del impacto de la fiscalización realizada por la autoridad regulatoria a la calidad del servicio de alumbrado público en el Perú* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1153>
- Guzmán, S.R. (2012). *Análisis de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público. Indicador PM2*. (Tesis de doctorado). Recuperado de <http://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/6176>

### MANUALES ONLINE

- Ministerio de Minas y Energía. (2007). *Alumbrado público exterior. Guía didáctica para el buen uso de la energía*. Colombia. Recuperado de [http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado\\_Publico.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Publico.pdf)
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2015). *Guía sobre tecnología LED en el alumbrado*. España. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf>

## **VII. ANEXOS**