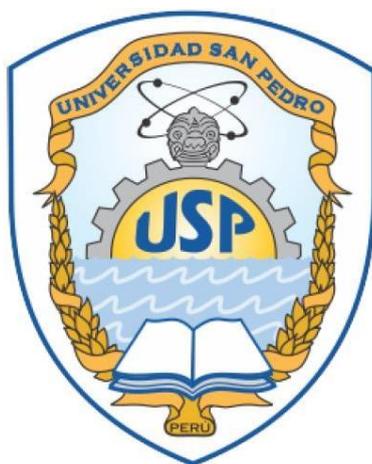


UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA DE POSGRADO

Sección de Posgrado de la Facultad de Ingeniería



**Evaluación del alumbrado público con fotoceldas y
regulación del flujo luminoso en electrificación rural**

Tesis para optar el Grado de Maestro en Ingeniería Mecánica Eléctrica con
mención en Redes de Distribución Eléctrica

Autor

Rossi Córdova, Diego Gabriel

Asesor

Ramos Moscol, Mario Fernando

Chimbote - Perú

2019

Palabras Clave

Tema	Alumbrado público, fotocelda, regulación del flujo luminoso.
Especialidad	Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Keywords

Topic	Public lighting, photocell, dimming lights.
Specialty	Electrical and electronic engineering.

Línea de Investigación	Sector Energía.
Área	Ingeniería y Tecnología.
Sub área	Ingeniería Eléctrica, Electrónica e informática.
Disciplina	Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Título de la investigación

Evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso en
electrificación rural

Resumen

El propósito del estudio fue evaluar el alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso en electrificación rural para ahorrar energía eléctrica. La investigación es de tipo descriptivo de diseño no experimental del tipo transeccional descriptivo - comparativo, la técnica utilizada es la recopilación y análisis de datos secundarios, población y muestra son 43 localidades, los instrumentos de investigación son los registros de caracterización eléctrica del alumbrado público (AP), ficha resumen del expediente técnico, especificaciones técnicas del balastro electrónico, datos operativos de lámpara de vapor de sodio a alta presión (HPS) y balastros, presupuestos de los sistemas AP, pliego tarifario AP, costos de mantenimiento, registro de iluminancia, el procesamiento de datos se realizó con Excel y Dialux 4.13. De la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso resulta un ahorro de energía anual de 27.50%, la eficiencia luminosa están dentro de valores estándar, el ahorro de inversión es del 5% (S/. 30 234.52) y payback de 4.16 años. El nivel de iluminación y la caída de tensión máxima se encuentran de acuerdo a normas técnicas aplicables.

Abstract

The purpose of the study was to evaluate the public lighting with photocells and the dimming lights in rural electrification to save electricity. The research is descriptive type of non experimental design of the descriptive - comparative transectional type, the technique used is the collection and analysis of secondary data, population and sample are 43 localities, research instruments, electrical characterization records of public lighting (AP), summary file of the technical file, technical specifications of the electronic ballast, operating systems of high pressure sodium vapor (HPS) and ballasts, budgets of the AP systems, AP tariff schedule, maintenance costs, illuminance register, the processing of the data were done with Excel and Dialux 4.13. The evaluation of public lighting with photocells and dimming lights results in an annual energy saving of 27.50%, the luminous efficiency is within the standard values, the saving of the investment is 5% (S / .30 234.52) and payback is 4.16 years The level of illumination and the maximum voltage drop are according to applicable technical standards.

Índice de contenido

Palabras Clave	i
Título de la investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice de contenido	v
1. Introducción	1
2. Metodología	17
3. Resultados	20
4. Análisis y discusión	27
5. Conclusiones y recomendaciones	30
6. Referencias bibliográficas	32
Anexos y apéndice	41

Índice de Tablas

Tabla 1. Valores estándar de rendimiento luminoso.....	7
Tabla 2. Marcas de balastos electrónicos con regulación de flujo luminoso.....	11
Tabla 3. Potencia de entrada de lámpara 50W	12
Tabla 4. Definición conceptual y operación de variables en estudio.....	14
Tabla 5. Porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.	20
Tabla 6. Eficiencia luminosa HPS al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso	21
Tabla 7. Porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de VAN ...	22
Tabla 8. Determinación del retorno de recuperación de la inversión (payback)	23
Tabla 9. Caída de tensión máxima al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso	24
Tabla 10. Nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso	24

Índice de Figuras

Figura 1. Fotocelda para Alumbrado Público	2
Figura 2. Sistemas de alumbrado público	3
Figura 3. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia	4
Figura 4. Ley del coseno - Componentes de la iluminancia (E).....	4
Figura 5. Principio de funcionamiento de lámparas HPS	4
Figura 6. Elementos de una luminaria exterior	5
Figura 7. Representación de Diagrama Polar	5
Figura 8. Solido fotométrico	6
Figura 9. Curva polar de una lámpara incandescente	6
Figura 10. Curva de distribución luminosa.....	6
Figura 11. Curvas isolux	7
Figura 12. Diagrama de eficiencia luminosa	7
Figura 13. Conexión Balastro electromagnético.....	8
Figura 14. Aumento de la tensión de arco de la lámpara por envejecimiento	9
Figura 15. Estructura típica de un balastro electrónico.....	9
Figura 16. Resonancias acústicas en diferentes tipos de lámparas (HPS -250W)	10
Figura 17. Instalación de balastro electrónico	11
Figura 18. Consumo de energía de AP con fotoceldas y regulación del flujo luminoso	21
Figura 19. Eficiencia luminosa (ϵ) por tipo de balastro.....	22
Figura 20. Valor actual neto de los sistemas de alumbrado público.....	23
Figura 21. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 100% P30'.....	25
Figura 22. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 50% P30'	25
Figura 23. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 100% P35'	26
Figura 24. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 50% P35'	26

Índice de Anexos

Anexo 1. Registro del alumbrado público con fotoceldas	41
Anexo 2. Registro del alumbrado público con regulación de flujo luminoso.....	43
Anexo 3. Ficha resumen del expediente técnico del SER.	45
Anexo 4. Especificaciones técnicas del balastro electrónico SOH50 IPM.....	46
Anexo 5. Datos operativos de la lámpara de vapor de sodio a alta presión y balastos.	48
Anexo 6. Presupuestos de los sistemas de alumbrado público.	51
Anexo 7. Pliego tarifario del alumbrado público.....	56
Anexo 8. Costos de mantenimiento.	57
Anexo 9. Registro de iluminancia en postes: 30 y 35 pies	65
Anexo 10. Matriz de consistencia.....	69

Índice de Apéndice

Apéndice 1. Calculo de la demanda de potencia (kW) y energía activa (kWh)	71
Apéndice 2. Determinación de la caída de tensión en los conductores	72
Apéndice 3. Sectores de distribución típicos	73
Apéndice 4. Puntos de iluminación en localidades rurales	74

1. Introducción

Se realizó la búsqueda de investigaciones sobre la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso en electrificación rural a nivel nacional, no encontrando información porque los estudios de tecnologías en alumbrado público en Perú se encuentra en una etapa incipiente (Ancalle, 2016; Bocanegra, 2017; Reyes 2017; Bocanegra y Rodríguez, 2017). Por lo que los antecedentes de la investigación presentados son a nivel internacional. El estudio de Natra (2015) elaborado en Malasia, es una investigación descriptiva donde estudio el alumbrado público con regulación de flujo luminoso en 956 unidades de 150W y 277 unidades de 250W de lámparas de vapor de sodio de alta presión (HPS), obtuvo como resultado un ahorro potencial del 31.79%, con un payback de 1.6 años. También en Malasia Mohd (2014) en su estudio descriptivo sobre el alumbrado público con regulación de flujo luminoso en 956 unidades de 150W HPS, muestra un ahorro potencial de 32.17% y payback de 2.1 años. Hermoso (2014) en su investigación experimental aplicado a lámparas de descarga de halogenuros metálicos en 24 luminarias de 150W, registrando como resultado una reducción de la energía del 40%, con un retorno de inversión de 6 años, el equipo electrónico para la regulación del flujo luminoso (balastos electrónicos) presentan un costo 150 Euros la unidad. En el trabajo de investigación de Santizo (2014), desarrollado en Guatemala, siendo una investigación experimental, obtuvo como resultado un ahorro potencial de 35% de energía de 100 W HPS con regulación del flujo luminoso. En el estudio de Ramírez (2015), elaborado en México, es una investigación descriptiva, propone usar la regulación del flujo luminoso (balastro electrónico) para disminuir hasta en un 40% el consumo de energía en 212 lámparas fluorescentes. En la tesis de Guerrero (2014) que es una investigación experiemntal que regula el flujo luminoso del alumbrado publico, obtuvo como resultado un ahorro del 38% en 138 lámparas de HPS de 70W y obtuvo un payback 3.76 años. Mansour & Arafa (2014) realizaron una investigación experimental que muestra el rendimiento superior del balastro electrónico (regulación del flujo luminoso) sobre el balastro convencional como son mejoras sustanciales en el factor de potencia del sistema, la eficiencia, la

distorsión armónica total, además indica que el envejecimiento de la lámpara que se observa con balastro convencional se elimina por completo cuando se utiliza balastro electrónico. En la ponencia realizada por Cruz (2015), refiere que el alumbrado público con fotoceldas se aplica en su país para realizar el control de la luminaria en forma individual. García (2011) realizó una investigación descriptiva, en Colombia, señalando que es factible el alumbrado con fotoceldas para realizar el control de encendido y apagado en forma individual. Además se tiene del informe RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy) 2016 citado por Radio Programas del Perú (RPP, 2018) indica que un ranking sobre políticas sobre energía sostenible el Perú se ubica en el puesto 64 de 111 países, el cual es un rango medio y se encuentra rezagado en comparación de países como Chile, Brasil y Colombia.

La teoría de la electrificación rural se basa en la Ley general de electrificación rural (2006) y en el plan nacional de electrificación rural (PNER) 2016-2025 dado por el Ministerio de Energía y Minas (2015), lo que tiene como objetivo primordial lograr alcanzar la meta del brindar electricidad a todos los peruanos a fines del bicentenario para una población beneficiada de 3 847 458 habitantes (MINEM, 2017).

La fundamentación teórica sobre la aplicación del alumbrado con fotoceldas se basa en Osinergmin (2013a) que en su informe técnico, aplicaron el alumbrado público con fotoceldas en electrificación rural. Las fotoceldas o célula fotoeléctrica se utilizan para el encendido o apagado (López, 2015).



Figura 1. Fotocelda para Alumbrado Público

Fuente: López (2015)

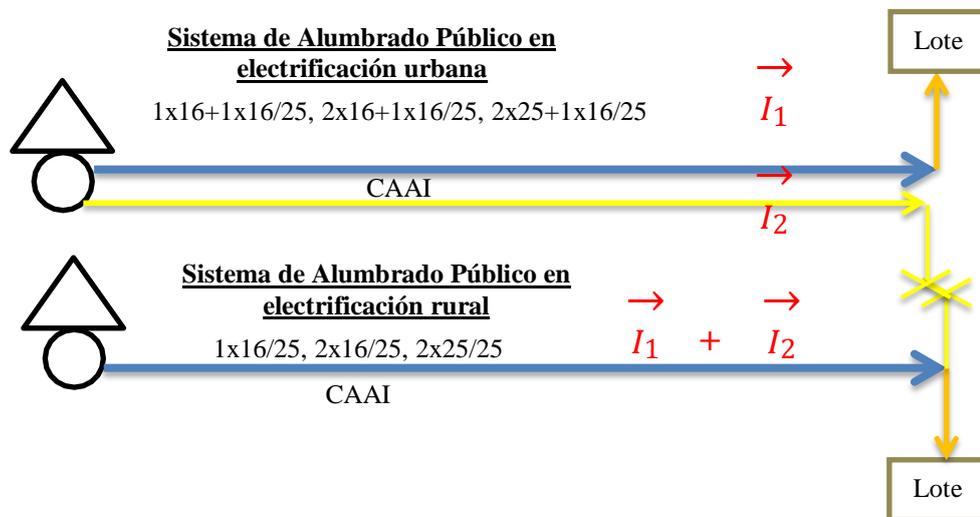


Figura 2. Sistemas de alumbrado público

Teóricamente el flujo luminoso (Φ) o potencia luminosa se define como la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones con unidad de medida de lumen (lm) donde $lm = 1/683W$ y la definición de nivel de iluminación o iluminancia (E) como la relación entre flujo luminoso dada a una superficie y su área (m^2) donde $E = \Phi/A$ su unidad de medida es el lux, ambas definiciones son dadas por Blasco (2016). El Ministro de Industria, Turismo y Comercio de España (2008) define a la iluminancia media como el “valor medio de la iluminancia horizontal... expresada en lux” (p. 5). García & Boix (2018) definen a la intensidad luminosa (I) como la razón entre el flujo luminoso emitido y el ángulo sólido en esa dirección en esteradian (ω) donde $I = \Phi/\omega$, su unidad es la candela (cd). Morente & García (2018) muestran el cálculo de la iluminancia (E) mediante la ley de la inversa del cuadrado de la distancia donde $E=I/d^2$, además García & Boix (2018) muestran las componentes de la iluminancia (E_v y E_H) por la ley del coseno para cuando la intensidad luminosa forma un ángulo con la superficie, E se descompone del plano normal en sus componentes vertical ($E_v=E\text{sen}\alpha$) y horizontal ($E_H=E\text{cos}\alpha$).

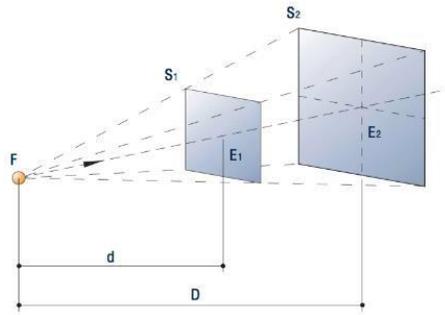


Figura 3. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia

Fuente: Luminotecnia (2002)

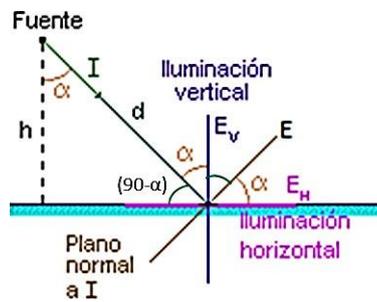


Figura 4. Ley del coseno - Componentes de la iluminancia (E)

Fuente: adaptado de García & Boix (2018).

La fundamentación científica de las lámparas de sodio a alta presión o *High Pressure Sodium* - HPS se basan en el principio de funcionamiento de emisión de luz generada por el choque de e^- con los átomos del gas que contiene una gran cantidad de Na-alta presión, (ELT Argentina, 2018) y La Resolución Directoral N° 031.2003.EM.DGE (2003) indica que las lámparas para alumbrado público en electrificación rural deben ser de vapor de sodio de alta presión. Folguera & Muros (2013), indica que la norma UNE-EN 60598-1:2009 define a la luminaria como: “un aparato que distribuye, filtra o transforma la luz” (p.100).

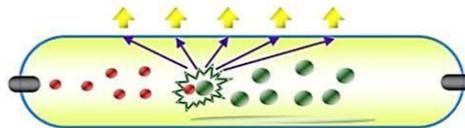


Figura 5. Principio de funcionamiento de lámparas HPS

Fuente: ELT Argentina (2018)

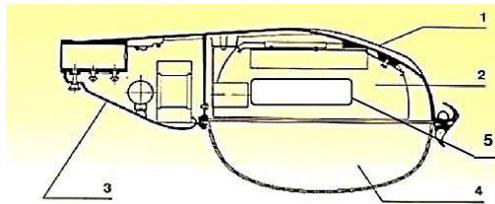


Figura 6. Elementos de una luminaria exterior
Fuente: Folguera & Muros (2013)

De la figura teniendo como base la norma R.D. 025.2003.EM.DGE (2003) se tiene que los elementos de una luminaria exterior son las siguientes: (1) envoltura exterior (PRFV), (2) reflector, (3) recinto portaequipo, (4) cubierta, (5) HPS 50 W con socket.

La Resolución Directoral 017.2003.EM.DGE (2003) dada por el MINEM indica el alumbrado público en electrificación rural servirá como guía visual (Luz Guía) y se debe considerar un nivel de iluminancia media entre 1 y 3 lux. De la teoría dada por Morente & García (2018) señalan que el flujo luminoso de la luminaria (Φ_L) se expresa en función del rendimiento de la luminaria (η) y del flujo luminoso de la lámpara (Φ) donde $\Phi_L = \Phi \cdot \eta$, indican que estos valores se muestran en catálogos. García & Boix (2018) muestran que el diagrama polar o curva de distribución luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas:

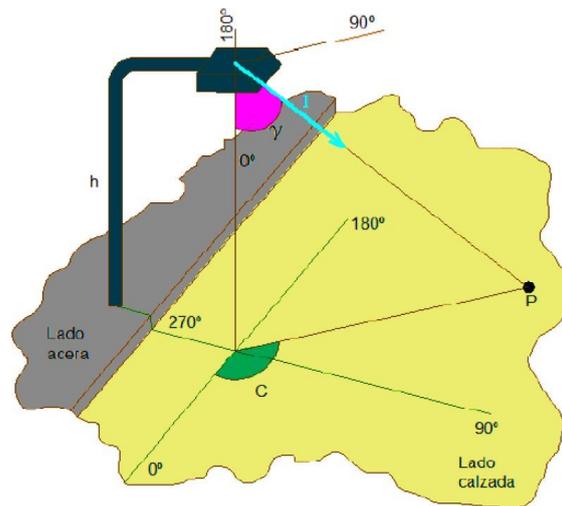


Figura 7. Representación de Diagrama Polar
Fuente: García & Boix (2018).

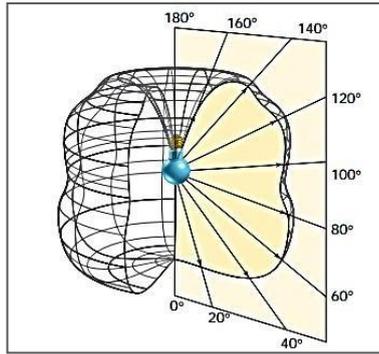


Figura 8. Solido fotométrico
Fuente: Luminotecnia 2002.

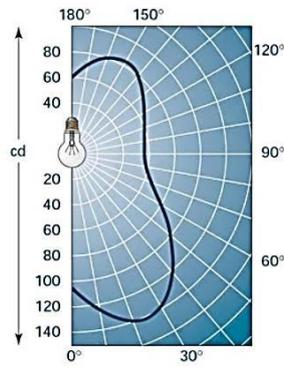


Figura 9. Curva polar de una lámpara incandescente
Fuente: Luminotecnia 2002.

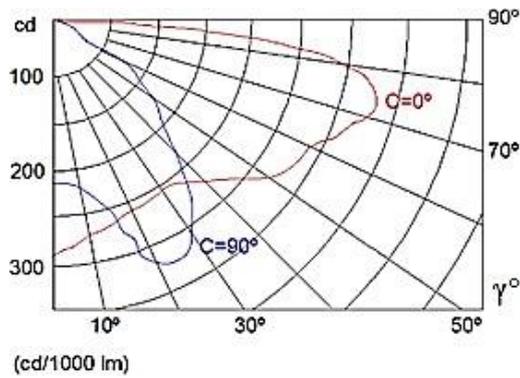


Figura 10. Curva de distribución luminosa
Fuente: adaptado de García & Boix (2018).



Figura 11. Curvas isolux

Fuente: Luminotecnia 2002.



Figura 12. Diagrama de eficiencia luminosa

Fuente: García & Boix (2018).

Beamuz, Bellido, Flores, Gil y Moreno (2014) muestra en la siguiente tabla los valores estándar de rendimiento luminoso según el tipo de fuente luminosa:

Tabla 1. Valores estándar de rendimiento luminoso

Tipo de fuente luminosa	ϵ (lm/W)
Vapor de mercurio	35 - 60
Vapor de sodio baja presión	100 - 200
Vapor de sodio alta presión	70 - 135
Halogenuro metálico	85 - 90
LED	64 - 123

Fuente: adaptado de Beamuz *et al.* (2014)

La teoría de los balastos o reactores que usan la lámparas se basa en que son elementos limitadores y estabilizadores de corriente de arco de lámpara, es una impedancia que hace que corriente no se eleve indefinidamente hasta provocar la destrucción del equipo, comprenden dos grandes grupos: balastos electromagnéticas y las electrónicas (Beneit, 2010). Beamuz, *et al.* (2014) indican que los balastos electromagnéticos al ser una impedancia, teóricamente puede ser del tipo inductivo, resistivo, capacitivo o combinación, en la práctica se utiliza exclusivamente los del tipo inductivo porque un balastro resistivo daría pérdidas por efecto joule y un

capacitivo deformaría grandemente la forma de onda de corriente, señalan en el balastro inductivo: $V_{\text{balastro}} = I \cdot Z = I \cdot \sqrt{R^2 + W_L^2} \approx I \cdot W_L = I \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$, donde (I) es la intensidad de corriente de la lámpara en amperios, (Z) es la impedancia en ohmios, (R) es la resistencia de la reactancia en ohmios, (f) es la frecuencia de red en hertz (Hz) y (L) es la inductancia en henrios. Sobre el uso del balastro electromagnético Ezquerro, Mar, Ramos y Urraca, (2001) señalan que: “el balastro [balastro]... inductivo [electromagnético] es el más utilizado, [da una] baja regulación de corriente y de potencia frente a las oscilaciones de la tensión... por lo que su uso será... tensión no fluctúe más del 5 %” (p. 54).



Figura 13. Conexión Balastro electromagnético
Fuente: adaptado de RAT (2018a)

Además Carrillo (2016) señala que el balastro electromagnético soporta variaciones de tensión del $\pm 5\%$. Por lo expuesto por Ezquerro et al. (2001) y Carrillo (2016) no sería adecuado usar los balastos electromagnéticos en electrificación rural debido a que la variación de tensión máxima permitida según la Resolución Directoral 031.2003.EM.DGE (2003) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) es del 7% de la tensión nominal según norma técnica de calidad de servicio eléctrico (NTCSE) que establece como calidad del producto. Los balastos de doble nivel no resuelven el problema de sobretensión en la red, el cual disminuyen la vida de las lámparas y provocan un incremento en el consumo eléctrico (Rodríguez, 2012). Ezquerro et al., (2001) indican que los reguladores - estabilizadores en cabecera de línea recortan de la vida útil de las HPS:

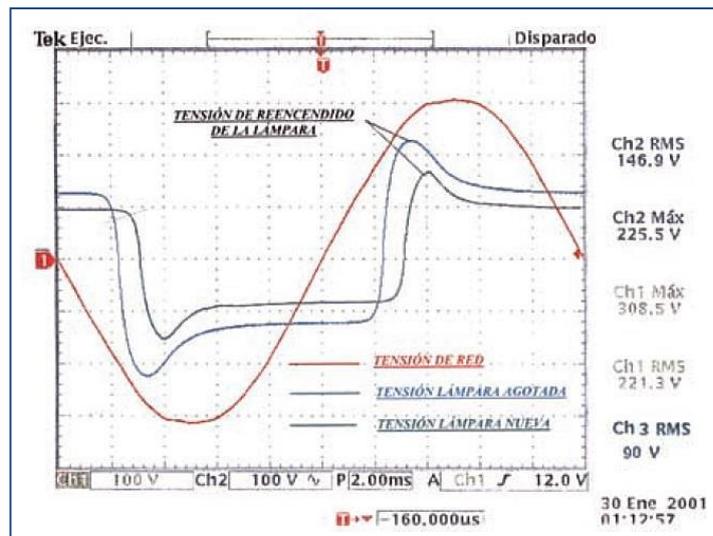


Figura 14. Aumento de la tensión de arco de la lámpara por envejecimiento
Fuente: Ezquerro *et al.*: 2001

De la figura RAT (2016, p.20) observa que: “La tensión de reencendido... debe ser en todo momento menor que el valor instantáneo de la tensión de red, ya que de ser mayor, la lámpara se apaga”. Además Wamco (2018) señala que “Los fabricantes de lámparas OSRAM y PHILIPS no aconsejan el uso de equipos de cabecera porque disminuyen la vida de las lámparas y las coloca fuera de garantía” (p. 2). En ese sentido OSRAM (2009, p.5) indica: “La potencia de la lámpara no debe reducirse disminuyendo la tensión de la red... se recomienda... equipo de control electrónico”.

El fundamento teórico del balastro electrónico que se utiliza para la regulación del flujo luminoso parte en que es un circuito integrado que reemplaza al balastro electromagnético, condensador y arrancador, obteniendo ahorro energético al reducir la potencia de la lámpara en determinados períodos del día (Ruiz *et al.*, 2015). Rashid (2011) muestra en la siguiente figura, la estructura típica de un balastro electrónico:



Figura 15. Estructura típica de un balastro electrónico
Fuente: Adaptado de Rashid (2011)

Diversos autores describen las ventajas de los balastos electrónicos como son: estabilizar la potencia de lámpara tanto en régimen reducido como a máxima potencia, frente a variaciones de tensión comprendidas entre 180 y 250 V, por lo que incrementa la vida de la lámpara, menor pérdidas de energía que al balastro electromagnético (Ezquerro *et al.*, 2001); no producen efectos estroboscópicos o de parpadeo, factor de potencia próximo a la unidad, conexión es más simple, poseen menor aumento de la temperatura, no producen zumbido ni otros ruidos (Ruiz *et al.*, 2015); alarga la vida útil de lámpara (Ecosol, 2017; Teclum, 2016) entre un 50% y 60% (RAT, 2018a). Rashid (2011) afirma que las reactancias electrónicas pueden presentar el inconveniente de la resonancia acústica que deriva de la alta frecuencia en las lámparas de alta intensidad de descarga, en ciertas frecuencias de operación se puede observar como un alto parpadeo, debido a cambios importantes en la potencia de la lámpara, hasta pueden llegar a provocar la extinción del arco, para evitarlo se puede realizar seleccionando la frecuencia de funcionamiento en un rango libre de resonancias acústicas, típicamente por debajo de 1 kHz y más de 100 kHz.

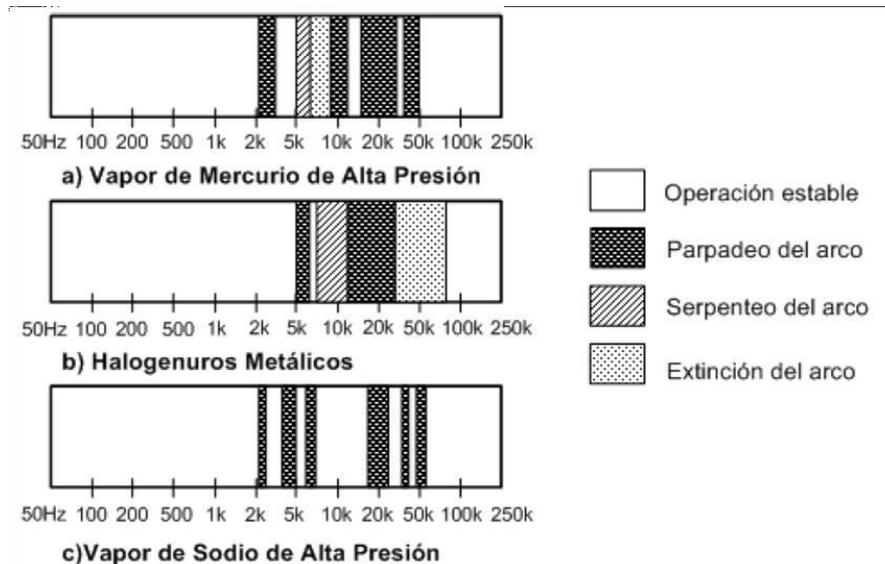


Figura 16. Resonancias acústicas en diferentes tipos de lámparas (HPS -250W)

Fuente: Flores (2004)

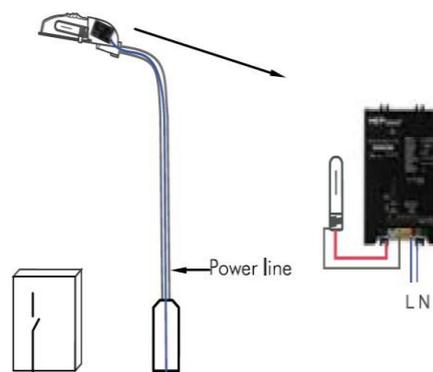


Figura 17. Instalación de balastro electrónico
Fuente: RAT (2018a)

En la siguiente tabla se presentan las características técnicas de algunas marcas de balastos electrónicos con regulación de nivel de flujo luminoso de forma autónoma para lámparas de vapor de sodio de alta presión de 50 W de potencia nominal, alimentación de 220 V y frecuencia de entrada de 60 Hz. para su selección en el presente estudio:

Tabla 2. Marcas de balastos electrónicos con regulación de flujo luminoso

Marca	Modelo	Cos ϕ	Frecuencia (Hz)	Consumo (W)	Índice IEE	IP
ELT (2015)	BE-EN HPS-SMI	0,98	120	6	A2	20
RAT (2018a)	SOH50 IPM	0,98	120	6	A2	20 (65)
Philips (2012)	DynaVision LumiStep	0.97	400	6	-	34
Osram (2018)	Powertronic outdoor	0.95	165	6.4	A2	Usar en equipos >54

Fuente: Adaptado de ELT (2015), RAT (2018a), Philips (2012), Osram (2018)

De la tabla tenemos que los balastos electrónicos de la marca ELT y Philips se encuentran actualmente descatalogados los balastro electrónicos, solo se encuentran comercializando balastos electromagnéticos para las lámparas de vapor de sodio de alta presión en potencias de 50W y 70W respectivamente (ELT 2018, Philips 2018) y el de la marca Osram indica que solo se puede usar en recinto porta equipo con grado de protección mayor a IP 54, el cual no sería factible su instalación porque el IP mínimo requerido según lo especifica la R.D. 025.2003.EM.DGE del recinto porta equipo es de IP 43. El balastro electrónico con regulación de nivel de flujo luminoso

de forma autónoma que se evaluó en la presente trabajo de investigación es de la marca RAT, modelo “SOH50 IPM” que tiene un IP20, el cual especifica que está protegido contra objetos sólidos de más de 12.5mm y no cuenta con protección a penetración de agua por lo que se hará necesario la adquisición de una cubierta de estanquidad modelo “capuchón IPM” de la misma marca con IP 65, además se observa que el balastro electrónico RAT presenta una de la menores frecuencia de operación (120Hz). “La baja frecuencia de salida (< 500Hz) elimina la presencia de resonancias acústicas en las operaciones de alta frecuencia en las que este fenómeno puede afectar reduciendo la vida de la lámpara y dañando los tubos de descarga” (RAT, 2018a, p.7). En el Anexo 4 se muestra las especificaciones técnicas del balastro electrónico de la marca RAT en el cual se verifica que el rango de temperatura ambiente del equipo y el voltaje de entrada para su funcionamiento en condiciones normales se encuentra dentro de la temperatura mostrada en los datos climatológicos y de la tensión de funcionamiento máxima y mínima del proyecto (Anexo 3, tabla a3 y tabla a4). En la siguiente tabla se muestra la potencia de entrada de la lámpara de 50W con balastos electromagnéticos (estándar) y electrónicos (RAT):

Tabla 3. Potencia de entrada de lámpara 50W

Tecnología	$P_{\text{Entrada}} \text{ (W)} = P_{\text{Lámpara}} + P_{\text{Pérdidas}}$
Balastro Electromagnéticos	60
Balastro Electrónicos, regulación 100% (RAT)	56
Balastro Electrónicos, regulación 50% (RAT)	31
Balastro Electrónicos, regulación 100% - 50% (RAT)	43.5

Fuente: adaptado de R.D. 031.2003.EM.DGE (2003) & RAT (2018a)

La investigación se justifica por el beneficio social que se obtendría porque mayor población tendría acceso al alumbrado público en electrificación rural dado a la reducción de costos de inversión y operación, contribuyendo al acceso universal del alumbrado público con calidad de energía y nivel de iluminación requerido en las zonas rurales del país. El aporte científico de la investigación es ser una alternativa tecnológica con el que al usar la regulación del flujo luminoso en el sistema de alumbrado con fotoceldas permitiría un ahorro de energía eléctrica anualmente, lo que contribuiría a reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero, dada la

importancia del ahorro de energía para hacer frente al cambio climático el cual se manifestó intensamente en el fenómeno del niño del 2017 en Perú.

La presente investigación se basa en la problemática de evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso para obtener indicadores de ahorro energía, de costo y cumplimiento de parámetros técnicos en el alumbrado público en electrificación rural de las 43 localidades de la Provincia de Santa Cruz, Cajamarca; por lo que se plantearon las siguientes interrogantes para el problema de investigación:

- ¿Cuánto es el porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso?
- ¿La eficiencia luminosa de lámpara de vapor de sodio a alta presión (HPS) al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso se encontrara dentro de valores estándar?
- ¿Cuánto es el porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso? y ¿En cuánto tiempo se recupera la inversión (payback)?
- ¿La caída de máxima de tensión (calidad de producto) será mayor del 7,0% de la tensión nominal, al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso? (según numeral 2.4 de la R.D. 031.2003.EM.DGE)
- ¿El nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso estará en el rango de 1 a 3 lux?, (según numeral 4.6 de la R.D. 017.2003.EM.DGE)

Tabla 4. Definición conceptual y operación de variables en estudio

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Técnicas e Instrumentos
Evaluación del Alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso	Las fotoceldas son dispositivos para controlar el funcionamiento de encendido y apagado de luminarias (López, 2015). La regulación de flujo se realiza por un equipo que reduce la potencia de la lámpara en un periodo del día (Ruiz et al, 2015)	Se evaluará el consumo de energía eléctrica, eficiencia luminosa, calidad de energía, nivel de iluminación y los costos asociados en entre los sistemas de alumbrado público.	Consumo de energía	kWh-año	<p>Técnicas: Recopilación y análisis de datos secundarios</p> <p>Instrumento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Registro del AP con fotoceldas 2. Registro del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso 3. Ficha resumen del expediente técnico del SER 4. Especificaciones técnicas del balastro electrónico 5. Datos operativos de la HPS y balastos 6. Pliego tarifario del AP 7. Costos de mantenimiento. 8. Presupuestos del sistema de alumbrado público con fotoceldas y con regulación de flujo luminoso 9. Registro de iluminancia en postes: 30 y 35 pies.
			Eficiencia luminosa	ϵ (lm/W), contrastando con los valores estándar de Beamuz et al. (2014)	
			Costos de inversión, operación y mantenimiento	Soles (S/.). Precios unitarios obtenidos de Osinergmin (2013b)	
			Calidad de energía	% de variación de tensión (V). Tolerancia admitida $\pm 7\%$ según Resolución Directoral N° 031.2003.EM.DGE (2013)	
			Nivel de Iluminación	Lux (lm/ m ²). Rango a considerar de 1 a 3 lux según Resolución Directoral N° 017.2003.EM.DGE (2003)	

La hipótesis general de la investigación es que al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso se tendrá los indicadores de ahorro energía, de costo y cumplimiento de parámetros técnicos en el alumbrado público en electrificación rural de las 43 localidades de la Provincia de Santa Cruz, Cajamarca; por lo que se tiene las siguientes hipótesis específicas:

- El porcentaje de ahorro de energía que se tendrá con al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso será del 30%.
- La eficiencia luminosa de la HPS al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso estará dentro de valores estándar.
- El porcentaje de ahorro de inversión que se tendrá a través de un análisis de VAN al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso es del 10% y el retorno de recuperación de la inversión (payback) será de 4 años.
- La caída de máxima de tensión será menor del 7,0 % de la tensión nominal, al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.
- El nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso se encontrara en el rango de 1 a 3 lux.

El objetivo general de la investigación es evaluar el alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso, en 43 localidades rurales de la provincia de Santa Cruz Cajamarca y se presentaron los siguientes objetivos específicos:

- Establecer el porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.
- Determinar la eficiencia luminosa de la lámpara de vapor de sodio de alta presión, al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.
- Determinar el porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de un análisis de valor actual neto (VAN) y determinar el retorno de recuperación de la inversión (payback).

- Determinar la caída de tensión máxima al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso, verificando el cumplimiento de la norma aplicable.
- Determinar el nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso, verificando el cumplimiento de la norma aplicable.

2. Metodología

2.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental porque la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso en electrificación rural se realizó a partir de los registros que brinda el software Redcad “Software de diseño de redes eléctricas urbanas y rurales” (esolutions,2018), la investigación es de enfoque cuantitativo de alcance o “tipo” descriptivo, diseño de investigación no experimental del tipo transeccional descriptivo - comparativo, los que están basados en leyes de la electricidad, luminotecnia y normativas técnica nacionales e internacional para estudiar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso en electrificación rural para determinar sus parámetros contrastándolos con los valores estándar o normados, además de mostrar el ahorro de energía y optimización de costos.

La población y muestra son la misma y está constituida por 43 localidades con alumbrado público en electrificación rural de la Provincia de Santa Cruz, Cajamarca, beneficiadas con el Sistema Eléctrico Rural Santa Cruz - Cutervo – Chota – Bambamarca V Etapa. Corresponde a un muestreo no probabilístico por conveniencia.

El esquema del diseño de investigación transeccional descriptivo, comparativo como se indica a continuación:

M ₁	O ₁
M ₂	O ₂

Donde:

M₁: Muestra de 43 localidades con alumbrado público con fotoceldas, en electrificación rural (diseño actual estándar).

M₂: Muestra de 43 localidades con alumbrado público con regulación del flujo luminoso, en electrificación rural (proyectado).

O₁: Observaciones del alumbrado público con fotoceldas.

O₂: Observaciones alumbrado público con regulación del flujo luminoso.

2.2. Técnica e instrumentos de investigación

La técnica utilizada en la investigación es la recopilación y análisis de datos secundarios. Los instrumentos de investigación son los registros que brinda el software Redcad adaptados a la investigación de caracterización eléctrica de los sistema de alumbrado público mostrados en el Anexo 1 y Anexo 2, ficha Resumen del expediente técnico del Sistema Eléctrico Rural (SER) en el Anexo 3, especificaciones técnicas del balastro electrónico SOH50 IPM (Anexo 4), datos operativos de HPS y balastos en Anexo 5, presupuestos de los sistemas de AP en Anexo 6, pliego tarifario de AP en Anexo 7, costos de mantenimiento en Anexo 8, y registro de iluminancia en postes: 30 y 35 pies en el anexo 9.

2.3. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó con los programas Microsoft Excel 2016 y Dialux 4.13 que es un software libre para cálculos de iluminación, teniendo como base los registros del software Redcad 2.7 de la empresa Esolutions, el cual se ha usado bajo una licencia educativa adquirida por la Universidad San Pedro en el año 2017. El análisis se realizó con tablas, gráficas, de consumo de energía eléctrica, nivel de iluminación, nivel de la calidad de la energía y la evaluación de los costos asociados.

El desarrollo del procesamiento de datos para alcanzar los objetivos de la investigación fueron los siguientes:

Se determinó el porcentaje de ahorro de energía en el sistema de alumbrado público evaluado usando el software Redcad 2.7 y hojas de cálculo de Excel 2016.

La eficiencia luminosa de la lámpara de vapor de sodio de alta presión con la regulación del flujo luminoso se determinó usando una hoja de cálculo de

Excel 2016, teniendo como base los catálogos de los fabricantes (Dialux, 2017; RAT, 2018a).

Se determinó los costos de inversión, operación y mantenimiento para realizar una análisis de valor actual neto (VAN) obteniendo los reportes de costos de inversión inicial, operación (energía) y mantenimiento (frecuencia) de los sistemas de alumbrado público, además del cálculo del retorno de recuperación de la inversión (payback) mediante una hoja de cálculo de Excel 2016, teniendo como base los costos de mantenimiento de Osinergmin (2013b), pliego tarifario de alumbrado público (Osinergmin, 2018b) y los presupuestos de los sistemas de alumbrado público (Promelsa, 2018; RAT, 2018b).

La evaluación de la calidad de nivel tensión, se obtuvo de los reporte de evaluación de máxima de caída de tensión de acuerdo a las normas de R.D. 031.2003.EM.DGE, mediante Redcad 2.7.

El estudio de nivel de iluminación de acuerdo a la norma RD.017.2003.EM.DGE *alumbrado de vías públicas en áreas rurales*, se realizó con el software Dialux para las lámparas de vapor de sodio de 50 W para el nivel máximo y mínimo de regulación de flujo luminoso en postes de 30 pies y 35 pies, teniendo como base las características lumínicas de la lámpara de vapor de sodio de alta presión de la luminaria mostrados en el Anexo 3 y regulación de flujo luminoso mostrado en el anexo n°5 que se ingresan los datos en el software Dialux.

3. Resultados

En la siguiente tabla se establece el porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso:

Tabla 5.

Porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.

Descripción	AP con Fotoceldas	AP con regulación de flujo luminoso (Φ)	
		100% Φ	50% Φ
Demanda de potencia (kW)	12.60	11.76	6.51
Horas de funcionamiento (h/año)	4 380	2 190	2 190
Energía activa por año (kWh/año)	55 188.00	25 754.40	14 256.90
Energía total por año (kWh)	55 188.00	40 011.30	
Ahorro de Energía activa (kWh/año)	15 176.70		
Porcentaje de ahorro de energía	27.50%		

Nota. Se ha elaborado teniendo como base los datos del Anexo 1,2 y 5

Del apéndice 1 se obtiene la fórmula para determinar la demanda de potencia que está en función de 210 luminarias mostrado en el anexo 1, potencia de entra de lámpara de 50W de vapor de sodio a alta presión se obtiene de la tabla 3. Donde se considera sus pérdidas electromagnéticas (0.06kW/luminaria), pérdidas del balastro electrónico con regulación del 100% (0.56kW/luminaria) y con regulación del 50% (0.31kW/luminaria), además del factor de simultaneidad (1). Energía activa por año está en función de la demanda de potencia y las horas de funcionamiento de las lámparas que con el sistema de alumbrado público con fotoceldas es de 12 horas al año y en el alumbrado público con regulación del flujo luminoso es de 6 horas para cada nivel de como se muestra en el anexo 5.

En la siguiente figura se muestra los resultados mostrados en la tabla 5. Porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso:

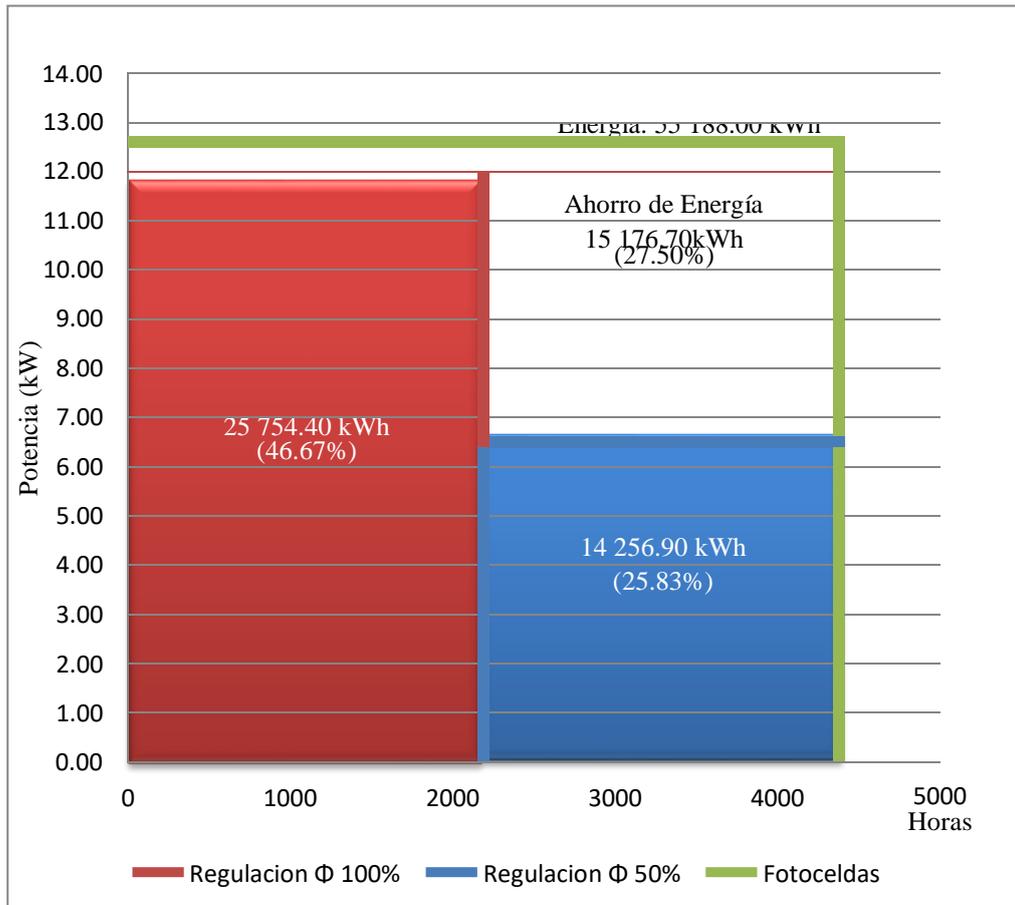


Figura 18. Consumo de energía de AP con fotoceldas y regulación del flujo luminoso

Para determinar la eficiencia luminosa de la lámpara de vapor de sodio de alta presión, al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso:

Tabla 6.
Eficiencia luminosa HPS al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso

Potencia W (P)	Flujo luminoso lm (Φ)	Eficiencia luminosa ($\epsilon = \Phi/P$)
60 (fotoceldas)	4 400	73
56 (Regulación Φ - 100%)	4400	79
31 (Regulación Φ - 50%)	2200	71

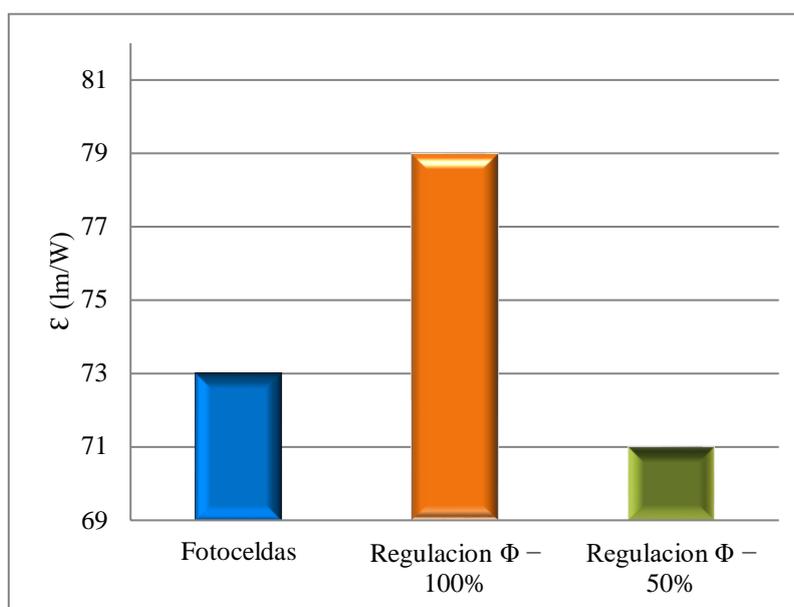


Figura 19. Eficiencia luminosa (ϵ) por tipo de balastro

Nota. Se ha elaborado teniendo como base los datos del Anexo 5

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de un análisis de valor actual neto (VAN):

Tabla 7.
Porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de VAN

Sistema AP	AP con Fotoceldas	AP con regulación Φ
Inversión inicial S/.	-314 126.70	-332 859.10
Energía activa por año en kWh	55 188.00	40 011.30
Costos de operación anual S/.	32 378.80	23 474.63
Costos de mantenimiento anual S/.	3 917.65	6 742.89
Costo de O&M anual S/.	36 296.45	30 217.52
Periodo (años)	30	30
interés	12%	12%
VAN	-606 501.28 (100%)	-576 266.75 (95%)
Diferencia VAN	-30,234.52 (5%)	

Nota. El artículo 144° del Reglamento de la "Ley de Concesiones Eléctricas" (1993), indica vida útil de 30 años y la tasa de interés 12%.

La inversión inicial se obtuvo del anexo 6, los costos de operación anual se obtuvo a partir de la energía activa por año mostrado en la tabla 6 de 55 188.00 kWh y 40

011.30 kWh para los sistemas de alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso respectivamente y el costo de la energía eléctrica ha sido obtenido del “Pliego tarifario máximo del servicio público de electricidad” para la concesionaria Electronorte, pliego: SER Bambamarca, con fecha de vigencia del 4 de febrero del 2018 que se muestra en el Anexo 7. El costo de mantenimiento anual se obtuvo del anexo 8.

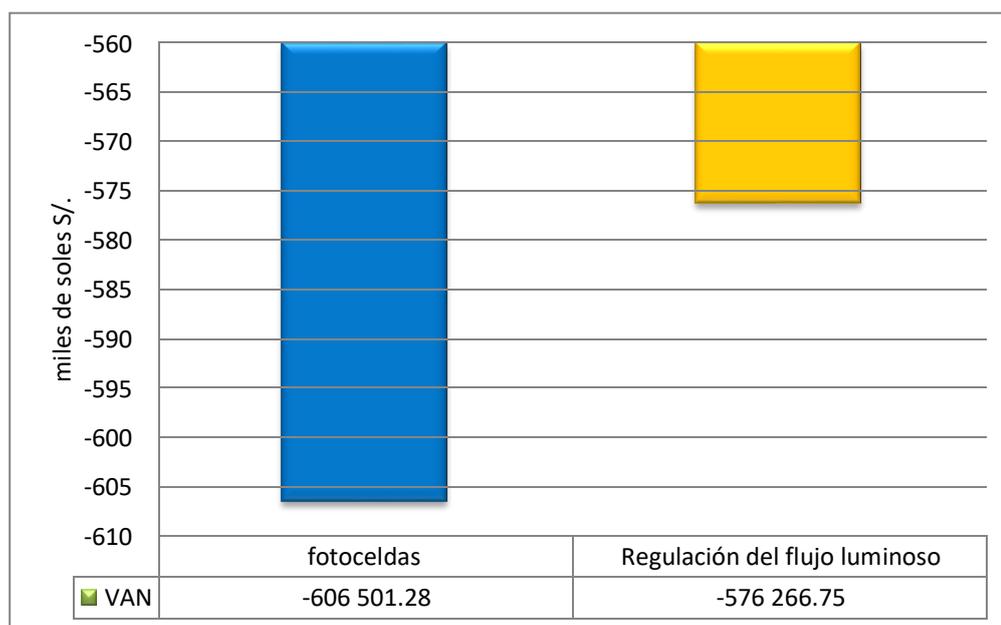


Figura 20. Valor actual neto de los sistemas de alumbrado público

Plazo de recuperación o payback, si se realiza la implementación de n regulación de flujo luminoso del 100% al 50% con 6 horas de funcionamiento de cada nivel se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Determinación del retorno de recuperación de la inversión (payback)

Plazo de recuperación de la inversión de regulación de flujo luminoso		
Ahorro de energía con regulación Φ :	15 176.70	kWh/año
% de Ahorro de Energía:	27.50%	
Costo Energía por kWh:	58.67	Ctm S/. / kWh
Ahorro Anual en Soles:	8 904.17	soles /año
Costo de balastos electrónicos (S/.176.38 x 210)	37 039.80	soles
Plazo de recuperación - payback	4.16	años

Tabla 9.
Caída de tensión máxima al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso

Sistema	Porcentaje de variación de tensión máxima (% D_{Vmax})
AP con fotoceldas	6.7 %
AP con regulación Φ	6.6 %

Nota. Se ha tenido como base a los anexos 1 y 2

Los porcentajes de caída de tensión que son mostrados en los anexos 1 y 2 se han obtenido a partir de los conceptos del apéndice 2.

Nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso en el alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso del 100% al 50% con 6 horas de funcionamiento de cada nivel en postes de 30 pies y 35 pies.

Tabla 10.
Nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso

Poste	Iluminación media (Em) Regulación 100% - 50%	
	Em [lux] 100%	Em [lux] 50%
30 pies	3.33	1.67
35 pies	3.04	1.52

Nota. Se ha tenido como base el Anexo 9.

Los niveles de iluminancia mostrados en el anexo 9 son resultados obtenidos mediante el software Dialux a partir de ingresar los datos de altura de luminarias mostrados en la tabla a4 del anexo 3 y del anexo 5 se ingresó los datos de flujo luminoso de la lámpara de vapor de sodio de alta presión para una regulación del 100% (4 400 lm) y 50% (2 200 lm).

En la siguiente figura se muestra la representación del diagrama isolux para una regulación del flujo luminoso al 100% en postes de madera de 30 pies (9.14 m).

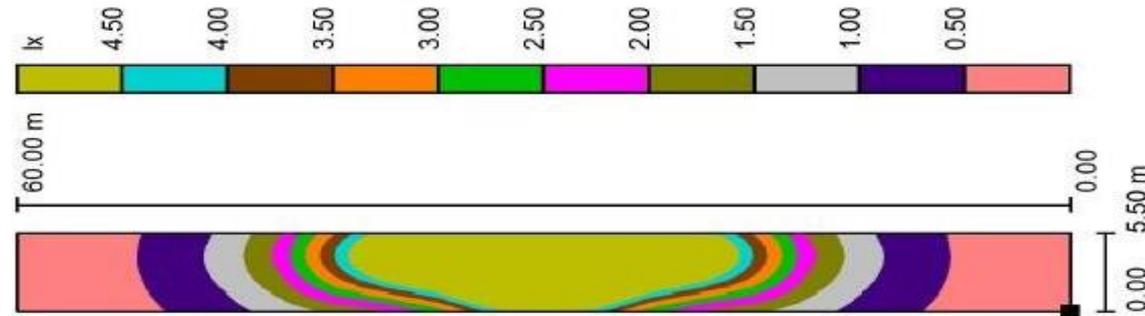


Figura 21. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 100% P30'

Fuente: Dialux (2017)

En la siguiente figura se muestra la representación del diagrama isolux para una regulación del flujo luminoso al 50% en postes de madera de 30 pies (9.14 m).

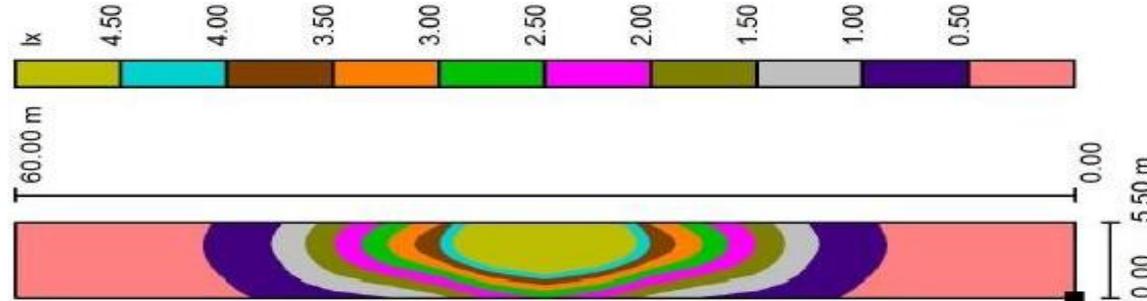


Figura 22. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 50% P30'

Fuente: Dialux (2017)

En la siguiente figura se muestra la representación del diagrama isolux para una regulación del flujo luminoso al 100% en postes de madera de 35 pies (10.67 m).

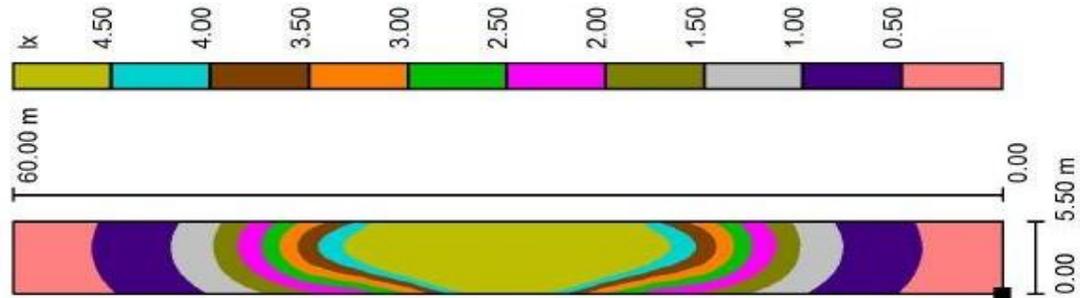


Figura 23. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 100% P35'

Fuente: Dialux (2017)

En la siguiente figura se muestra la representación del diagrama isolux para una regulación del flujo luminoso al 50% en postes de madera de 35 pies (10.67 m).

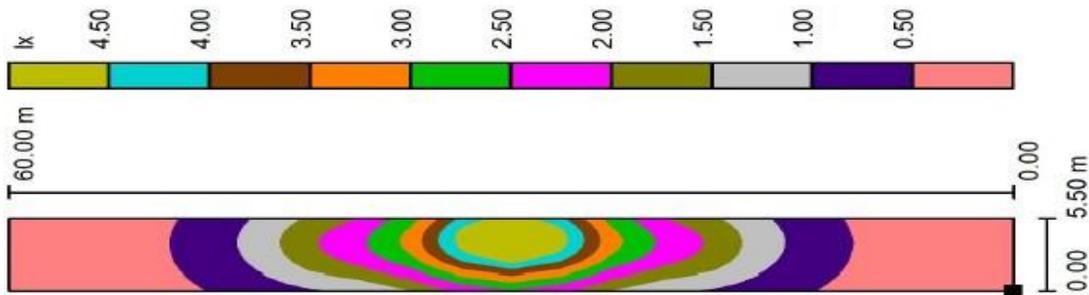


Figura 24. Diagrama isolux, regulación del flujo luminoso 50% P35'

Fuente: Dialux (2017)

4. Análisis y discusión

De la tabla 5. Porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso, tenemos que el consumo de energía por año del sistema de alumbrado público con fotoceldas es de 55 188.00 kWh anual. El sistema de alumbrado con regulación del flujo luminoso del 100% al 50% representa un consumo de energía del 25 754.40 y 14 256.90 kWh respectivamente con 6 horas de funcionamiento de cada nivel, sumando 40 011.30 kWh de energía anual. Por lo que el porcentaje de ahorro de energía que se tendría con la regulación del flujo luminoso en el alumbrado público es del 27.50% (15 176.70 kWh) este valor es el menor porcentaje de los antecedentes presentados como son de 31.79% (Natra, 2015), 32.17% (Mohd, 2014), 40% (Hermoso, 2014), 35% (Santizo, 2014), 40% (Ramírez, 2015), 38% (Guerrero, 2014); debido a que el trabajo de investigación tiene la lámpara de vapor de sodio de alta presión de menor potencia (50 W).

De la tabla 6. Eficiencia luminosa HPS al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso, se tiene los valores de eficiencia luminosa o rendimiento luminoso para la lámpara de vapor de sodio de alta presión con fotoceldas es de 73 lm/W y con la regulación del flujo luminoso del 100% es de 79 lm/W y con el 50% del flujo luminoso es de 71 lm/W, estos valores se encuentran dentro del rango de 70 a 135 lm/W que se muestra en la Tabla 1. Valores estándar de rendimiento luminoso.

De los resultados de costos de mantenimiento mostrado en la tabla 7 se tiene que el sistema con fotoceldas con regulación del flujo luminoso presenta el mayor costo de mantenimiento anual, que presenta índice de mantenimiento \$9.87/unid-año (tabla a27) debido al incremento de gastos en reposición de balastro electrónico por vida útil el cual tiene un tiempo promedio de vida de 50 000 horas (anexo 4) para una operación de 12 horas diarias se tiene 4 380 horas año por lo que el tiempo de vida promedio es de 11.42 años o una frecuencia anual de 5/57 (tabla a26), además se observa que la frecuencia reposición de lámpara 50W por vida útil, en el alumbrado público con fotoceldas es de 1 cada 5 años y con el

alumbrado público con regulación del flujo luminoso aumentaría en un 50% (RAT, 2018a), lo que equivale a una frecuencia de 1 cada 7.5 años o 2/15 (tabla a26); el índice disminuye de \$5.74/unid-año (tabla a25) en el sistema de alumbrado con fotoceldas, y este índice se aproximan al valor de referencia de \$5.6/unid-año que se muestra en el anexo 8, tabla a23.

El porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de un análisis de VAN al usar sistema de alumbrado público con regulación de flujo luminoso es del 5% que representa un valor de S/. 30 234.52 con respecto al sistema de alumbrado con fotoceldas. El tiempo de recuperación de la inversión es de 4.16 años, este valor es el mayor de todos los payback de los antecedentes presentados con lámparas de vapor de sodio de alta presión (HPS) como son de 1.6 años para lámparas de 150W y 250W (Natra, 2015), 2.1 años para HPS de 150W (Mohd, 2014), 3.76 años para HPS de 70W (Guerrero, 2014) , debido a que el trabajo de investigación es un estudio inédito propuesto a electrificación rural con una lámpara HPS de 50 W. Del trabajo de Hermoso (2014) se observa que presenta el payback de 6 años debido que los balastos electrónicos para las lámparas de descarga con halogenuros metálicos (HM) tiene un costo cada uno de 150 Euros el cual es aproximadamente el triple del costo de los balastos electrónicos para las lámparas de vapor de sodio de alta presión presentados en el estudio (47.61 Euros).

La caída de tensión máxima al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso que se muestra en anexos de caracterización eléctrica (anexo 1 y 2) se tiene que los valores son menores a la caída de tensión máxima del 7% que estipula la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales (NTCSER).

El nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso, se tiene de las reportes de Dialux de iluminancia E (lux) que para los postes de madera importada de 30 pies para alineamiento, con luminarias al 100% del flujo luminoso se tiene una iluminancia media (E_m) de 3.33 lux y cuando se regula al

50% del flujo luminoso se tiene una iluminancia media (E_m) de 1.67 lux. En los poste de 35 pies que son para las subestaciones de distribución de energía se tiene que para la luminaria al 100% del flujo luminoso se tiene una iluminancia media (E_m) de 3.04 lux y cuando se regula al 50% del flujo luminoso se tiene una iluminancia media (E_m) de 1.52 lux. De los resultados mostrados se cumple con el nivel de iluminancia media requerido por la Resolución Directoral N° 017.2003.EM.DGE de 1 a 3 lux.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Al evaluar el alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso se obtuvieron los siguientes resultados: El porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso es del 27.50% (15176.70kWh), la eficiencia luminosa de la lámpara de HPS con fotoceldas es de 73 lm/W y con la regulación del flujo luminoso al 100% es de 79 lm/W y al 50% es 71 lm/W, el ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de un análisis de valor actual neto es de 5% (S/.30234.52) y el payback es 4.16 años. El nivel de iluminación con regulación de flujo luminoso y la caída de tensión máxima se encuentran dentro del rango estipuladas en las normas técnicas aplicadas para electrificación rural.

- El porcentaje de ahorro de energía anual al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso es del 27.50% (15 176.70 kWh).
- Los valores de eficiencia luminosa de la lámpara de vapor de sodio de alta presión con fotoceldas es de 73 lm/W y con la regulación del flujo luminoso al 100% es de 79 lm/W y al 50% es 71 lm/W, se encuentran dentro del rango de valores estándar de rendimiento luminoso que es de 70 a 135 lm/W.
- El porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de un análisis de valor actual neto es del 5% (S/. 30 234.52) y el retorno de recuperación de la inversión (payback) es de 4.16 años.
- La caída de tensión máxima al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso es menor al 7% de la tensión nominal, lo que está de acuerdo a la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales (NTCSER).

- El nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso cumplen con el nivel de iluminancia requerido por norma DGE “alumbrado de vías públicas en áreas rurales” de 1 a 3 lux.

5.2. Recomendaciones

- Que en los proyectos de alumbrado público se realice una evaluación del ahorro de energía anual con la regulación del flujo luminoso, determinar la eficiencia luminosa de la lámpara, ahorro de inversión, evaluación del nivel de iluminación y la caída de tensión máxima, verificando el cumplimiento de la normatividad aplicable.
- Cuantificar el porcentaje de ahorro anual de energía en futuros proyectos al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.
- Determinar la eficiencia luminosa de la lámpara de vapor de sodio de alta presión, al realizar la evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación de flujo luminoso, el cual debe estar dentro de rangos estándar.
- El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) debería fomentar el uso de tecnología para el ahorro de energía en los sistemas de electrificación rural para que las empresas privadas encuentren un nicho de mercado para su fabricación en el país o importación con exoneración del IGV.
- Se debe cumplir con la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales (NTCSER) la cual indica que la caída de tensión máxima debe ser menor al 7% de la tensión nominal.
- Cumplir con la norma DGE “alumbrado de vías públicas en áreas rurales” la cual indica que el nivel de iluminación mínimo debe ser de 1 a 3 lux

6. Referencias bibliográficas

- Aduanas – Sunat (2018). *Tratamiento Arancelario por Subpartida Nacional*. Perú. Recuperado de <http://www.aduanet.gob.pe/itarancel/arancelS01Alias>
- Ancalle, J. (2016). Arequipa: *Con lámparas led se busca ahorrar el 50% de energía eléctrica*. Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/arequipa-con-lamparas-led-se-busca-ahorrar-el-50-de-energia-electrica-675715/>
- Beamuz, J., Bellido, F., Flores, J., Gil, A. y Moreno, A. (2014). *Integración de tecnologías para telegestión de los Sistemas de Iluminación Pública (IT2SIP)*. Madrid: Andalucía. Recuperado de <https://goo.gl/YMHRv5>
- Beneit, A. (2010). *Módulo 2: tipos de proyectos*. Recuperado de <http://docplayer.es/28371981-Modulo-2-tipos-de-proyectos-angel-martin-beneit.html>
- Blasco, P. (2016). *Apuntes: iluminación 3er curso, grado en Ingeniería Eléctrica*. Recuperado de <https://www.shorturl.at/fvzJX>
- Bocanegra B. y Rodríguez D. (2017). *Enel distribución Perú inicia alumbrado público con luminaria led*. Enel. Recuperado de <https://shorturl.at/cvCR7>
- Bocanegra, B. (2017). *Alumbrado público inteligente en el distrito de San Miguel en Lima*. La Republica. Recuperado de <https://goo.gl/RxFpzx>
- Carrillo, G. (2016). *Tensión de Línea - Transmagneca*. Recuperado de <http://www.transmagneca.com/wordpress/tension-de-linea/>
- Cerdá, L. (2017). *Electricidad y automatismos eléctricos*. Madrid: Paraninfo. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=TGckDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Cruz, M. (2015) *Foro sobre prevención y control de la contaminación lumínica en Puerto Rico*. Autoridad de Energía eléctrica, Puerto Rico. Recuperado de <http://www.agencias.pr.gov/agencias/jca/Documents/Areas%20Program>

%C3%A1ticas/Control%20de%20Ruidos/Luminica/2doforoluminica/10_AEE_MCRuz_ForoLum2015.pdf

- De la Cruz, J. (2015). *REDCAD - Diseño de Redes Distribución de Energía Eléctrica de Media y Baja Tensión*. Lima: Esolutions
- Dialux (2017). *Dialux 4.13 (4.13.0.2)*. Alemania, Dial GmbH. Recuperado de <https://www.dial.de/es/software/dialux/download/dialux-4-download/>
- Ecosol (2017). *Ecosol* ®. Recuperado de <https://www.energysaver.com.ar/couch/uploads/file/balasto-electronico-ecosol-para-lamparas-de-sodio-de-alta-presion.pdf>
- ELT (2015). *Catálogo 2015*. Recuperado de <https://www.electrosiluz.pt/wp-content/uploads/2016/02/-catalogo-fluo-hid-halo-2015-es.pdf>
- ELT (2018). *Catálogo 2018*. Recuperado de http://www.elt.es/sites/default/files/cat_elt_fluo_ingles-espanol-2015-2018-ok.pdf
- ELT Argentina (2018). *Curso de instaladores capítulo II lámparas de alta intensidad de descarga*. Argentina. Recuperado de <http://www.eltargentina.com/Biblioteca/DocumentosTecnicos/Ver/18#.WokFPKRsZdg>
- Eolutions (2018). *REDCAD 2.7*. Perú, Copyright © Esolutions S.A.C. Recuperado de <http://www.esolutions.com.pe/redcad/>
- España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2017). *Inventario, consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España (2017)*. Recuperado de http://www.idae.es/file/11167/download?token=qK_9OxAg
- España. Ministro de Industria, Turismo y Comercio. (2008). *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior*. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf>
- Flores, E. (2004). *Estudio e implementación de un inversor no resonante como balastro electrónico para lámparas de descarga* (Tesis de Maestría). Centro Nacional de Investigación y desarrollo tecnológico, México. Recuperado de

www.cenidet.edu.mx/subplan/.../ME%20Efen%20Flores%20Garcia%202004.pdf

- Folguera, E. & Muros, A. (2013) *La iluminación artificial es arquitectura*. Barcelona: UPC. Recuperado de <https://goo.gl/Lzby7y>
- García F. & Boix O. (2018). *Magnitudes y Unidades de Medida*. Recuperado de <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>
- García, C. (2011). *Manual de procedimientos correctivos y preventivos de luminarias tipo exterior para bombillas HID de sodio y halogenuros metálicos utilizadas en alumbrado público* (Tesis de título profesional). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2571/62132/G216.pdf;jsessionid=3C84145129D382903D179577E7C5E71A?sequence=1>
- Genovés, I. (2015). *Eficiencia energética en el servicio de alumbrado público del Ecuador* (Tesis de Maestría). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22351/1/tesis.pdf>
- Guerrero, D. (2014). *Análisis de sistemas de regulación de alumbrado exterior* (Tesis de Título Profesional). Universidad pública de Navarra, España. Recuperado de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/13163/629176.pdf>
- Hermoso, M. (2014). *Hacia la gestión eficiente de los servicios de alumbrado público: resultados de los estudios comparativos sobre eficiencia energética y lumínica aplicados a las nuevas tecnologías en iluminación urbana* (Tesis Doctoral). Universidad de Málaga, España. Recuperado de https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/7860/TDR_HERMOSO_ORZAEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Icontenineres (2018). *Transporte marítimo internacional de mercancías online*. España. Recuperado de <https://www.icontainers.com/es/>

- Indeco (2017). *Características de conductores CAAI*. Perú. Recuperado de https://www.nexans.pe/eservice/Peru-es_PE/navigate_241625/Cables_de_distribuci_n.html
- Ley general de electrificación rural N° 28749 (2006, 1 de junio). Lima, Perú: Consejo de Ministros. Recuperado de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Ley-28749.pdf
- López, S. (2015). *Iluminación y Alumbrado Público* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperado de bdigital.unal.edu.co/48843/1/1053814558.2015.pdf
- Luminotecnia (2002). *Control y aplicación de la luz*. Valladolid: Indalux. Recuperado de <https://goo.gl/xsNwvb>
- Mansour A. & A. Arafa (2014). *Comparative study of 250 W high pressure sodium lamp operating from both conventional and electronic ballast* [Estudio comparativo de la lámpara de vapor de sodio de alta presión de 250 W que opera con balastro convencional y balastro electrónico]. Revista de sistemas eléctricos y tecnología de la información. Electronics Research Institute, Cairo, Egypt. Recuperado de <https://goo.gl/QSzNVc>
- Mohd, B. (2014). *An efficient microcontroller-based electronic ballast for high pressure sodium lamps used in street lighting* [Microcontrolador eficiente basado en balastro electrónico para lámparas de vapor de sodio de alta presión usado en alumbrado público]. (Tesis de Maestría). Universiti Teknologi Malaysia, Malasia. Recuperado de <http://eprints.utm.my/50705/25/MohdHamizanOmarMFKE2014.pdf>
- Morente C. & García M. (2018). *Fundamentos de Iluminación*. Recuperado de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/fundamentosIluminacion-leyesBasicasDeIluminacion.php>
- Natra, B. (2015). *PWM PIC16F877A dimming electronic ballast for HPS Lamp* [PWM PIC16F877A Regulación de flujo luminoso con balastro electrónico para lámparas de vapor de sodio de alta presión]. (Tesis de

- Maestría), Universiti Teknologi Malaysia, Malasia. Recuperado de <http://eprints.utm.my/48731/25/NatraIsmailMFKE2015.pdf>
- Ordoñez, R. (2015). *Análisis de costo y ahorro energético con la implementación de luminarias tipo led para alumbrado público en el tramo comprendido entre la urbanización la puntilla hasta la urbanización villa Italia* (Tesis de Título Profesional). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3771/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-39.pdf>
- OSRAM (2009). *Technical information on reducing the wattage of high intensity discharge lamps* [Información técnica sobre la reducción de voltaje en lámparas de descarga de alta intensidad]. Nederland. Recuperado de <https://www.osram.nl/media/resource/hires/333581/high-intensity-discharge-lamps.-technical-information-on-reducing-the-wattage.pdf>
- Osram (2018). *PTo 50/220...240 3DIM - Powertronic outdoor*. Recuperado de https://www.osram.es/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1028037&vid=P_P_EUROPE_ES_eCat&lid=ES&mpid=ZMP_1012252
- Palacios, M. (2012) *Expediente técnico de conforme a obra del Sistema eléctrico rural Santa Cruz – Chota – Bambamarca V Etapa*. Cajamarca: Consorcio Santa Cruz. Manuscrito inédito.
- Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2015). *Plan Nacional de Electrificación Rural Periodo 2016 – 2025*. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per153304anx1.pdf>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Programa Presupuestal 0046*. Recuperado de <http://dger.minem.gob.pe/transparencia/Ppto/PPR-2017/PP0046-2017.pdf>
- Perú. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin (2013a). Informe técnico: N° 0432-2013-GART – Fijación del valor agregado de distribución (VAD) y cargos fijos 2013 – 2017. Lima: Osinergmin. Recuperado de <http://www2.osinerg.gob.pe/ProcReg/VAD/VAD2013/Recursos/7.11->

Fijaci%C3%B3n%20VAD/INF-0432-2013-
GART_Aprobaci%C3%B3n%20Fijaci%C3%B3n%20VAD%202013-
2017_T%C3%A9cnico.pdf

- Perú. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin (2013b). *Anexo 7: Estudio del VAD y Sustentos del Sector Típico SER*. Lima: Osinergmin. Recuperado de <https://goo.gl/y2HX4p>
- Perú. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin (2018a). *Conociendo más sobre el alumbrado público*. http://www.osinergmin.gob.pe/electricidad/alumbrado_p%C3%BAblico
- Perú. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin (2018b). *Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad*. Recuperado de <https://www.Osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=60000>
- Philips (2012). *DynaVision LumiStep*. Recuperado de [SONhttp://www.luckinslive.com/data/113e3dfa-68a6-4538-a9fa-b31a6e997a46/618bdbdd-c5ee-4bae-b0a2-ede6de6bd423.PDF](http://www.luckinslive.com/data/113e3dfa-68a6-4538-a9fa-b31a6e997a46/618bdbdd-c5ee-4bae-b0a2-ede6de6bd423.PDF)
- Philips (2018). *Catálogo general de lámparas y balastros*. Recuperado de http://www.pefsa.com/uploads/pdf/Catalogo%20General%20de%20Lamparas%20y%20Balastros%202017_2018_Muestra.pdf
- Promelsa (2018). *Cotización de productos eléctricos*. Lima. Recuperado de <http://www.promelsati.com.pe/cotizar>
- Ramírez, h. (2015). *Propuesta de uso eficiente de energía eléctrica en el sistema de iluminación de aulas en ITSON unidad Nainari* (Tesis de Licenciatura). Instituto Tecnológico de Sonora, México. Recuperado de http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/452_ramirez_hector.pdf
- Rashid, H. (2011). Power electronics handbook (Third Edition), *Electronic Ballasts* (pp. 573 – 599) Oxford: Elsevier. Recuperado de: minitorn.tlu.ee/~jaagup/kool/java/kursused/15/robotika/elektriopik.pdf

- RAT (2016). *Eficiencia energética en alumbrado*. España. Recuperado de <https://es.slideshare.net/RicardoAblanado/rat-eficiencia-energetica-en-alumbrado>
- RAT (2018a). *Eficiencia energética para el alumbrado*. España. Recuperado de <http://www.ratsl.com/descargas/Eficiencia%20Energetica%20V12.pdf>
- RAT (2018b). *Cotización de balastros electrónicos*. León, España. Recuperado de <http://www.ratsl.com/contacto>
- Redcad (2018). *Redcad 2.7*. Perú, Esolutions. Recuperado de <http://www.esolutions.com.pe/contacto/>
- Resolución Directoral N° 017.2003.EM.DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales” (2003). Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rd017-2003-EM-DGE.pdf>
- Resolución Directoral N° 025.2003.EM.DGE “Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural” (2003). Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rd025-2003-EM-DGE.pdf>
- Resolución Directoral N° 031.2003.EM.DGE “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural” (2003). Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rd031-2003-EM-DGE.pdf>
- Resolución Directoral N° 154-2012 EM/DGE “Establecen sectores de distribución típicos para el período noviembre 2013 - octubre 2017 y otras disposiciones para la regulación de tarifas de distribución eléctrica” (2012). Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-hzzz2zz8930z0e11911-RD_N_154-2012.pdf

- Resolución Ministerial N° 074.2009.MEM/DM “Establecen Disposiciones Aplicables para el Cálculo del Porcentaje Máximo de Facturación por el Servicio de Alumbrado Público” (2009). Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-xz70z71z350w0-R_M_074-2009.pdf
- Resolución Ministerial N° 091-2002-EM/VME - Normas DGE: Terminología en Electricidad. “Terminología en Electricidad” (2002). Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rm091-2002-em-vme-TERMINOLOGIA.pdf>
- Resolución Ministerial N° 303-78-EM/VME “Código Nacional de Electricidad – Tomo IV”. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rm303-78-em-vme.pdf>
- Reyes, D. (2017). *Alumbrado público LED: eficiencia en fase de espera*. Recuperado de <http://semanaeconomica.com/article/sectores-y-empresas/energia/228991-eficiencia-enfase-de-espera/>
- Robles, F. (2007). *Metodología para el cálculo de factores de simultaneidad y demanda* (Tesis de Título Profesional). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de <https://shorturl.at/fjpE7>
- Rodríguez, J. (2012). *Guía de Gestión Energética en el Alumbrado Público, Ahorro energético en las instalaciones de alumbrado* (pp. 17 – 32). Madrid: Fenercom. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Gestion-Energetica-en-el-Alumbrado-Publico-fenercom-2013.pdf>
- RPP (2018). *¿Qué es la eficiencia energética y por qué es importante para el medio ambiente?*. Recuperado de <https://shorturl.at/fzGM4>
- Ruiz, G., Murrieta, R., Mascott, Y., Aspe, M., Ramírez, R., Poon, C. (2015). *Manual de iluminación vial*. México D.F.: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Recuperado de

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/M anual_iluminacion/Manual_de_Iluminacion_Vial_2015.pdf

Santizo, M. (2014). *Consideración técnico-económica del estudio de eficiencia energética para el alumbrado público con la utilización de balastros electrónicos* (Tesis de Título Profesional). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0204_ME.pdf

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (2012). *Datos Históricos de la estación meteorológica Santa Cruz*. Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe>.

Teclum (2016). *Ecolum*. Recuperado de http://www.ticontrol.es/files/TECLUM_ECOLUM_esp.pdf

Wamco (2018). *Ahorro de energía en el alumbrado público*. Buenos Aires. Recuperado de <http://www.wamco.com.ar/wp-content/uploads/2014/12/229001.pdf>

Anexos y apéndice

Anexo 1. Registro del alumbrado público con fotoceldas.

Tabla a1. Caracterización eléctrica del sistema de AP con fotocelda.

Localidades		Subestación			Cargas						
N°	Nombre	N°	Sub kW	% Δ V max	SP	CE	HPS	SP kW	CE kW	AP kW	Total kW
1	La Higuera Alta-Sector I	1	5	1	9	0	2	1.58	0	0.12	1.70
2	La Higuera Baja-Sector I	1	5	1	8	0	2	1.40	0	0.12	1.52
3	La Lamud-Motupe-Sector I	1	5	7	10	0	2	1.75	0	0.12	1.87
		2	5	1	17	0	4	2.98	0	0.24	3.22
4	Nueva Esperanza-Sector II	1	15	2	54	2	16	9.45	0.8	0.96	11.21
5	Santa Rita-Sector I	1	5	5	12	0	3	2.10	0	0.18	2.28
6	Shauindoloma-Sector I	1	5	4	11	0	3	1.93	0	0.18	2.11
7	El Sauce-Sector I	1	5	5	16	1	4	2.80	0.4	0.24	3.44
8	La Cárcel-Sector I	1	5	6	9	0	2	1.58	0	0.12	1.70
9	Llushpimayo-Sector I	1	5	5	20	0	5	3.50	0	0.3	3.80
10	Mayobamba-Sector I	1	15	7	40	2	12	7.00	0.8	0.72	8.52
		2	5	4	10	0	2	1.75	0	0.12	1.87
11	Molino Viejo Parte Alta-Sector I	1	5	4	9	0	2	1.58	0	0.12	1.70
12	Nuevo San Lorenzo-Sector I	1	5	1	6	0	1	1.05	0	0.06	1.11
13	Santa Lucía-Sector II	1	5	3	11	0	3	1.93	0	0.18	2.11
14	Trancamayo Bajo	1	5	4	18	0	5	3.15	0	0.3	3.45
15	La Unión-Sector I	1	5	1	6	0	1	1.05	0	0.06	1.11
16	Tambudén-Sector II	1	5	3	13	0	3	2.28	0	0.18	2.46
17	Chacato-Sector I	1	5	6	20	0	5	3.50	0	0.3	3.80
		2	5	4	9	0	2	1.58	0	0.12	1.70
18	Chilal-Sector I	1	5	3	7	0	2	1.23	0	0.12	1.35
		2	5	4	12	0	3	2.10	0	0.18	2.28
		3	5	4	10	1	3	1.75	0.4	0.18	2.33
19	El Molino-Sector I	1	5	3	6	0	1	1.05	0	0.06	1.11
20	El Roble-Sector I	1	5	5	12	0	3	2.10	0	0.18	2.28
		2	5	5	12	0	3	2.10	0	0.18	2.28
21	La Palma-Sector I	1	5	5	14	0	4	2.45	0	0.24	2.69
22	La Pauca-Tierra Blanca-Sector I	1	10	7	24	0	7	4.20	0	0.42	4.62
		2	5	5	11	0	3	1.93	0	0.18	2.11
23	Langudén-Sector I	1	5	5	12	0	3	2.10	0	0.18	2.28
24	Montegrande	1	5	4	12	0	3	2.10	0	0.18	2.28
25	Muyupana-Sector I	1	5	5	11	0	3	1.93	0	0.18	2.11

Tabla a1. Caracterización eléctrica del sistema de AP con fotocelda. (continuación)

Localidades		Subestación			Cargas						
Nº	Nombre	Nº	Sub kW	% Δ V max	SP	CE	HPS	SP kW	CE kW	AP kW	Total kW
26	San Juan De Dios-Sector I	1	5	5	17	0	4	2.98	0	0.24	3.22
		2	5	6	11	0	3	1.93	0	0.18	2.11
27	Succhapampa-Sector I	1	5	6	19	0	5	3.33	0	0.3	3.63
		2	5	5	19	0	5	3.33	0	0.3	3.63
28	El Triunfo-Sector I	1	5	4	9	0	2	1.58	0	0.12	1.70
29	Limac-Sector I	1	5	5	19	1	5	3.33	0.4	0.3	4.03
30	La Vinia-Mayoral	1	10	6	28	0	8	4.90	0	0.48	5.38
		2	5	3	13	0	3	2.28	0	0.18	2.46
31	El Alamo-Sector II	1	5	2	10	0	2	1.75	0	0.12	1.87
		2	5	3	10	1	3	1.75	0.4	0.18	2.33
32	Guayao-Sector I	1	5	2	6	0	1	1.05	0	0.06	1.11
		2	5	6	20	0	5	3.50	0	0.3	3.80
33	El Choro Bajo	1	5	5	19	0	5	3.33	0	0.3	3.63
34	La Paccha Alto	1	5	7	22	0	6	3.85	0	0.36	4.21
35	Chaquil-Sector I	1	5	4	10	0	2	1.75	0	0.12	1.87
		2	5	3	7	0	2	1.23	0	0.12	1.35
36	El Rejo-Sector I	1	5	4	10	0	2	1.75	0	0.12	1.87
37	Achiramayo-Sector I	1	5	2	8	0	2	1.40	0	0.12	1.52
38	Yanayacu Alto-Sector I	1	15	5	45	1	13	7.88	0.4	0.78	9.06
39	San Pablo-Sector I	1	5	1	10	0	2	1.75	0	0.12	1.87
40	Tunaspampa Sector III	1	5	1	6	0	1	1.05	0	0.06	1.11
		2	5	5	13	0	3	2.28	0	0.18	2.46
41	Nuevo Tután-Sector I	1	5	5	15	0	4	2.63	0	0.24	2.87
42	Yanayacu Alto-Sector II	1	5	2	10	0	2	1.75	0	0.12	1.87
43	San Esteban-Sector II	1	5	6	11	0	3	1.93	0	0.18	2.11
Total/Max.		57	325	6.7			210	143.15	3.60	12.60	159.35

Fuente: Adaptado de Redcad (2018)

Nota. Los datos se han obtenido teniendo como base los fundamentos teóricos del Apéndice 1 - 4.

Anexo 2. Registro del alumbrado público con regulación de flujo luminoso.

Tabla a2. Caracterización eléctrica del sistema AP con regulación de flujo luminoso.

Loc.		Subestación			Cargas						
N°	Nombre	N°	Sub kW	% Δ V max	SP	CE	HPS	SP kW	CE kW	AP kW	Total kW
1	La Higuera Alta-Sector I	1	5	1.3	9	0	2	1.58	0	0.09	1.66
2	La Higuera Baja-Sector I	1	5	0.6	8	0	2	1.40	0	0.09	1.49
3	La Lamud-Motupe-Sector I	1	5	6.6	10	0	2	1.75	0	0.09	1.84
		2	5	0.6	17	0	4	2.98	0	0.17	3.15
4	Nueva Esperanza-Sector II	1	15	2.3	54	2	16	9.45	0.8	0.70	10.95
5	Santa Rita-Sector I	1	5	4.3	12	0	3	2.10	0	0.13	2.23
6	Shauindoloma-Sector I	1	5	3.8	11	0	3	1.93	0	0.13	2.06
7	El Sauce-Sector I	1	5	4.8	16	1	4	2.80	0.4	0.17	3.37
8	La Cárcel-Sector I	1	5	5.5	9	0	2	1.58	0	0.09	1.66
9	Llushpimayo-Sector I	1	5	4.7	20	0	5	3.50	0	0.22	3.72
10	Mayobamba-Sector I	1	15	6.6	40	2	12	7.00	0.8	0.52	8.32
		2	5	3.8	10	0	2	1.75	0	0.09	1.84
11	Molino Viejo Parte Alta-Sector I	1	5	3.9	9	0	2	1.58	0	0.09	1.66
12	Nuevo San Lorenzo-Sector I	1	5	1.1	6	0	1	1.05	0	0.04	1.09
13	Santa Lucía-Sector II	1	5	2.8	11	0	3	1.93	0	0.13	2.06
14	Trancamayo Bajo	1	5	3.5	18	0	5	3.15	0	0.22	3.37
15	La Unión-Sector I	1	5	1.4	6	0	1	1.05	0	0.04	1.09
16	Tambudén-Sector II	1	5	3.3	13	0	3	2.28	0	0.13	2.41
17	Chacato-Sector I	1	5	5.6	20	0	5	3.50	0	0.22	3.72
		2	5	4.2	9	0	2	1.58	0	0.09	1.66
18	Chilal-Sector I	1	5	2.6	7	0	2	1.23	0	0.09	1.31
		2	5	4.2	12	0	3	2.10	0	0.13	2.23
		3	5	4.1	10	1	3	1.75	0.4	0.13	2.28
19	El Molino-Sector I	1	5	2.8	6	0	1	1.05	0	0.04	1.09
20	El Roble-Sector I	1	5	4.8	12	0	3	2.10	0	0.13	2.23
		2	5	4.5	12	0	3	2.10	0	0.13	2.23
21	La Palma-Sector I	1	5	4.8	14	0	4	2.45	0	0.17	2.62
22	La Pauca-Tierra Blanca-Sector I	1	10	6.6	24	0	7	4.20	0	0.30	4.50
		2	5	4.8	11	0	3	1.93	0	0.13	2.06
23	Langudén-Sector I	1	5	5	12	0	3	2.10	0	0.13	2.23
24	Montegrande	1	5	4.1	12	0	3	2.10	0	0.13	2.23
25	Muyupana-Sector I	1	5	5	11	0	3	1.93	0	0.13	2.06

Tabla a2. Caracterización eléctrica del sistema AP con regulación de flujo luminoso. (continuación)

Loc.		Subestación			Cargas						
N°	Nombre	N°	Sub kW	% Δ V max	SP	CE	HPS	SP kW	CE kW	AP kW	Total kW
26	San Juan De Dios-Sector I	1	5	4.7	17	0	4	2.98	0	0.17	3.15
		2	5	5.4	11	0	3	1.93	0	0.13	2.06
27	Succhapampa-Sector I	1	5	6.2	19	0	5	3.33	0	0.22	3.54
		2	5	5.1	19	0	5	3.33	0	0.22	3.54
28	El Triunfo-Sector I	1	5	4.2	9	0	2	1.58	0	0.09	1.66
29	Limac-Sector I	1	5	4.4	19	1	5	3.33	0.4	0.22	3.94
30	La Vinia-Mayoral	1	10	5.7	28	0	8	4.90	0	0.35	5.25
		2	5	3.3	13	0	3	2.28	0	0.13	2.41
31	El Alamo-Sector II	1	5	2.1	10	0	2	1.75	0	0.09	1.84
		2	5	3.4	10	1	3	1.75	0.4	0.13	2.28
32	Guayao-Sector I	1	5	1.6	6	0	1	1.05	0	0.04	1.09
		2	5	6.1	20	0	5	3.50	0	0.22	3.72
33	El Choro Bajo	1	5	5.2	19	0	5	3.33	0	0.22	3.54
34	La Paccha Alto	1	5	6.4	22	0	6	3.85	0	0.26	4.11
35	Chaquil-Sector I	1	5	4.2	10	0	2	1.75	0	0.09	1.84
		2	5	2.6	7	0	2	1.23	0	0.09	1.31
36	El Rejo-Sector I	1	5	4.2	10	0	2	1.75	0	0.09	1.84
37	Achiramayo-Sector I	1	5	1.7	8	0	2	1.40	0	0.09	1.49
38	Yanayacu Alto-Sector I	1	15	5.1	45	1	13	7.88	0.4	0.57	8.84
39	San Pablo-Sector I	1	5	0.7	10	0	2	1.75	0	0.09	1.84
40	Tunaspampa Sector III	1	5	1.1	6	0	1	1.05	0	0.04	1.09
		2	5	4.7	13	0	3	2.28	0	0.13	2.41
41	Nuevo Tután-Sector I	1	5	5.2	15	0	4	2.63	0	0.17	2.80
42	Yanayacu Alto-Sector II	1	5	2.2	10	0	2	1.75	0	0.09	1.84
43	San Esteban-Sector II	1	5	5.6	11	0	3	1.93	0	0.13	2.06
Total/Max.		57	325	6.6			210	143.15	3.60	9.14	155.89

Fuente: Adaptado de Redcad (2018)

Nota. Los datos se han obtenido teniendo como base los fundamentos teóricos del Apéndice 1 - 4.

Anexo 3. Ficha resumen del expediente técnico del SER.

De las características climatológicas registradas por el Senamhi en la estación meteorológica Santa Cruz ubicada a una altitud de 2 039 m.s.n.m. se tiene los siguientes datos:

Tabla a3. *Datos Climatológicos*

Estación meteorológica Santa Cruz	
Temperatura máxima media (°C)	24.6
Temperatura media (°C)	18.7
Temperatura mínima media (°C)	8.4
Velocidad máxima del viento (km/h)	10.0
Máxima velocidad del viento según CNE-Suministros: Tabla 250-1-B (km/hr)	94

Fuente: Senamhi (2012)

Tabla a4. *Características del diseño de la red eléctrica*

Ítem	Descripción
Sistema	Monofásico con neutro corrido y rígidamente puesto a tierra.
Conductores	CAAI 1x16/25, 2x16/25, 2x25/25
Neutro portante	Aleación de aluminio de 25mm ² , desnudo, función mecánica y eléctrica
Tensión nominal de la red	220V
Tensión máxima (107%)	235V
Tensión mínima (93%)	204.6V
Frecuencia nominal	60 Hz.
Factor de potencia servicio particular	1
Factor de potencia alumbrado público	0.9
Factor de simultaneidad servicio particular	0.5
Factor de simultaneidad alumbrado público	1
Postes de madera importada	30 pies - 9.14 m (alineamiento) 35 pies - 10.67 m (subestaciones)
Potencia de lámpara HPS	50 W
Profundidad de enterramiento del poste	1.51 m (30 pies) 1.67 m (35 pies)
Altura libre del poste (m)	7.63 m (30 pies) 9.00 m (35 pies)
Distancia vertical del pastoral	0.23 m
Altura de las luminarias (m)	7.86 m (30 pies) 9.23 m (35 pies)

Fuente: adaptado de Palacios (2012)

Anexo 4. Especificaciones técnicas del balastro electrónico SOH50 IPM.

Para Lámparas: Sodio de Alta Presión 50W x 1

Aplicación: Apto para su uso en exteriores.

Material de la carcasa: Metal

Certificados
 EN61347-1; EN61347-2-12; EN 55015 (<300 MHz)
 EN610000-3-2; EN61000-3-3; EN61547



Especificaciones Generales

Tensión de red	220-240 V
Voltaje de Entrada	198-264 Vac
Frecuencia de Entrada	0/50-60 Hz
Factor de Potencia	0.98
Tensión de Salida	300 V (SOH250 = 350 V)
Frecuencia de Trabajo	120 Hz



Capuchón
 Estanqueidad
 IP 65

	SOH50	SOH70	SH100	SOH150
Potencia de la Lámpara (W)	50	70	100	150
Tensión Nominal (V)	220-240	220-240	220-240	220-240
Potencia de Entrada (W)	56	78	108	163
Frecuencia de Entrada (Hz)	60	60	60	60
Frecuencia de Trabajo	120	120	120	120
Corriente de Entrada (A)	250	350	490	720
Regulación	IPM	IPM	IPM	IPM
100% Flujo Luminoso (W)	56	78	108	163
50% Flujo Luminoso (W)	31	43	58	88
Ahorro de Potencia	25	35	50	75
Factor de Potencia	0.98	0.98	0.98	0.98
Voltaje de Ignición (KV)	2.5	2.5	3.0	3.0
Rango de Tª	-15°C, +50°C	-15°C, +50°C	-15°C, +50°C	-15°C, +50°C
Máxima Tª (°C)	85	85	85	85
Promedio de Vida	50000	50000	50000	50000
Clase de Protección	IP20	IP20	IP20	IP20
Protección fin de la vida de la lámpara	SI	SI	SI	SI
Protección térmica	SI	SI	SI	SI
Desconexión Automática en fallo	SI	SI	SI	SI



Capuchón
 Estanqueidad
 IP 65

Fuente: RAT (2018b)

Anexo 5. Datos operativos de la lámpara de vapor de sodio a alta presión y balastos.

Tabla a5. *Datos lámpara*

Tipo	HPS
Potencia nominal	50 W
Flujo luminoso	4 400 lm
Potencia + pérdidas electromagnéticas	60 W
Eficiencia luminosa (E) con b. Electromagnético	73 lm/W
Potencia + pérdidas electrónica - 100%	56 W
Eficiencia luminosa (E) con b. Electrónico – 100%	79 lm/W
% reducción del flujo luminoso	50%
Reducción del flujo luminoso	2 200 lm
Potencia + pérdidas electrónica - 50%	31 W
Eficiencia luminosa (E) con b. Electrónico – 50%	71 lm/W
Tipo de vida útil promedio	30 000 h
Cantidad de luminarias	210

Fuente: adaptado de Dialux (2017) & RAT (2018a)

Tabla a6. *Balastro electrónico*

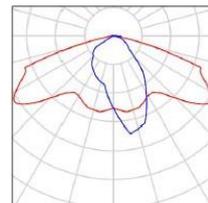
Hora encendido	18:30
Hora apagado	06:30
Nº horas funcionamiento	12.00
Horas de nivel nominal	6
Horas de nivel reducido	6
Horas de funcionamiento anual	4 380
Horas a nivel nominal anual	2 190
Horas a nivel reducido anual	2 190

Fuente: adaptado de RAT (2018a)

Proyecto elaborado por Diego Gabriel Rossi Córdova
Teléfono 943645679
Fax
e-Mail diego_rc_@hotmail.com

Proyecto 1 / Lista de luminarias

PHILIPS SGS103 1xSON-TPP50W TP P5 (Tipo 1)
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 3564 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4400 lm
Potencia de las luminarias: 60.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 43 76 97 100 81
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por Diego Gabriel Rossi Córdova
Teléfono 943645679
Fax
e-Mail diego_rc_@hotmail.com

Proyecto 1 / Lista de luminarias

PHILIPS SGS103 1xSON-TPP50W TP P5 (Tipo 1)
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1782 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2200 lm
Potencia de las luminarias: 31.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 43 76 97 100 81
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).

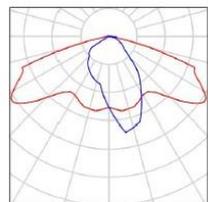


Figura a1. Flujo luminoso de PHILIPS SGS103 1 - SON-TPP50W

Fuente: Dialux (2017)

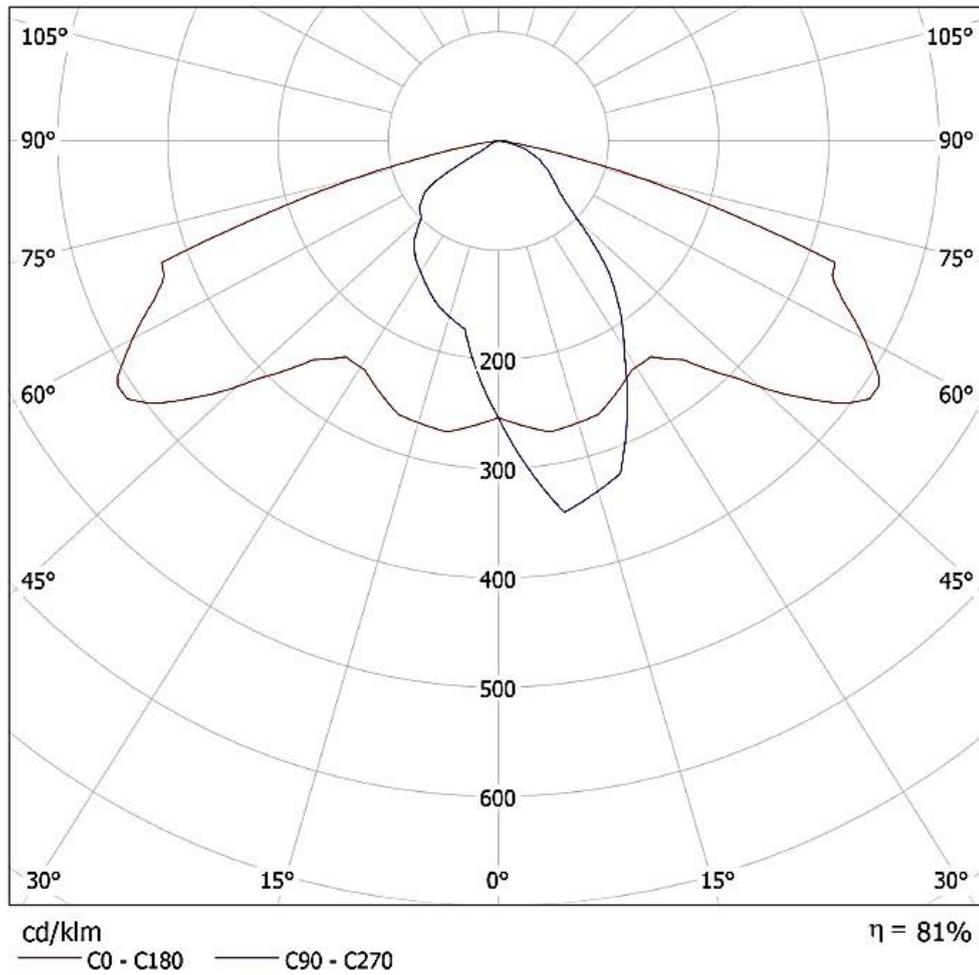


Figura a2. Curva de distribución luminosa de la luminaria PHILIPS SGS103 1 - SON-TPP50W

Fuente: Dialux (2017)

Tabla a7. Características lumínicas de HPS 50 W y luminaria Philips

Regulación de flujo luminoso	100%	50%
Flujo luminoso de la Lámpara (lm)	4400	2200
Flujo luminoso de la Luminaria (lm)	3564	1782
Rendimiento de la luminaria	81%	81%
Potencia lámpara (W)	50	25

Fuente: adaptado de Dialux (2017)

Anexo 6. Presupuestos de los sistemas de alumbrado público.

Tabla a8. Presupuesto de sistema de alumbrado público con fotoceldas.

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UND	PRECIO UNITARIO S/.	METRADO PARCIAL	PRECIO PARCIAL S/.
<u>CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO</u>				
Conductor Autoportante de Aluminio 1x16/25 mm ²	km	1 879.55	102.10634	191 913.97
Conductor Autoportante de Aluminio 2x16/25 mm ²	km	2 740.88	14.94389	40 959.41
Conductor Autoportante de Aluminio 2x25/25 mm ²	km	3 708.73	2.78883	10 343.02
<u>LUMINARIAS LÁMPARAS Y ACCESORIOS</u>				
Luminaria completa para Lámpara de Vapor de Sodio de 50 W	u	115.44	210	24 242.40
Equipo auxiliar para Lámpara de Vapor de Sodio de 50 W	u	87.18	210	18 307.40
Lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión de 50 W	u	30.14	210	6 329.40
Portafusible unipolar 220V, de 5A provisto con fusible de 1A	u	1.51	210	317.10
Conector bimetálico para Al 25 mm ² /Cu 2.5mm ² , para neutro desnudo tipo cuña	u	1.97	210	413.70
Conector bimetálico forrado para Al 35 mm ² /Cu 2.5mm ² , para fase aislada tipo perforación	u	4.72	210	991.20
Pastoral tubo A° G° 38 mm Ø interior, 500 mm avance horizontal, 720 mm altura y 20° inclinación, provisto de 4 tirafones y 2 abrazaderas simples para poste de madera	u	72.52	210	15 229.20
Célula fotoeléctrica, 220V y accesorios de fijación	u	24.19	210	5 079.90
			TOTAL S/.	314 126.70

Fuente: adaptado de Palacios (2012)

Tabla a9. Presupuesto de sistema de alumbrado público con regulación del flujo luminoso

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UND.	PRECIO UNITARIO S/.	METRADO PARCIAL	PRECIO PARCIAL S/.
<u>CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO</u>				
Conductor Autoportante de Aluminio 1x16/25 mm ²	km	1 879.55	102.10634	191 913.97
Conductor Autoportante de Aluminio 2x16/25 mm ²	km	2 740.88	14.94389	40 959.41
Conductor Autoportante de Aluminio 2x25/25 mm ²	km	3 708.73	2.78883	10 343.02
<u>LUMINARIAS LÁMPARAS Y ACCESORIOS</u>				
Luminaria completa para Lámpara de Vapor de Sodio de 50 W	u	115.44	210	24 242.40
Balastro electrónico para Lámpara de Vapor de Sodio de 50 W	u	176.38	210	37 039.80
Lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión de 50 W	u	30.14	210	6 329.40
Portafusible unipolar 220V, de 5A provisto con fusible de 1A	u	1.51	210	317.10
Conector bimetálico para Al 25 mm ² /Cu 2.5mm ² , para neutro desnudo tipo cuña	u	1.97	210	413.70
Conector bimetálico forrado para Al 35 mm ² /Cu 2.5mm ² , para fase aislada tipo perforación	u	4.72	210	991.20
Pastoral tubo A° G° 38 mm Ø interior, 500 mm avance horizontal, 720 mm altura y 20° inclinación, provisto de 4 tirafones y 2 abrazaderas simples para poste de madera	u	72.52	210	15 229.20
Célula fotoeléctrica, 220V y accesorios de fijación	u	24.19	210	5 079.90
			TOTAL S/.	332 859.10

Fuente: adaptado de Palacios (2012)

Tabla a10. Proforma de venta de balastro electromagnético

PROFORMA DE VENTA													Página 1 de 1	
NRO : 001-00582550														
SEÑORES : DIEGO GABRIEL ROSSI CORDOVA				FEC.EMISION : 16/02/2018										
JR ENRIQUE PALACIOS 621 CASCO URB SANTA CHIMB				VENDEDOR : 583184 - YAMOCA RONCEROS, ERICK										
RUC : 00043279659		E-MAIL :		NEXTEL :		CORREO : VENTAS4@PROMELSA.COM.PE								
ATENCION : ING. DIEGO ROSSI C				COND. VENTA : CONTADO CASH										
FAX :		TELEFONO : 943645679		VALIDEZ : 10 DIAS										
NRO.REQUIS. : CORREO				SOPORTE DE VENTAS:										
MONEDA : DOLARES AMERICANOS				NEXTEL :		CORREO :								
Item No	Código	Cantidad	Und.	Descripción	Modelo	Marca	Prec. Lista Unit.	Dcto 1	Dcto 2	V. Venta Unitario	Neto sin IGV	Perc	Fise	
001	1007734	422.00	UN	REACTOR PILAMP/VAPOR DE SODIO 50W 220V/ 60HZ	SON50IC226	PHILIPS	9.87	20.00	8.00	7.2643	3,085.53	0.00	.00	
002	1012056	422.00	UN	CAPACITOR 10MFD 250V/ 60HZ	CAPACITOR 10MFI	PHILIPS	1.66	20.00	8.00	1.3837	583.92	0.00	.00	
003	1012114	422.00	UN	IGNITOR PILAMP/VAPOR SODIO 50-70W IMPULS ING.STANDARD	SN 57	PHILIPS	3.61	20.00	8.00	2.6570	1,121.25	0.00	.00	
Incorporado al Regimen de Agentes de Retención de IGV (r.s. 037-2002)														
Monto Referencial .00 Total a pagar 5.629.41														
Total Bruto	Descuentos	Total Neto	Flete	Embalaje	I.G.V.	Total	Percepc.	Fise	Total Cotización					
6,481.92	1,711.23	4,770.69	0.00	0.00	858.72	5,629.41	0.00	.00	U.S \$	5,629.41				

Fuente: Promelsa (2018)

Tabla a11. Precio unitario del balastro electromagnético

Cantidad:	210	Balastros
Tipo de cambio	3.25	S./.\$ (2017)
	3.70	S./€
	1.14	\$/€
Cotización	5 629.41	\$ (Promelsa)
	4 941.80	€
Precio Unitario	26.81	\$
Precio Unitario	23.53	€
Precio Unitario	87.18	(S./.)

Tabla a12. Proforma de venta de balastros electrónicos

Referencia	Artículo	Cantidad	Precio	Dto	Importe %IVA					
A/A FOX COMPANY- D. DIEGO RC- Ref. consulta										
web- E.E. SODIO 50W- REGULACIÓN:										
HS50GB	E.E.SODIO 50W REGULACION 0_1/10V	210,00	28,000		5.880,00					
RAT02CE	CAPUCHON ESTANQUEIDAD Gama SOD	210,00	3,000		630,00					
-> Moneda: EURO € -> Incoterms: EXW -> Plazo Producción: aprox. 6-7 Semanas desde la formalización del pedido. -> Forma de PAGO: A CONVENIR -> IMPUESTOS NO INCLUIDOS -> VIGENCIA PRESUPUESTO: 30 Días										
Importe	%Dto.	Descuento	%PP	P.Pago	Portes	Base Imp.	%IVA	I.V.A.	%Rec.	TOTAL
6.510,00						6.510,00				6.510,00 Euros

Fuente: RAT (2018b)

Tabla a13. Costos de embarque

1.	 ESBIO - Puerto de Bilbao <small>ESPAÑA</small> DIRECTO 610,65 €  PECLL - Puerto de Callao <small>PERU</small>
2.	 ESBIO - Puerto de Bilbao <small>ESPAÑA</small> DIRECTO 637,15 €  PECLL - Puerto de Callao <small>PERU</small>
3.	 ESBIO - Puerto de Bilbao <small>ESPAÑA</small>  1 Escalas 655,15 €  PELIM - Puerto de Lima <small>PERU</small>

Fuente: Icontainers (2018)

Tabla a14. *Impuestos a la importación*

SUBPARTIDA NACIONAL 8504.10.00.00	
Gravámenes Vigentes	Valor
Ad / Valorem	0%
Impuesto Selectivo al Consumo	0%
Impuesto General a las Ventas	16%
Impuesto de Promoción Municipa	2%
Derecho Específicos	N.A.
Derecho Antidumping	N.A.
Seguro	1.75%
Sobretasa	0%
Unidad de Medida:	(*)

Fuente: Adaptado de Aduanas - Sunat (2018)

Tabla a15. *Precio unitario del balastro electrónico*

Cantidad:	210	Balastros
Cotización	6 510	€ (RAT)
Precio Unitario sin IGV	31.00	€
Envío Marítimo	696.35	€ (Icontainers)
Envío Total	835.62	€
Precio Unitario Envío	3.98	€
IGV España (€)	6.51	21%
IGV Perú + Seguro (€)	6.12	19.75%
Precio Unitario	47.61	€
Precio Unitario	54.24	\$
Precio Unitario	176.38	(S/.)

Anexo 7. Pliego tarifario del alumbrado público.

Tabla a 16. Pliego tarifario máximo del servicio de público de electricidad

Empresa: Electronorte

Pliego
SER BAMBAMARCA

Vigencia: 4/Set/2018
Sector: R
Interconexion: SEIN

BAJA TENSIÓN	UNIDAD	TARIFA	
TARIFA BT5E:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.29
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	60.76
TARIFA BT5E	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.2
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	43.82
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.2
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	13.14
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	58.42
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	2.29
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	60.76
TARIFA BT5C:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.28
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	58.67

Fuente: Osinergmin (2018b)

Anexo 8. Costos de mantenimiento.

Tabla a17. Costos de mano de obra y transporte

Mano de Obra	\$/h-h
Oficial (O)	5.72
Ayudante/Peón (P)	5.16
Detalle de transporte	\$/h-m
Camioneta	10.79

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

Tabla a18. *Composición y Costos hora-hombre por Cuadrilla*

Cuadrilla	O	P	Nº	Mano de Obra \$/h-h	Transporte		Herramientas 5% M.O.	Contratista 25%	Total \$/h
					Vehículo	\$/h-m			
C-5	1	0	1	5.72	Camioneta	10.79	0.29	4.2	21
C-8	1	1	2	10.88	Camioneta	10.79	0.54	5.55	27.77

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

Tabla a19. *Costos de Materiales*

Material	Descripción	Total
		\$/u
M-16	Lámpara 50W	5.95
M-17	Lámpara 70W	5.95
M-18	Luminaria	55.67
M-19	01 contactor	11.45
M-20	01 contador horario	7.17
M-21	01 célula fotoeléctrica	3.52
M-22	B. electrónico*	54.24

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

Tabla a20. *Códigos de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo*

Mantenimiento Preventivo		
Nº	Descripción de la actividad	Código
1	Inspección minuciosa de la red (incluye AP-puntos de iluminación)	AP-P1
2	Retiro de elementos extraños del AP (incluido en BT)	AP-P2
3	Enderezado de postes (AP) (incluido en BT)	AP-P3
4	Reposición de contactor x vida útil	AP-P4
5	Reposición de contador horario x vida útil	AP-P5
6	Reposición de célula fotoeléctrica x vida útil	AP-P6
7	Limpieza de célula fotoeléctrica	AP-P7
8	Reposición de lámpara 50W x vida útil	AP-P8
9	Reposición de lámpara 70W x vida útil	AP-P9
10	Reposición de luminaria	AP-P10
11	Limpieza de luminaria	AP-P11
12	Alineación de pastoral	AP-P12
13	Reposición de balastro electrónico x vida útil*	AP-P13
Mantenimiento Correctivo		
Nº	Descripción de la actividad	Código
1	Localización de falla (AP)	AP-C1
2	Cambio de lámpara x vandalismo	AP-C2
3	Cambio de luminaria x vandalismo	AP-C3
4	Cambio de poste de AP (incluido en BT)	AP-C4

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

Tabla a21. Precios unitarios de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo según códigos.

Mantenimiento Preventivo													
Nº	Código	u	Tipo de cuadrilla	Integ.	Mano de Obra (\$/h)	Maquinarias y Equipos (\$/h)	Combustible (\$/h)	Herramient. (\$/h)	% Contrat. (\$)	Tipo de Materiales	Materiales (\$)	Tiempo (minutos)	Total (\$/u)
1	AP-P1	\$/lamp	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	-	0.00	4	1.40
2	AP-P2	\$/u	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	-	0.00	12	4.20
3	AP-P3	\$/u	C-3	5	27.87	25.70	2.86	1.39	14.45	-	0.00	30	36.13
4	AP-P4	\$/u	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	M-19	11.45	20	18.45
5	AP-P5	\$/u	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	M-20	7.17	20	14.17
6	AP-P6	\$/u	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	M-21	3.52	20	10.52
7	AP-P7	\$/u	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	-	0.00	8	2.80
8	AP-P8	\$/lamp	C-8	2	10.88	9.71	1.08	0.54	5.55	M-16	5.95	15	12.89
9	AP-P9	\$/lamp	C-8	2	10.88	9.71	1.08	0.54	5.55	M-17	5.95	15	12.89
10	AP-P10	\$/lum	C-8	2	10.88	9.71	1.08	0.54	5.55	M-18	55.67	15	62.61
11	AP-P11	\$/lum	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	-	0.00	15	5.25
12	AP-P12	\$/past.	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	-	0.00	15	5.25
13	AP-P13*	\$/u	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	M-22	54.24	8	57.04
Mantenimiento Correctivo													
Nº	Código	u	Tipo de cuadrilla	Integ.	Mano de Obra (\$/h)	Maquinarias y Equipos (\$/h)	Combustible (\$/h)	Herramient. (\$/h)	Herramient. (\$/h)	Tipo de Materiales	Materiales (\$)	Tiempo (minutos)	Total (\$)
1	AP-C1	u	C-5	1	5.72	9.71	1.08	0.29	4.20	-	0	12	4.20
2	AP-C2	u	C-8	2	10.88	9.71	1.08	0.54	5.55	M-16	5.95	15	12.89
3	AP-C3	u	C-8	2	10.88	9.71	1.08	0.54	5.55	M-18	55.67	15	62.61

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

Tabla a22. Datos de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alumbrado público con fotoceldas - modelo de Osinergmin

Mantenimiento Preventivo								
Nº	Descripción de la tarea	Código	Costos Unitario		frec./año	Cantidad	factor	Total (US\$/año)
1	Inspección minuciosa de la red (incluye AP-puntos de iluminación) *	AP-P1	1.4	US\$/lamp	1	275.0	1.0	384.9
2	Retiro de elementos extraños del AP (incluido en BT)	AP-P2	4.2	US\$/u	1	0.0	0.0	0.0
3	Enderezado de postes (AP) (incluido en BT)	AP-P3	36.1	US\$/u	1	0.0	0.0	0.0
4	Reposición de contactor x vida útil	AP-P4	18.4	US\$/u	1/20	0.0	1.0	0.0
5	Reposición de contador horario x vida útil	AP-P5	14.2	US\$/u	1/20	0.0	1.0	0.0
6	Reposición de célula fotoeléctrica x vida útil	AP-P6	10.52	US\$/u	1/20	275.0	1.0	144.6
7	Limpieza de célula fotoeléctrica (*)	AP-P7	2.8	US\$/u	1	13.0	0.05	36.4
8	Reposición de lámpara 50W x vida útil	AP-P8	12.9	US\$/lamp	1/5	275.0	1.0	709.1
9	Reposición de lámpara 70W x vida útil	AP-P9	12.9	US\$/lamp	1/5	0.0	1.0	0.0
10	Reposición de luminaria	AP-P10	62.6	US\$/lum	1	0.0	0.003	0.0
11	Limpieza de luminaria	AP-P11	5.2	US\$/lum	1	13.0	0.050	68.2
12	Alineación de pastoral	AP-P12	5.2	US\$/past.	1	13.0	0.050	68.2
Mantenimiento Correctivo								
Nº	Descripción de la tarea	Código	Costos Unitario		frec. anual	Nº de fallas		Total (US\$/u)
1	Localización de falla (AP) *	AP-C1	4.2	u	1	3.0	0.01	12.6
2	Cambio de lámpara x vandalismo	AP-C2	12.9	u	1	1.5	0.5	19.3
3	Cambio de luminaria x vandalismo	AP-C3	62.6	u	1	1.5	0.5	93.9

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

Tabla a23. *Resumen de Costos de Actividades de mantenimiento - modelo*

Descripción		AP	%
Metrados de las instalaciones	km/unid.	275	-
Costo de Mantenimiento Preventivo	US\$	1 411	92%
Costo de Mantenimiento Correctivo	US\$	126	8%
Total de Costos	US\$	1 537	100%
Indicador	US\$/(km/unid)	5.6	-

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

Tabla a24. Datos de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alumbrado público con fotoceldas.

Mantenimiento Preventivo								
Nº	Descripción de la tarea	Código	Costos Unitario		frec./año	Cantidad	factor	Total (US\$/año)
1	Inspección minuciosa de la red (incluye AP-puntos de iluminación) *	AP-P1	1.4	US\$/lamp	1	210.0	1.0	293.9
2	Retiro de elementos extraños del AP (incluido en BT)	AP-P2	4.2	US\$/u	1	0.0	0.0	0.0
3	Enderezado de postes (AP) (incluido en BT)	AP-P3	36.1	US\$/u	1	0.0	0.0	0.0
4	Reposición de contactor x vida útil	AP-P4	18.4	US\$/u	1/20	0.0	1.0	0.0
5	Reposición de contador horario x vida útil	AP-P5	14.2	US\$/u	1/20	0.0	1.0	0.0
6	Reposición de célula fotoeléctrica x vida útil	AP-P6	10.52	US\$/u	1/20	210.0	1.0	110.4
7	Limpieza de célula fotoeléctrica (*)	AP-P7	2.8	US\$/u	1	10.0	0.05	28.0
8	Reposición de lámpara 50W x vida útil	AP-P8	12.9	US\$/lamp	1/5	210.0	1.0	541.5
9	Reposición de lámpara 70W x vida útil	AP-P9	12.9	US\$/lamp	1/5	0.0	1.0	0.0
10	Reposición de luminaria	AP-P10	62.6	US\$/lum	1	0.0	0.003	0.0
11	Limpieza de luminaria	AP-P11	5.2	US\$/lum	1	10.0	0.050	52.5
12	Alineación de pastoral	AP-P12	5.2	US\$/past.	1	10.0	0.050	52.5
Mantenimiento Correctivo								
Nº	Descripción de la tarea	Código	Costos Unitario		frec. anual	Nº de fallas		Total (US\$/u)
1	Localización de falla (AP) *	AP-C1	4.2	u	1	3.0	0.01	12.6
2	Cambio de lámpara x vandalismo	AP-C2	12.9	u	1	1.5	0.5	19.3
3	Cambio de luminaria x vandalismo	AP-C3	62.6	u	1	1.5	0.5	93.9

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

En la siguiente tabla se muestra los costos de las actividades de mantenimiento del sistema de alumbrado público con fotocelda:

Tabla a25. *Costos de mantenimiento de AP con fotoceldas*

Descripción	AP		%
Metrados de las instalaciones	km/unid.	210	-
Costo de Mantenimiento Preventivo	US\$	1078.80	89.55%
Costo de Mantenimiento Correctivo	US\$	125.85	10.45%
Total de Costos	US\$	1204.65	100.00%
	S/.	3 917.65	
Indicador	US\$/(km/unid)	5.74	-
Nota.- Tipo de cambio (2017): 3.25 S/. /\$			

Tabla a26. Datos de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alumbrado público, con regulación del flujo luminoso.

Mantenimiento Preventivo								
Nº	Descripción de la tarea	Código	Costos Unitario		frec./año	Cantidad	factor	Total (US\$/año)
1	Inspección minuciosa de la red (incluye AP-puntos de iluminación) *	AP-P1	1.4	US\$/lamp	1	210.0	1.0	293.9
2	Retiro de elementos extraños del AP (incluido en BT)	AP-P2	4.2	US\$/u	1	0.0	0.0	0.0
3	Enderezado de postes (AP) (incluido en BT)	AP-P3	36.1	US\$/u	1	0.0	0.0	0.0
4	Reposición de contactor x vida útil	AP-P4	18.4	US\$/u	1/20	0.0	1.0	0.0
5	Reposición de contador horario x vida útil	AP-P5	14.2	US\$/u	1/20	0.0	1.0	0.0
6	Reposición de célula fotoeléctrica x vida útil	AP-P6	10.52	US\$/u	1/20	210.0	1.0	110.4
7	Limpieza de célula fotoeléctrica (*)	AP-P7	2.8	US\$/u	1	10.0	0.05	28.0
8	Reposición de lámpara 50W x vida útil	AP-P8	12.9	US\$/lamp	2/15	210.0	1.0	361.0
9	Reposición de lámpara 70W x vida útil	AP-P9	12.9	US\$/lamp	2/15	0.0	1.0	0.0
10	Reposición de luminaria	AP-P10	62.6	US\$/lum	1	0.0	0.003	0.0
11	Limpieza de luminaria	AP-P11	5.2	US\$/lum	1	10.0	0.050	52.5
12	Alineación de pastoral	AP-P12	5.2	US\$/past.	1	10.0	0.050	52.5
13	Reposición de balastro electrónico x vida útil	AP-P14	57.0	US\$/u	5/57	210.0	1.00	1 049.2
Mantenimiento Correctivo								
Nº	Descripción de la tarea	Código	Costos Unitario		frec. anual	Nº de fallas		Total (US\$/u)
1	Localización de falla (AP) *	AP-C1	4.2	u	1	3.0	0.01	12.6
2	Cambio de lámpara x vandalismo	AP-C2	12.9	u	1	1.5	0.5	19.3
3	Cambio de luminaria x vandalismo	AP-C3	62.6	u	1	1.5	0.5	93.9

Fuente: adaptado de Osinergmin (2013b)

En la siguiente tabla se muestra los costos de las actividades de mantenimiento del sistema de alumbrado público con regulación del flujo luminoso del 100% al 50% con 6 horas de funcionamiento de cada nivel:

Tabla a27. *Costos de mantenimiento de AP con regulación del flujo luminoso*

Descripción	AP		%
Metrados de las instalaciones	km/unid.	210	-
Costo de Mantenimiento Preventivo	US\$	1947.54	93.93%
Costo de Mantenimiento Correctivo	US\$	125.85	6.07%
Total de Costos	US\$	2073.39	100.00%
	S/.	6 742.89	
Indicador	US\$/(km/unid)	9.87	-

Nota.- Tipo de cambio (2017): 3.25 S/. /\$

Anexo 9. Registro de iluminancia en postes: 30 y 35 pies.

Tabla a28. Iluminancia E (lux), regulación del flujo luminosa 100% P30'

58.5	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
55.5	0.22	0.24	0.25	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.27	0.27
52.5	0.43	0.46	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.57	0.55	0.55
49.5	0.69	0.74	0.8	0.85	0.88	0.89	0.91	0.91	0.88	0.86
46.5	1	1.12	1.25	1.34	1.43	1.48	1.51	1.53	1.47	1.41
43.5	1.54	1.78	2.09	2.34	2.52	2.7	2.76	2.79	2.72	2.57
40.5	2.03	2.58	3.43	4.01	4.46	4.87	5.12	5.12	4.96	4.55
37.5	2.29	2.93	3.89	4.87	5.74	6.47	6.84	6.85	6.48	5.95
34.5	3.68	4.42	5.51	6.53	7.56	8.51	9	9.11	8.81	8.3
31.5	5.49	6.6	8.23	9.92	12	14	15	15	15	14
28.5	5.49	6.61	8.23	9.92	12	14	15	15	15	14
25.5	3.68	4.43	5.51	6.53	7.56	8.51	9	9.12	8.81	8.31
22.5	2.29	2.93	3.89	4.87	5.74	6.47	6.84	6.85	6.48	5.95
19.5	2.03	2.58	3.43	4.02	4.46	4.87	5.12	5.12	4.96	4.55
16.5	1.54	1.78	2.09	2.34	2.52	2.7	2.76	2.79	2.72	2.57
13.5	1	1.12	1.25	1.34	1.43	1.48	1.51	1.53	1.47	1.41
10.5	0.69	0.74	0.8	0.85	0.88	0.89	0.91	0.91	0.88	0.86
7.5	0.43	0.46	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.57	0.55	0.55
4.5	0.22	0.24	0.25	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.27	0.27
1.5	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
m	0.275	0.825	1.375	1.925	2.475	3.025	3.575	4.125	4.675	5.225

Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]
3.33	0.1	16

Fuente: Dialux (2017)

Tabla a29. Iluminancia E (lux), regulación del flujo luminosa 50% P30'

58.5	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
55.5	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13
52.5	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.28	0.28	0.27
49.5	0.35	0.37	0.4	0.43	0.44	0.45	0.46	0.46	0.44	0.43
46.5	0.5	0.56	0.63	0.67	0.72	0.74	0.76	0.77	0.74	0.71
43.5	0.77	0.89	1.04	1.17	1.26	1.35	1.38	1.4	1.36	1.28
40.5	1.02	1.29	1.71	2.01	2.23	2.43	2.56	2.56	2.48	2.28
37.5	1.14	1.47	1.94	2.43	2.87	3.23	3.42	3.42	3.24	2.98
34.5	1.84	2.21	2.75	3.26	3.78	4.26	4.5	4.56	4.41	4.15
31.5	2.74	3.3	4.11	4.96	5.88	6.97	7.42	7.59	7.49	6.98
28.5	2.74	3.3	4.11	4.96	5.88	6.97	7.42	7.59	7.49	6.99
25.5	1.84	2.21	2.75	3.27	3.78	4.26	4.5	4.56	4.41	4.15
22.5	1.15	1.47	1.94	2.43	2.87	3.23	3.42	3.43	3.24	2.98
19.5	1.02	1.29	1.71	2.01	2.23	2.43	2.56	2.56	2.48	2.28
16.5	0.77	0.89	1.04	1.17	1.26	1.35	1.38	1.4	1.36	1.28
13.5	0.5	0.56	0.63	0.67	0.72	0.74	0.76	0.77	0.74	0.71
10.5	0.35	0.37	0.4	0.43	0.44	0.45	0.46	0.46	0.44	0.43
7.5	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.28	0.28	0.27
4.5	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13
1.5	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
m	0.275	0.825	1.375	1.925	2.475	3.025	3.575	4.125	4.675	5.225

Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]
1.67	0.05	8.19

Fuente: Dialux (2017)

Tabla a30. *Illuminancia E (lux), regulación del flujo luminosa 100% P35'*

58.5	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25
55.5	0.41	0.44	0.46	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.48	0.47
52.5	0.59	0.62	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.71	0.68	0.67
49.5	0.83	0.89	0.96	1.02	1.04	1.06	1.08	1.07	1.03	0.99
46.5	1.27	1.39	1.54	1.64	1.74	1.78	1.8	1.81	1.72	1.65
43.5	1.8	2.11	2.49	2.7	2.88	3.06	3.09	3.09	2.96	2.78
40.5	2.3	2.83	3.46	3.93	4.29	4.53	4.61	4.49	4.27	3.9
37.5	2.51	3.06	3.73	4.28	4.68	4.98	5.12	5.09	4.88	4.59
34.5	3.97	4.68	5.54	6.28	6.93	7.44	7.61	7.61	7.34	6.94
31.5	5.28	6.25	7.53	8.72	9.93	11	11	11	11	10
28.5	5.28	6.25	7.53	8.72	9.94	11	11	11	11	10
25.5	3.98	4.68	5.54	6.28	6.93	7.44	7.61	7.61	7.35	6.94
22.5	2.51	3.06	3.73	4.28	4.68	4.98	5.12	5.09	4.88	4.59
19.5	2.3	2.83	3.46	3.93	4.3	4.53	4.61	4.49	4.27	3.9
16.5	1.8	2.11	2.49	2.7	2.88	3.06	3.09	3.09	2.96	2.78
13.5	1.27	1.39	1.54	1.64	1.74	1.78	1.8	1.81	1.72	1.65
10.5	0.83	0.89	0.96	1.02	1.04	1.06	1.08	1.07	1.03	0.99
7.5	0.59	0.62	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.71	0.68	0.67
4.5	0.41	0.44	0.46	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.48	0.47
1.5	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25
m	0.275	0.825	1.375	1.925	2.475	3.025	3.575	4.125	4.675	5.225

Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]
3.04	0.17	12

Fuente: Dialux (2017)

Tabla a31. *Illuminancia E (lux), regulación del flujo luminosa 50% P35'*

58.5	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
55.5	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	0.24	0.25	0.24	0.24	0.23
52.5	0.3	0.31	0.33	0.34	0.35	0.35	0.36	0.35	0.34	0.33
49.5	0.42	0.44	0.48	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	0.51	0.5
46.5	0.64	0.7	0.77	0.82	0.87	0.89	0.9	0.91	0.86	0.82
43.5	0.9	1.05	1.24	1.35	1.44	1.53	1.55	1.55	1.48	1.39
40.5	1.15	1.41	1.73	1.96	2.15	2.26	2.3	2.25	2.13	1.95
37.5	1.26	1.53	1.86	2.14	2.34	2.49	2.56	2.54	2.44	2.29
34.5	1.99	2.34	2.77	3.14	3.47	3.72	3.81	3.8	3.67	3.47
31.5	2.64	3.12	3.76	4.36	4.97	5.34	5.56	5.61	5.48	5.07
28.5	2.64	3.12	3.76	4.36	4.97	5.34	5.56	5.61	5.49	5.07
25.5	1.99	2.34	2.77	3.14	3.47	3.72	3.81	3.8	3.67	3.47
22.5	1.26	1.53	1.87	2.14	2.34	2.49	2.56	2.54	2.44	2.29
19.5	1.15	1.41	1.73	1.96	2.15	2.26	2.3	2.25	2.13	1.95
16.5	0.9	1.05	1.24	1.35	1.44	1.53	1.55	1.55	1.48	1.39
13.5	0.64	0.7	0.77	0.82	0.87	0.89	0.9	0.91	0.86	0.82
10.5	0.42	0.44	0.48	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	0.51	0.5
7.5	0.3	0.31	0.33	0.34	0.35	0.35	0.36	0.35	0.34	0.33
4.5	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	0.24	0.25	0.24	0.24	0.23
1.5	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
m	0.275	0.825	1.375	1.925	2.475	3.025	3.575	4.125	4.675	5.225

Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]
1.52	0.09	5.95

Fuente: Dialux (2017)

Anexo 10. Matriz de consistencia

Título: “Evaluación del alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso en electrificación rural”

Problema	Hipótesis	Objetivos	Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumentos	Metodología						
<p>–¿Cuánto es el porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso?</p> <p>–¿La eficiencia luminosa de HPS al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso se encontrara dentro de valores estándar?</p> <p>–¿Cuánto es el porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo</p>	<p>– El porcentaje de ahorro de energía que se tendrá con al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso será del 30%.</p> <p>– La eficiencia luminosa de la HPS al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso estará dentro de valores estándar.</p> <p>– El porcentaje de ahorro de inversión que se tendrá a través de un análisis de VAN al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo</p>	<p>El objetivo general de la investigación es evaluar el alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso, en 43 localidades rurales de la provincia de Santa Cruz Cajamarca y se presentaron los siguientes objetivos específicos:</p> <p>– Establecer el porcentaje de ahorro de energía al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.</p> <p>– Determinar la eficiencia luminosa de la lámpara de vapor de sodio de alta presión, al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y</p>	<p>Evaluación del Alumbrado público con fotoceldas y regulación del flujo luminoso</p>	Consumo de energía	kWh-año	<p>Recopilación y análisis de datos secundarios</p>	<p>1. Registro del alumbrado público con fotoceldas.</p> <p>2. Registro del alumbrado público con regulación de flujo luminoso.</p> <p>3. Ficha Resumen del expediente técnico del SER.</p> <p>4. Especificaciones técnicas del balastro electrónico SOH50 IPM.</p> <p>5. Datos operativos de la lámpara de vapor de sodio a alta presión y balastos.</p> <p>6. Presupuestos en los sistemas de</p>	<p>Enfoque cuantitativo de alcance o “tipo” descriptivo de diseño no experimental del tipo transeccional descriptivo:</p> <table border="1" data-bbox="1841 708 2029 874"> <thead> <tr> <th>Estudio</th> <th>t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M₁</td> <td>O₁</td> </tr> <tr> <td>M₂</td> <td>O₂</td> </tr> </tbody> </table> <p>Donde:</p> <p>M1: Muestra de 43 localidades con AP con fotoceldas, en electrificación</p>	Estudio	t	M ₁	O ₁	M ₂	O ₂
				Estudio	t									
				M ₁	O ₁									
M ₂	O ₂													
Eficiencia luminosa	ϵ (lm/W), contrastand o con los valores estándar de Beamuz et al. (2014)													
Costos de inversión, operación y mantenimiento	Soles (S/). Precios unitarios obtenidos de Osinergmin (2013b)													
Calidad de energía	% de variación de tensión (V). Tolerancia													

<p>luminoso? y ¿En cuánto tiempo se recupera la inversión?</p> <p>–¿La caída de máxima de tensión (calidad de producto) será mayor del 7,0% de la tensión nominal, al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso?</p> <p>–¿El nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso estará en el rango de 1 a 3 lux?</p>	<p>luminoso es del 10% y el retorno de recuperación de la inversión (payback) será de 4 años.</p> <p>– La caída de máxima de tensión será menor del 7,0 % de la tensión nominal, al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso.</p> <p>– El nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso se encontrará en el rango de 1 a 3 lux.</p>	<p>regulación de flujo luminoso.</p> <p>– Determinar el porcentaje de ahorro de inversión al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso a través de un análisis de valor actual neto (VAN) y determinar el retorno de recuperación de la inversión (payback).</p> <p>– Determinar la caída de tensión máxima al realizar la evaluación del AP con fotoceldas y regulación de flujo luminoso, verificando el cumplimiento de la norma aplicable.</p> <p>– Determinar el nivel de iluminación media de la luminaria con la regulación del flujo luminoso, verificando el cumplimiento de la norma aplicable.</p>		<p>Nivel de Iluminación</p>	<p>admitida ± 7% según Resolución Directoral N° 031.2003.E M.DGE (2013)</p> <p>Lux (lm/m²). de 1 a 3 lux según Resolución Directoral N° 017.2003.E M.DGE (2003)</p>		<p>alumbrado público.</p> <p>7. Pliego tarifario del alumbrado público.</p> <p>8. Costos de mantenimiento.</p> <p>9. Registro de iluminancia en postes: 30 y 35 pies.</p>	<p>rural (diseño actual estándar).</p> <p>M2: Muestra de 43 localidades con AP con regulación del flujo luminoso, en electrificación rural (proyectado).</p> <p>O1: Observaciones del AP con fotoceldas.</p> <p>O2: Observaciones AP con regulación del flujo luminoso.</p>
---	--	---	--	-----------------------------	--	--	---	---

Apéndice 1. Calculo de la demanda de potencia (kW) y energía activa (kWh)

De la resolución Ministerial (R.M.) N° 091-2002-EM/VME - Normas DGE: Terminología en Electricidad, se define: “Demanda de potencia. Potencia demandada por un grupo de usuarios clasificados de acuerdo a sus particularidades y características” (P. 16,85).

Factor de simultaneidad es llamado también factor de coincidencia y es la razón entre la potencia simultánea máxima de un grupo de cargas y la suma de sus potencias individuales máximas durante el mismo período (Robles, 2007).

De la Resolución Directoral N° 031.2003.EM.DGE (2003) se obtiene los siguientes factores de simultaneidad para las cargas de servicio particular es de 0.5 y las cargas de alumbrado público es de 1, y el factor de potencia ($\cos\phi$) para cargas de servicio particular de 1 y para cargas de alumbrado público de 0.9.

En las cargas de alumbrado público, la potencia nominal de la lámpara de vapor de sodio de alta presión a utilizar es de 50 W que es la mínima potencia nominal requerida entre las lámparas especificadas en la Resolución Directoral 031.2003.EM.DGE (2003).

Se obtiene la demanda de potencia de la siguiente ecuación: $P_d = n \cdot C \cdot FS$, donde (P_d) es la Demanda de potencia en kW, (n) es el número de cargas del servicio particular SP, cargas especiales CE ò lámparas de vapor de sodio de alta presión HPS, (C) es la calificación eléctrica que para el servicio particular - SP en kW/lote, cargas especiales - CE en kW/carga especial o las lámparas de vapor de sodio de alta presión – HPS en kW/luminaria y (FS) es el factor de simultaneidad (De la Cruz, 2015).

La energía activa se obtiene con la siguiente ecuación: $E_a = P_d \cdot t$, donde (E_a) es la energía activa kWh, (P_d) es la demanda de potencia en kW, (t) son las horas de funcionamiento anual en horas (Cerdá, 2017).

Apéndice 2. Determinación de la caída de tensión en los conductores

Para determinar la caída de tensión: $R_{40^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}}[1 + \alpha \cdot 20]$, donde $R_{x^{\circ}\text{C}}$ es resistencia eléctrica Ω/km . α es el coeficiente: 0.0036 en $^{\circ}\text{C}^{-1}$; el factor de caída de tensión se calcula con la siguiente expresión $K = m\sqrt{(R \cos \phi)^2 + (X_L \sin \phi)^2}$, en Ω/km , m es igual a 2 (dos) para circuitos monofásicos y finalmente la ecuación para calcular la caída de tensión es $\Delta V = \frac{K \cdot I \cdot L}{1000}$, donde I viene hacer la intensidad de corriente (A), L es la longitud (m) y k el factor de caída de tensión (Ω/km) (Resolución Directoral 031.2003.EM.DGE, 2013).

En la siguiente tabla se muestra las características eléctricas de conductores usados en los sistemas de alumbrado público (Indeco, 2017):

Tabla a32. Características eléctricas de conductores CAAI

Conductor	R. Serv. Part. 20°C (Ω/km)	R ₁ . Serv. Part. 40°C (Ω/km)	R. Alum. Púb. 20° (Ω/km)	R ₂ . Alum. Púb. 40° (Ω/km)	K _{FOTOCELDAS / SERVICIO PARTICULAR} (Ω/km)	K _{ALUMBRADO PÚBLICO} (Ω/km)
1x16/25	1.91	2.05	0	0	4.10	0
2x16/25	1.91	2.05	0	0	4.10	0
2x25/25	1.2	1.29	0	0	2.57	0
1x16+1x16/25	1.91	2.05	1.91	2.05	4.10	3.69
2x16+1x16/25	1.91	2.05	1.91	2.05	4.10	3.69
2x25+1x16/25	1.2	1.29	1.91	2.05	2.57	3.69

Fuente: adaptado de conductores CAAI de Indeco (2017)

Apéndice 3. Sectores de distribución típicos

Mediante la Resolución Directoral N° 154-2012 EM/DGE, se estableció los sectores de distribución típicos para el periodo noviembre 2013 – octubre 2017:

Tabla a33. *Sectores de distribución típicos*

Sector de Distribución	Descripción
Típico 1	Urbano de alta densidad.
Típico 2	Urbano de media densidad.
Típico 3	Urbano de baja densidad.
Típico 4	Urbano rural.
Típico 5	Rural de media densidad.
Típico 6	Rural de baja densidad.
Sistemas Eléctricos Rurales (SER)	SER calificados según la Ley General de Electrificación Rural.
Típico Especial:	Coelvisac (Villacurí).

Fuente: Resolución Directoral N° 154-2012 EM/DGE (2012)

Apéndice 4. Puntos de iluminación en localidades rurales

Para determinar el número de puntos de iluminación de las localidades se aplicará la Resolución Directoral N° 017.2003.EM.DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales” (2003) indica que el cálculo del consumo de energía mensual por alumbrado público es $CMAP = KALP \cdot UN$, donde CMAP es el Consumo mensual de alumbrado público en kWh, el KALP es el factor de AP en kWh/usuario-mes y UN es el número de Usuarios de la localidad; Además se considera la R.M. N° 074.2009.MEM/DM (2009) establece el Factor de alumbrado público para el Sector Típico SER, $KALP = 6.3$.

La RD N° 017.2003.EM.DGE (2003) además indica que las lámparas de alumbrado público podrán ser energizadas directamente de las redes de servicio particular, donde el control de encendido y apagado debe ser automático (fotoceldas).