



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0



N° 082-2023

CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud a la Tesis cuyo título es:

“SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA PESQUERA AUSTRAL GROUP S.A.A.-2022”

Presentado por:

JOSE JARED CHAVEZ SOLARI

TITULANDO EGRESADO del nivel de **PREGRADO** de la Facultad **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA** – Escuela Profesional de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**. El resultado obtenido es un porcentaje de **DOS POR CIENTO (2%)**, por el cual se le otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 04 de octubre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Mag. Zenon Eusebio Pacheco Casavilca
JEFE DE UNIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA



**" SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED PARA LA REDUCCIÓN DEL
CONSUMO ENERGÉTICO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA
EMPRESA PESQUERA AUSTRAL GROUP S.A.A.-2022"**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:
AUTOR: Bach. JOSÉ JARED CHÁVEZ SOLARI

ASESOR: Mg. JESÚS RENACIMIENTO ARESTEGUI RAMOS
ORCID: 0000-0002-8953-7896

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS
SOSTENIBLES

ICA-PERÚ
2022

AGRADECIMIENTO

Agradecer a nuestro Padre celestial por todas
las bendiciones recibidas a lo largo de este tiempo terrenal.

A los esposos Strong por enseñarme mediante su ejemplo
La importancia del aprendizaje temporal y espiritual. (D y C 130:18)

Y a mi asesor de tesis el Ing. Jesús Arestegui Ramos

Por apoyarme a hacer este sueño una realidad

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por siempre apoyarme
a cumplir mis sueños desde muy pequeño.

A mis docentes por sus excelentes mentorías
que me motivaron a ser un ingeniero al servicio de la
humanidad.

Y a la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica
por considerarme ser un profesional de éxito.

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA PESQUERA AUSTRAL GROUP S.A.A

La presente tesis se desarrolla en la empresa pesquera Austral Group de Chimbote, actualmente opera con un sistema de iluminación convencional.

Dicho sistema de iluminación está compuesto por luminarias High Bay de halogenuro metálico de 400w y luminarias Waterproof con lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión de 2x36w lo cual genera gastos mayores en mantenimientos correctivos, consumo de energía, etc.

Por ello la presente investigación propone implementar un nuevo sistema de iluminación con luminarias led la cual genera grandes beneficios técnica - económica.

Por lo que la presente tesis, tiene la finalidad conocer las características técnicas del nuevo sistema de iluminación compuesto por High bay Led de 155w y Hermética led de 36w.

Para realizar esta tesis se aplicó la metodología Inductivo – Deductivo, y un tipo de investigación descripción simple.

Logrando como resultado las características técnicas del nuevo sistema de iluminación led alineado con nivel de iluminancia (lux) que indica la norma técnica peruana de acuerdo al lugar o ambiente de trabajo.

Con este nuevo sistema de iluminación se propone emplear equipos led los cuales en la presente tesis conoceremos las siguientes características técnicas tales como potencia (Watts), Flujo luminoso (Lumen), eficiencia (lm/w), índice de protección (IP), temperatura de color (Kelvin), índice de reproducción cromática (IRC), tipo óptico (Angulo de luz) y código de protección contra impacto (IK).

Concluyendo que la propuesta de implementación del nuevo sistema de iluminación led, aseguran una iluminación correcta en las diferentes áreas de la empresa Austral Group.

Palabras Clave: LED, Iluminación, ahorro de energía

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF AN LED LIGHTING SYSTEM FOR THE REDUCTION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE PRODUCTION AREA OF THE EMPRESA PESQUERA AUSTRAL GROUP S.A.A

This thesis is developed in the fishing company Austral Group of Chimbote, currently operating with a conventional lighting system.

Said lighting system is made up of 400w High Bay metal halide luminaires and Waterproof luminaires with 2x36w low-pressure mercury vapor discharge lamps, which generates higher expenses in corrective maintenance, energy consumption, etc.

For this reason, the present investigation proposes to implement a new lighting system with led luminaires which generates great technical-economic benefits.

Therefore, this thesis has the purpose of knowing the technical characteristics of the new lighting system composed of High bay Led of 155w and Hermética led of 36w.

To carry out this thesis, the Inductive - Deductive methodology was applied, and a type of simple description research.

Achieving as a result the technical characteristics of the new led lighting system aligned with the illuminance level (lux) indicated by the Peruvian technical standard according to the place or work environment.

With this new lighting system it is proposed to use led equipment which in this thesis we will know the following technical characteristics such as power (Watts), luminous flux (Lumen), efficiency (lm/w), protection index (IP), temperature color (Kelvin), color rendering index (IRC), optical type (Angle of light) and impact protection code (IK).

Concluding that the proposal for the implementation of the new LED lighting system ensures correct lighting in the different areas of the Austral Group company.

Key words: LED, lighting, energy saving

INDICE

RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	VIII
INDICE DE ECUACIONES.....	IX
I. MARCO TEÓRICO.....	10
A. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1). <i>Antecedentes internacionales</i>	10
2). <i>Antecedentes de la investigación nacionales</i>	13
II. BASES TEORICAS.....	19
A. CONCEPTOS GENERALES SOBRE ILUMINACIÓN.....	19
1). <i>Espectro electromagnético visible</i>	19
2). <i>Flujo Luminoso (ϕ)</i>	20
3). <i>Eficiencia luminosa (η)</i>	21
4). <i>Iluminancia (E)</i>	21
5). <i>Intensidad Luminosa (I)</i>	22
6). <i>Luminancia (L)</i>	22
7). <i>Índice de reproducción cromática (IRC o CRI)</i>	22
8). <i>Temperatura de color (K)</i>	23
9). <i>Curvas fotométricas</i>	23
III. INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO.....	28
A. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS DIFERENTES ÁREAS.....	28
1). <i>Estado de las luminarias en las diferentes áreas</i>	29
2). <i>Estado de la calidad lumínica de las diferentes áreas</i>	29
B. DESARROLLO DEL PROYECTO DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED.....	39
1). <i>Calculo lumínico mediante el uso de formulas</i>	46
2). <i>Calculo lumínico mediante el uso del software Dialux</i>	66
IV. ANALISIS DE CONSUMO DE POTENCIA ELÉCTRICA.....	71
A. TABLAS DE CONSUMO DE POTENCIA ELÉCTRICA.....	71
V. RESULTADOS.....	72
A. COSTOS DEL NUEVO SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	72
B. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	72
1). <i>Metrado de luminarias</i>	74
2). <i>Consumo de energía eléctrica y costo</i>	75
3). <i>Calculo de VAN y TIR</i>	76
4). <i>Flujo de caja</i>	76
5). <i>Efectos eléctricos del nuevo sistema de iluminación</i>	77
CONCLUSIONES.....	78

ANEXOS.....	81
--------------------	-----------

INDICE DE FIGURAS

FIG N° 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO VISIBLE	19
FIG N° 2: FLUJO LUMINOSO	20
FIG N° 3: EFICIENCIA LUMINOSA	21
FIG N° 4: ILUMINANCIA	21
FIG N° 5: ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA	23
FIG N° 6: TEMPERATURA DE COLOR	23
FIG N° 7: CURVA POLAR DE LUMINARIA BY698P LED200 CW	25
FIG N° 8: DISTRIBUCIÓN FOTOMÉTRICA.....	26
FIG N° 9: FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA HIGH BAY BY698P LED200 CW (1).....	40
FIG N° 10: FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA HIGH BAY BY698P LED200 CW (2).....	41
FIG N° 11: FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA HIGH BAY BY698P LED200 CW (3).....	41
FIG N° 12: FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA HIGH BAY BY698P LED200 CW (4).....	42
FIG N° 13: FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA WATERPROOF WT118C LED36 (1).....	43
FIG N° 14: FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA WATERPROOF WT118C LED36 (2).....	43
FIG N° 15: FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA WATERPROOF WT118C LED36 (3).....	44
FIG N° 16: FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	47
FIG N° 17: DIAGRAMA DE INTERPOLACIÓN.....	48
FIG N° 18: UBICACIÓN DE LUMINARIAS	50
FIG N° 19: CUADRO DE COEFICIENTE DE REFLEXIÓN DE HIGH BAY BY698P LED200	51
FIG N° 20: CUADRO DE COEFICIENTE DE REFLEXIÓN DE WT118C LED36	53
FIG N° 21: COMPONENTES DE LA ILUMINANCIA EN UN PUNTO	55
FIG N° 22: CURVA FOTOMÉTRICA DE LUMINARIA WT118C LED36.....	57
FIG N° 23: ÁNGULO FORMADO ENTRE LUMINARIA Y PUNTO	58
FIG N° 24: FOTOMETRÍA IMPORTADA DE LA LUMINARIA WT118C LED36 AL DIALUX	67
FIG N° 25: FOTOMETRÍA IMPORTADA DE LA LUMINARIA BY698P LED200 AL DIALUX.....	68
FIG N° 26: SIMULACIÓN CON DIALUX DEL CUARTO DE FUERZA	69
FIG N° 27: SIMULACIÓN CON DIALUX EN EL ÁREA DE TOLVAS.....	69
FIG N° 28: SIMULACIÓN CON DIALUX DEL TALLER ELÉCTRICO	69
FIG N° 29: SIMULACIÓN CON DIALUX DE LA SALA DE ACEITE	69
FIG N° 30: SIMULACIÓN CON DIALUX DE LA CASETA DE BOMBA DE AGUA DE MAR	69
FIG N° 31: SIMULACIÓN CON DIALUX DE LA SALA DE FUERZA	70
FIG N° 32: SIMULACIÓN CON DIALUX DE LA SALA DE TRANSFORMADORES.....	70
FIG N° 33: SIMULACIÓN CON DIALUX DE LA CASETA DE POLIMEROS.....	70
FIG N° 34: SIMULACIÓN CON DIALUX DE LA SALA DE DISTRIBUCIÓN.....	70
FIG N° 35: SIMULACIÓN CON DIALUX DE LA SALA DE DISTRIBUCIÓN	70

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 EJEMPLO DE FLUJOS LUMINOSOS	20
TABLA N° 2 INTENSIDAD LUMINOSA.....	22
TABLA N° 3 LUMINANCIA.....	22
TABLA N° 4 RESUMEN DE FORMULAS	22
TABLA N° 5 MATRIZ DE INTENSIDADES.....	24
TABLA N° 6 CLASIFICACIÓN DE LA LUZ	26
TABLA N° 7 ILUMINACIÓN ACTUAL.....	29
TABLA N° 8 LEVANTAMIENTO DE LUXES DE CUARTO DE FUERZA	31
TABLA N° 9 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN EL AREA DE TOLVAS.....	32
TABLA N° 10 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN EL TALLER ELÉCTRICO	33
TABLA N° 11 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA SALA DE ACEITE	33
TABLA N° 12 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA CASETA DE BOMBAS DE AGUA DE MAR	34
TABLA N° 13 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA TDF N°1 – SALA DE FUERZA	35
TABLA N° 14 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA SALA DE TRANSFORMADORES	35
TABLA N° 15 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA CASETA DE POLÍMEROS.....	36
TABLA N° 16 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA TDF N°5A – SALA DE DISTRIBUCIÓN	37
TABLA N° 17 LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA TDF N°5B – SALA DE DISTRIBUCIÓN.....	37
TABLA N° 18 CUADRO RESUMEN DEL LEVANTAMIENTO DE LUXES DE TODAS LAS ÁREAS ..	37
TABLA N° 19 NORMA TÉCNICA PERUANA	38
TABLA N° 20 COEFICIENTE DE REFLEXIÓN	46
TABLA N° 21 FACTOR DE MANTENIMIENTO	48
TABLA N° 22 CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 0.82.....	52
TABLA N° 23 CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 39.86° EN PUNTO 1.....	59
TABLA N° 24 CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 39.86° EN PUNTO 3.....	60
TABLA N° 25 CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 44.32° EN PUNTO 7.....	64
TABLA N° 26 CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 39.86° EN PUNTO 9.....	66
TABLA N° 27 CUADRO RESUMEN DE VALORES DE ILUMINACIÓN	66
TABLA N° 28 POTENCIA TOTAL DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL	71
TABLA N° 29 POTENCIA TOTAL DEL NUEVO SISTEMA DE ILUMINACIÓN	71
TABLA N° 30 AHORRO DE POTENCIA ELÉCTRICA CON EL NUEVO SISTEMA	71
TABLA N° 31 COSTOS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL.....	74
TABLA N° 32 RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	74
TABLA N° 33 SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED.....	74
TABLA N° 34 RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED	74
TABLA N° 35 CONSUMO Y COSTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL.....	75
TABLA N° 36 RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	75
TABLA N° 37 CONSUMO Y COSTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED.....	75
TABLA N° 38 RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED	75

TABLA N° 39 FLUJO DE CAJA	76
----------------------------------------	-----------

INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN N° 1: ÍNDICE DE LOCAL (K)	30
ECUACIÓN N° 2: NÚMERO DE PUNTOS ME MEDICIÓN.....	31
ECUACIÓN N° 3: FORMULA DE INTERPOLACIÓN.....	48
ECUACIÓN N° 4: FLUJO LUMINOSO TOTAL	49
ECUACIÓN N° 5: NUMERO DE LUMINARIAS.....	49
ECUACIÓN N° 6: UBICACIÓN DE LUMINARIAS DE ANCHO	50
ECUACIÓN N° 7: UBICACIÓN DE LUMINARIAS DE LARGO.....	50
ECUACIÓN N° 8: COMPROBACIÓN DE RESULTADOS	50
ECUACIÓN N° 9: ILUMINACIÓN REAL	55
ECUACIÓN N° 10:ILUMINACIÓN HORIZONTAL	55
ECUACIÓN N° 11:ILUMINACIÓN VERTICAL	56
ECUACIÓN N° 12:ÁNGULO FORMADO ENTRE LUMINARIA Y PUNTO.....	58
ECUACIÓN N° 13:CALCULO DE VAN (VALOR ACTUAL NETO).....	72
ECUACIÓN N° 14:CALCULO DE TIR (TASA INTERNA DE RETORNO)	73

I. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes de la investigación

En este capítulo veremos los antecedentes tanto internacionales y nacionales. Esta información será de mucha importancia y relevancia para un mayor entendimiento y conocimiento de la propuesta de tesis.

1). Antecedentes internacionales

En el año 2015, V. Quizhpi [1] en su investigación: “ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL USO DE EQUIPOS LED EN LA FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO” de la “UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL-ECUADOR”, concluye que:

Un sistema de iluminación LED nos proporciona grandes ventajas más allá de un menor consumo energía y ahorro económico.

Las luminarias LED trabajan a poca temperatura, con una simetría uniforme y muchas veces regulables mediante dimmer (regulador).

Uno de los principales beneficios para el centro de estudios por la utilización de un sistema de iluminación LED es el ahorro energético y económico (facturación), además de que las luminarias tienen una mayor vida útil y desechando cualquier existencia de insectos, ya que no están compuestas de sodio, mercurio y ningún metal pesado.

Debemos entender que la inversión inicial es mucho más alta para el centro de estudios. Por esto se debe tener la consideración de cambiar la iluminación del centro de estudios en los sitios en que las luminarias ya cumplieron su tiempo de vida útil.

La Facultad de Educación Técnica para el desarrollo debe tener la consideración que en algunas partes necesita un nuevo sistema de iluminación, ya que la iluminación actual tiene regular tiempo y se encuentran en situación listas para el reemplazo algunas luminarias.”

En el año 2015, M. Castro and N. Posligua [2] en su investigación: “PLAN DE ILUMINACIÓN CON EQUIPOS LED ANALIZADO CON VISIÓN A LAS MEJORAS DE CONSUMO ENERGÉTICO, COMODIDAD VISUAL Y INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA PRUEBAS, 2015” de la “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”, concluye que:

Que como consecuencia de una iluminación inadecuada tendremos los siguientes efectos en nuestra salud como: Trastornos oculares, cefalalgias, efectos anímicos y fatiga.

El reemplazo de las luminarias convencionales a las luminarias tipo LED genera un ahorro de energía, aunque inicialmente no se notara por la diferencia de costos de las luminarias, el presupuesto del proyecto se recuperara a largo plazo, por tal motivo es importante evaluar si es rentable ejecutar un proyecto de iluminación LED de acuerdo a las necesidades del entorno.

Reconocer y saber los diferentes tipos de luminarias LED, realizando un cotejo de su curva fotométrica, rentabilidad, eficacia y eficiencia lumínica que permitan seleccionar la más ideal para el diseño del proyecto de iluminación. La importancia de conocer y analizar las indicaciones de las diferentes normas internacionales para realizar un proyecto de iluminación

En el año 2014, A. De la Rosa [3] en su investigación: “ANÁLISIS PARA CAMBIO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL POR SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED EN LA EMPRESA CEPRONIQUEL” del “INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO DE MOA DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”, concluye que:

Se corrobora que las luminarias LED son mucho más eficientes que los fluorescentes existentes debido a que su consumo de energía es 90% menos. Es muy importante realizar un estudio de las características y condiciones del área de trabajo de la empresa para saber cuál sería su iluminación ideal.

Mediante la observación del área de trabajo y levantamiento de luxes se determinó que hay muchas dificultades en la realización de los equipos de iluminación y también se vio un nivel de iluminación inferior a lo normado. Los análisis técnicos, económico y medioambiental no indico que desde el punto técnico una mayor vida útil, y mucha más resistencia a golpes y encendido instantáneo. Desde el punto económico se genera un ahorro de energía de 26,914.08 KW anual lo que nos demostraría un retorno de inversión de 33 meses. Desde el punto medioambiental, aporta al control de factores contaminantes eliminando gases de efecto invernadero a la atmosfera y cumpliendo con las normativas de las entidades medioambientales a nivel mundial.

En el año 2014, D. Castillo [4] en su investigación: “PROYECTO E IMPLEMENTACIÓN CON LUCES DE XENÓN E LUMINARIA DE ILUMINACIÓN LED EN FAROS DE VEHÍCULOS, 2014” de la “UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO”, concluye que:

La tecnología de iluminación LED tiene un futuro prometedor en diferente tipo de trabajo lo cual queda demostrado, que se esta tecnología puede tener diferentes diseños seguro en el ámbito automotriz.

Una luminaria LED convencional para en funcionamiento consumirá alrededor de 10mA y 50mA por lo que requiere se concluye que necesita menos corriente para su funcionamiento por lo cual son más eficientes.

Las luminarias convencionales incandescentes convierten su energía en color irradiado mediante emisiones infrarrojas. Mientras que los equipos LED no transmiten ningún tipo de radiación lo que cual lo hace ideal además de un trabajo a plena carga en una baja temperatura

Tener en cuenta que los equipos LED poseen diferentes beneficios, pero posee puntos débiles como una baja disipación de calor, lo cual recorta su vida útil de las mismas.

2). Antecedentes de la investigación nacionales

En el año 2019, Pflucker [5] en su investigación: “PLAN PARA LA MIGRACIÓN AL SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED PARA DISMINUIR COSTOS DE USO DE ENERGÍA EN LA CONCESIÓN SAN LUIS” de la “UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE”, concluye que:

En la recopilación de datos topográficos se evidencio que el avance de la concesión San Luis es de 323.07 m, además se trianguló 3 puntos fuera de trabajo subterránea donde se instalaran 3 farolas tipo LED.

En el análisis actual de iluminación en la labor Karina se llegó a la conclusión que los costos actuales entre cables y focos de luz convencional es de 515.07 soles, además los gastos de interruptores, montaje y casquillo de bombillas ascienden a 3 134.00 soles. A lo que concluimos que los costos de mensuales que implica el sistema de iluminación actual (convencional) ascienden a los 8 060.00 soles incluyendo el alquiler de un generador eléctrico y del equipo de iluminación.

El sistema de iluminación LED propuesta, concluye que se debe instalar un circuito solar comprendido por paneles y en el montaje de bombillas y farolas LED. El sistema de paneles solares se encargará la empresa Auto solar Energía del Perú S.A.C. El costo del sistema iluminación propuesto asciende a 16 802.55 soles y el mantenimiento de este nuevo sistema es de 500 soles semestrales, sin embargo, se desea tomar en cuenta 110.00 soles en gastos por inconvenientes.

El sistema de iluminación convencional (actual) presenta altos consumos de energía eléctrica mensuales para la concesionaria, por ello, con este proyecto que se propone de sistema iluminación LED en la labor Karina de la concesión San Luis se ahorrarán 7, 950.00 soles mensuales, considerando además un ahorro de cada 6 meses que ascienden a 7,450.00 soles debido al mantenimiento de este sistema iluminación.

En el año 2018, M. Dávila [6] en su investigación: “UN NUEVO SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED QUE NOS PROPORCIONE EL BENEFICIO DE REDUCIR EL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL EN LA ZONA RECREATIVA DE MORALES, 2018” de la “UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO”, concluye que:

La ganancia económica en el tiempo aproximado de 12 años por concepto de consumo de energía después del retorno de la inversión asciende a S/.28,946.52 en una vía de regular tránsito. El precio de la energía eléctrica de acuerdo a la subida del precio de los insumos al transcurrir de los años, tiende al alza de un aumento significativo lo cual ocasiona un mayor beneficio económico a futuro. La ventaja económica debido a la migración a la iluminación LED podrán ser utilizada para la inversión en nuevas tecnologías que nos ayuden a mejorar las diferentes situaciones sociales y ambientales del mundo.

La zona céntrica de Morales presentará una menor índice de contaminación ya que se reducirán los desechos de componentes tóxicos como el mercurio contenido por las lámparas de vapor de sodio alta presión que se desechan aproximadamente cada 3 años. Debido a la baja emisión de calor por la utilización de lámparas LED en el distrito de Morales, se reducirá el impacto térmico que mucho aporta al calentamiento global. La iluminación a base de la tecnología LED proporcionará para la población sitios de recreación, parques y jardines una mayor seguridad debido a una mejor iluminación.

El consumo energético debido a la implementación del sistema de iluminación vial a base de LED disminuirá en un 53% lo cual se considera en un mejor uso de los recursos y en una mejora en la conservación de los mismos. De acuerdo al análisis de iluminación de los equipos LED, se puede concluir que el sistema propuesto de alumbrado público de la zona recreativa de Morales, cumpliría con todas las indicaciones según norma justificándose la selección de luminarias a utilizarse en el proyecto propuesto.

En el año 2019, J. Urrutia [7] en su investigación: “PROYECTO DE ILUMINACIÓN LED CON CONTROL DOMÓTICO PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA Y SU MONTAJE EN LAS OFICINAS EN EL EDIFICIO TORRE BEGONIAS” de la “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ”, concluye que:

El proyecto de iluminación LED es una propuesta de sistema de iluminación se sugiere realizar un estudio de calidad de parámetros eléctricos posterior al montaje de las luminarias LED para la verificar si el nuevo sistema de iluminación LED produce potencia reactiva tipo inductivo o capacitivo. Para saber que el nuevo sistema no afecta la red de la concesionaria.

Si se consideraría seguir con el sistema de iluminación existente tenemos un consumo de energía de 39,244.80 kW/año, al ejecutar el reemplazo hacia el sistema de iluminación LED daría un consumo 18,864.66 kW/año dando como diferencia de consumo de 20,380.15 kW/año que nos indicaría porcentualmente una disminución de 51.9% de uso de energía eléctrica, este beneficio de consumo de energía se aprecia en las facturaciones anual de las oficinas.

Un gran beneficio con el reemplazo a la iluminación LED en áreas interiores, generan apoyos ambientales, empezando con la reducción de 51.9% de consumo de energía.

La producción de gases ocasionados por el efecto invernadero negativo por el consumo de materiales negativos; mientras que el material con el que se fabricadas las luminarias LEDs no produce residuos tóxicos, como si se presentan con las luminarias de uso convencional que poseen en su interior fosforos que posteriormente de su uso son alcanzados al medio ambiente al desear se descartados, dando como resultado la contaminación del suelo, agua y aire.

Se demostró mediante un software de iluminación, que las luminarias LED usadas, corresponden con los valores de iluminación, con lo cual se aprecia una mayor eficiencia para lograr un nivel de iluminación necesaria para el área de trabajo en el cual se realizara ellaban proyecto.

En el año 2018, J. Labán [8] en su investigación: “CALCULO, PLAN Y ELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA SECTOR PÚBLICO EN ESTOS TIEMPOS” de la “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ”, concluye que:

Las Luminarias LEDs por ser de material de silicio en comparación a las convencionales no necesitan uso de balasto, lo cual genera un beneficio energético. Las Luminarias LEDs por tener reducida potencia, no alcanzan altas temperaturas, algo contrario a los lamparas convencionales, con esto se llegó a la conclusión que se da un mejor uso a la energía eléctrica y menor perdidas eléctricas.

Se llego a comprobar que se puede mejorar el sistema de iluminación actual cambiando el sistema existente por lámparas tipo LED, logrando una iluminancia promedio de 2 cd/m², para una distancia entre ellas de 21 metros, es decir, solo requiere de reemplazo de luminarias sin la necesidad de cambiar las estructuras de los postes y cables.

Que se daría un mejor consumo de energía y beneficio económico ya que se reduce un consumo de 64, 753.92 Kwh/Año. Lo que nos indica un menor consumo de 56% de uso de energía eléctrica anual.

una gran ventaja de la tecnología LED es que no genera desechos tóxicos algo contrario con las luminarias convencionales que al momento de desecharlo generan una contaminación ambiental.

En el año 2019, J. Espinal [9] en su investigación: “MEJORA CON UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, CON TECNOLOGÍA LED EN PLANTA CONCENTRADORA” de la “UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA”, concluye que:

Con los cálculos de iluminación que proporcionaría la instalación de equipos LEDs proporciona la misma cantidad de Luxes que los existente (convencional), sin embargo, darían un ahorro de consumo de energía de 68% con respecto al sistema de iluminación existente (convencional).

Los equipos de iluminación LED proporcional una mejor calidad de iluminación al comparar de las existentes (sodio de alta presión y halogenuros metálicos). Ocasionados por su distribución espectral, se tiene mucha similitud a la luz natural durante el día. Logrando una reducción de esfuerzos del ojo humano, aportando una mejor calidad visual a los trabajadores que trabajan en planta.

Un gran beneficio en el índice de reproducción cromática (“CRI= Color Rendering Index”) la cual indica la mejor visualización de los colores, las luminarias LED es de 80(muy buena), sin embargo, las existentes convencionales (sodio de alta presión y halogenuros metálicos) es de 25 y 65 respectivamente.

Se comprobó que el sistema de iluminación LED, está en gran avance, esta tecnología empezó con eficiencia de 100 lum /Watts en el año 2016 y ahora en el año 2018 la misma luminaria LED posee una eficiencia de 130 lum /Watts.

En el año 2013, M. Llaguno [10] en su investigación: “PROYECTO DE ILUMINACIÓN LED PARA LA EDIFICACIÓN DE MC GREGOR” de la “PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA”, concluye que:

Para el análisis que nos ayudó en la selección de la luminaria indicada para este proyecto se utilizó los catálogos de iluminación de la empresa PHILLIPS, con el cual se cubrió la necesidad de iluminar un total de 66666 lúmenes para

este proyecto. La luminaria escogida fue una de 17280 lúmenes y se aplicaran 4 de estas para cumplir las expectativas de este proyecto.

Concluimos que trabajar con la tecnología LED nos proporciona grandes beneficios por su consumo, ambiental, etc. Por lo cual es de suma importancia considerar los sistemas de iluminación LED ya que es el futuro de la iluminación.

Es importante tomar en cuenta las normas técnicas peruanas establecidos por ley para que el proyecto de iluminación ya que esto nos ayudaría a tener un mejor control y que habría más facilidad al momento de realizar mantenimiento al sistema y evitando así diferentes accidentes por una baja iluminación.

2). Flujo Luminoso (Φ)

Es la capacidad que calcula la cantidad total de energía luminosa dada por un equipo de iluminación en todas sus orientaciones durante el tiempo de 1 segundo. Su unidad de medición es el lumen (Lm).

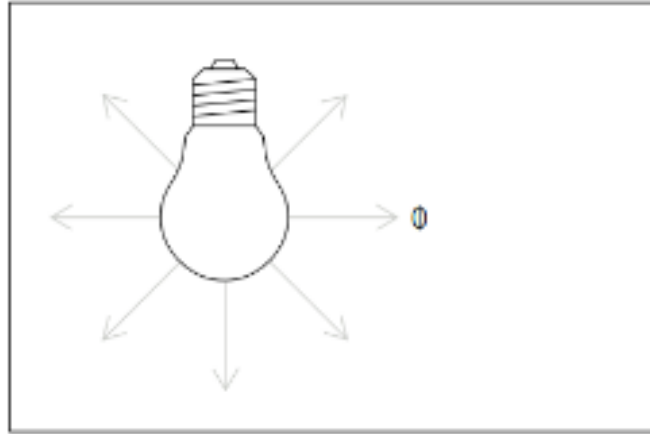


Fig N° 2: Flujo Luminoso

Fuente: Como planificar la luz [12]

TABLA N° 1
EJEMPLO DE FLUJOS LUMINOSOS

EJEMPLO DE FLUJOS LUMINOSOS	
• Lámpara incandescente de 60 W	715 Lm
• Lámpara fluorescente de 36 W	3350 Lm
• Lámpara de Halogenuro Metálico de 1000 W	85000 Lm
• Lámpara de vapor de mercurio 125 W	6200 Lm

Fuente: Lighting Catalog Phillips [13]

3). Eficiencia luminosa (η)

Muestra la rentabilidad energética de una fuente de iluminación y calcula la calidad de la fuente como equipo destinado a producir luz.

Es el resultado entre el flujo luminoso y la potencia eléctrica absorbida por el equipo de iluminación. Su unidad de medición es lúmenes/Watts.

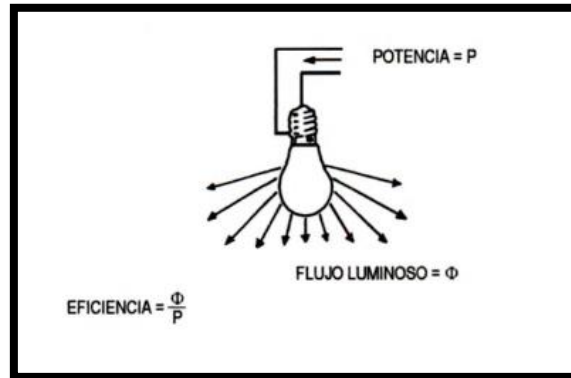


Fig N° 3: Eficiencia luminosa
Fuente: Manual práctico de alumbrado [14]

4). Iluminancia (E)

Más conocido como iluminación. Se tiene por concepto como la energía luminosa incidente a un área. Su unidad de medición es el lux.

El lux es resultado de la iluminación (flujo luminoso) de un área de 1 m².

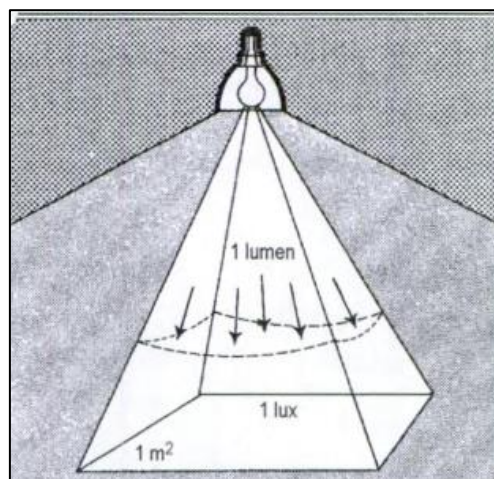


Fig N° 4: Iluminancia
Fuente: Manual práctico de alumbrado [15]

5). Intensidad Luminosa (I)

La intensidad luminosa en un equipo de iluminación en una orientación dada, es el resultado entre el flujo luminoso dado en un Angulo solido cualquiera, cuyo eje se ajusta a la dirección dada, el ángulo solido será dado en estereorradianes. Su unidad de medición es la Candela.

TABLA N° 2
INTENSIDAD LUMINOSA

Magnitud	Elementos	Fórmula	Unidad
• Intensidad luminosa	ϕ = Flujo Luminoso ω = Angulo Solido	$I = \frac{\phi}{\omega}$	Candela (cd)

Fuente: Como planificar la luz [16]

6). Luminancia (L)

Es la intensidad luminosa reflejada en un área. Es el resultado entre la intensidad luminosa y el área visualizada por el ojo humano en una orientación determinada. Su unidad de medición es la candela/m².

TABLA N° 3
LUMINANCIA

Magnitud	Elementos	Fórmula	Unidad
• Luminancia o brillo	S = Superficie o area que reflejada I = Intensidad luminosa	$L = \frac{I}{S^2}$	(cd/m ²)

Fuente: Como planificar la luz [17]

TABLA N° 4
RESUMEN DE FORMULAS

Magnitud	Fórmula	Unidad
• Flujo luminoso	ϕ	Lumen
• Eficiencia Luminosa	$\eta = \phi/P$	Lumen/vatio
• Iluminancia (nivel de iluminación)	$E = \phi/S$	Lumen/ m ² = Lux
• Intensidad luminosa	$I = \phi/W$	Candela
• Luminancia	$L = I/S^2$	Candela/ m ²

Fuente: Elaboración propia

7). Índice de reproducción cromática (IRC o CRI)

Nos indica la precisión o fidelidad de los colores sobre lo que deseamos iluminar mientras más elevado sea el nivel de reproducción cromática mejor es la apreciación de los colores de los objetos que se va a iluminar.



Fig N° 5: Índice de reproducción cromática
Fuente: Conceptos básicos de iluminación [18]

8). Temperatura de color (K)

Las fuentes luminosas pueden iniciar atmósferas cálidas o frías en su aspecto. La temperatura de color, expresada en Kelvin (K), es una manera para mostrar esta tonalidad. Mientras más elevada sea la temperatura de color, la luz será más fría o azul.



Fig N° 6: Temperatura de color
Fuente: Lighting Catalog Phillips [13]

9). Curvas fotométricas

Son la muestra grafica de la actitud de la luz. Nos indica diferentes características vinculadas a la naturaleza de la fuente de luz, la óptica o el boceto de fabricación de las luminarias. Es importante contar con las curvas fotométricas de las luminarias que se emplearan en un cálculo lumínico ya que nos garantiza un cálculo correcto.

En diferentes maneras se puede conocer los valores de intensidad calculados que se muestran a continuación.

• **Matriz de intensidades**

Los diferentes valores de la intensidad luminosa se pueden conocer mediante la tabla tabulada de forma matricial en diferentes orientaciones del espacio. Cada proveedor debe proporcionar la matriz calculada en sus laboratorios lumínicos.

En la imagen 1 podemos ver una indicación rápida de matriz de intensidades de la representación C-Y pertinente a una luminaria.

La representación de los ejes C-Y pertenecen al plano vertical (C) y la inclinación correspondiente al eje vertical (Y). Para encontrar un valor de intensidad normalizado de una lampara se requiere de la pareja de valores C y Y.

TABLA N° 5
MATRIZ DE INTENSIDADES

TABLA DE LUMINANCIA			
Plano C	0.0	45.0	90.0
45.0	15732	17178	17562
50.0	13371	13154	13780
55.0	12564	12046	12759
60.0	12053	11531	12222
65.0	11738	11202	11916
70.0	11381	10813	11575
75.0	10639	10109	10878
80.0	9193	8666	9470
85.0	5930	5484	6298
90.0	0	0	0

Fuente: Photometric Catalog Phillips. (WT118C LED36 CW) [19]

• **Curvas Polares**

Se calcula un sólido fotométrico, que resulta la distribución del equipo de iluminación de una luminaria a partir de un volumen realizado por las 3 coordenadas.

Como es complejo el análisis en 3 dimensiones, para hacer más práctico el desarrollo se efectúan cortes al sólido fotométrico de ese modo resulta un gráfico de 2 dimensiones. Mas llamada como curva polar, es mucho más fácil de entender.

Por lo común la curva polar muestra los 2 planos verticales: el transversal (0°) y longitudinal (90°).

En el punto medio del diagrama polar encontramos que no posee intensidad, ósea no hay iluminación, por lo que a partir de ello sabemos que el valor más alto será que este lo más lejano al punto medio.

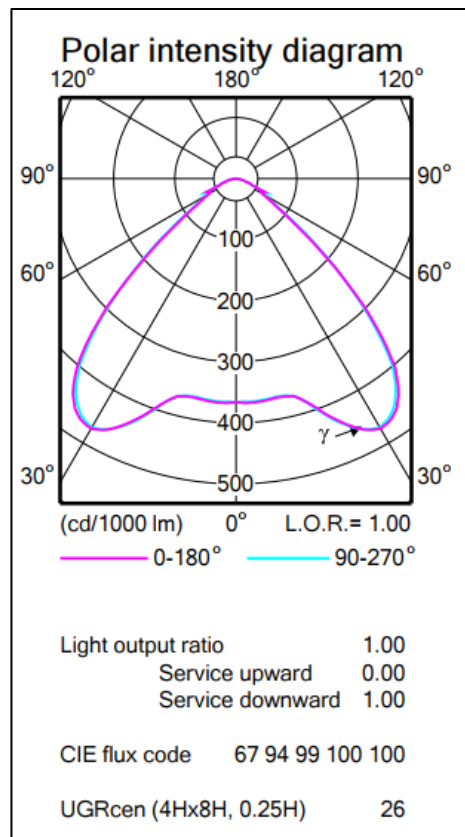


Fig N° 7: Curva Polar de luminaria BY698P LED200 CW
Fuente: Photometric Catalog Phillips. (BY698P LED200 CW) [20]

- **Distribución fotométrica**

Las luminarias están organizadas de acuerdo a la forma en que se distribuye la luz. De acuerdo a la C.I.E está organizada de la siguiente manera:



Fig N° 8: Distribución fotométrica
Fuente: Iluminación [21]

• **Clasificación de la luz**

Todas luminarias poseen una apertura de haz de iluminación la cual poseen una designación NEMA la cual se muestra en grados.

TABLA N° 6
CLASIFICACIÓN DE LA LUZ

Clasificación NEMA	Apertura del haz luminoso	Descripción del haz luminoso	Distancia de proyección
1	10° a 18°	Haz muy cerrado	Mayor a 80 mts.
2	18° a 29°	Haz cerrado	De 66 a 80 mts.
3	29° a 46°	Haz medianamente cerrado	De 66 a 80 mts.
4	46° a 70°	Haz medio	De 66 a 80 mts.
5	70° a 100°	Haz medianamente abierto	De 66 a 80 mts.
6	100° a 130 °	Haz abierto	De 66 a 80 mts.
7	Mayor a 130 °	Haz muy abierto	De 66 a 80 mts.

Fuente: NEMA STANDARDS [22]

Considerar:

La definición de la apertura de haz luminoso de una luminaria es el ángulo que comprende entre las 2 direcciones lumínicas máxima que existe en el centro de su iluminación. Y se clasifican en el cuadro dado.

De acuerdo a la forma de la distribución fotométrica de la luminaria. Ya sea simétrica o asimétrica, toda luminaria tiene un haz vertical y horizontal el cual es clasificado por la NEMA.

Se considera distribución simétrica, cuando ambos haz poseen el mismo tipo NEMA. En cambio, es distribución asimétrica cuando no tienen el mismo tipo NEMA.

Cuando la distribución luminosa es asimétrica la composición de su nomenclatura consta de 2 números, como, por ejemplo. NEMA 6 X5, donde el primero es el ángulo horizontal y el siguiente el vertical.

III. INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO

Durante este capítulo visualizaremos el desarrollo del contenido de la investigación y el análisis de valores recopilados. Comenzando con el diagnóstico de la iluminación actual de las áreas, posteriormente se analizará la propuesta de iluminación con tecnología LED.

A. Situación actual de las diferentes áreas

Aquí evaluaremos la calidad lumínica en las diferentes áreas de la empresa tomando como referencia la norma técnica EM.10. Esta norma técnica peruana nos apoyara con los lineamientos mínimos que se deben tomar en cuenta para realizar un estudio lumínico.

En este proyecto solo se considerarán las áreas principales y primordiales de la empresa lo cual consideran como un proyecto piloto para las demás áreas.

Las áreas afectadas en el presente proyecto son:

- Cuarto de fuerza
- Tolvas
- Taller eléctrico
- Sala de Aceite
- Caseta de bombas de agua de mar
- TDF N°1 – Sala de fuerza
- Sala de transformadores
- Caseta de polímeros
- TDF N°5A – Sala de distribución
- TDF N°5B – Sala de distribución

1). Estado de las luminarias en las diferentes áreas

Ya conociendo las áreas se realizó una visita técnica en la planta austral de Coishco en el cual encontramos que en su totalidad usan luminarias de tipo convencional que son de alto consumo de energía eléctrica, constante mantenimiento correctivo ya que sus componentes son tiempo de vida no muy alargados. Solo se encontraron en las diferentes áreas los 2 tipos de luminarias que son:

- Luminaria HIGH BAY de 400W
- Luminaria WATERPROOF con lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión de 2x36w

Durante la visita técnica se hizo un recuento de las luminarias existentes del cual como resultado se dio el siguiente cuadro:

TABLA N° 7
ILUMINACIÓN ACTUAL

ITEM	AREA	DESCRIPCION	MONTAJE	CANTIDAD
1	CUARTO DE FUERZA	LUMINARIA HIGH BAY DE HALOGENURO METALICO 400W	12.50 m	25
2	TOLVAS	WATERPROOF CON LÁMPARAS DE DESCARGA DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN DE 2X36W	3 m	20
3	TALLER ELÉCTRICO	WATERPROOF CON LÁMPARAS DE DESCARGA DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN DE 2X36W	4.80 m	16
4	SALA DE ACEITE	LUMINARIA HIGH BAY DE HALOGENURO METALICO 400W	10 m	12
5	CASETA DE BOMBAS DE AGUA DE MAR	WATERPROOF CON LÁMPARAS DE DESCARGA DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN DE 2X36W	2.50 m	4
6	TDF N°1 – SALA DE FUERZA	WATERPROOF CON LÁMPARAS DE DESCARGA DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN DE 2X36W	6.50 m	3
7	SALA DE TRANSFORMADORES	LUMINARIA HIGH BAY DE HALOGENURO METALICO 400W	3.00 m	12
8	CASETA DE POLÍMEROS	WATERPROOF CON LÁMPARAS DE DESCARGA DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN DE 2X36W	3.40 m	30
9	TDF N°5A – SALA DE DISTRIBUCIÓN	WATERPROOF CON LÁMPARAS DE DESCARGA DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN DE 2X36W	2.80 m	1
10	TDF N°5B – SALA DE DISTRIBUCIÓN	WATERPROOF CON LÁMPARAS DE DESCARGA DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN DE 2X36W	3.0	2

Fuente: Elaboración propia

2). Estado de la calidad lumínica de las diferentes áreas

Aquí es donde se evaluará la calidad lumínica de las diferentes áreas. Al no haber una norma peruana que indique algún procedimiento se utilizara la comúnmente que se utiliza que es el método de la cuadrícula que se encuentra normativa argentina que es un practica eficiente para hacer un levantamiento de luxes. Empezamos con el levantamiento de luxes mediante el siguiente procedimiento

Determinación de los puntos de las áreas a medir

Aquí se consideras las dimensiones (Largo, ancho y altura de montaje) de cada espacio local que se considerara en el proyecto.

Índice de local (K)

El índice de local (K) se calcula aplicando la siguiente formula. Para ello se necesita los datos indicados anteriormente (Largo, ancho y altura de montaje) de cada espacio local

Donde:

- K : Índice del local
- H : Altura de montaje
- L : Largo
- A : Ancho

ECUACIÓN N° 1: Índice de local (K)

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)} \quad (1)$$

Fuente: Guía Práctica sobre Iluminación en el Ambiente Laboral [23]

- **Cálculo del número de puntos me medición (N)**

Al momento de haber obtenido el índice del local “K” se continúa hallando el valor “X”, que resulta siendo el valor de “K” redondeado al entero. Luego se continúa con la operación de hallar el valor de “N”.

Donde:

K : Índice del local

ECUACIÓN N° 2: número de puntos de medición

$$N = (K + 2)^2 \quad (2)$$

Fuente: Guía Práctica sobre Iluminación en el Ambiente Laboral [23]

Conociendo el método que se va a realizar se comienza con la operación a cada área:

• Cuarto de fuerza

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 24.95

Ancho: 21.22

Altura: 14.07

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.9231 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá los puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

**TABLA N° 8
LEVANTAMIENTO DE LUXES DE CUARTO DE FUERZA**

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	66.23	142.33	124.83	123.46	194.67	156.33	165.35	178.3	161.74	145.92

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

• Tolvas

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 6.12

Ancho: 13.02

Altura: 2.82

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 1.4763 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá los puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos.

TABLA N° 9
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN EL AREA DE TOLVAS

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	123.24	135.6	128.2	112.3	142.2	138.48	125.5	138.2	131.2	130.55

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

- Taller eléctrico

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 4.8

Ancho: 6.83

Altura: 5.24

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.5380 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá los puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 10
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN EL TALLER ELÉCTRICO

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	86.23	93.69	87.26	113.76	156.38	143.98	96.46	135.61	142.34	117.30

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

- Sala de Aceite

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 10.37

Ancho: 20.24

Altura: 10.09

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.6796 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá los puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 11
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA SALA DE ACEITE

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	149.23	179.2	157.8	168.5	229.3	176.3	153.2	203.2	198.2	179.44

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

- Caseta de bombas de agua de mar

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 2.90

Ancho: 4.05

Altura: 2.5

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.6653 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá los puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 12

LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA CASETA DE BOMBAS DE AGUA DE MAR

LEVANTAMIENTO DE LUXES										Valor Medio
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	93.23	117.23	105.63	100.36	189.5	139.47	98.23	178.35	143.5	129.5

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

• TDF N°1 – Sala de fuerza

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 5.8

Ancho: 4.6

Altura: 3.47

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.7393 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá los puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 13
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA TDF N°1 – SALA DE FUERZA

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	119.35	139.54	124.5	124.56	189.63	179.36	117.36	178.25	169.35	149.1

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

- Sala de transformadores

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 6.85

Ancho: 7.68

Altura: 7.23

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.5008 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá los puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 14
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA SALA DE TRANSFORMADORES

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	127.35	145.63	138.45	139.24	200.39	187.02	163.25	165.35	168	159.41

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

- Caseta de polímeros

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 12.11

Ancho: 11.56

Altura: 3.52

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.8813 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá de puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 15
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA CASETA DE POLÍMEROS

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	168.23	193.47	186.3	179.2	235.5	201.3	173.5	210.2	189.35	193

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

• TDF N°5A – Sala de distribución

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 2.22

Ancho: 2.65

Altura: 2.18

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.6014 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá de puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 16
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA TDF N°5A – SALA DE DISTRIBUCIÓN

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	102.5	112.95	107.65	111.26	123.53	117.28	117.47	131.27	128.29	116.91

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

• TDF N°5B – Sala de distribución

Determinamos el valor del índice local (K), conociendo las dimensiones del área.

Largo: 2.92

Ancho: 4.11

Altura: 2.8

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.5263 \approx 1$$

Conociendo el valor de K se conocerá de puntos de medición

Resultado de la ecuación 2:

$$N = 9$$

Con ello conocemos que para hacer un levantamiento de luxes en esta área se aplicaría el método de la cuadrícula con 9 puntos

TABLA N° 17
LEVANTAMIENTO DE LUXES EN LA TDF N°5B – SALA DE DISTRIBUCIÓN

LEVANTAMIENTO DE LUXES										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	85.36	91.02	87.35	92.54	102.56	88.69	88.36	100.32	90.2	91.82

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mediciones realizadas con un luxómetro a un plano de trabajo de 0.8 metro.

Resumiendo, todos los valores medios de cada área:

TABLA N° 18
CUADRO RESUMEN DEL LEVANTAMIENTO DE LUXES DE TODAS LAS ÁREAS

Área	Valor Medio	Unidad
• Cuarto de Fuerza	145.92	
• Tolvas	130.55	
• Taller Eléctrico	117.30	
• Sala de Aceite	179.44	
• Caseta de bombas de agua de mar	129.5	
• TDF N°1 - Sala de Fuerza	149.10	Lumen
• Sala de Transformadores	159.41	
• Caseta de polímeros	193	
• TDF N°5A – Sala de distribución	116.91	
• TDF N°5B – Sala de distribución	91.82	

Fuente: Elaboración Propia

Ahora conociendo los valores medios de cada área se realiza un comparativo con la normal vigente peruana llamada “Norma Técnica EM.010” aprobado con resolución ministerial N°083-2019-VIVIENDA.

Buscando en la norma la actividad que más se asemeja a la actividad encontramos el requerimiento mínimo de iluminación:

TABLA N° 19
NORMA TÉCNICA PERUANA

Tipo de actividad	Em (Lux)	U₀	R_a
--------------------------	-----------------	----------------------	----------------------

• Puestos y zonas de trabajo en mataderos, carnicerías, etc.	500	0.60	80
• Cuarto de bombas, cuartos de condensadores, cuartos de paneles eléctricos, etc.	200	0.40	80

Fuente: Norma Técnica EM.010 [24]

Nos valemos que los valores escogidos son los correctos mediante la siguiente composición de la tabla:

Composición de la tabla de la Norma Técnica EM.010

- **Columna 1:** Enumera aquellas áreas, tareas o actividades, para las que están dados los requisitos específicos. Si el área interior, tarea o actividad particular no es recogida, deben adoptarse los valores dados para una situación similar y comparable.
- **Columna 2:** Proporciona la iluminancia mantenida E_m en la superficie de referencia para el área interior, tarea o actividad dada en la columna 1. La iluminancia media para cada tarea no debe caer por debajo del valor dado, independientemente de la edad, y el estado de la instalación
- **Columna 3:** Proporciona la uniformidad de iluminancia mínima U_o sobre la superficie de referencia para la iluminancia mantenida dada en la columna 2.
- **Columna 4:** Proporciona los índices de reproducción cromática (R_a) para la situación recogida en la columna 1.

Fuente: Norma Técnica EM.010 [24]

B. Desarrollo del proyecto de iluminación con tecnología LED

Aquí realizaremos el desarrollo del proyecto de iluminación. Finalizando la visita técnica y realizando los cuadros del sistema de iluminación existente nos reunimos con la gerencia de

mantenimiento el cual mostraron su preocupación ya que necesitan una iluminación óptima para el trabajo y futuras auditorias de calidad además desean migrar a la tecnología LED ya que tienen mucho mayores beneficios técnico al de una iluminación convencional (existente). Considerando también su rentabilidad económica hacia una migración la iluminación LED. El cual solicitaron el desarrollo de los estudios de iluminación de las áreas ya identificadas. Los estudios de iluminación lo realizaremos primeramente usando cálculos y formulas ya mencionadas de una manera convencional posterior a ello usaremos el software de ingeniería llamada DIALUX.

Para este presente proyecto se seleccionó las luminarias ya reconocidas, pero en presentación LED las cuales se muestran a continuación:

- Luminaria HIGH BAY BY698P LED200 CW PSD WB



Fig N° 9: Ficha técnica de la Luminaria HIGH BAY BY698P LED200 CW (1)

Fuente: Luminaire Technical Sheet of HIGH BAY BY698P LED200 CW [25]



Fig N° 10: Ficha técnica de la Luminaria HIGH BAY BY698P LED200 CW (2)
Fuente: Luminaire Technical Sheet of HIGH BAY BY698P LED200 CW [25]

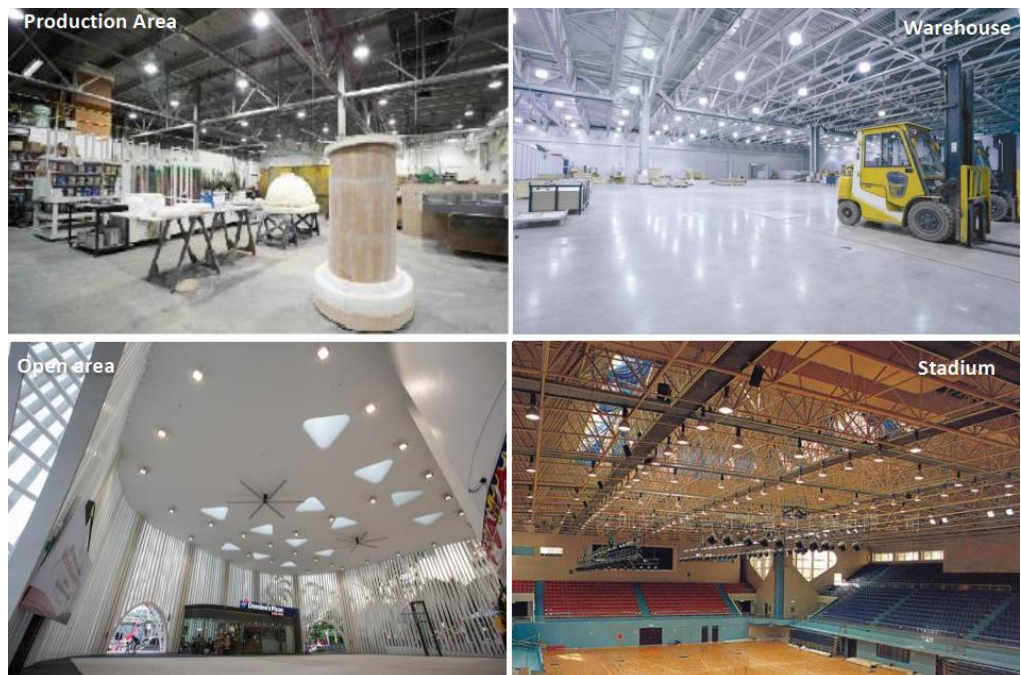


Fig N° 11: Ficha técnica de la Luminaria HIGH BAY BY698P LED200 CW (3)
Fuente: Luminaire Technical Sheet of HIGH BAY BY698P LED200 CW [25]

GreenPerform Highway G3

Controlador incluido	Si
Tipo óptico	Haz de luz ancho
Tipo de cubierta/lente óptico	Rectilínea/cubierta de policarbonato
Ampliación de haz de luz de la luminaria	100°
Interfaz de control	DALI
Conexión	Cables y guías flotantes
Cable	Cable de 3,0 m sin enchufe
Clase de protección IEC	Clase de seguridad I
Prueba de resplandor del cable	Temperatura de 650 °C, duración de 5 s
Salida luminica constante	No
Cantidad de productos en MCB de 16 A Tipo B)	8
Light source engine type	LED

Mecánicos y de carcasa

Tensión de entrada	220 a 240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de irrupción	53 A
Tiempo de irrupción	0.3 ms
Factor de potencia (min.)	0.95

Controles y regulación

Con regulación de intensidad	Si
------------------------------	----

Datos técnicos de la luz

Material de la carcasa	Aluminio moldeado a presión
Material de cubierta/lente óptico	Policarbonato
Altura total	107 mm
Diámetro total	452 mm
Color	Gris oscuro

Aprobación y aplicación

Código de protección de ingreso	IP65 [Protección contra el ingreso de polvo, a prueba de chorro de agua]
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

Código de protección de impacto mec.	IK07 [2 J reforzado]
--------------------------------------	-----------------------

Información general

Initial luminous flux (system flux)	20000 lm
Tolerancia del flujo luminoso	+/-10%
Eficacia de la luminaria LED Inicial	129 lm/W
Temperatura de color correlacionada Inic.	6500 K
Init. Color Rendering Index	>80
Cromaticidad Inicial	(0.313,0.324)SDCM<5
Potencia de entrada Inicial	155 W
Tolerancia del consumo de energía	+/-10%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Median useful life L70B50	50000 h
Median useful life L80B50	40000 h
Median useful life L90B50	30000 h

Condiciones de aplicación

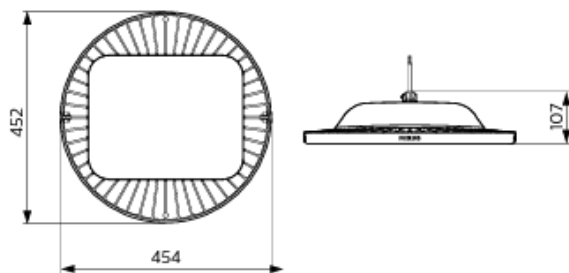
Rango de temperatura ambiente	-30 a +50 °C
Nivel de regulación máximo	10%
Apta para aplicaciones de alternado aleatorio	No

Datos de producto

Código del producto completo	911401513831
Nombre del producto del pedido	BY698P LED200 CW PSD WB
Código del pedido	911401513831
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	911401513831



Plano de dimensiones



BY698P LED200 CW PSD WB

Fig N° 12: Ficha técnica de la Luminaria HIGH BAY BY698P LED200 CW (4)
Fuente: Luminaire Technical Sheet of HIGH BAY BY698P LED200 CW [25]

- Luminaria WATERPROOF WT118C LED36 CW PSU L1200



SmartLED Waterproof 2

SmartLED Waterproof 2 es la solución ideal para iluminación de almacenes e industrias con LED. Con una baja inversión inicial es posible reemplazar directamente sistemas de alumbrado con tecnología convencional reduciendo significativamente costos de mantenimiento y la potencia instalada.

Especificaciones técnicas

- Tipo: Estanca LED
- Potencia eléctrica: 4.800 lm y 3.800 lm
- Iluminación: 4000K o 6500K
- Eficacia luminosa: 105 lm/w
- IRC: 85
- Vida útil: 50.000 horas @L70
- Driver: 120V 50/60Hz –fijo (PSU) o DALI (PSD)
- Instalación: Sobreponer o suspender
- Índice de protección: IP65/IK07

Beneficios

- Versatilidad y fácil instalación: instalación de colgar y de sobreponer;
- Versión atenuable: más ahorro de energía;
- Posibilita el reemplazo directo de sistemas con tubos fluorescentes con 2XTL-D 58W y 2XTL-D 36W;
- Larga vida útil y bajo mantenimiento.

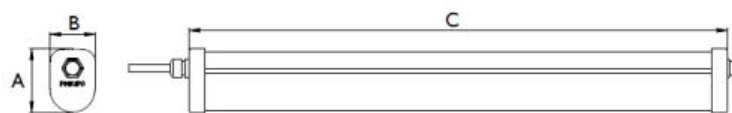
Aplicación

Ideal para alumbrado general en:

- Industrias;
- Almacenes;
- Aparcamientos.

Fig N° 13: Ficha técnica de la Luminaria WATERPROOF WT118C LED36 (1)
Fuente: Luminaire Technical Sheet of WATERPROOF WT118C LED36 CW [26]

Diseño dimensional



Medida	WT118C LED45	WT118C LED36
Alto (A)	70 mm	70 mm
Ancho (B)	50 mm	50 mm
Largo (C)	1450 mm	1168 mm
Peso	1,2 kg	0,9 kg






Fig N° 14: Ficha técnica de la Luminaria WATERPROOF WT118C LED36 (2)
Fuente: Luminaire Technical Sheet of WATERPROOF WT118C LED36 CW [26]

GreenUp Waterproof

Mecánicos y de carcasa

Tensión de entrada	220 a 240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Factor de potencia (mín.)	0.9
Factor de potencia (nominal)	0.9

Controles y regulación

Con regulación de intensidad	No
------------------------------	----

Datos técnicos de la luz

Material de la carcasa	Polycarbonato
Material de cubierta/lente óptico	Polycarbonato
Material de soporte del equipo	Acero
Color	Grís y blanco

Aprobación y aplicación

Código de protección de Ingreso	IP65 [Protección contra el ingreso de polvo, a prueba de chorro de agua]
Código de protección de Impacto mec.	IK06 [1 J]

Información general

Initial luminous flux (system flux)	3800 lm
Tolerancia del flujo luminoso	+/-7.5%
Eficacia de la luminaria LED Inicial	105,56 lm/W

Temperatura de color correlacionada inic.	6500 K
Intl. Color Rendering Index	85
Cromaticidad Inicial	-
Potencia de entrada Inicial	36 W
Tolerancia del consumo de energía	+/-10%

Condiciones de aplicación

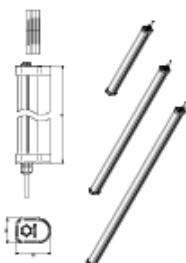
Rango de temperatura ambiente	-20 a +40 °C
Temperatura ambiente de rendimiento Tq	25 °C
Nivel de regulación máximo	No aplica

Datos de producto

Código del producto completo	911401549221
Nombre del producto del pedido	WT118C LED36 CW PSU L1200
EAN/UPC: producto	6947939169016
Código del pedido	911401549221
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	4
Material Nr. (12NC)	911401549221
Net Weight (Piezo)	0,850 kg



Plano de dimensiones



WT118C LED36 CW PSU L1200



Fig N° 15: Ficha técnica de la Luminaria WATERPROOF WT118C LED36 (3)
Fuente: Luminaire Technical Sheet of WATERPROOF WT118C LED36 CW. [26]

- Nomenclatura de las luminarias

NOMENCLATURAS

Grado de Protección:
PSD: Dimerizable
PSU : Manual

Angulo de Luz:
 S: Simétrico
 NB: Haz Angosto
A: Asimétrico
WB: Haz Ancho

Temperatura de Color:

WW	- Luz Cálida	- 3300k
NW	- Luz Blanco Neutro	3300k a 5000k
CW	- Luz Blanco Frio	5000k +

WW



NW



CW



Ejemplo: BY698P LED200/**CW PSD WB**



Fig N° 16: Ficha técnica de la Luminaria WATERPROOF WT118C LED36 (3)
 Fuente: Luminaire Technical Sheet of WATERPROOF WT118C LED36 CW. [26]

1). Cálculo lumínico mediante el uso de fórmulas

En esta parte conoceremos los métodos para conocer el número de luminarias a instalar para tener una iluminación LED con los luxes requeridos según la norma.

Para ello utilizaremos el método tradicional de lúmenes.

Procedimiento de cálculo:

- **Datos del local**

- Altura
- Longitud
- Ancho
- Plano de trabajo
- Tipo de luminaria a usar
- Nivel de iluminación requerida

- **Cálculo de índice local (K)**

Se aplicará la ecuación (1)

- **Determinar el coeficiente de reflexión (ρ)**

Para ello debemos ubicar los valores que indican según el cuadro

TABLA N° 20
COEFICIENTE DE REFLEXIÓN

Superficie	Color	Factor de reflexión (ρ)
	Blanco	0.7
Techo	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Claro	0.5
Paredes	Medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: Luminotecnia [27]

- **Determinar el factor de Utilización (η)**

En la presente tabla se encuentra el valor del coeficiente de utilización, la presente tabla se encuentra en la ficha técnica del fabricante de la luminaria indicando el modelo de la misma para ello debemos ya conocer los valores del índice de local (K) y los coeficientes de reflexión (ρ).

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.60	0.58	0.60	0.58	0.57	0.51	0.51	0.47	0.50	0.47	0.45
0.80	0.71	0.67	0.70	0.68	0.66	0.60	0.60	0.56	0.59	0.56	0.54
1.00	0.80	0.74	0.79	0.76	0.74	0.68	0.67	0.63	0.66	0.63	0.61
1.25	0.88	0.81	0.86	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.70	0.68
1.50	0.94	0.85	0.92	0.88	0.84	0.80	0.79	0.75	0.78	0.75	0.73
2.00	1.02	0.91	1.00	0.95	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
2.50	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.90	0.87	0.88	0.86	0.84
3.00	1.12	0.98	1.09	1.02	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
4.00	1.16	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.96	0.94	0.94	0.93	0.90
5.00	1.19	1.02	1.15	1.08	1.01	0.99	0.97	0.96	0.96	0.95	0.92

Fig N° 17: Factor de Utilización

Fuente: Ficha de técnica de la luminaria BY698P LED200 CW PSD.Phillips. [25]

- **Formula de interpolación:**

Para encontrar un valor certero del factor de utilización se aplicará formula:

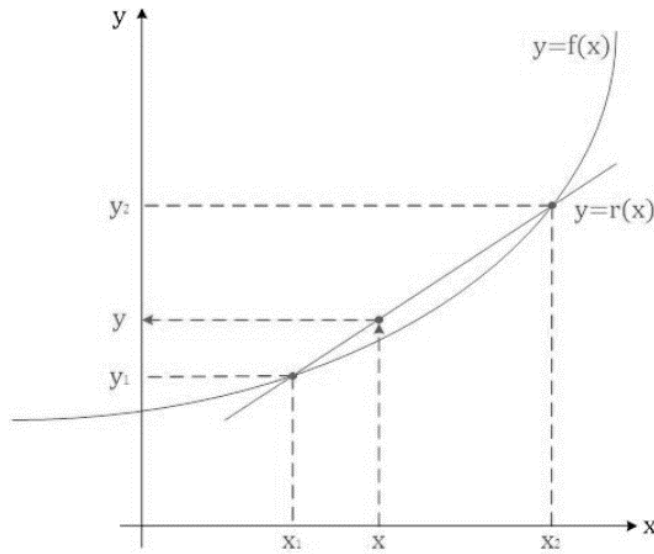


Fig N° 18: Diagrama de Interpolación

ECUACIÓN N° 3: Formula de interpolación

$$y = y_1 + \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \times (x - x_1) \quad (3)$$

Fuente: Interpolación [28]

- **Determinar el factor de mantenimiento (fm)**

Este valor se obtiene a partir del grado de suciedad del ambiente y la repentina limpieza del local.

TABLA N° 21
FACTOR DE MANTENIMIENTO

Ambiente	Factor de mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: luminotecnia [27]

Para el presente Proyecto tomaremos el valor: fm=0.8

- Cálculos

Para realizar el cálculo de flujo luminoso total necesario. Se aplicará la siguiente operación.

Donde:

- ϕT : Flujo luminoso total
- E : Luminancia media deseada
- S : Superficie de plano de trabajo
- η : Factor de utilización
- f_m : Factor de mantenimiento

ECUACIÓN N° 4: Flujo luminoso total

$$\phi T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} \quad (4)$$

Fuente: Luminotecnica [27]

Posteriormente realizamos en cálculo del número de luminarias totales que se necesitaran para el sistema de iluminación. Para este cálculo se realizará la siguiente operación:

Donde:

- ϕT : Flujo luminoso total
- ϕL : Flujo luminoso de la lampara
- N : Numero de luminarias
- n : Numero de lámparas por luminarias

ECUACIÓN N° 5: Numero de luminarias

$$N = \frac{\phi T}{\eta \times \phi L} \quad (5)$$

Fuente: Luminotecnica [27]

- **Ubicación de luminarias**

Después de haber obtenido el número de lámparas y luminarias se continuará con la distribución de las mismas. En áreas rectangulares se distribuirán de manera uniforme simétricamente.

Donde:

N: Numero de luminarias

ECUACIÓN N° 6: Ubicación de luminarias de Ancho

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}} \quad ; \quad N_{\text{ancho-Pared}} = \frac{N_{\text{ancho}}}{2} \quad (6)$$

Fuente: Luminotecnia [27]

ECUACIÓN N° 7: Ubicación de luminarias de Largo

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \quad ; \quad N_{\text{largo-Pared}} = \frac{N_{\text{largo}}}{2} \quad (7)$$

Fuente: Luminotecnia [27]

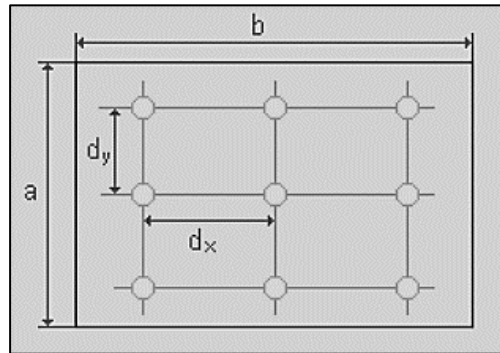


Fig N° 19: Ubicación de luminarias

Fuente: Luminotecnia [27]

- **Comprobación de resultados**

Para finalizar, solo nos queda la verificación de la iluminancia media es igual o superior a lo que nos solicita la norma.

ECUACIÓN N° 8: Comprobación de resultados

$$E_m = \frac{N \times \phi L \times \eta \times f m}{s} \geq E_{\text{requerida}} \quad (8)$$

Fuente: Luminotecnia [27]

Análisis del sistema de iluminación

- **Cuarto de fuerza**

- **Valores del Área:**

- Altura : 14.07
- Largo : 24.95
- Ancho : 21.2
- Plano de trabajo : 0.8
- Tipo de luminaria a usar : BY698P LED200 CW PSD WB
- Nivel de iluminación requerida : 500 lux

- **Hallar el valor del índice local (K)**

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.82$$

- **Hallar el coeficiente de reflexión (ρ)**

Conociendo los valores los factores de reflexión Techo:0.7, Paredes:0.5 y suelo:0.1

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.60	0.60	0.58	0.60	0.58	0.57	0.51	0.51	0.47	0.50	0.47	0.45
0.80	0.71	0.67	0.70	0.68	0.66	0.60	0.60	0.56	0.59	0.56	0.54
1.00	0.80	0.74	0.79	0.76	0.74	0.68	0.67	0.63	0.66	0.63	0.61
1.25	0.88	0.81	0.86	0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.70	0.68
1.50	0.94	0.85	0.92	0.88	0.84	0.80	0.79	0.75	0.78	0.75	0.73
2.00	1.02	0.91	1.00	0.95	0.91	0.87	0.86	0.83	0.84	0.82	0.80
2.50	1.08	0.95	1.05	0.99	0.94	0.91	0.90	0.87	0.88	0.86	0.84
3.00	1.12	0.98	1.09	1.02	0.97	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
4.00	1.16	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.96	0.94	0.94	0.93	0.90
5.00	1.19	1.02	1.15	1.08	1.01	0.99	0.97	0.96	0.96	0.95	0.92

Fig N° 20: Cuadro de coeficiente de reflexión de HIGH BAY BY698P LED200

Fuente: Luminaire Technical Sheet of HIGH BAY BY698P LED200 CW [25]

- **Hallar el factor de Utilización (η)**

Tenemos el cuadro para comenzar con la interpolación

TABLA N° 22
CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 0.82

Índice (K)	Factor de utilización
0.8	0.66
0.82	x
1.00	0.74

Fuente:Elaboración Propia

Resultado de la ecuación 3:

$$x = 0.67$$

Luego de la operación tenemos: $K=0.82$, $\eta=0.67$

- **Hallando el factor de mantenimiento (fm)**

El área es un ambiente limpio: $fm=0.8$

- **Realizando cálculos**

Empezamos realizando el cálculo del flujo lumínico requerido:

Resultado de la ecuación 4:

$$\phi T = 494402.99$$

Luego terminamos hallando el número de luminarias:

Resultado de la ecuación 5:

$$N = 24.72 \approx 25$$

- **Distribución de las luminarias**

Para ello se utilizarán las siguientes formulas;

Resultado de la ecuación 6:

$$N_{\text{ancho}} = 4.57 \text{ m} \quad ; \quad N_{\text{ancho-Pared}} = 2.29 \text{ m}$$

Resultado de la ecuación 7:

$$N_{\text{largo}} = 5.40 \text{ m}; \quad N_{\text{largo-Pared}} = 2.70 \text{ m}$$

- **Comprobación de resultados**

Terminamos el cálculo con la validación de datos aplicando la siguiente formula:

Resultado de la ecuación 8:

$$E_m = 505.66 \geq 500 \text{ Lux}$$

- TDF N°5A – Sala de distribución

- **Valores del Área:**

- Altura : 2.18
- Largo : 2.22
- Ancho : 2.65
- Plano de trabajo : 0.8
- Tipo de luminaria a usar : WT118C LED36 CW PSU L1200
- Nivel de iluminación requerida : 200 lux

- **Hallar el valor del índice local (K)**

Resultado de la ecuación 1:

$$K = 0.60$$

- **Hallar el coeficiente de reflexión (ρ)**

Conociendo los valores los factores de reflexión Techo:0.7, Paredes:0.5 y suelo:0.1

Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.43	0.41	0.42	0.41	0.40	0.32	0.31	0.26	0.30	0.25	0.23
0.80	0.53	0.50	0.51	0.50	0.48	0.41	0.39	0.34	0.37	0.33	0.29
1.00	0.61	0.57	0.59	0.57	0.55	0.48	0.46	0.40	0.44	0.39	0.35
1.25	0.69	0.64	0.67	0.64	0.62	0.54	0.52	0.47	0.50	0.45	0.41
1.50	0.76	0.69	0.73	0.70	0.67	0.60	0.57	0.52	0.54	0.50	0.46
2.00	0.85	0.76	0.82	0.78	0.74	0.68	0.65	0.60	0.62	0.58	0.53
2.50	0.92	0.81	0.88	0.83	0.79	0.73	0.70	0.66	0.67	0.63	0.58
3.00	0.97	0.85	0.92	0.87	0.82	0.77	0.74	0.70	0.70	0.67	0.62
4.00	1.03	0.89	0.98	0.92	0.87	0.82	0.79	0.75	0.75	0.72	0.67
5.00	1.07	0.92	1.02	0.95	0.89	0.86	0.82	0.79	0.78	0.76	0.70

Fig N° 21: Cuadro de coeficiente de reflexión de WT118C LED36

Fuente: Luminaire Technical Sheet of WT118C LED36 CW PSU L1200 [26]

- **Hallar el factor de Utilización (η)**

Por ser el valor que se encuentra en el cuadro:

$$x = 0.40$$

Luego de la operación tenemos: $K=0.60$, $\eta=0.4$

- **Hallando el factor de mantenimiento (fm)**

El área es un ambiente limpio: $fm=0.8$

- **Realizando cálculos**

Empezamos realizando el cálculo del flujo lumínico requerido:

Resultado de la ecuación 4:

$$\phi T = 3676.88$$

Luego terminamos hallando el número de luminarias:

Resultado de la ecuación 5:

$$N = 0.99 \approx 1$$

- **Distribución de las luminarias**

Para ello se utilizarán las siguientes formulas:

Resultado de la ecuación 6:

$$N_{\text{ancho}} = 1.09 \text{ m} \quad ; \quad N_{\text{ancho-Pared}} = 0.54 \text{ m}$$

Resultado de la ecuación 7:

$$N_{\text{largo}} = 0.91 \text{ m} \quad ; \quad N_{\text{largo-Pared}} = 0.45 \text{ m}$$

- **Comprobación de resultados**

Terminamos el cálculo con la validación de datos con la siguiente formula:

Resultado de la ecuación 8:

$$E_m = 201.26 \geq 200 \text{ Lux}$$

Método del punto por punto

Ahora aplicaremos la segunda aplicación para saber los valores de iluminación según la distribución este método es más conocido como el método de punto por punto

A continuación, vemos los componentes de la iluminancia en un punto

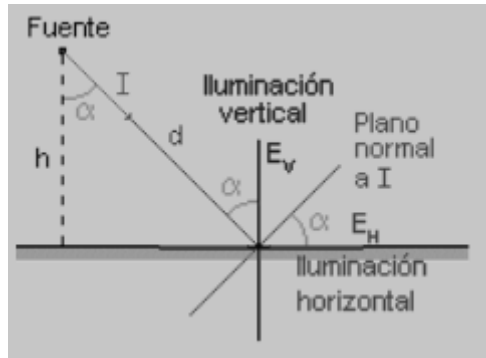


Fig N° 22: componentes de la iluminancia en un punto

Fuente: Luminotecnia [27]

Iluminación Real:

Donde:

I_r : Intensidad real

I_g : Intensidad de grafico

ϕ : Flujo luminoso de la luminaria

ECUACIÓN N° 9: Iluminación Real

$$I_r = I_g \times \frac{\phi_l}{1000} \tag{9}$$

Iluminación Horizontal:

Donde:

E_H : Iluminación Horizontal

I_r : Intensidad real

H: Altura de la luminaria

ECUACIÓN N° 10: Iluminación Horizontal

$$E_H = \frac{I_r}{H^2} \times \cos^3 \alpha \tag{10}$$

Iluminación Vertical:

Donde:

E_V : Iluminación Vertical

I_r : Intensidad real

H: Altura de la luminaria

ECUACIÓN N° 11: Iluminación Vertical

$$E_V = \frac{I_r}{H^2} \times \cos^2 \alpha \times \sin \alpha \quad (11)$$

Para el presente proyecto solo será necesario conocer los valores de luxes que está sobre el plano de trabajo (Iluminación horizontal). La iluminación vertical nos interesara cuando se requiera tener una buena visión de objetos como espejos, pizarras, etc.

Para aplicar el método punto por punto se debe conocer a detalle la fotometría del equipo de iluminación que se emplearan en el proyecto además de conocer las dimensiones de local que se va a iluminar.

- TDF N°5A – Sala de distribución
- **Valores del Área:**

- Altura : 2.18
- Largo : 2.22
- Ancho : 2.65
- Plano de trabajo : 0.8
- Tipo de luminaria a usar : WT118C LED36 CW PSU L1200
- Nivel de iluminación requerida: 200 lux

Curva fotométrica polar de la luminaria que se va a emplear:

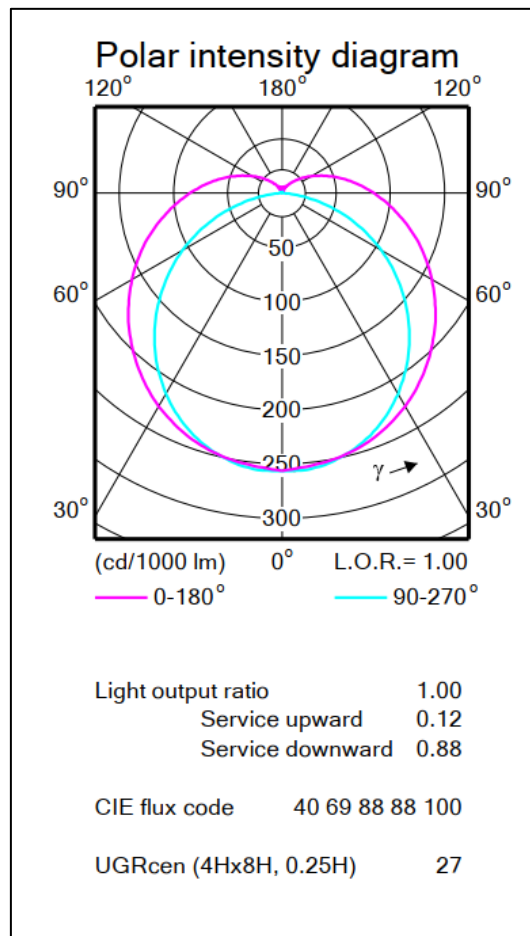


Fig N° 23: Curva fotométrica de luminaria WT118C LED36

Fuente: Luminaire Technical Sheet of WT118C LED36 CW PSU L1200 [26]

Solución:

Como vemos en este ejercicio la luminaria tiene una distribución lumínica asimétrica (Diferente distribución de iluminación a partir de su eje). Por este motivo para resolver este ejercicio debemos utilizar los gráficos proporcionados por el fabricante. Esto no genera una dificultad extra con el ejercicio anterior ya que la mecánica es similar y las fórmulas aplicadas se seguirán aplicando. La novedad en este ejercicio será la estriba de los valores en la intensidad, ya que en este ejercicio partirá desde los ángulos alfa (α) y C, Se tomará de un gráfico polar

Para resolver este ejercicio debemos seguir esta mecánica:

- Hallar el ángulo formado desde la luminaria y punto de trabajo. (α)

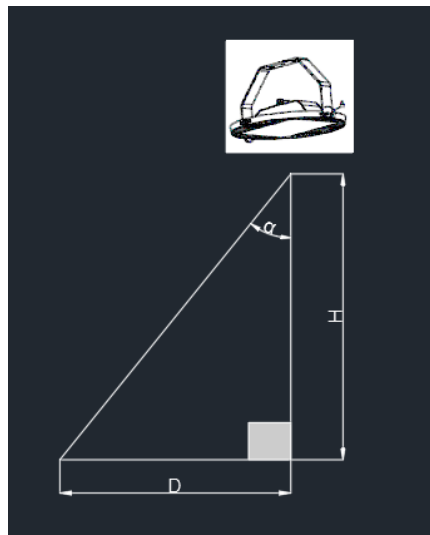


Fig N° 24: Ángulo formado entre luminaria y punto

Fuente: Elaboración Propia

ECUACIÓN N° 12: Ángulo formado entre luminaria y punto

$$\text{Tan}_{\alpha} = \frac{D}{H} \quad (12)$$

- Posteriormente después de hallar el ángulo (α) encontramos su intensidad del grafico a partir del valor de C (En el caso de no tener el grafico se tendrá que interpolar) y calculamos la intensidad real.

Se aplicará la ecuación (3)

- Calculamos la iluminancia en el punto **1**:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :1.15 m

H :1.38 m

Resultado de la ecuación 12:

$$\alpha = 39.86^\circ$$

- En este punto se tomará el eje de 45° pero vemos que tenemos dicho grafico a ese ángulo por eso tomaremos la solución de interpolar la intensidad luminosa tomando los diferentes valores de $C=0^\circ$ y $C=90^\circ$ para un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$

La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:

De acuerdo la figura 24:

- Elaboramos la tabla partiendo de un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$

TABLA N° 23
CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 39.86° EN PUNTO 1

Eje (C)	Intensidad de grafico (cd)
0°	170
39.86°	x
90°	200

Fuente: Elaboración Propia

- Hallamos la intensidad de gráfico:

Resultado de la ecuación 3:

$$I_{45} = 183.3 \text{ cd}/1000\text{lm}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{Real} = 678.2\text{cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 161.06 \text{ lux}$$

- Calculamos la iluminancia en el punto 2:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :0.74 m

H :1.38

Resultado de la ecuación 12:

$$\alpha = 28.20^\circ$$

- En este punto se tomará el eje de 90° del gráfico:

$$C = 90^\circ$$

De acuerdo la figura 24:

- La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:

$$I_{\text{grafico}} = \frac{210\text{cd}}{1000\text{lm}}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{\text{Real}} = 777\text{cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 279.27 \text{ lux}$$

- Calculamos la iluminancia en el punto 3:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :1.15 m

H :1.38 m

Resultado de la ecuación 12:

$$\alpha = 39.86^\circ$$

- En este punto se tomará el eje de 135° pero vemos que tenemos dicho grafico a ese ángulo por eso tomaremos la solución de interpolar la intensidad luminosa tomando los diferentes valores de $C=90^\circ$ y $C=180^\circ$ para un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$
- La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:
De acuerdo la figura 24:
- Elaboramos la tabla partiendo de un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$

TABLA N° 24
CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 39.86° EN PUNTO 3

Eje (C)	Intensidad de grafico (cd)
---------	----------------------------

0°	170
39.86°	x
90°	200

Fuente: Elaboración Propia

- Hallamos la intensidad de gráfico:

Resultado de la ecuación 3:

$$I_{45} = 185 \text{ cd/1000lm}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{Real} = 684.5 \text{ cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 162.55 \text{ lux}$$

- Calculamos la iluminancia en el punto 4:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :0.88 m

H :1.38 m

Resultado de la ecuación 12:

$$\alpha = 32.62^\circ$$

- En este punto se tomará el eje de 0° del gráfico:

$$C = 0^\circ$$

- La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:

De acuerdo la figura 24:

$$I_{gráfico} = \frac{220cd}{1000lm}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{Real} = 814 \text{ cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 255.37 \text{ lux}$$

- Calculamos la iluminancia en el punto 5:

Encontramos que el punto a esta perpendicularmente a la luminaria por la cual:

$$\alpha = 0^\circ$$

- En este punto se puede tomar cualquiera de los ejes del gráfico:

$$C = 0^\circ \text{ o } 90^\circ$$

De acuerdo la figura 24:

- La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:

De acuerdo la figura 24:

$$I_{gráfico} = \frac{250cd}{1000lm}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{Real} = 925 \text{ cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 485.72 \text{ lux}$$

La iluminación en el punto a es igual a 485.72 lux

- Calculamos la iluminancia en el punto 6:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :0.88 m

H :1.38 m

Resultado de la ecuación 12:

$$\alpha = 32.62^\circ$$

- En este punto se tomará el eje de 180° del gráfico:

$$C = 180^\circ$$

De acuerdo la figura 24:

- La intensidad gráfico que encontramos para este ángulo es:

$$I_{\text{gráfico}} = \frac{220\text{cd}}{1000\text{lm}}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{\text{Real}} = 814\text{cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 255.37 \text{ lux}$$

- Calculamos la iluminancia en el punto **7**:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :1.15 m

H :1.38 m

Resultado de la ecuación 12:

$$\alpha = 39.86^\circ$$

- En este punto se tomará el eje de 315° pero vemos que tenemos dicho grafico a ese ángulo por eso tomaremos la solución de interpolar la intensidad luminosa tomando los diferentes valores de $C=270^\circ$ y $C=360^\circ$ para un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$

De acuerdo la figura 24:

- La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:

Elaboramos la tabla partiendo de un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$

TABLA N° 25
CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 44.32° EN PUNTO 7

Eje (C)	Intensidad de grafico (cd)
0°	170
39.86°	x
90°	200

Fuente: Elaboración Propia

- Hallamos la intensidad de grafico

Resultado de la ecuación 3:

$$I_{45} = 185 \text{ cd}/1000\text{lm}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{Real} = 684.5\text{cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 162.55 \text{ lux}$$

- Calculamos la iluminancia en el punto 8:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :0.74 m

H :1.38 m

Resultado de la ecuación 12

$$\alpha = 28.20^\circ$$

En este punto se tomará el eje de 270° del gráfico:

$$C = 270^\circ$$

De acuerdo la figura 24:

- La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:

$$I_{\text{gráfico}} = \frac{210\text{cd}}{1000\text{lm}}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{\text{Real}} = 777\text{cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 279.27 \text{ lux}$$

- Calculamos la iluminancia en el punto 9:

Encontramos el ángulo formado con la luminaria y el punto:

D :1.15 m

H :1.38 m

Resultado de la ecuación 12

$$\alpha = 39.86^\circ$$

- En este punto se tomará el eje de 225° pero vemos que tenemos dicho grafico a ese ángulo por eso tomaremos la solución de interpolar la intensidad luminosa tomando los diferentes valores de $C=180^\circ$ y $C=270^\circ$ para un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$

- La intensidad grafico que encontramos para este ángulo es:

De acuerdo la figura 24:

- Elaboramos la tabla partiendo de un ángulo $\alpha = 39.86^\circ$

TABLA N° 26
CUADRO DE INTERPOLACIÓN A 39.86° EN PUNTO 9

Eje (C)	Intensidad de grafico (cd)
0°	170
39.86°	x
90°	200

Fuente: Elaboración Propia

- Hallamos la intensidad de grafico

Resultado de la ecuación 3:

$$I_{45} = 185 \text{ cd}/1000\text{lm}$$

- Hallamos la intensidad real:

Resultado de la ecuación 9:

$$I_{Real} = 684.5\text{cd}$$

- Para terminar, calculamos la iluminancia:

Resultado de la ecuación 10:

$$I = 162.55 \text{ lux}$$

Finalizando se realiza el cuadro resumen de los puntos de luxes:

TABLA N° 27
CUADRO RESUMEN DE VALORES DE ILUMINACIÓN

VALORES DE ILUMINACIÓN										
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Valor Medio
	161.03	279.27	162.55	255.37	485.72	255.72	162.55	279.27	162.55	244.86

En el cual nos sale el valor promedio de 244.86 lux. El cual cumple de acuerdo con su requerimiento mínimo de lux (200)

- 2). Calculo lumínico mediante el uso del software Dialux

Aquí se presentarán los resultados que se darán mediante el software Dialux.

El cual es muy dinámico usarlo, pero los valores del área del local se deben

tener a su vez de su fotometría de la luminaria que se empleara proporcionada por el fabricante.

- Curva fotométrica de la luminaria WT118C LED36 CW PSU L1200 que se importara al software Dialux.

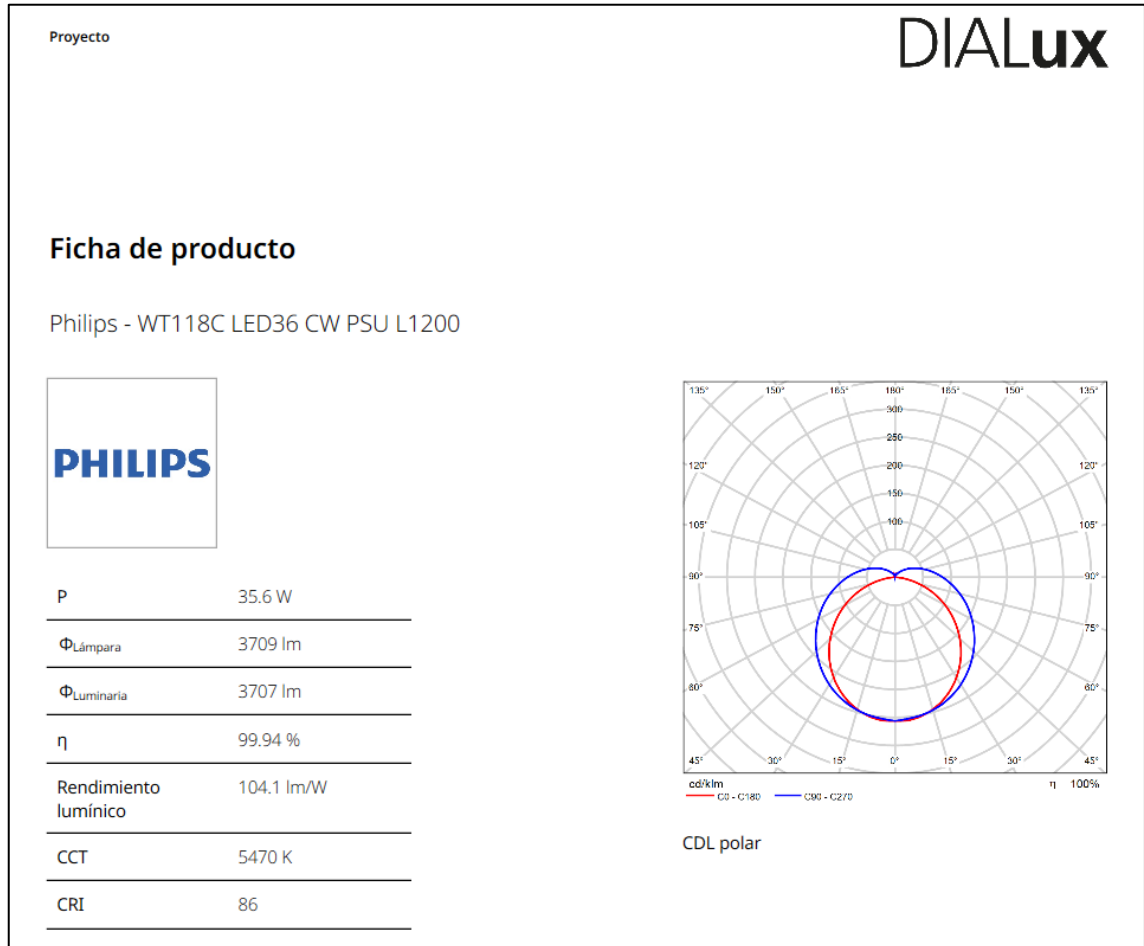


Fig N° 25: Fotometría importada de la luminaria WT118C LED36 al Dialux

Fuente: Luminaire Technical Sheet of WT118C LED36 CW PSU L1200. [26]

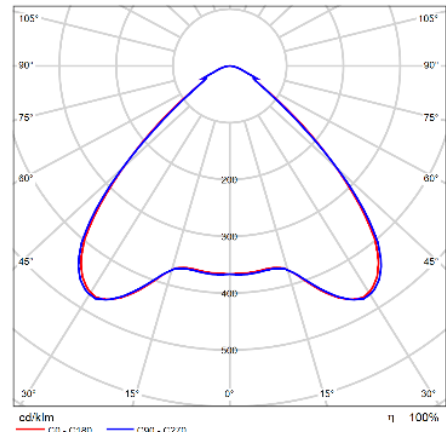
- Curva fotométrica de la luminaria HIGH BAY BY698P LED200 CW PSD WB que se importara al software Dialux

Ficha de producto

No hay ningún miembro DIALux - BY698P LED200 CW WB /6580K



P	156.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	20400 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	20393 lm
η	99.97 %
Rendimiento lumínico	130.7 lm/W
CCT	6873 K
CRI	79



CDL polar

Fig N° 26: Fotometría importada de la luminaria BY698P LED200 al Dialux

Fuente: Luminaire Technical Sheet of HIGH BAY BY698P LED200 CW [25]

Se realizará a todas las áreas.

- Cuarto de fuerza

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 9 Iluminancia perpendicular	514 lx	353 lx	652 lx

Fig N° 27: Simulación con Dialux del Cuarto de Fuerza

Fuente: Dialux lighting software [29]

- Tolvas

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 4 Iluminancia perpendicular	589 lx	385 lx	699 lx

Fig N° 28: Simulación con Dialux en el Área de Tolvas

Fuente: Dialux lighting software [29]

- Taller eléctrico

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 5 Iluminancia perpendicular	517 lx	401 lx	610 lx

Fig N° 29: Simulación con Dialux del Taller eléctrico

Fuente: Dialux lighting software [29]

- Sala de Aceite

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 3 Iluminancia perpendicular	567 lx	388 lx	708 lx

Fig N° 30: Simulación con Dialux de la Sala de Aceite

Fuente: Dialux lighting software [29]

- Caseta de bombas de agua de mar

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 6 Iluminancia perpendicular	572 lx	413 lx	674 lx

Fig N° 31: Simulación con Dialux de la Caseta de bomba de agua de mar

Fuente: Dialux lighting software [29]

- TDF N°1 – Sala de fuerza

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 7 Iluminancia perpendicular	542 lx	405 lx	641 lx

Fig N° 32: Simulación con Dialux de la Sala de Fuerza

Fuente: Dialux lighting software [29]

- Sala de transformadores

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 8 Iluminancia perpendicular	538 lx	418 lx	632 lx

Fig N° 33: Simulación con Dialux de la sala de transformadores

Fuente: Dialux lighting software [29]

- Caseta de polímeros

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 2 Iluminancia perpendicular	554 lx	376 lx	653 lx

Fig N° 34: Simulación con Dialux de la Caseta de polimeros

Fuente: Dialux lighting software [29]

- TDF N°5A – Sala de distribución

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 14 Iluminancia perpendicular	246 lx	161 lx	350 lx

Fig N° 35: Simulación con Dialux de la Sala de Distribución

Fuente: Dialux lighting software [29]

- TDF N°5B – Sala de distribución

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Superficie de cálculo 12 Iluminancia perpendicular	272 lx	193 lx	340 lx

Fig N° 36: Simulación con Dialux de la Sala de distribución

Fuente: Dialux lighting software [29]

Entonces por los cálculos lumínicos desarrollados considero que las luminarias consideradas serán **BY698P LED200 WB** y **WT118C LED36 L1200**

IV. ANALISIS DE CONSUMO DE POTENCIA ELÉCTRICA

A. Tablas de consumo de potencia eléctrica

Teniendo cuantificado las luminarias por área se realiza un cuadro resumen de luminarias

TABLA N° 28
POTENCIA TOTAL DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD (Unidad)	POTENCIA (Watt)	POTENCIA TOTAL UNITARIA (Watt)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (Watt)
1	HIGH BAY DE HALOGENURO METALICO 400W	40	400	460	18 400
2	LUMINARIA HERMETICA 2 X 36W	83	79.2	92	7636
3	POTENCIA TOTAL				26 036

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 29
POTENCIA TOTAL DEL NUEVO SISTEMA DE ILUMINACIÓN

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD (Unidad)	POTENCIA (Watt)	POTENCIA TOTAL UNITARIA (Watt)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (Watt)
1	BY698P LED200 NW WB	40	150	160	6 400
2	WT118C LED36 CW L1200	83	36	40	3 320
3	POTENCIA TOTAL				9 720

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 30
AHORRO DE POTENCIA ELÉCTRICA CON EL NUEVO SISTEMA

Descripción	Potencia Total (Watts)
• Ahorro de potencia eléctrica	
TOTAL	16 316

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 30 llegamos a la conclusión que el nuevo sistema de iluminación LED nos generara un ahorro de 16 316 Watts de potencia por lo cual se determina que es un proyecto beneficioso.

V. RESULTADOS

En el presente capítulo se evaluará la viabilidad de la migración hacia un sistema de iluminación LED en la empresa Austral, para la evaluación se considerará las luminarias convencionales y las luminarias LED, así como el costo de la luminaria y montaje, componentes, costos de mantenimiento, cambios por deterioros; considerando que este será un proyecto piloto en la empresa. De tener un impacto positivo será replicado para las demás áreas de la planta y diferentes plantas en el interior del país.

La viabilidad de la inversión será analizada mediante cálculos financieros conocidos como VAN y TIR.

A. Costos del nuevo sistema de Iluminación

Aquí se conocerá el costo del proyecto, se tomó lista de precios de Phillips como base de precios.

Para el presente proyecto se considerará una tasa de descuento de 10% que la empresa Austral tomara para evaluar si la implementación es viable o no.

B. Análisis Económico

El análisis se contemplará con cálculos financieros que son:

- VAN (Valor Actual Neto)

Para este proyecto el VAN nos indicara la rentabilidad del nuevo sistema de iluminación. Es la resta del flujo de caja y la inversión inicial durante el tiempo de vida del nuevo sistema de iluminación.

Donde:

V_t : Flujos de caja

I_0 : Inversión Inicial

t: Numero de periodos considerados

K: Tasa de descuento

ECUACIÓN N° 13: Calculo de VAN (Valor Actual Neto)

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (13)$$

Fuente: Valor Neto Actual [30]

Si el VAN del proyecto es mayor o igual a 0, se considera que el nuevo sistema de iluminación es viable del punto financiero.

- **TIR (Tasa Interna de Retorno)**

Es un método que se utiliza para la evaluación del proyecto el cual nos expresa en porcentaje. El resultado se utiliza para analizar la viabilidad del proyecto

V_t : Flujos de caja

I_0 : Inversión Inicial

t: Numero de periodos considerados

K: Tasa de descuento

ECUACIÓN N° 14: Calculo de TIR (Tasa Interna de Retorno)

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (14)$$

Fuente: Tasa interna de Retorno [31]

Si el resultado es superior a la tasa de descuento, se considerará una inversión muy beneficiosa del punto de vista económico.

1). Medrado de luminarias

En las presentes tablas. Nos muestran el medrado tanto del sistema de iluminación convencional y LED.

- Sistema de iluminación convencional

TABLA N° 31
COSTOS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL

Descripción	Unidades	Costo Unitario	Costo Total
• HIGHBAY HPI 400W CHB C/V	40	\$138.85	\$5,554.00
• INDIKO-P 236/865 HF-E	83	\$36.31	\$3,013.73
• MANO DE OBRA	123	\$8	\$984

Fuente: Elaboración Propia

Resumen Sistema de iluminación convencional:

TABLA N° 32
RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL

Descripción	Costo Total
• Sistema de iluminación convencional	\$9,551.73
TOTAL	

Fuente: Elaboración Propia

- Sistema de iluminación LED:

TABLA N° 33
SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED

Descripción	Unidades	Costo Unitario	Costo Total
• BY698P LED200 NW PSD WB	40	\$295.00	\$11,800.00
• WT118C LED36 CW PSD L1200	83	\$115.89	\$9,618.87
• MANO DE OBRA	123	\$8	\$984

Fuente: Elaboración Propia

Resumen Sistema de iluminación LED:

TABLA N° 34
RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED

Descripción	Costo Total
• Sistema de iluminación convencional	\$22,402.87
TOTAL	

Fuente: Elaboración Propia

2). Consumo de energía eléctrica y costo

En las presentes tablas. Nos muestran el consumo de energía eléctrica tanto del sistema de iluminación convencional y LED.

- Consumo de energía eléctrica y costo del sistema de iluminación convencional

TABLA N° 35

CONSUMO Y COSTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL

Descripción	Potencia Total	Unidades	Horas de encendido	Costo por kw/hora	Costo Total por año
• HIGHBAY HPI 400W	460	40	16	\$0.062	\$5,256.81
• INDIKO-P 236/865	92	83	16	\$0.062	\$2,134.15

Fuente: Elaboración Propia

Resumen Sistema de iluminación convencional:

TABLA N° 36

RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL

Descripción	Costo Total
• Sistema de iluminación convencional	
TOTAL	\$7,390.96

Fuente: Elaboración Propia

- Consumo de energía eléctrica y costo del sistema de iluminación LED

TABLA N° 37

CONSUMO Y COSTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED

Descripción	Potencia Total	Unidades	Horas de encendido	Costo por kw/hora	Costo Total por año
• HIGHBAY HPI 400W	160	40	16	\$0.062	\$1,828.45
• INDIKO-P 236/865	36	83	16	\$0.062	\$853.66

Fuente: Elaboración Propia

Resumen Sistema de iluminación LED:

TABLA N° 38

RESUMEN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED

Descripción	Costo Total
• Sistema de iluminación convencional	
TOTAL	\$2,682.11

Fuente: Elaboración Propia

3). Calculo de VAN y TIR

Considerando:

Inversión inicial : \$22,402.87

Ahorro anual : \$4,708.84

Se tomará una tasa de descuento de 10%.

La vida útil del sistema de iluminación LED es de 10 años de acuerdo al tiempo de encendido que estarán las luminarias.

- Calculo de VAN

Resultado de la ecuación 13:

\$20,404.78

El resultado es positivo, **el proyecto es factible**

- Calculo de TIR

Resultado de la ecuación 14:

16%

El resultado es superior a la tasa de descuento, **el proyecto es factible**

4). Flujo de caja

A continuación, se presentará las tablas de flujo de caja del nuevo sistema de iluminación.

TABLA N° 39
FLUJO DE CAJA

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro Anual	\$4,708.84	\$4,708.84	\$4,708.84	\$4,708.84	\$4,708.84
Egresos	-\$22,402.87	-\$17,694.03	-\$12,985.19	-\$8,276.35	-\$3,567.50
Flujo Neto	-\$17,694.03	-\$12,985.19	-\$8,276.35	-\$3,567.50	\$1,141.34

Fuente: Elaboración Propia

Descripción	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ahorro Anual	\$4,708.84	\$4,708.84	\$4,708.84	\$4,708.84	\$4,708.84
Egresos	\$1,141.34	\$5,850.18	\$10,559.02	\$15,267.86	\$19,976.70
Flujo Neto	\$5,850.18	\$10,559.02	\$15,267.86	\$19,976.70	\$24,685.54

Fuente: Elaboración Propia

El periodo de recuperación es de 4 años

5). Efectos eléctricos del nuevo sistema de iluminación

Se realizó el estudio de calidad de energía con un analizador de redes instalado por un periodo de 7 días en el tablero general, el cual alimenta las áreas de iluminación afectadas por el proyecto. La presente tabla nos muestra el resumen de los valores registrados por el analizador de redes.

TABLA N° 40
RESUMEN DEL ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGIA

Carga	U	IL	P	Q	S	F. P	F	Flicker
	V	A	Kw	Kvar	Kva	p.u	Hz	Pst
Salida de tablero General TG-01	229.13	45.82	16.32	3.85	19.87	0.896	60	0.41

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

- U: Tensión Nominal
 - IL: Corriente
 - P: Potencia activa
 - Q: Potencia reactiva
 - P: Potencia aparente
 - FP: Factor de potencia
 - F: Frecuencia
-
- Encontramos que la tensión nominal (V) cumple de acuerdo a lo establecido por la NTCSE ($\pm 7.5\%$).
 - Encontramos que el factor de potencia (F.P) se encuentra de acuerdo a lo establecido por la NTCSE.
 - Encontramos que la frecuencia (F) se encuentra de acuerdo a lo establecido por la NTCSE ($\pm 0.6\%F_n$).
 - Según NTCSE la magnitud límite de flicker es de 1 Pst, siendo el valor promedio de 0.41 Pst. Se considera que el sistema eléctrico es bueno si el valor del Flicker se encuentra por debajo a lo establecido.

CONCLUSIONES

- Las luminarias con tecnología LED al ser fabricados de silicio en comparación de las luminarias convencionales no requieren el uso de arrancadores o balasto, lo que hace muy atractivo en su funcionamiento. También por ser muy eficiente al convertir su energía eléctrica en luz no produce altas temperaturas en pleno funcionamiento. Además de poseer una mayor resistividad ante la humedad que es algo muy presente en la empresa Austral.
- Se demostró que el nuevo sistema de iluminación LED además de ser muy beneficioso cumple la normatividad de iluminación peruana DGE, lo cual quedo demostrado mediante cálculos (método de los lúmenes y punto por punto) y mediante el software Dialux.
- Mediante diferentes estudios se logró encontrar la luminaria más ideal para el nuevo proyecto en la empresa Austral. Lo cual se considera las luminarias de fabricante Phillips. La HIGH BAY BY698P LED200 de 160 Watts, Protección en contra del ingreso de polvo y agua (IP65) y eficiencia de la luminaria de 129 lm/w
La WATERPROOF WT118C LED36 de 36 Watts, Protección en contra del ingreso de polvo y agua (IP65) y eficiencia de la luminaria de 106 lm/w.
- Con el nuevo sistema de iluminación LED, genera un ahorro económico de anual en el consumo de \$4,708.84 dólares americanos ante un sistema con luminarias convencionales.
- En el análisis económico en un periodo de 10 años, se consiguió demostrar que el VAN asciende a \$20,404.78, mientras la TIR es de 16%, lo que da un porcentaje superior de 10%. El tiempo de retorno de inversión es de 4 años.

REFERENCIAS

- [1] V. Quizhpi, Análisis de la viabilidad técnica y económica para el uso de equipos LED en la facultad Técnica para el Desarrollo, Guayaquil, 2015.
- [2] M. Castro, Plan de Iluminación con Equipos Led analizado con visión a las mejoras de consumo energético, comodidad visual e instalación de estructuras para pruebas, Guayaquil, 2015.
- [3] A. De la Rosa, Análisis para cambio de sistema de iluminación convencional por sistema de iluminación LED en la empresa CEPRONIQUEL, Quito, 2014.
- [4] D. Castillo, Proyecto e implementación con luces de Xenón e luminaria de iluminación LED en faros de vehículos, Quito, 2014.
- [5] O. Pflucker, Plan para la migración al sistema de iluminación LED para disminuir costos de uso de energía en la Concesión San Luis, Cajamarca.
- [6] M. Dávila, Un nuevo sistema de iluminación LED que nos proporcione el beneficio de reducir el uso de energía eléctrica del sistema de iluminación actual en la zona recreativa de Morales, Lima, 2018.
- [7] J. Urrutia, Proyecto de iluminación LED con control domótico para la reducción de consumo de energía y su montaje en las oficinas en el edificio torre begonias, Lima, 2019.
- [8] J. Labán, Calculo, plan y elección de alternativas de sistema de iluminación para sector público en estos tiempos, Lima, 2018.
- [9] J. Espinal, Mejora con un sistema de iluminación, con tecnología LED en planta concentradora, Arequipa, 2019.
- [10] M. Llaguno, Proyecto de iluminación LED para la edificación de Mc Gregor, Lima, 2013.
- [11] Prometec, «Espectro electromagnético y luz visible,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.prometec.net/siguelineas-ir-robot/>.
- [12] G. Rudiger, Como Planificar la luz, 1 ed., Barcelona: Ediciones Erco, 2016.
- [13] Phillips, Lighting Catalog Phillips, 2019.
- [14] G. E. Harper, Manual práctico de alumbrado, 1 ed., 2003, p. 41.

- [15] G. E. Harper, Manual práctico de alumbrado, 1 ed., 2003, p. 19.
- [16] G. Rudiger, Como planificar la luz, Erci ed., Barcelona, 2016, p. 40.
- [17] G. Rudiger, Como planificar la luz, Erco ed., Barcelona, 2016, p. 42.
- [18] Ledvance, Conceptos básicos de iluminación, 2022, p. 4.
- [19] Phillips, «Photometric Catalog Phillips (WT118C LED36 CW),» 2020.
- [20] Phillips, «Photometric Catalog Phillips (BY698P LED200 CW),» 2020.
- [21] E. C. d. i. J. Garavito, Iluminación, 2015.
- [22] N. STANDARS, Clasificación de la luz.
- [23] M. d. trabajo, Guía Práctica sobre Iluminación en el Ambiente Laboral, Buenos Aires, 2016, p. 8.
- [24] MINEM, «Norma Técnica EM.010,» Lima, 2022.
- [25] Phillips, «Luminaire Technical Sheet of HIGH BAY BY698P LED200 CW,» 2022.
- [26] Phillips, «Luminaire Technical Sheet of WATERPROOF WT118C LED36 CW,» 2022.
- [27] U. P. d. cataluña, «Luminotecnica,» 2021. [En línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/indice.html>.
- [28] R. V. Academy, «Interpolación,» 2023. [En línea]. Available: <https://academiarafavilchez.com/calculadora-interpolacion/>.
- [29] D. I. software, «Proyecto de Iluminación LED,» 2023.
- [30] Economipedia, «Valor Neto Actual,» 2022. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>.
- [31] Economipedia, «Tasa Interna de Retorno,» 2022. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>.
- [32] Ledvance, «Conceptos básicos de iluminación,» 2022.

Anexos

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL		
¿Cómo diseñar un sistema de iluminación LED para la reducción del consumo energético en la empresa pesquera Austral Group S.A.A.?	Diseñar un sistema de iluminación LED para la reducción del consumo energético en la empresa pesquera Austral Group S.A.A.	El diseño de un sistema de iluminación LED reducirá el consumo energético en la empresa pesquera Austral Group S.A.A.	Variable Independiente: Sistema de Iluminación LED. Variable Dependiente: Consumo energético.	Variable Independiente: Luxes Luxómetro. Variable Dependiente: Potencia eléctrica Recibo de Luz (kWh)
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cómo determinar los recursos necesarios en el sistema de iluminación LED para optimizar la distribución lumínica en la empresa pesquera Austral Group S.A.A.?	Determinar los requerimientos necesarios para el sistema de iluminación LED en la empresa pesquera Austral Group S.A.A.	Si se determina lo necesario en el sistema de iluminación LED en la empresa pesquera Austral Group S.A.A. Se tendrá una mejor distribución lumínica.	Variable Independiente: Sistema de Iluminación LED. Variable Dependiente: Distribución Lumínica	Variable Independiente: Luxes Luxómetro. Variable Dependiente: Flujo luminoso
¿Cómo realizar el diseño de un sistema de iluminación LED para la empresa pesquera Austral Group S.A.A.?	“Realizar el diseño del sistema de iluminación LED para el área de producción de la empresa pesquera Austral Group S.A.A.”	“Si se realiza el diseño del sistema de iluminación LED en la empresa pesquera Austral Group S.A.A. Reducirá el consumo energético.”	Variable Independiente: Sistema de Iluminación LED. Variable Dependiente: Distribución Lumínica	Variable Independiente: Luxes Luxómetro. Variable Dependiente: Flujo luminoso

Fuene: Elaboración propia