

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Investigación

**Optimización en sistemas de iluminación en  
túneles de faja transportadora**

John Quispe Pilco

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Eléctrica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .



## **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedico a mi familia  
Por su apoyo incondicional

## **Agradecimiento**

Agradezco a la supervisión eléctrica de la unidad minera Constanca – HUBBAY por brindarme la facilidad para la obtención de datos en iluminación.

Como también agradezco a mi asesor por brindarme el apoyo necesario para poder realizar mi investigación y por brindarme los conocimientos suficientes para poder realizarme como profesional

# ÍNDICE

PORTADA.....	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
<b>1 CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
1.3.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	3
1.3.3 JUSTIFICACIÓN LEGAL.....	3
1.3.4 IMPORTANCIA.....	3
1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLE.....	4
1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	4
1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICO.....	4
1.4.3 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	5
1.4.4 VARIABLE DEPENDIENTE.....	5
<b>2 CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1.1 NACIONAL.....	7

2.1.2	INTERNACIONAL .....	8
2.2	BASES TEÓRICAS .....	9
2.2.1	TEORÍA DE OPTIMIZACIÓN EN ILUMINACIÓN.....	9
2.2.2	NORMAS LEGALES PARA GUIAR NUESTRO PROYECTO.....	11
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	14
2.3.1	LA LUZ .....	14
2.3.2	CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ .....	16
2.3.3	TIPOS DE DISPOSITIVOS EMISORES DE LUZ.....	27
2.3.4	ILUMINACIÓN.....	30
2.3.5	LA ILUMINACIÓN Y LAS PERSONAS.....	30
2.3.6	COMO IMPLICA LA ILUMINACIÓN EN LAS PERSONAS .....	34
2.3.7	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
2.3.8	LA ILUMINACIÓN EN LOS CENTRO DE TRABAJO.....	36
2.3.9	COMO CALCULAR UNA CORRECTA ILUMINACIÓN PARA NUESTRO CENTRO DE TRABAJO.....	37
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
3.1.1	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.1.2	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
3.1.3	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
3.1.4	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
3.2.1	POBLACIÓN .....	49
3.2.2	MUESTRA.....	49
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	49
3.3.1	TÉCNICA.....	49
3.3.2	MATERIALES E INSTRUMENTOS .....	50
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>51</b>
4.1	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	51
4.1.1	IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	51
4.1.2	TÚNEL ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN.....	51

4.1.3	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DENTRO DE TÚNEL .....	56
4.1.4	OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED.....	60
4.1.5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LUMINARIAS LED.....	60
4.1.6	CALCULO DE ILUMINACIÓN POR EL MÉTODO DE LÚMENES EN TÚNELES .....	62
4.1.7	CÁLCULO DE ILUMINACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE DIALUX .....	65
4.1.8	DISEÑO DE ILUMINACIÓN EN APRON FEERER SEGUNDO NIVEL .....	74
4.1.9	CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DEL APRON FEERER MEDIANTE EL SOFTWARE DIALUX.....	77
4.1.10	COSTOS EN ILUMINACIÓN .....	85
4.1.11	CALIDAD EN ILUMINACIÓN.....	86
4.1.12	RESULTADOS FINALES.....	88
4.2	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	91
4.2.1	ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN.....	93
4.2.2	OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED.....	94
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>101</b>

## Lista de tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2: Niveles de iluminación según el tipo de trabajo.....	14
Tabla 3: Reproducción Cromática.....	20
Tabla 4: Índice de reproducción cromática (IRC) .....	23
Tabla 5: IRC de algunas lámparas con respecto a la iluminación natural.....	24
Tabla 6: Tipos de depreciación luminosa en distintos tipos de luminarias.....	25
Tabla 7: Índices de refracción de colores y materiales.....	34
Tabla 8: Magnitudes básicas en fotometría.....	38
Tabla 9: Coeficientes de reflexión .....	44
Tabla 10: Factor de mantenimiento.....	45
Tabla 11: Cuadro de comparación (Fluorescentes y Tecnología LED) .....	50
Tabla 12: Niveles de iluminación según el tipo de trabajo.....	52
Tabla 13: Características de iluminación fluorescente 2x36 watts.....	58
Tabla 14: Iluminación en Lux que se obtiene de una luminaria .....	59
Tabla 15: Consumo de corriente de fluorescentes .....	59
Tabla 16: Características de Luminaria LED 58 Watts.....	60
Tabla 17: Nivel de iluminación teórica.....	61
Tabla 18: Niveles de iluminación según el tipo de trabajo.....	62
Tabla 19: Factores de ponderación.....	63
Tabla 20: Personal involucrado.....	85
Tabla 21: Equipos para investigación de proyecto .....	85
Tabla 22: Transporte de personal .....	85
Tabla 23: Material usado .....	86
Tabla 24: Comparación de consumo en Amperaje .....	88
Tabla 25: Niveles de iluminación en LUX.....	89
Tabla 26: Mejora en iluminación .....	92
Tabla 27: Ahorro de energía .....	92

## Lista de figuras

Ilustración 1: Espectro Electromagnético .....	15
Ilustración 2: Luminaria con tubo fluorescente .....	17
Ilustración 3: Eficiencia Luminosa .....	18
Ilustración 4: Distribución espectral en diferentes dispositivos de iluminación .....	19
Ilustración 5: Relación entre temperatura y color .....	20
Ilustración 6: Curva de Kruithof .....	21
Ilustración 7: Temperatura de la luz, expresada en kelvin.....	22
Ilustración 8: Comparación de nivel de IRC .....	23
Ilustración 9: Curva de depreciación de una lámpara Philips .....	25
Ilustración 10: Desviación de tensión de alimentación .....	26
Ilustración 11: Partes y funcionamiento de un tubo fluorescente.....	28
Ilustración 12: Características de una luminaria LED .....	30
Ilustración 13: Partes del ojo Humano .....	32
Ilustración 14: Demostración de intensidad luminosa .....	40
Ilustración 15: Luxómetro.....	42
Ilustración 16: Diagrama de bloques sobre diseño de iluminación .....	43
Ilustración 17: Ejemplo e plano de trabajo .....	43
Ilustración 18: Ejemplo de factor K.....	45
Ilustración 19: Forma del túnel de faja transportadora y distribución de luminarias.....	53
Ilustración 20: Forma de túnel 2do nivel y distribución de luminarias .....	54
Ilustración 21: Iluminación Deficiente en túnel de faja transportadora ingreso .....	55
Ilustración 22: Iluminación deficiente en túnel de faja transportadora pasadizo. ....	56
Ilustración 23: fluorescente instalados antes de la optimización .....	57
Ilustración 24: Plano de túneles de faja transportadora.....	63
Ilustración 25: Luminaria BEGHELLI en DIALUX .....	66
Ilustración 26: Índice de atenuación.....	66
Ilustración 27: Emisión de luz .....	67
Ilustración 28: Emisión de luz en Cd/Klm .....	68
Ilustración 29: Emisión de luz/Diagrama cónico .....	69
Ilustración 30: Diagrama de densidad lumínica.....	70
Ilustración 31: Niveles de iluminación con Isolineas.....	71
Ilustración 32: Disposición de iluminación y colores falsos .....	72

Ilustración 33: Colores falsos en el túnel de faja transportadora .....	73
Ilustración 34: Iluminación Real y plano de trabajo .....	73
Ilustración 35: Áreas a iluminar apron feerer .....	74
Ilustración 36: Equipo de iluminación BEGHELLI usado en apron feerer .....	77
Ilustración 37: Resultado de orden de luminarias y plano de trabajo.....	78
Ilustración 38: Intensidad de iluminación perpendicular .....	79
Ilustración 39: Resultado en isocurvas del sistema de iluminación .....	80
Ilustración 40: Colores falsos en apron feerer .....	81
Ilustración 41: Resultados Finales del sistema de iluminación .....	82
Ilustración 42: Resultado del local 2 en isocurvas .....	83
Ilustración 43: Colores falsos en local 2 de apron feerer.....	84
Ilustración 44: Iluminación LED túnel de faja transportadora.....	87
Ilustración 45: Iluminación LED APRON FEERER segundo nivel .....	88
Ilustración 46: Comparación de consumo en Amperaje (beghelli muy eficiente) .....	89
Ilustración 47: Iluminación en lux en túnel de faja transportadora .....	90
Ilustración 48: Iluminación en lux 2do Nivel (Apron Feerer) .....	90
Ilustración 49: Iluminación con fluorescentes .....	93
Ilustración 50: Iluminación con Fluorescentes.....	93
Ilustración 51: Túnel de faja transportadora 1er nivel.....	94
Ilustración 52: 2do Nivel Apron Feerer .....	94
Ilustración 53: 2do Nivel Apron Feerer.....	95
Ilustración 54: Realizando trabajo de calibración de iluminación.....	101
Ilustración 55: Proyecto en marcha.....	101
Ilustración 56: Proyecto en marcha.....	102
Ilustración 57: Iluminación LED.....	102
Ilustración 58: Proyecto en marcha.....	103
Ilustración 59: Proyecto en marcha.....	103

## RESUMEN

El presente documento se presenta el desarrollo en Optimización de sistemas de iluminación con ayuda de la tecnología LED, en este caso hablaremos de iluminación en todo el túnel que forma parte de la faja transportadora de la unidad minera HUDBAY, donde también tocamos los conceptos de iluminación e Iluminación LED propiamente dicho, y todo esto comparándola con la tecnología convencional o iluminación tradicional, aplicándolo como ya se dijo en la unidad minera HUDBAY en la parte de túneles.

Al realizar la comparación con la tecnología LED se notará la mejora que se puede lograr al reemplazar los fluorescentes ya existentes por Leds, esto conllevará a mejorar los niveles en iluminación, ahorro en energía consumida, lográndose reducir el consumo de 51,04 amperios a 16.38 amperios.

Asimismo realizándose este proyecto se logra superar el estándar en iluminación con respecto a la normativa vigente, obteniéndose una mejora desde 500 hasta 750 lux.

Como también se demuestra los beneficios de esta mejora con respecto al cuidado de la salud de los trabajadores, eficiencia rendimiento y mayor productividad por parte de ellos al trabajar con niveles de iluminación que les brinden confort visual, y en lo que respecta a seguridad para todos los trabajadores que laboran en estas áreas de la unidad minera.

Todas estas mejoras llevan a la unidad minera a generar ahorros con respecto a consumo en iluminación.

Palabras clave: Tecnología, iluminación

## **ABSTRACT**

This document presents the development in Optimization of lighting systems with the help of LED technology, in this case we will talk about lighting throughout the tunnel that is part of the conveyor belt of the HUDBAY mining unit, where it will also touch on lighting concepts e LED lighting itself, and all this compared to conventional technology or traditional lighting, applying it as already mentioned in the HUDBAY mining unit in the tunnel part.

When making the comparison with LED technology, it will be noted the improvement that can be achieved by replacing the existing fluorescent lamps with LEDs, this will lead to improved lighting levels, saving energy consumed, reducing the consumption from 51.04 amps to 16.38 amps.

Likewise, by carrying out this project, it is possible to exceed the lighting standard with respect to current regulations, obtaining an improvement from 500 to 750 lux.

As well as demonstrating the benefits of this improvement with respect to the health care of workers, efficiency, performance and greater productivity on the part of them when working with lighting levels that provide visual comfort, and in terms of safety for all workers who work in these areas of the mining unit.

All these improvements lead the mining unit to generate savings regarding consumption in lighting.

Keywords: Technology, lighting

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de iluminación hoy en día son muy importantes ya que cuando presenta fallas este sistema trae consigo imposibilidad de trabajar en dichas áreas por mala iluminación y falta de seguridad, el problema que presenta la unidad minera HUBBAY es la siguiente, en lo que respecta a su sistema de túneles ya que su sistema de iluminación es deficiente.

Al verificar el área se corrobora que la iluminación está por debajo de los estándares mínimos de iluminación.

Para la mejora en este sistema de iluminación, se propone al supervisor encargado del área el cambio de sus fluorescentes por tecnología LED o iluminación del tipo LED, como también el cambio del sistema de control y cableado para una mejora completa, este cambio o mejora disminuiría pérdidas en energía y mejoras en iluminación para sus usuarios en la unidad minera.

Cabe resaltar que es muy importante la implementación de las nuevas tecnologías en iluminación ya que esto conlleva la mejora en producción por buena visibilidad (confort para los trabajadores).

Además la implementación de la tecnología LED en el mundo está revolucionando los sistemas de iluminación, ya que la tecnología convencional está quedando desechada y reemplazada, en lo que refiere a minería, la iluminación conlleva toda su producción y si no se posee de una iluminación correcta, el proceso e incluso los mantenimientos en distintos puntos de la unidad minera se verían afectadas.

En el túnel de la faja transportadora se fortalecerá el sistema de iluminación, esto se realizará eligiendo según características específicas de cada luminaria y según la exposición que tendrán estos hacia ambientes rudos.

Además una vez empezado el proyecto, este se basará a normativas para que cumplan los estándares adecuados con el fin de garantizar la correcta iluminación para la comodidad y seguridad de los trabajadores.

Una vez culminado dicha optimización se podrá exponer a los supervisores correspondientes y electricistas que, este tipo de optimización no solo se debe realizar en ese punto, al contrario se debe realizar en toda la planta para una mejora en temas de costos y mantenimiento.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente en las unidades mineras se observa que se está aplicando la mejora continua en tecnología de iluminación, ahora en la unidad minera se ve claramente las deficiencias que conlleva en iluminación como también la pérdida de energía, y esto sumado a gran escala por la distancia de los túneles y las luminarias que se usan en su interior se ve fácilmente toda la pérdida de energía.

Por otro lado la unidad minera está en crecimiento exponencial y de acuerdo a su crecimiento este debe actualizarse cada vez más en sus sistemas de iluminación y estar a la vanguardia para mejorar en sus procesos.

Ahora en el túnel donde se realizara la optimización, los niveles de iluminación no son correctos como también no cumplen los estándares mínimos y tampoco ningún tipo de norma, sabiendo todo esto me hago la siguiente pregunta.

¿Que beneficio económico y ambiental va a generar la optimización del sistema de iluminación en túnel de faja transportada?

Al realizar la pregunta a fondo, se procede a documentar todos los beneficios que conllevara la implementación de la tecnología LED, y de esta manera la unidad minera de acuerdo a los resultados podrá tomar grandes decisiones para poder implementar esta tecnología en otras partes de su unidad.

#### **1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Se podrá optimizar los niveles de iluminación en túnel de faja transportadora?

### **1.1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Se podrá realizar la optimización de iluminación en todos los niveles del túnel de faja transportadora?

### **1.1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Se podrá corregir los consumos en los sistemas de iluminación?
- ¿Se podrá realizar la mejora en la iluminación de acuerdo a norma peruana?
- ¿Se podrá utilizar el sistema de alimentación de energía presente para el sistema de iluminación que se proyecta, o se tendrá que diseñar un diagrama y sistema de protección de acuerdo al nuevo consumo que se desea instalar?
- ¿Mediante que método se realizara el arreglo de luminarias o que apoyo usaremos?
- ¿Cómo se elegirá las luminarias adecuadas para el sistema de iluminación?
- ¿Cómo será posible ver los resultados en el presente proyecto?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal que conlleva este proyecto será el de mejorar los niveles de iluminación, y al realizar la optimización del sistema de iluminación en túnel de faja transportadora, si será posible mejorar el sistema con índices de rendimiento energético, rendimiento en iluminación y mejoras para su futuro mantenimiento, brindando confort a los trabajadores y seguridad para trabajar, con ayuda de la iluminación LED.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Corregir el consumo de corriente en amperios y reducirlo significativamente para una correcta optimización.
- Realizar el diseño de un sistema de iluminación con apoyo de la normativa peruana.

- Diseñar un diagrama eléctrico para la alimentación, y realizar el cambio del sistema de protección para el nuevo sistema de iluminación.
- Realizar el arreglo de las luminarias de acuerdo a los cálculos manuales y realizar una comparación con el software DIALUX.
- Elegir el tipo de sistema de luminaria que se requiere instalar considerando que cumplan las normas requeridas y con plena revisión de sus datos técnicos a detalle.
- Demostrar que es posible realizar el ahorro de energía que se produce al implementar la optimización del sistema de iluminación en el túnel de faja transportadora, mediante cuadros comparativos en niveles de iluminación y de corriente del antes y el después de la optimización.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

#### **1.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

El presente proyecto se realizara con un tipo de luminaria que se ajuste a los niveles de iluminación que se desea implementar, para poder corregir todos los niveles de iluminación según se requiera.

#### **1.3.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Al reducirse el consumo de corriente en los sistemas de iluminación del túnel de la faja transportadora se lograra corregir el consumo y se tendrá un resultado de ahorro en costo de energía, pudiéndose utilizar dicha energía que se ahorra en otros equipos.

#### **1.3.3 JUSTIFICACIÓN LEGAL**

De acuerdo a las normativas peruanas nos solicitan un nivel de iluminación de acuerdo al trabajo que se realiza, el no cumplirse infringiría las normativas, entonces al realizar la optimización se corregiré la iluminación y se cumplirá la normativa o se estará sobre el estándar de acuerdo a los límites de iluminación que dispone la normativa peruana.

#### **1.3.4 IMPORTANCIA**

La importancia de optimizar el sistema de iluminación en el túnel de faja transportadora es utilizar la iluminación de una manera muy eficiente con alto grado de rendimiento que superan ampliamente los sistemas de iluminación convencional.

Digo con alto grado de rendimiento ya que está comprobado que la tecnología LED supera la de fluorescentes, y por otra parte el ministerio de energía y minas lleva a cabo capacitaciones sobre implementación de sistemas de iluminación LED por sus grandes beneficios.

Ahora viendo que se tiene deficiencias en lo que respecta a pérdida de energía y mala calidad de iluminación en esta zona, se observa que requiere la optimización en sus sistemas de iluminación por el gran flujo de trabajos que se realizan en dicha área (túnel de faja transportadora y su apron feerer), para mejorar el confort del trabajador y que labore de manera normal y sin problemas, asimismo mejorando en ahorro, aumentando la seguridad por una correcta iluminación para todo el personal que labora en dicha área.

Como también es de fácil aplicación y de un presupuesto relativamente bajo en comparación a los costos de energía que se ahorrarán.

En lo que respecta a medio ambiente, es de suma importancia ya que disminuye la contaminación al medio ambiente en la emisión de gases de CO<sub>2</sub> y Mercurio.

Ahora el presente trabajo se puede ampliar hacia toda la mina en general ya que sus beneficios son múltiples.

## **1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLE**

### **1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Realizar un estudio específico sobre los niveles de iluminación por áreas de trabajo dentro de túnel de faja transportadora y su respectivo apron feerer

### **1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICO**

Determinar el consumo real de corriente en el sistema de iluminación en todos sus niveles.

El sistema de iluminación actual no cumple con las normativas peruanas.

El sistema de protección para la alimentación del sistema de iluminación se encuentra con fallas en su sistema.

El arreglo de luminarias en túnel de faja transportadora no está bien diseñado ya que hay zonas con iluminación defectuosa.

Los equipos de iluminación se encuentran defectuosos y según se analiza, tampoco nos ofrece una iluminación adecuada.

Actualmente se ve que el consumo de energía en amperios es elevado.

#### **1.4.3 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Sistemas de iluminación LED

#### **1.4.4 VARIABLE DEPENDIENTE**

Calidad en niveles de iluminación por áreas y de acuerdo a su necesidad

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTOS
Sistema de iluminación en túneles de faja transportadora	Independiente	Es la medida de niveles de iluminación	Niveles de iluminación total en túnel	Cantidad de iluminación en LUX	Instrumento Luxómetro, equipo electrónico que nos indica el nivel de lux
Calidad en niveles de iluminación, por áreas de trabajo	Dependiente	La calidad de la iluminación se define como niveles de iluminación adecuado según normativa para poder realizar trabajos.	Iluminación en túnel: entrada de túnel Niveles de iluminación en Apron Feerer túnel 2do nivel	Variación de iluminación de acuerdo al trabajo que se realiza que son de : 300 lux , 500 lux, 750 lux Depende del trabajo	Instrumento Luxómetro, equipo electrónico que nos indica el nivel de lux

Fuente: Propio

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 NACIONAL**

Tesis *“Sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales.2018”* indica que desea implementar el uso de la tecnología led para obtener beneficios en ahorro de energía cambiando el sistema de iluminación anterior que es la de vapor de sodio, donde realiza un estudio descriptivo.

También indica que de acuerdo al aumento de precios de la energía es necesaria la implementación del cambio con el sistema de tecnología led.

Asimismo indica que de acuerdo a la implementación de la tecnología LED traerá consigo mejor confort para la población o usuarios (Davila Trigozo, 2018).

En lo que respecta a conservación del medio ambiente señala que reduce la contaminación ya que las luminarias de vapor de sodio se desechan cada 3 años y eso al ser cambiado por la LED se haría un trabajo de gran rendimiento y optimización siendo amigable con el medio ambiente.

Tesis *“Análisis técnico-económico para la optimización del sistema de iluminación de la Av. Mártires 4 de noviembre aplicando luminarias con tecnología led”*, en su presente tesis indica como sería mejorar el sistema de iluminación, cambiando el sistema actual que son los de vapor de sodio de alta presión por los de tecnología LED, todo esto de acuerdo a cálculos en la ingeniería de la iluminación.

Su tesis también indica que lo realiza basado en las normativas peruanas, para posteriormente realizar comparaciones entre la tecnología anterior (Vapor de sodio) y la tecnología LED, analizando los resultados de las mejoras que se realizarían.(Hurtado Rodrigo, 2017).

Considero a esta tesis un modelo perfecto ya que nos muestra sus cálculos, softwares que usa para su comprobación, y con el sistema de cálculo de 9 puntos es un plus que añade para el mejor entendimiento del lector, fácil de aplicar en otros proyectos de esas características.

### **2.1.2 INTERNACIONAL**

Tesis *“La iluminación artificial en los espacios docentes”*, determino que de acuerdo a niveles de iluminación se puede influir en las personas, tomo este antecedente ya que de acuerdo al nivel de iluminación que se optimizara influirá mucho en los trabajadores para que realicen sus tareas de manera tranquila y segura. (Castilla, 2015).

Asimismo en su presente tesis debió explicar cómo determina los tipos de luminarias mediante cálculos, es decir los cálculos matemáticos deberían estar presentes en el documento, pero solo coloqué resultados presentados en cuadro.

*Tesis “Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, Implementación de estructura para pruebas”*, da a conocer conceptos de iluminación y el porqué de sus instalaciones en diferentes áreas según el trabajo que se realiza, donde también indica que realiza este proyecto para dar un confort visual usando la tecnología LED para evitar posibles flickers o parpadeos en la iluminación (Castro Guaman y Murillo Posligua, 2015).

Si bien es cierto que explica la elección de sus luminarias, el tipo de arreglo basándose en normativas, considero que su presente tesis está en lo correcto ya que presenta el programa donde realizó sus simulaciones y le da un valor agregado hacia la tesis, ya que uno corrobora si está bien o está mal mediante softwares diseñados para este tipo de trabajos.

Artículo científico “*Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso*”, Lo bueno de este artículo es que presenta los grandes beneficios tanto económicos como medio ambientales que conllevan hacer el uso de la tecnología LED, donde explica también el por qué se cambiaron las lámparas de halogenuro metálico por luminarias LED. (Serrano-Tierz et al., 2015). Este estudio lo realizan con datos comparativos que sacan del luxómetro, comparando una luminaria de halogenuro de 400 W con una de tecnología LED de 200 W, demostrándose que ambos son de la misma intensidad luminosa pero que, la tecnología LED tiene un ahorro energético de hasta 50 %, como también son amigables con el medio ambiente.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 TEORÍA DE OPTIMIZACIÓN EN ILUMINACIÓN**

La iluminación en túneles es uno de los aspectos fundamentales en los que refiere a iluminación y seguridad de trabajos en faja transportadora, para que pueda proporcionar una continuidad de iluminación adecuada.

Los sistemas de iluminación se dimensionan en función a los niveles de iluminación que se desea, ahora también se prevé el mantenimiento ya que se tendrá que mantener los sistemas de iluminación y es un costo adicional.

Ahora para poder minimizar costos y mejorar en todos los aspectos se desarrolla una metodología que nos ayudara a nuestro proyecto.(Portuguèz salgado Fernando, 2014).

#### **2.2.1.1 RECOPIACIÓN DE DATOS**

En este punto se recopila datos del túnel de faja transportadora o datos que pueden ser los siguientes:

Planos de sistema de iluminación existente.

Mediciones de iluminancia del interior del túnel.

Medición de consumo en corriente(Portuguèz salgado Fernando, 2014).

### **2.2.1.2 VISITA DEL TÚNEL**

Se realiza una visita al túnel para contrastar la información que se nos entrega, asimismo se aprovecha para obtener datos que sean relevante para el estudio de nuestro proyecto.

Se contrasta:

Consumos en amperios.

Verificación del tipo de luminarias que se cuenta en el túnel actualmente para revisar si es posible el mantenimiento o cambio.

Valores de iluminancia en distintos puntos del túnel donde se desea optimizar (Portuguèz salgado Fernando, 2014).

### **2.2.1.3 OBTENCIÓN DE LUMINANCIA DE REFERENCIA**

Ahora una vez que tenemos los datos anteriores se define la luminancia que se debería de tener mediante la normativa a la que se rige en túnel y se contrasta con el cálculo, en el caso de ser menor se revisa la luminaria para observar si es posible el mantenimiento o se requiere el cambio. (Portuguèz salgado Fernando, 2014).

### **2.2.1.4 EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN EXISTENTE.**

Una vez que se determina el nivel de iluminación adecuado para el túnel, se realiza un análisis de lúmenes y si es posible se contrasta con los datos técnicos de los equipos de iluminación y su vida útil. (Portuguèz salgado Fernando, 2014).

### **2.2.1.5 EVALUACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES TÉCNICAS.**

En vista que se desea optimizar se analiza diferentes tipos de soluciones en la iluminación, como:

Arreglo de configuración de luminarias existentes.

Posibles mantenimientos.

Cambio de equipos.

Diseño de un nuevo sistema de iluminación (Portuguèz salgado Fernando, 2014).

### **2.2.1.6 CALCULO LUMINOTÉCNICO**

Para el diseño de soluciones técnicas para la optimización se realizara un cálculo de iluminación.

Si bien es cierto nos podemos apoyar de softwares especializados en el tema de iluminación.

Al hacer uso del software se tomara en cuenta los datos reales y los que se desea obtener con la optimización.(Portuguèz salgado Fernando, 2014).

### **2.2.1.7 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Al terminar de diseñar el sistema de iluminación se realiza en análisis económico del proyecto como son:

Inversión realizada: equipos, cableados, software, etc.

Consumo de energía(Portuguèz salgado Fernando, 2014).

### **2.2.1.8 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD**

Al realizar todos los pasos anteriores se realiza un análisis final sobre que alternativa es más factible, esta decisión es tomada de acuerdo al nivel de consumos de energía, calidad de iluminación deseada, y costo de inversión.

Es decir se tomara la decisión a base del flujo de gastos que se realiza en el proyecto, y el ahorro que produce al realizar un proyecto nuevo o realizar mantenimientos, comparándose cual es más conveniente para que nos dé una optimización en todo aspecto.(Portuguèz salgado Fernando, 2014).

## **2.2.2 NORMAS LEGALES PARA GUIAR NUESTRO PROYECTO**

### **Ley de seguridad y salud en el trabajo**

Articulo 9.- Toda las área de trabajo deberá contar con iluminación adecuada, si es posible luz natural(Organización Internacional del Trabajo, 1964).

Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Capítulo 46.- Toda la información que recibimos lo hacemos a través de la vista, aproximadamente un 80 % de información la percibimos de esa manera, Ahora el diseño de un sistema de iluminación adecuado debe realizarse en colaboración de arquitectos, especialistas de iluminación y el personal encargado de Seguridad y Salud Ocupacional.

Para que el diseño sea el adecuado se tomara en cuenta el tipo de iluminación a instalarse, el arreglo de las luminarias, eficiencia y el espectro .Se deberá tomar en cuenta niveles de iluminación que generen la productividad cuidando el aspecto psicofisiológico del trabajador.

El confort visual se deberá realizar tomando en cuenta lo siguiente

Iluminación optima, que se uniforme, en lo posible que se pueda evitar los brillos deslumbrantes y efectos estroboscópicos, asimismo deberá contar con contrastes adecuados(Riihimáki, Hillkka; Viikari-juntura, 2001; Restrepo, 2018).

Para que los trabajadores puedan realizar sus actividades de manera natural de un modo eficaz y eficiente, se debe tener en cuenta la iluminación adecuada, pudiendo ser natural o artificial, el nivel de iluminación será de acuerdo al tipo de trabajo realizado y al tiempo de duración de las actividades a desarrollarse(Comité técnico AEN/CTN 72, 2003).

*“Las salas de máquinas estarán suficientemente iluminadas para que pueda distinguirse claramente los diversos componentes de las máquinas allí instaladas. El nivel de iluminación será de doscientos (200) lux. Se evitará el uso de fluorescentes allí donde se tenga máquinas con movimiento rotatorio. D.S. Nro 023 2017-Artículo 356”* (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

*“Los canales, zanjas, pozas, cochas, pasillos, gradas y vías de tránsito de trabajadores y materiales deben estar iluminados en toda su longitud con niveles no menores de trescientos (300) lux y deben estar protegidos con barandas y/o mallas para evitar la caída de trabajadores.*

*“Los depósitos de relaves deben estar iluminados conforme a la evaluación IPERC; además deben estar señalizados, los accesos deben estar bloqueados y*

*con prohibición de ingreso a personas no autorizadas”. D.S. Nro 023 2017-Artículo 357.(Ministerio de Energía y Minas, 2017).*

*“Todas las estructuras superficiales, pasillos, gradas, escaleras, paneles de interruptores, zonas de carga y descarga y áreas de trabajo deberán contar con iluminación apropiada “D.S. Nro 023 2017-Artículo 352(Ministerio de Energía y Minas, 2017).*

Ministerio de Energía y Minas RESESATE-2013 Artículo 137

Todas las áreas de trabajo deberán contar con iluminación artificial o natural.

Este tipo de iluminación deberá ser adecuada para facilitar la visualización para evitar accidentes hacia los trabajadores permitiendo; condiciones aceptables para trabajar, seguridad, eficacia y comodidad.

Los niveles de iluminación mínimos se deberán ver en el Reglamento Nacional de Edificaciones(Ministerio de Energía y Minas/ DGE, 2013)

Reglamento Nacional de Edificaciones- cap. 3 Instalaciones eléctricas y mecánicas

Los niveles de iluminación en líneas de ensamblaje( consideramos como línea de ensamblaje el túnel de faja transportadora ya que sus sistemas de polea son de ese tipo y en conjunto a los apron feerer )(Reglamento Nacional Edificaciones, 2006).

Trabajo pesado (ensamblaje de maquinarias) 300 lx

Trabajo normal (industria liviana) 500 lx

### **Ministerio de Salud**

Según un resumen que realizo el ministerio de salud sobre niveles de iluminación apropiados para que las condiciones permitan al trabajador un confort se mostrara el siguiente cuadro(Ministerio de Salud, 2007)

Tabla 2: Niveles de iluminación según el tipo de trabajo

CATEGORÍAS DE ILUMINACIÓN SEGÚN LA TAREA VISUAL				
Clase	TAREAS VISUALES EN ÁREAS DE TRABAJO	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)		
		Mínimo	Medio	Alto
A	Áreas de trabajo o circulación exterior	20	30	50
B	Área de circulación orientación o estancias cortas	50	100	150
C	Áreas no utilizadas para trabajar	100	150	200
D	Tareas con exigencias visuales escasas	200	300	500
E	Tareas con exigencias visuales medianas	300	500	750
F	Tareas con exigencias visuales	500	750	1000
G	Tareas con exigencias visuales difíciles	750	1000	1500
H	Tareas con exigencias visuales particulares	1000	1500	2000
I	Tareas que requieren una precisión visual	>2000		

Fuente:(Ministerio de Salud, 2007)

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### 2.3.1 LA LUZ.

La luz es la energía radiante que produce un estímulo en los ojos y nos hace ver diferentes perspectivas, donde según estudios el espectro visible para el ser humano es de aproximadamente de 400 nm y 700 nm (nanómetros).

De acuerdo a los diferentes longitudes de onda se puede apreciar diferentes tipos de color como por ejemplo (420nm, azul),(525 nm verde).

La luz es la base de todas las unidades de medición como son el lumen, el lux y la candela.

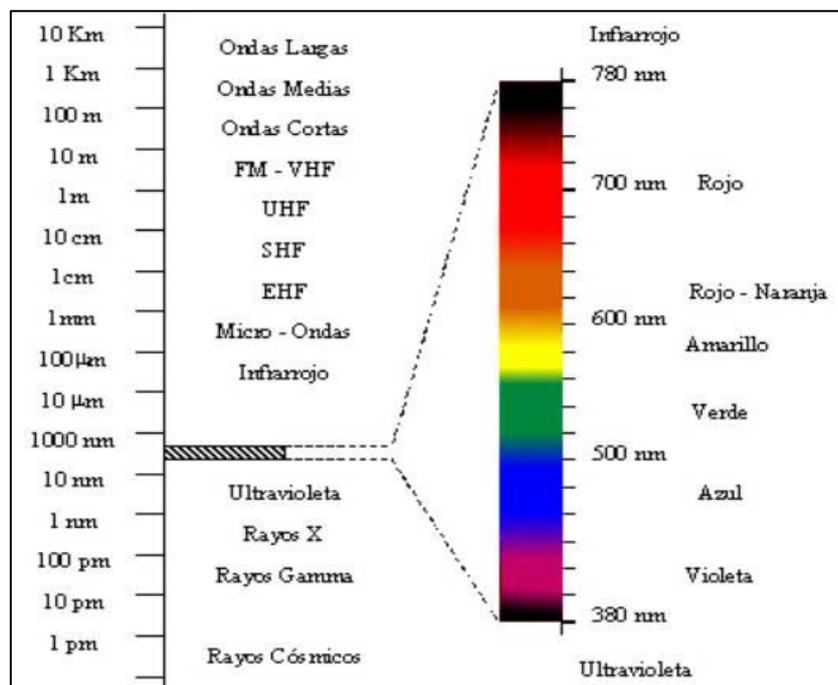
Gracias a la longitud de onda se puede notar que el ojo no es demasiado sensible al color azul y en el rojo extremos, como también se puede referir que los ojos tienen una máxima sensibilidad hacia la luz verde- amarillo.

*“Las fuentes de luz basadas en calor (“incandescentes”) irradian energía electromagnética en todas las longitudes de onda, por lo que aparecen en blanco. La distribución real de longitudes de onda dentro de la luz depende de la temperatura de la fuente. Las luces fluorescentes parecen blancos como resultado*

de la fluorescencia a partir de un recubrimiento sobre el vidrio o tubo y LEDs emiten luz sólo en una longitud de onda específica”(Omega, 2016).

Si bien es cierto que el ser humano puede percibir diferentes colores, también puede percibir molestias por mala iluminación ya sea por exceso de luz o por carencia de la misma o como también por los defectos de que conlleva la mala iluminación como es el centelleo, niveles de deslumbramiento y contrastes inadecuados, a pesar de que las personas pueden adaptarse y continuar sus labores con normalidad, se ven afectados por estos defectos y se sienten fatigados, cambia su estado anímico o baja su rendimiento laboral. Ahora de acuerdo a todo esto la iluminación debe ser correcta con niveles de iluminación adecuados y se debe controlar los niveles de deslumbramiento y asegurar el confort visual para sus usuarios.

En la siguiente imagen se describe la unidad en nm y el color que lo representa para el ojo humano.(Omega, 2016).



*Ilustración 1: Espectro Electromagnético*

*Fuente: Jaime Escobar Morales, España*

### **2.3.1.1 LA LUZ NATURAL**

Es aquella luz que proviene de la naturaleza, como fuente principal tenemos al sol como fuente de energía natural.

La luz natural tiene beneficios sobre las personas ya que aumenta la energía en el metabolismo de todas las personas que se exponen a este, estimulando también el sistema inmunológico de las personas.

*“Nivel de luz que ingresa a una habitación”.*(Reglamento Nacional Edificaciones, 2006).

### **2.3.1.2 LA LUZ ARTIFICIAL**

La luz artificial es toda aquella luz que fue producida por las personas, como por ejemplo las luminarias, las lámparas incandescentes.

Este tipo de luz tiene su ventaja ya que podemos usarla en el lugar que deseamos a nuestro gusto.

De acuerdo al nivel de iluminación las personas pueden rendir mejor en sus centros de trabajo, mejorar su atención, etc.

Como también si no se tiene el nivel de iluminación adecuado desaparece la majestuosidad de los colores.

*“Sistema de iluminación accionado eléctricamente suficiente para atender las demandas de los usuarios de acuerdo a la función que desarrollan”.*(Reglamento Nacional Edificaciones, 2006).

### **2.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ**

La fuente de iluminación eléctrica está conformada por un emisor de luz por ejemplo una Lámpara, y su respectivo armazón, el cual tendrá la finalidad de direccionar la luz emitida por el emisor de luz, este conjunto es llamado Luminaria. Por tanto la elección de una correcta luminaria tendrá como resultado una iluminación adecuada como la planeamos.



*Ilustración 2: Luminaria con tubo fluorescente*

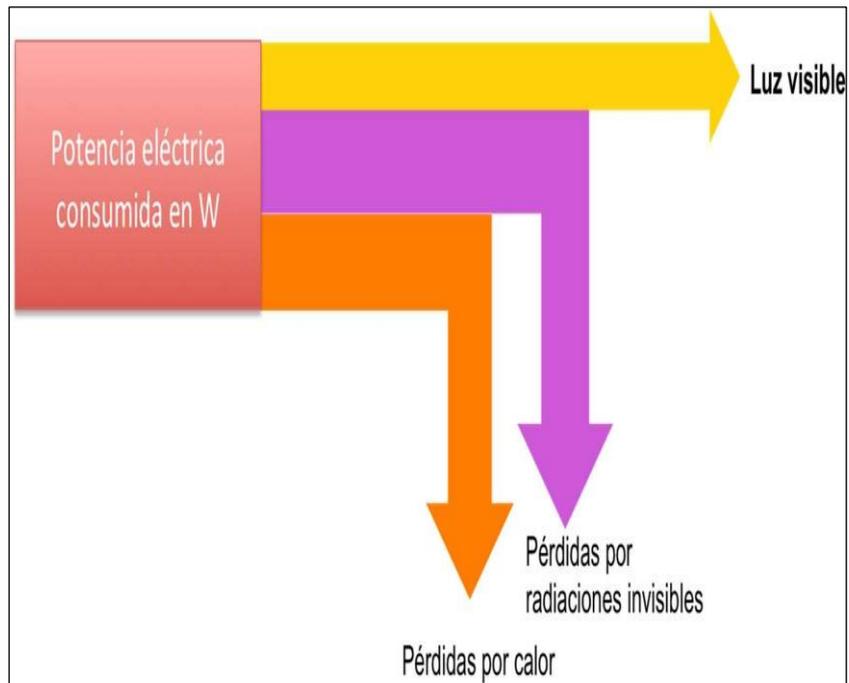
*Fuente: Philips*

### **2.3.2.1 EFICIENCIA LUMINOSA**

Al hacer uso de un dispositivo emisor de luz se puede notar que toda la energía que ingresa no siempre es transformada en luz, si no que una parte de esta energía se pierde ya sea en forma de calor o radiaciones que no son visibles o perceptibles por el ojo humano.

Dicha eficiencia luminosa se puede interpretar como la cantidad de flujo que emite un dispositivo luminoso por unidad de potencia que esta consume, su fórmula o abreviatura con la cual estamos familiarizados es la siguiente  $\text{lm/W}$  siendo el símbolo de eficiencia  $\eta$ .

En otras universidad se han hecho estudios que tratan de explicar cómo sería el máximo rendimiento de un dispositivo luminoso, explicando que para una máxima eficiencia el dispositivo luminoso, este deberá emitir radiaciones en todas longitudes de onda.(UPC, 2019).



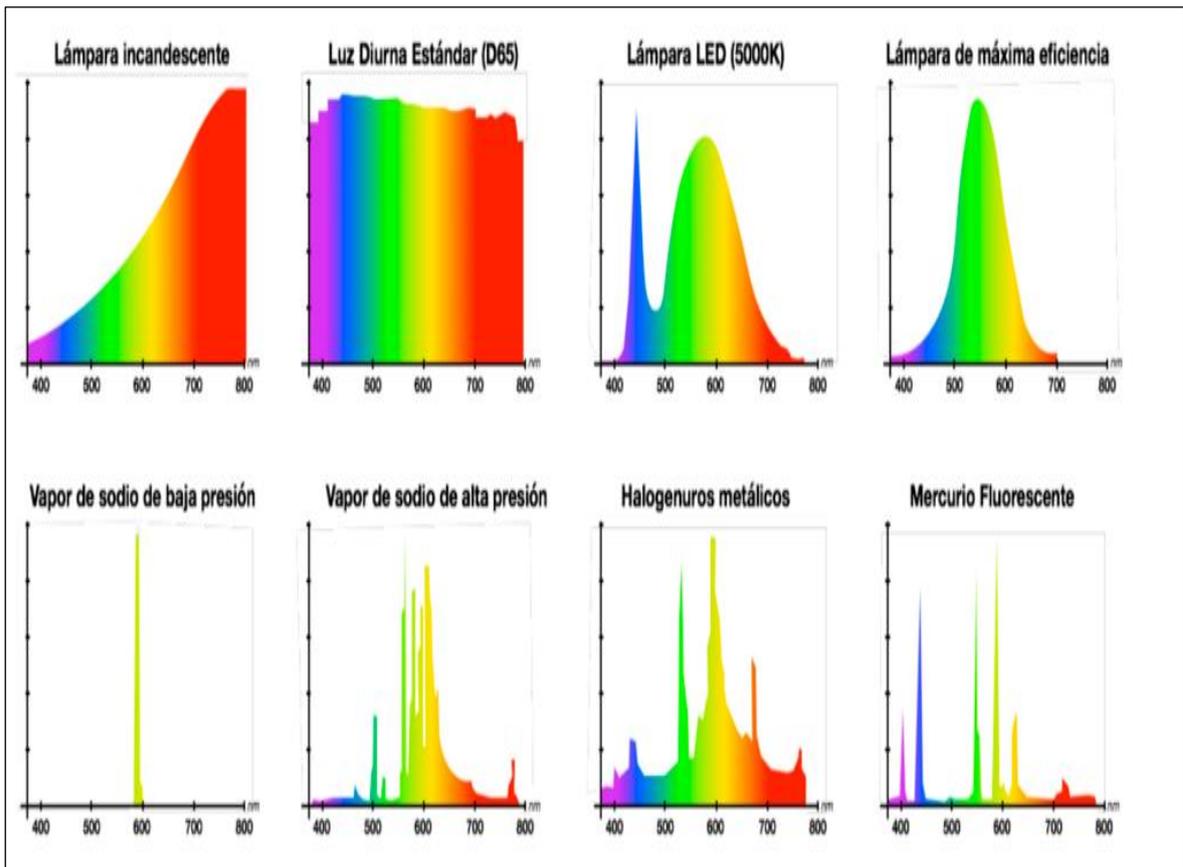
*Ilustración 3: Eficiencia Luminosa*

*Fuente: UPC-curso online*

### **2.3.2.2 DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL**

La distribución espectral nos ayuda mediante gráficos al fácil entendimiento acerca de qué color entregara un dispositivo emisor de luz.

La luz blanca puede lograrse combinando varios espectros o longitudes de onda (UPC, 2019).



*Ilustración 4: Distribución espectral en diferentes dispositivos de iluminación*

*Fuente: UPC-curso online*

### **2.3.2.3 TEMPERATURA DEL COLOR**

La temperatura del color es similar a un metal ya que cuando el metal aumenta la temperatura a la cual está expuesta, su color también es directamente proporcional a su temperatura, esto se descubrió cuando calentaron un cuerpo negro y observaron el cambio de color(UPC, 2019).

Esto nos indica que el color se define como la temperatura del objeto.

Como ejemplo ponemos la siguiente imagen para su mejor comprensión.

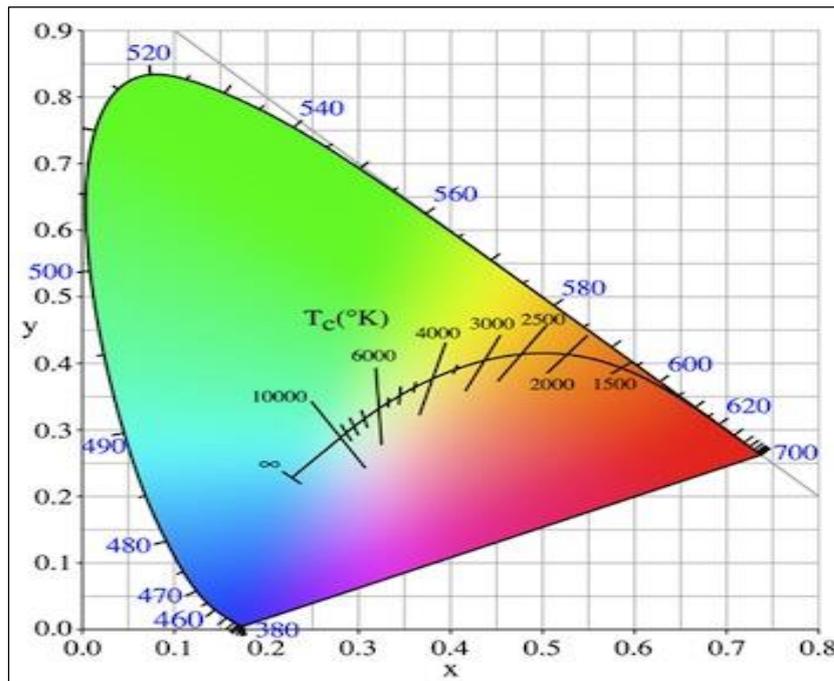


Ilustración 5: Relación entre temperatura y color

Fuente:(UPC, 2019)

Al observar un objeto que produce la fuente de luz nos damos cuenta: la temperatura es directamente proporcional al nivel de iluminación que se emana de un objeto, existen excepciones con las luminaria actuales.

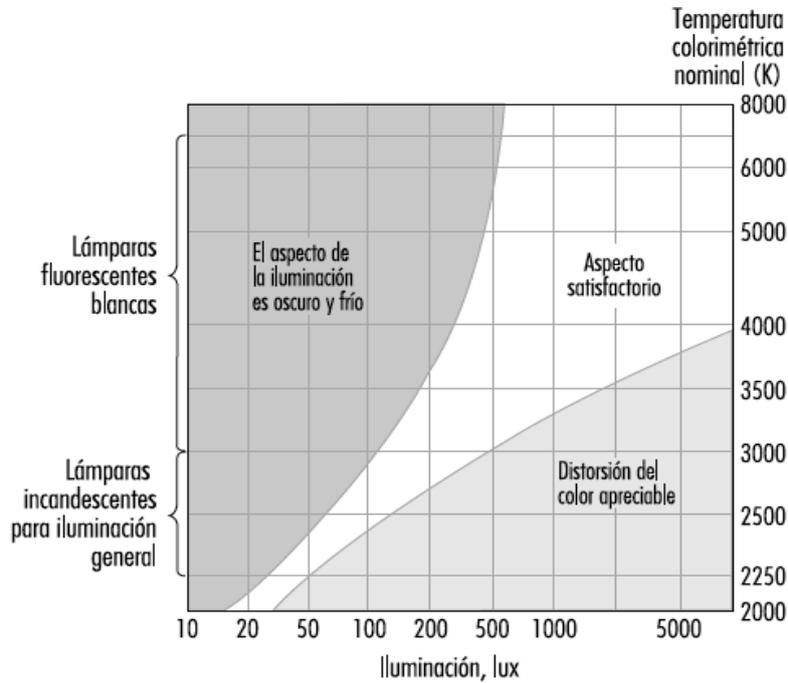
Tabla 3: Reproducción Cromática

Apariencia del color	Temperatura del color (K)
cálido	3300
Intermedio	3300 a 5300
Frio	>5300

Fuente: (UPC, 2019)

El color que se obtiene mediante la temperatura influye en 2 aspectos importantes: el confort de sus usuarios y la distorsión que se produzca en el color

Esto se puede explicar de una manera mejor si observamos la siguiente ilustración del cuadro de Kruithof.

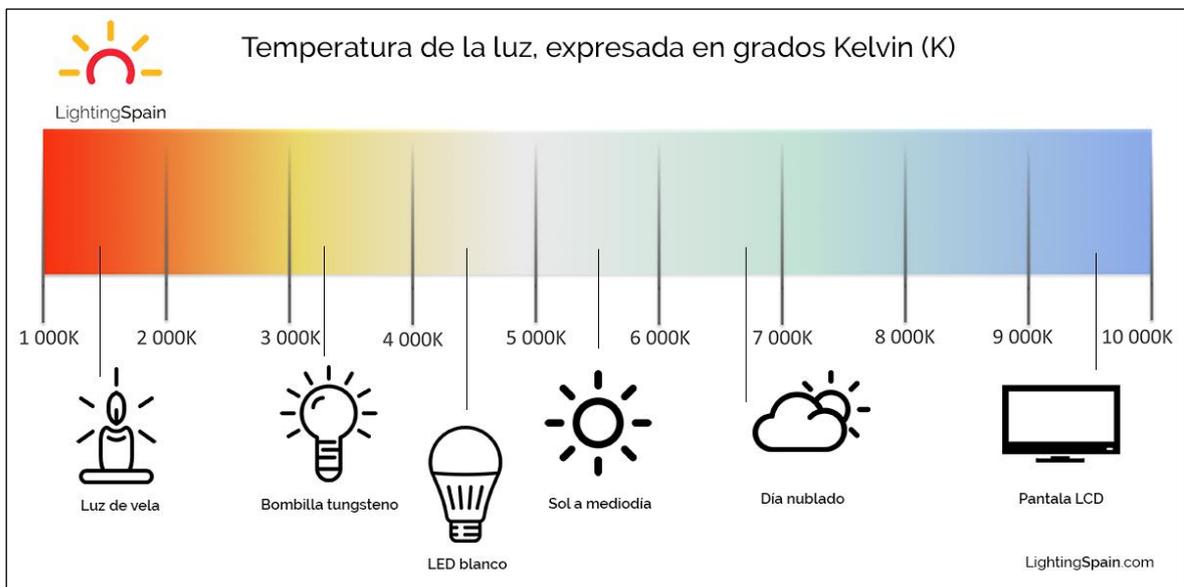


*Ilustración 6: Curva de Kruithof*

*Fuente: (UPC, 2019)*

Explicación breve: Cuando uno observa el cuadro notamos que si la temperatura de algunos colores bajos esta en 2250 para llegar al aspecto satisfactorio tendrá que estar en el rango de iluminación de 50-20.

Con lo que respecta a niveles de iluminación que traerán consigo el discomfort visual o malestar visual ya que los niveles de iluminación serán demasiado bajos, y según el cuadro presentado o la ilustración la iluminación tendría que aumentarse, o cuando la temperatura del color es demasiado alto, el nivel de iluminación será bajo(UPC, 2019).



*Ilustración 7: Temperatura de la luz, expresada en kelvin*

*Fuente: (UPC, 2019)*

#### **2.3.2.4 ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA (IRC)**

Esto se puede definir de la siguiente manera: cuando las propiedades de reproducción cromática de la fuente o dispositivo emisor de luz y las del cuerpo negro son iguales, el IRC tiene el valor máximo de 100.

Esto nos da a entender lo siguiente cuando mayor es el IRC de una lámpara su rendimiento disminuirá a excepción de la tecnología LED.

Esto nos ayuda en la elección de lámparas de tecnología convencional donde tomamos en cuenta el índice IRC para la correcta elección (UPC, 2019).

Tabla 4: Índice de reproducción cromática (IRC)

Grado	Índice (IRC)	Nivel de reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy Bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

Fuente: UPC-curso online



Ilustración 8: Comparación de nivel de IRC

Fuente: (UPC, 2019)

Sabiendo que el IRC es un parámetro muy independiente a lo que refiere la temperatura del color, se resalta que tanto como IRC y Temperatura del color son necesarios para elección de luminarias adecuadas(UPC, 2019).

Tabla 5: IRC de algunas lámparas con respecto a la iluminación natural

Fuente luminosa	Temperatura de color (K)	IRC
Cielo Azul	10.000 a 30.000	85 a 100
Cielo nublado	7.000	85 a 100
Luz solar día	6.000	85 a 100
Lámpara de descarga de sodio	2.900	menos de 40
Lámpara incandescente normal	2.400 - 2.900	100
Lámpara incandescente halógena	3.100 - 3.200	100
Fluorescentes	2.700-7.200	52 - 95
Vapor de mercurio alta presión	4.000 - 5.000	40 - 60
Vapor de mercurio halogenuros metálicos	4.000 - 6.000	70 - 90
Vapor de sodio baja presión	1.800	1
Vapor de sodio alta presión	1.900 - 2.200	25 - 70
Llama de vela	1.800	46 a 69

Fuente : (UPC, 2019)

### 2.3.2.5 DEPRECIACIÓN LUMINOSA

La depreciación luminosa no es más que la representación de la reducción del flujo luminoso emitido por un dispositivo emisor de luz en el trayecto de su vida útil(UPC, 2019).

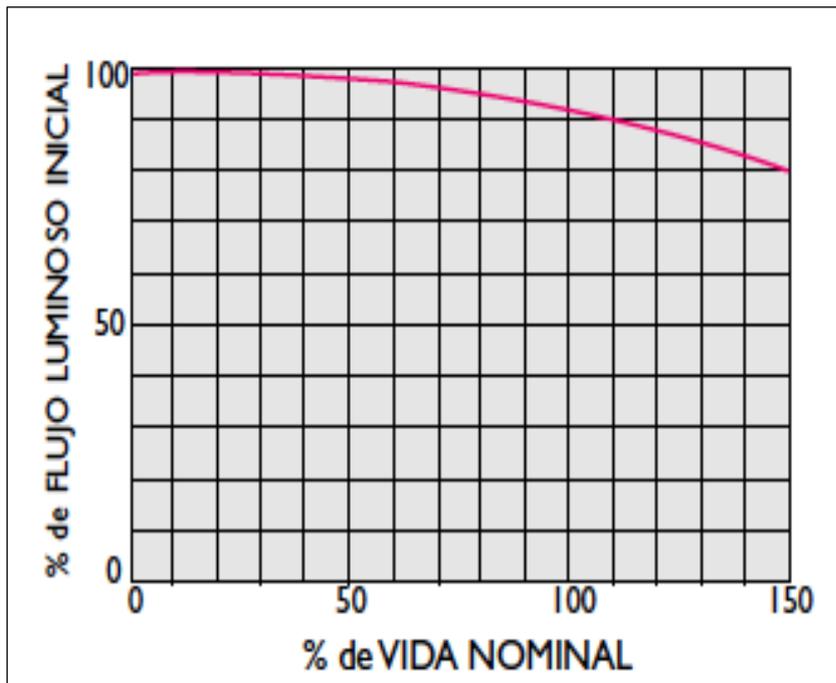


Ilustración 9: Curva de depreciación de una lámpara Philips

Fuente: Philips

Tabla 6: Tipos de depreciación luminosa en distintos tipos de luminarias

Fuente de luz	Vida Nominal	% depreciación luminosa al 50 % de su vida útil	% depreciación luminosa al 100 % de su vida útil
Incandescente	1.000	88	83
Incandescente halogenada	2.000	98	97
Fluorescente T8	20.000	85	75
Mercurio	24.000	75	65
Mercurio Halogenada	15.000	74	68
Sodio de alta presión	24.000	90	72

Fuente: Libro de Narendran ca. 2000

**Explicación del cuadro anterior y por qué se dañan los equipos emisores de luz**

### *Vida Media*

El cuadro representa el número de horas a la cual trabaja dicho tipo de luminaria y se representa su depreciación al 50 % y a su 100 % (UPC, 2019).

### *Vida útil*

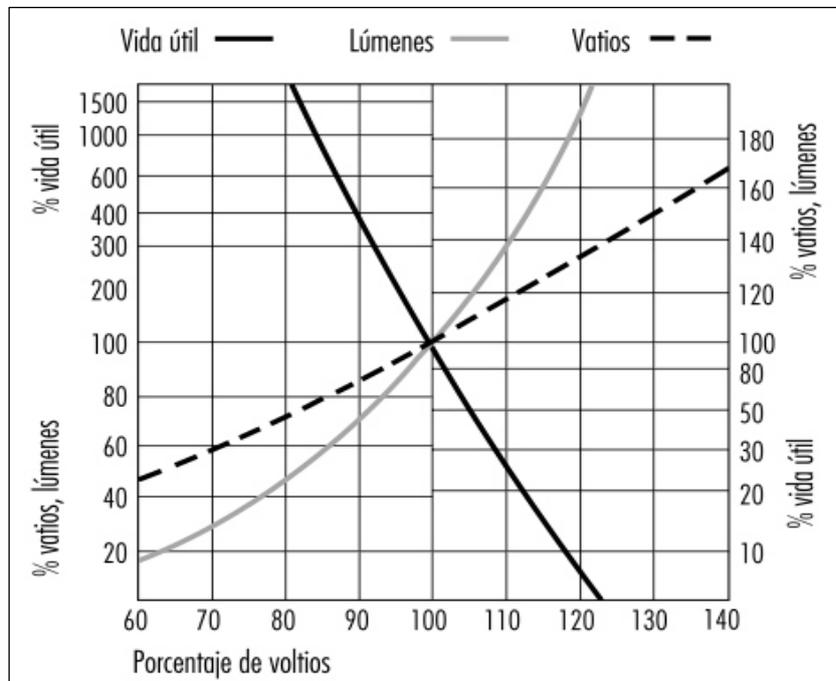
La vida útil se hace definición cuando la luminaria su número total de horas de trabajo es menor al 30 %. Este valor se utiliza mayormente para realizar cambio de luminarias, ya que es más económico realizar un cambio a seguir utilizándola (UPC, 2019).

### *Vida Nominal*

La vida nominal es nada más y nada menos el tiempo de funcionamiento de una lámpara en condiciones normales sin sufrir daños (UPC, 2019).

### *Desviación de la tensión nominal*

Cualquier desviación que se produzca en la tensión de alimentación abrupta dañara la vida nominal de la lámpara (UPC, 2019).



*Ilustración 10: Desviación de tensión de alimentación*

*Fuente: Juan Guasch Farras 28/04/2018*

### *Temperatura de ambiente*

La temperatura a la que se expone una luminaria debe ser de acuerdo a su ficha técnica, ya que si no la tomamos en cuenta podremos dañar la vida de la luminaria.

### *Numero de encendidos*

Este valor de encendidos afecta directamente a las lámparas de descargas dañándolas ya que no se sobrepasan el número de encendidos de acuerdo a su ficha técnica

## **2.3.3 TIPOS DE DISPOSITIVOS EMISORES DE LUZ**

### **2.3.3.1 LÁMPARAS FLUORESCENTES**

Este tipo de lámpara generadora de luz lo hace por medio de la película que recubre la pared interior del tubo.

La fluorescencia se produce en dicho recubrimiento al incidir una radiación ultravioleta que fue generada por una descarga eléctrica en el vapor de mercurio, que se encuentra encerrado en dicho tubo.

Asimismo estas lámparas fluorescentes emiten el color de acuerdo a la composición del material del fluorescente, que como se dijo esta en el interior de dicho tubo y esta la recubre.

Si hablamos de comparación con la tecnología anterior a la fluorescente, es decir comparándola con las lámparas incandescentes, tienen mayor eficiencia energética y su tiempo de vida también es mayor.

Como también la capacidad de reproducción cromática es menor a la del tipo incandescente, su rendimiento en color R, suele ser entre 70 y 90, según el tipo de lámpara, Pero este nivel de color es suficiente para algunas áreas de trabajo Se tiene que tomar en cuenta que las lámparas fluorescentes es la combinación de 2 efectos las cuales son el espectro cromático continuo y el espectro cromático discontinuo.

Se tiene que tener en cuenta que el flujo de las lámparas fluorescentes conectadas a la red de 60 Hz, trabajan al doble de la frecuencia a la cual fue conectada, al tener dicho nivel de frecuencia, se producen parpadeos o como son llamados efectos estroboscópicos, estos efectos estroboscópicos suelen ser

corregidos con dispositivos electrónicos auxiliares para su arranque, dichos dispositivos electrónicos multiplican el nivel de frecuencia con la que trabaja el tubo fluorescente y las eleva en varios de miles de Hz, de esta manera se evita el efecto estroboscópico.

Algunas características de este tipo de luminarias:

Su capacidad o eficiencia luminosa es de 30- 80 lm/W.

Tienen una vida útil de aproximadamente 7500 horas.

Son de gran tamaño, y esto conlleva que al instalarse sea más pesado y robusto por los accesorios que conlleva.

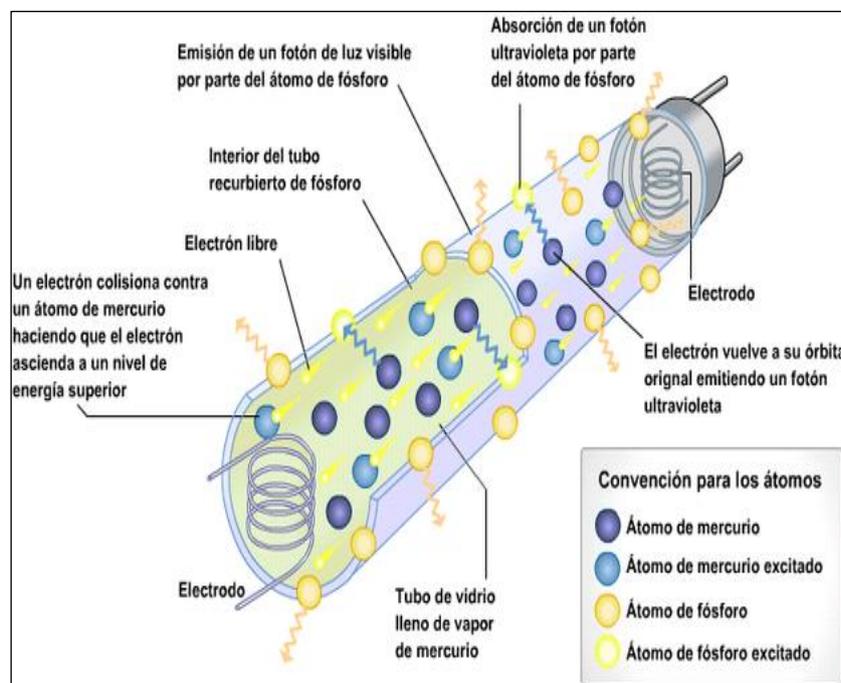


Ilustración 11: Partes y funcionamiento de un tubo fluorescente

Fuente: Wikipedia

### 2.3.3.2 TECNOLOGÍA LED

La tecnología led contiene las siglas LED que significa light emitting diode (Diodo Emisor de Luz), en la actualidad esta tecnología está superando abismalmente a todas las tecnologías anteriores y su uso se está haciendo cada vez más común tanto en empresas, hogares y alumbrado público.

Como también se está tratando de cambiar toda la tecnología tradicional (incandescentes y fluorescentes), esto se debe a que las tradicionales tienen un consumo de potencia mayor, esto origina a que la tecnología LED pase a un primer plano esto ya que su potencia en comparación a la tecnología tradicional tiene una reducción de consumo de hasta de un 40 %.

Un diodo LED es un dispositivo electrónico consiste en un hilo muy fino que está ubicado entre el ánodo y cátodo, esta tecnología se basa en características fotoluminoscentes de varios Semiconductores, la energía luminosa es producida por el paso de corriente de estos dispositivos semiconductores, ahora la luz blanca que se produce en estos leds simplemente es la combinación de distintos semiconductores en diferentes longitudes de onda.

Sus principales ventajas que tienen que puedo mencionar son:

Encendido rápido y de igual manera su apagado.

Tiene una vida larga de 50 000 horas o 17 años aproximadamente.

La temperatura de trabajo es muy baja y esto conlleva a que el mantenimiento sea bajo también.

Ahorro energético y cabe resaltarse que este tipo de luminarias son amigables con el medio ambiente.

Existen estudios que indican que el ahorro de este tipo de tecnología en comparación a la incandescente es alrededor de 92 % y en comparación con las fluorescentes es de 30 %.

El único problema son los costos que conlleva la instalación de este tipo de luminarias, es decir tendrán costos iniciales relativamente grandes en inversión, pero es sumamente rentable.



*Ilustración 12: Características de una luminaria LED*

*Fuente: revista mi casa*

### **2.3.4 ILUMINACIÓN**

Se dice iluminación a la acción de iluminar, este proceso se realiza con ayuda de dispositivos emisores de luz que se instalan en una determinada área para producir efectos luminosos.

Al realizarse esta acción de iluminar una determinada área, se pretende obtener un nivel de iluminación ya sea interior o exterior, o iluminancia adecuado para una determinada área ya sea este para realizarse trabajos o simplemente decorativo.

### **2.3.5 LA ILUMINACIÓN Y LAS PERSONAS**

#### **2.3.5.1 LA VISIÓN**

Se llama visión a la capacidad de poder interpretar todos los entornos con ayuda de los ojos, es una capacidad esencial ya que la información que percibimos con los ojos (imagen) se transforma información, esto funciona de la siguiente

manera: El sistema visual recibe la información de estímulos luminosos del entorno (ondas electromagnéticas), en las cuales distingue 2 de las características de la luz intrínsecamente como son su intensidad y su longitud(los colores).

Cada una de las partes del ojo cumple una función muy importante con lo que respecta a la luz.

La cornea: es un tejido transparente y la encargada de proteger a los ojos.

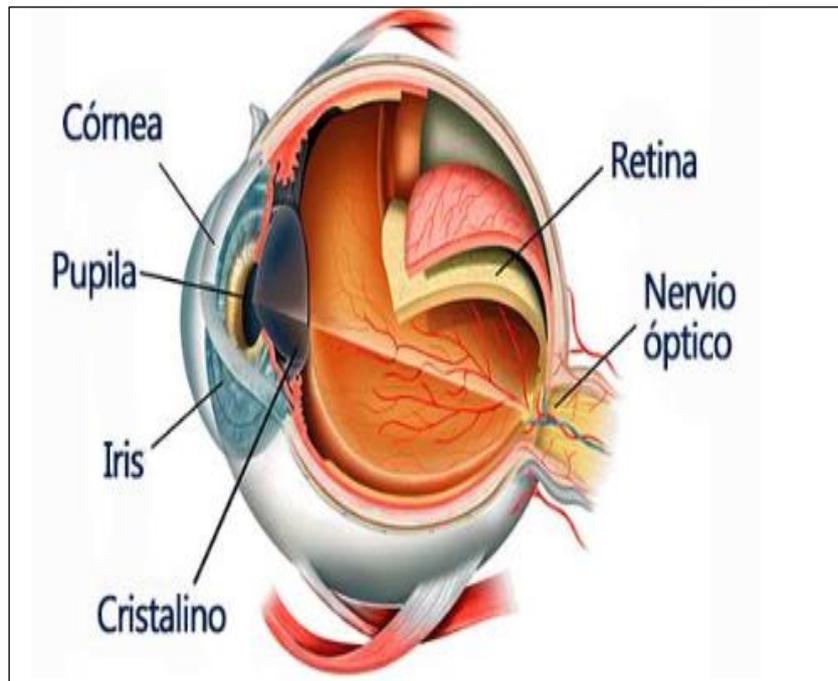
Pupila: Es la parte negra del ojo o punto negro como otros lo llaman, se contrae y dilata para regular las cantidades de luz que están hacia alrededor y la transmite hacia la retina, la pupila se dilata cuando uno está en ambientes oscuros para recibir mayor cantidad de luz.

Iris: El iris es el que rodea a la pupila y hace que la pupila logre dilatarse.

Cristalino: Es el lente natural que posee nuestro ojo, esta parte del ojo se encarga del enfoque de las cosas, es decir permite aumentar o disminuir la intensidad de enfoque.

Retina: Es una capa muy sensible a la exposición de luz, esta parte recibe todo tipo de estímulo luminoso a través de sus células receptoras las cuales son 2; los bastones reciben la intensidad luminosa y los conos reciben la información del color.

Nervio Óptico: Esta parte es muy importante ya que es la encargada de enviar toda la información visual hacia la corteza visual pasando por el hipotálamo y el lóbulo occipital(OFTALVIST, 2020).



*Ilustración 13: Partes del ojo Humano*

*Fuente: (OFTALVIST, 2020)*

Visión Fotòpica: Es aquella visión que se da cuando uno se encuentra a la luz del día o también llamado iluminación diurna, esto ayuda para una correcta interpretación por el ojo humano, este tipo de visión está basada en la capacidad de respuesta de los conos que son simplemente uno de los 2 tipos de foto receptores de nuestras retinas, estos conos son menos sensibles a los conos y se activan cuando los niveles de iluminación alrededor son demasiado altos.

Asimismo existe 3 tipos de conos que vienen a ser Rojos, Azules y verdes, estos conos tienen un foto pigmento con una determinada curva característica de absorción con lo que respecta a la longitud de onda («Tipos de Visión — EVOLUX Lighting Co. LED Made in Chile» 2020).

Visión Escotòpica: Este tipo de visión se considera como la visión intermedia de la fotòpica y la visión escotòpica.

Esto se podría explicar de la siguiente manera: Todo exterior que tenga las características oscuras o nocturnos y/o tengan alumbrado artificial están por el nivel de visión mesòpico, ya que no es oscuro y tampoco tiene luz diurna («Tipos de Visión — EVOLUX Lighting Co. LED Made in Chile» 2020).

Visión Mesotòpica: En este tipo de visión se tiene dos tipos de receptores en la retina, como son los conos y bastones, que tiene por finalidad enviar las señales hacia el cerebro, este tipo de función nos permite determinar la cantidad de luz necesaria para realizar una actividad, los conos se vuelven predominantes ante la luz del día y los bastones se encargan de ambientes oscuros, esta combinación es llamada visión humana («Tipos de Visión — EVOLUX Lighting Co. LED Made in Chile» 2020).

### **2.3.5.2 VISIBILIDAD HUMANA**

Este más que todo hace referencia a la visibilidad de una persona.

Los colores: Son una impresión sensorial que percibimos gracias a nuestra vista, En lo que respecta a iluminación este juega un papel muy importante ya que es una propiedad física de la luz emitida desde los objetos.

La psicología y la filosofía dicen que el color puede hacer que la persona tenga una expresión, sensación o puede inferir en nuestra conducta y rendimiento de trabajo.

Ahora de acuerdo al color o tipo de material también tiene un índice de reflejo.

Tabla 7: Índices de refracción de colores y materiales

Color	Refl%	Material	Refl%
Blanco	70-75	Revoque Claro	35-55
Crema Claro	70-80	Revoque Oscuro	20-30
Amarillo Claro	50-70	Hormigón Claro	30-50
Verde Claro	45-70	Hormigón Oscuro	15-25
Gris Claro	45-70	Ladrillo Claro	30-40
Celeste Claro	50-70	Ladrillo Oscuro	15-25
Rosa Claro	45-70	Madera Claro	30-50
Marrón Claro	30-50	Madera Oscura	10--25
Negro	4--6	Madera Clara	30-50
Gris Oscuro	10--20	Madera Oscura	10--25
Amarillo Oscuro	40-50	Vidrio Plateado	80-90
Verde Oscuro	10--20	Aluminio Mate	55-60
Azul Oscuro	10--20	Aluminio Pulido	80-90
Rojo Oscuro	10--20	Acero-Pulido	55-65

Fuente: electro sertec

### 2.3.6 COMO IMPLICA LA ILUMINACIÓN EN LAS PERSONAS

En la historia del ser humano, este siempre se ha ido condicionando a todos los ámbitos, y por tanto la luz es un agente físico importante ya que hace posible que todos los elementos que nos rodea sean visibles al ojo humano.

En lo que refiere a ergonomía hace posible desarrollar actividades de manera normal brindándonos un confort visual, si existe confort visual optimo será vital para realizar actividades de manera normal.

Para que esto suceda y se logre el confort visual tiene que tener en cuenta:

Iluminación uniforme.

Iluminación óptima.

No deberá haber deslumbramiento de brillos.

Poseer niveles de contraste óptimo.

Ausencia de flickers en iluminación.

Colores Óptimos.

Para realizar actividades se toma en cuenta las siguientes recomendaciones por seguridad y salud en el trabajo.

Realizar actividades con luz natural ya que es mejor que la luz artificial.

Se deberá realizar acondicionamiento del área de trabajo, para que estos lugares estén cerca a la luz del día.

No se deberá recurrir a fuentes de iluminación que dañen la percepción al contraste de las cosas, de la profundidad o distancias entre zonas de trabajo o recurrir a sistemas de iluminación que den efectos de flickers(Jessica I. Montero Soto, 2015).

### **QUE PUEDE PROVOCAR UNA INCORRECTA ILUMINACIÓN**

Así como la iluminación nos da un confort visual para realizar labores, también una incorrecta iluminación nos puede causar malestar como pueden ser:

Dolor de Cabeza

Cansancio visual

Fatiga mental

El rendimiento visual se ve afectada por la fatiga visual

Trastornos por colores o baja intensidad luminosa(Jessica I. Montero Soto, 2015).

### **2.3.7 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

Asimismo el presente trabajo tendrá un diseño del tipo descriptivo- comparativo y de aplicación ya que se realiza dicho proyecto en la unidad Minera HUBBAY-Constancia.

Donde se examinara a base de comparaciones las ventajas sobre la tecnología convencional y la nueva tecnología que se lleva en el proyecto.

Por tanto también se evaluara las luminarias y su forma de comportarse para análisis de costos y consumos, como también análisis de niveles de iluminación.

### **2.3.8 LA ILUMINACIÓN EN LOS CENTRO DE TRABAJO**

*“Todas las estructuras superficiales, pasillos, gradas, escaleras, paneles de interruptores, zonas de carga y descarga y áreas de trabajo deberán contar con iluminación apropiada”*(Ministerio de Energía y Minas, 2017).

La luz natural como artificial debe ser el adecuado para que nos brinde la seguridad y de esta manera crear un ambiente de trabajo amigable y adecuado para el confort del trabajador.(Riihimáki, Hillkka; Viikari-juntura, 2001).

*“Todos los locales utilizados por los trabajadores deberán estar iluminados de manera suficiente y apropiada. Los lugares de trabajo tendrán, dentro de lo posible, luz natural”* Artículo 9 (Organización Internacional del Trabajo, 1964).

Para que los trabajadores puedan realizar sus actividades de manera natural de un modo eficaz y eficiente, se debe tener en cuenta la iluminación adecuada, pudiendo ser natural o artificial, el nivel de iluminación será de acuerdo al tipo de trabajo realizado y al tiempo de duración de las actividades a desarrollarse(Comité técnico AEN/CTN 72, 2003).

El correcto diseño de la iluminación debe ofrecer al usuario el confort visual, para que dicho proyecto tenga la iluminación adecuada se deben reunir los especialistas de iluminación, y los responsables de la seguridad salud e higiene, todo esto antes de iniciar el proyecto para evitar errores en la iluminación, evaluándose el tipo de luminaria a instalar, la correcta distribución, la eficiencia y la composición espectral.

Una iluminación adecuada puede traer efectos positivos en la productividad y mejorar el aspecto psicofisiológico de los trabajadores.

Una adecuada combinación entre iluminación, contraste, color tiene efectos muy importantes en el clima laboral y el confort visual de los trabajadores.(ISEM, 2019).

*“Las salas de máquinas estarán suficientemente iluminadas para que pueda distinguirse claramente los diversos componentes de las máquinas allí instaladas.*

*El nivel de iluminación será de doscientos (200) lux. Se evitará el uso de fluorescentes allí donde se tenga máquinas con movimiento rotatorio. D.S. Nro 023 2017-Artículo 356” (Ministerio de Energía y Minas, 2017).*

*“Los canales, zanjas, pozas, cochas, pasillos, gradas y vías de tránsito de trabajadores y materiales deben estar iluminados en toda su longitud con niveles no menores de trescientos (300) lux y deben estar protegidos con barandas y/o mallas para evitar la caída de trabajadores.*

*Los depósitos de relaves deben estar iluminados conforme a la evaluación IPERC; además deben estar señalizados, los accesos deben estar bloqueados y con prohibición de ingreso a personas no autorizadas”. D.S. Nro 023 2017-Artículo 357.(Ministerio de Energía y Minas, 2017)*

## **2.3.9 COMO CALCULAR UNA CORRECTA ILUMINACIÓN PARA NUESTRO CENTRO DE TRABAJO**

### **2.3.9.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN**

#### **Fotometría**

La fotometría es la transferencia que se da desde una fuente hacia un detector que la mide en valores calculables.

Asimismo se aplica en todos los sistemas sensibles a la radiación visible, Como magnitud básica tenemos al Flujo Luminoso, el cual en el sistema internacional es el Lumen(González Gómez, 2006).

Las magnitudes básicas en fotometría son la siguiente:

Tabla 8: Magnitudes básicas en fotometría

Magnitud Fotométrica	Símbolo	Unidad
Flujo luminoso	$\varphi$	Lumen (Lm)
Intensidad luminosa	I	Candela (Cd)
Iluminancia	E	Lux (Lx)
Luminancia	L	cd/m <sup>2</sup>

Fuente:(González Gómez, 2006)

**Flujo Luminoso:** El flujo luminoso viene a ser la cantidad de luz emitida por unidad de Angulo o en una sola dirección, Se representa con el lumen y su unidad de medida es el candela con las abreviaturas Cd.

**Luminancia:** Se llama luminancia a la cantidad de luz que se emite hacia una determinada superficie para que este objeto pueda ser visible y su unidad de medida es el lux, es conocido con otro nombre también como brillo fotométrico.

$$L = \frac{I}{S}$$

Donde

L: luminancia

I: intensidad luminosa

S: superficie en m<sup>2</sup>

**Reflectancia:** Este fenómeno ocurre cuando la luz emitida cae sobre un objeto o cuerpo, por la intensidad de luz esta es reflejada y de esta manera se forma nuevas ondas que sale del cuerpo donde primeramente llevo la luz.

Existen diferentes tipos de cuerpos u objetos que tienen diferentes características ya sea porque cuando le llega la luz este lo absorbe, como también puede reflejar la luz o simplemente puede transmitirla hacia otras direcciones esto se puede representar de la siguiente manera.

$$Reflectancia = \frac{Luminancia}{Iluminancia}$$

**Contraste:** Es la diferencia en la intensidad luminosa en un objeto, es decir la diferencia de color en un mismo objeto o degradación de la intensidad luminosa.

$$Contraste = \frac{Luminancia\ Max - Luminancia\ Min}{Luminancia\ Max}$$

**Intensidad Luminosa:**

La intensidad luminosa es la forma de energía que nos permite ver lo que se encuentra a nuestro alrededor y hacerlo perceptible por el ojo humano, conocido también como cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad en determinado ángulo.

Su unidad en el sistema internacional es el Candela (Cd), esta unidad es la unidad fundamental del sistema.

Se refiere a toda propagación de a la cantidad de flujo luminoso de algún tipo de fuente (equipos), en una dirección determinada o Angulo, donde su unidad de medición es candela(INACAL, 2018).

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

Donde

I= intensidad luminosa en candela.

$\Omega$  =flujo luminoso (lúmenes).

$\omega$  = Angulo solido en estéreo radian.

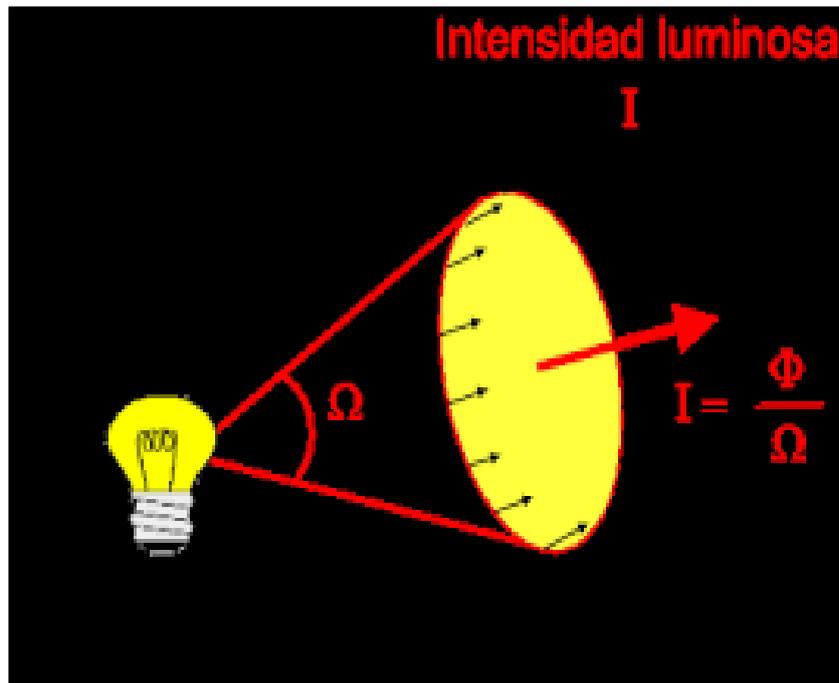


Ilustración 14: Demostración de intensidad luminosa

Fuente:(INACAL, 2018)

### **Medición de la luz**

Todas las fuentes de luz como son filamentos de un foco, emiten energía o luz hacia todas las direcciones, esto se debe por que el filamento se encuentra en el centro de una esfera que a través de ella se expande la luz.

EL flujo luminoso tiende a ser la medida de la potencia luminosa.

*“Una candela por estereorradián se denomina un lumen, que es la medida de intensidad de luz con la que la gente está más familiarizada, sin embargo, lo que más importa en términos de medición de intensidad de la luz es el número de lúmenes que caen sobre una superficie, que se expresa como lux, así que un lux es un lumen por metro cuadrado, relacionando el brillo a la distancia desde la fuente. (En los EE.UU. es común expresar la intensidad de la luz en la unidad de Foot-Candles o Pie-velas, que equivale a un lumen por pie cuadrado)”(Omega, 2016).*

Esto también nos indica que mientras la luz esta expresada en lúmenes, por otra parte la intensidad luminosa esta expresada por Lux o en nivel de lúmenes por metro cuadrado.

### **Instrumento para medir el nivel de iluminación**

Luxómetro: Este instrumento es el que nos permite medir la iluminancia de una manera eficaz y ofreciéndonos medidas reales en Lux (lx).

Para realizar dicho trabajo contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz que le llega y la transforma en pequeños impulsos eléctricos las cuales son transformados en su memoria y enviando esos datos hacia el display ofreciéndonos la medida en valores reales.

Su funcionamiento se basa en el principio de la celda fotoeléctrica, un integrado tiene el trabajo de transformar las intensidades de luz en señales eléctricas, donde esta señal es mandada al display o hacia el desplazamiento de la aguja, para que la información no se vea dañada por la variación de espectros se hace uso de un filtro de corrección de espectro.

Estos equipos usados para medir el nivel de iluminación pueden variarse automáticamente su sensibilidad para captar todos los niveles de iluminación.

EL uso que se da a estos equipos mayormente es para medir áreas de trabajo donde se requieran un nivel de iluminación normada o iluminación adecuada para realizar cierto tipo de trabajo ya sea de precisión o no, es decir este equipo es usado para optimizar la iluminación donde se realizó un proyecto de iluminación o mejorar alguno.

En el caso que tengamos dudas en los valores medidos por nuestro equipo, se deberá mandar a calibrar, donde las empresas especialistas le realizan reajustes mantenimiento y te lo entregan con una certificación, de esta manera puedes tener confianza en el valor medido del equipo.



*Ilustración 15: Luxómetro*

Fuente: PCE

### **2.3.9.2 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN POR EL MÉTODO DE LÚMENES**

Todos los cálculos que empezaremos a desarrollar se sacaron de la Normativa española. El objetivo de realizar los siguientes cálculos que se mostrara es que de una manera más fácil por der saber cuántas luminarias requerimos en dicho proyecto, como también sus características.

Asimismo realizar un arreglo de luminarias adecuado para la implementación en el área que se desea mejorar o realizar un sistema de iluminación adecuado.

La intensidad e iluminación dependerá del lugar a iluminar y de las actividades que se realicen en dicha área(Comité técnico AEN/CTN 72, 2003).

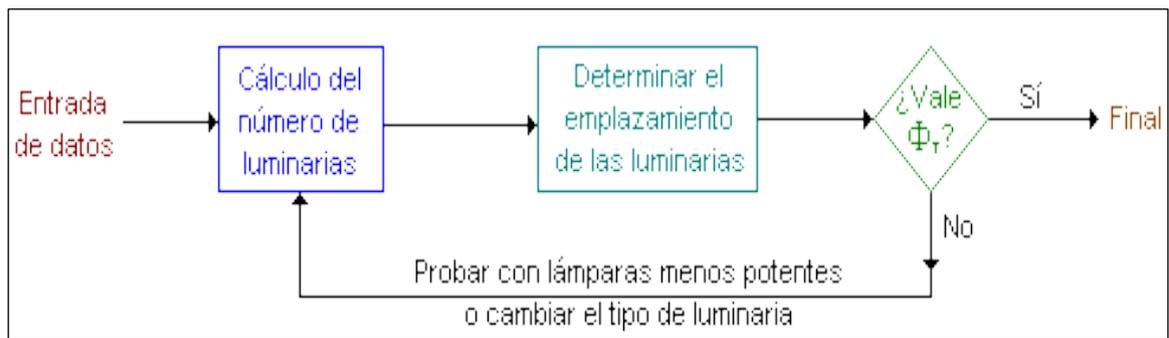


Ilustración 16: Diagrama de bloques sobre diseño de iluminación

Fuente: SYSCOM

### Datos de entrada que nos permitirá realizar todos nuestros cálculos

En esta parte se requiere las dimensiones del local o área de trabajo que deseamos iluminar. Donde la altura de 0.85 se coloca ya que normalmente a esa altura se realiza trabajos, en caso de ser menos se cambia.

- Se determina el nivel de iluminancia según la norma.

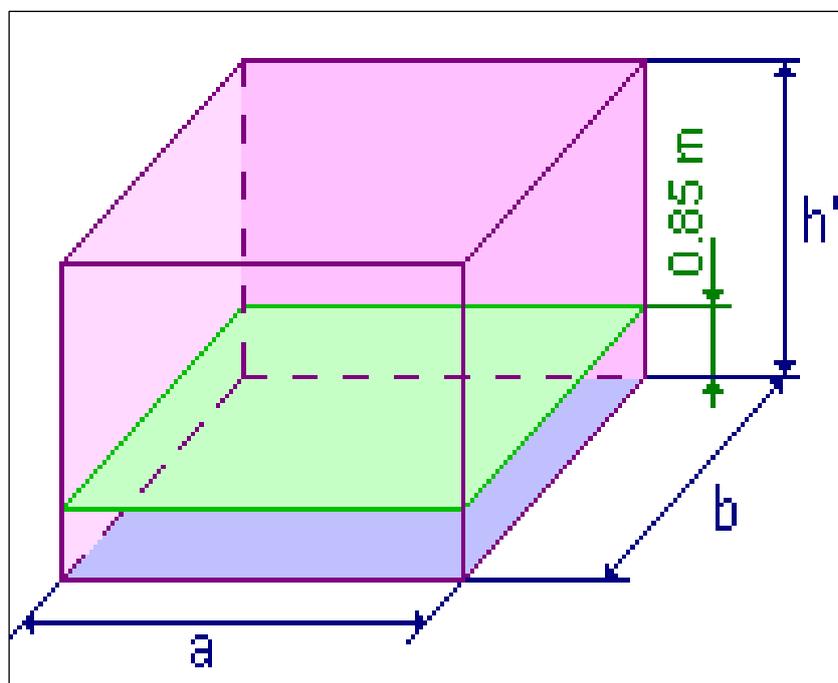


Ilustración 17: Ejemplo e plano de trabajo

Fuente: citcea-UPC

Dónde:

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

h': Altura local.

d: altura del plano de trabajo o techo.

d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

1. Cálculo del índice K en base a la geometría del lugar a iluminar.

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

- Determinar los coeficientes de reflexión que se muestra en la siguiente tabla(Comité técnico AEN/CTN 72, 2003).

Tabla 9: Coeficientes de reflexión

	Color	Factor reflexión ( ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: citcea-UPC

- Se escoge el tipo de luminaria, en nuestro caso será Tipo LED y se busca su tabla de nombre “tabla factor de utilización”.

En el caso que nos de 2 valores se deberá usar la interpolación para hallar el factor K.de la luminaria tipo LED que se desea usar.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Ilustración 18: Ejemplo de factor K

Fuente: citcea-UPC

- Factor de mantenimiento ( $f_m$ ), de la instalación que se implementa, este coeficiente se deberá elegir de acuerdo al nivel de suciedad ambiental a la cual estará expuesta nuestro sistema de iluminación (Comité técnico AEN/CTN 72, 2003).

Tabla 10: Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $f_m$ )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: (Comité técnico AEN/CTN 72, 2003)

### Fórmulas para cálculos adecuados (Comité técnico AEN/CTN 72, 2003)

Calculo de flujo luminoso total

$$\phi_t = \frac{E * S}{\eta * f_m}$$

Dónde:

$\phi t$  : Flujo luminoso total.

E: Nivel de iluminación que se desea de acuerdo a la normativa.

S: Superficie total del área que se desea iluminar en  $m^2$ .

n: factor de utilización o coeficiente de utilización que se saca de las tablas.

fm: Coeficiente de mantenimiento que se saca según tabla.

Calculo de número de luminarias.

$$N = \frac{\phi t}{\phi L}$$

Dónde:

N: Sera el número de luminarias.

$\Phi t$ : Sera el flujo luminoso total.

$\Phi L$ : Flujo luminoso de 1 sola luminaria (este dato se sacara de la tabla técnica del tipo de luminaria que se desea iluminar).

Emplazamiento de luminarias.

Se realizara 2 cálculos para Nro. De luminarias a lo ancho y a lo largo

Numero de luminarias a lo ancho.

$$N(\text{ancho}) = \sqrt{\frac{N \text{ total de luminarias}}{b}} * a$$

Dónde:

N (ancho): Numero de luminarias a lo ancho.

b: el largo del área a iluminar en  $m^2$ .

a: ancho del área a iluminar en  $m^2$ .

Numero de luminarias a lo largo.

$$N(\text{largo}) = N(\text{ancho}) * \left(\frac{b}{a}\right)$$

Dónde:

N (largo): Numero de luminarias a lo largo.

b:el largo del área a iluminar en  $m^2$ .

a: ancho del área a iluminar en  $m^2$ .

Luego para sacar el número de luminarias totales que se utilizara en el área de trabajo será:

$$C = N(\text{ancho}) * N(\text{largo})$$

Dónde:

C: Numero de luminarias totales a usar en el área que se desea iluminar.

N (largo): Numero de luminarias a lo largo.

N (ancho): Numero de luminarias a lo ancho.

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

La metodología que se aplica en nuestro proyecto es del tipo descriptivo ya que me permitirá estudiar y realizar análisis de la variable dependiente e independiente.

Ahora se elige este método porque en su proceso se realiza recolección de datos sobre mediciones en iluminación, realizándose en campo y esto nos permitirá analizarlos y procesarlos.

#### **3.1.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

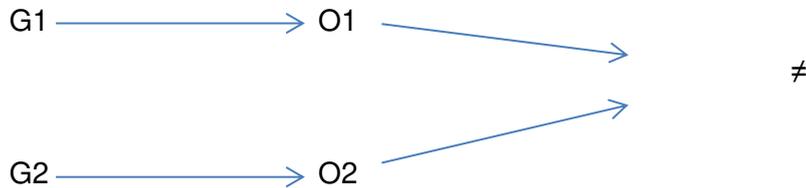
Nuestra presente investigación será del tipo aplicada, ya que se intenta resolver problemas de carácter práctico en la iluminación del túnel de la unidad minera con el fin de mejorarlo.

#### **3.1.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación que se realizara en este proyecto será del nivel descriptivo ya que se especificara propiedades, características, objetos y otros que estén relacionados a la investigación en la iluminación de túnel.

#### **3.1.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para poder corroborar la hipótesis que se enunció anteriormente, utilizare el diseño descriptivo comparativo que será de la siguiente manera.



Dónde:

G1: Sistema de iluminación con tecnología convencional.

G2: Sistema de iluminación Led que se implementa.

O1: Niveles de iluminación demasiado baja y consumo de energía considerable.

O2: Niveles de iluminación con gran rendimiento de energía.

## 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1 POBLACIÓN

La población será la iluminación que se encuentra en toda la unidad minera.

### 3.2.2 MUESTRA

La muestra será la iluminación que se tiene localizada en el túnel de la faja transportadora.

## 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

### 3.3.1 TÉCNICA

Para realizar el presente proyecto se utilizara la técnica de observación o método de recolección, ya que se pretende establecer una relación con lo que vamos a investigar.

Asimismo se elige la observación ya que me permitirá ver la situación real del problema, donde registrare todos los datos que me sean relevantes, se observara

las áreas del túnel de faja transportadora y haciendo uso del instrumento luxómetro se recogerá los datos para su posterior comparación.

### 3.3.2 MATERIALES E INSTRUMENTOS

Para la variable dependiente e independiente se utilizara equipos que me permitan registrar los niveles de iluminación, este equipo está provisto de correctores de coseno, esto quiere decir que tiene un error de  $+ - 5\%$  con respecto al espectro fotóptico.

Este equipo está debidamente calibrado para su respectivo uso.

Para cuadros comparativos se realizara un formato donde se recogerá la información de las fichas técnicas de cada luminaria, tanto como la convencional y la tecnología que se implementa (LED), posteriormente se realizara un cuadro comparativo sobre niveles de iluminación y consumos de cada tecnología para análisis en uso óptimo de la energía e iluminación.

*Tabla 11: Cuadro de comparación (Fluorescentes y Tecnología LED)*

Cantidad similares en niveles		
Potencias en watt	fluorescentes	Watt
Potencia en watt	Iluminación LED	Watt
Potencia en lúmenes	fluorescentes	Lumen
Potencia en lúmenes	Iluminación LED	Lumen
Consumo de corriente	Fluorescentes	Amp
Consumen de corriente	Iluminación LED	Amp

*Fuente: Propia*

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

##### **4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS**

La unidad minera Constancia- Hudbay es una compañía especializada en el cobre, actualmente está ubicada en el departamento de Cusco provincia de Chumvivilcas distritos de Velille, Chamaca y Livitaca.

La modalidad de extracción de mineral es a través del tajo abierto, de esta manera la unidad minera es socialmente responsable por el bienestar de todos sus colaboradores y de las comunidades que la integran, desde que inicio el proyecto hasta que se culmine el proceso de cierre.

Dicha minera dentro de sus instalaciones tiene un gran sistema de iluminación en varios puntos, pero en el punto que nos enfocaremos será en los túneles de faja transportadora por su gran deficiencia de iluminación y como también por que se realizan trabajos varios dentro de estos túneles.

##### **4.1.2 TÚNEL ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN**

Para este proyecto se considera el túnel de la faja transportadora que tiene la forma de "U", con doble entrada.

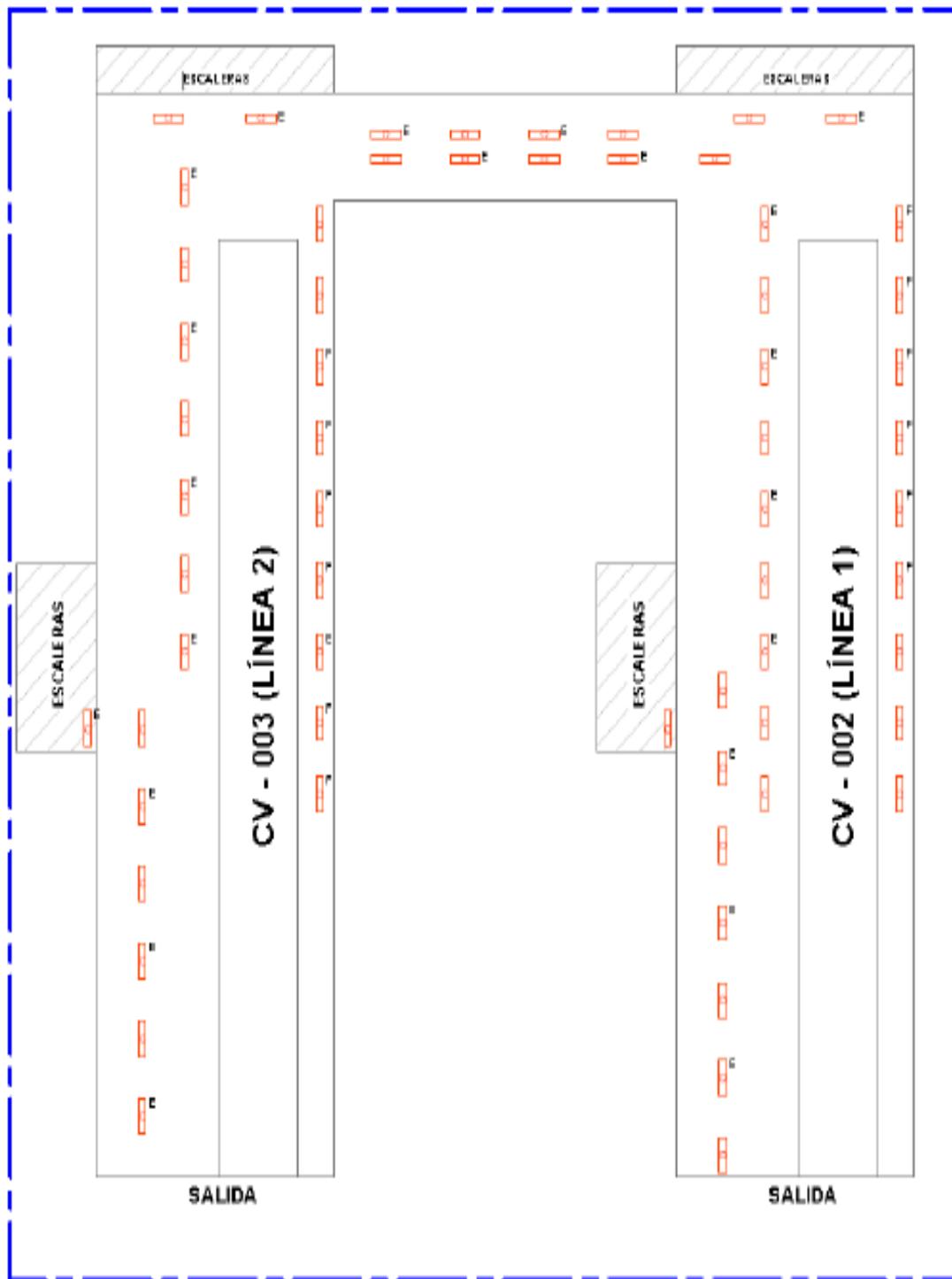
Se elige el tipo de iluminación de acuerdo a la exigencia visual, donde se elige por el tipo de iluminación la clase E y nos guiaremos en niveles de lux según la tabla.

Tabla 12: Niveles de iluminación según el tipo de trabajo

CATEGORÍAS DE ILUMINACIÓN SEGÚN LA TAREA VISUAL				
Clase	TAREAS VISUALES EN ÁREAS DE TRABAJO	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)		
		Mínimo	Medio	Alto
A	Áreas de trabajo o circulación exterior	20	30	50
B	Área de circulación orientación o estancias cortas	50	100	150
C	Áreas no utilizadas para trabajar	100	150	200
D	Tareas con exigencias visuales escasas	200	300	500
E	Tareas con exigencias visuales medianas	300	500	750
F	Tareas con exigencias visuales	500	750	1000
G	Tareas con exigencias visuales difíciles	750	1000	1500
H	Tareas con exigencias visuales particulares	1000	1500	2000
I	Tareas que requieren una precisión visual	>2000		

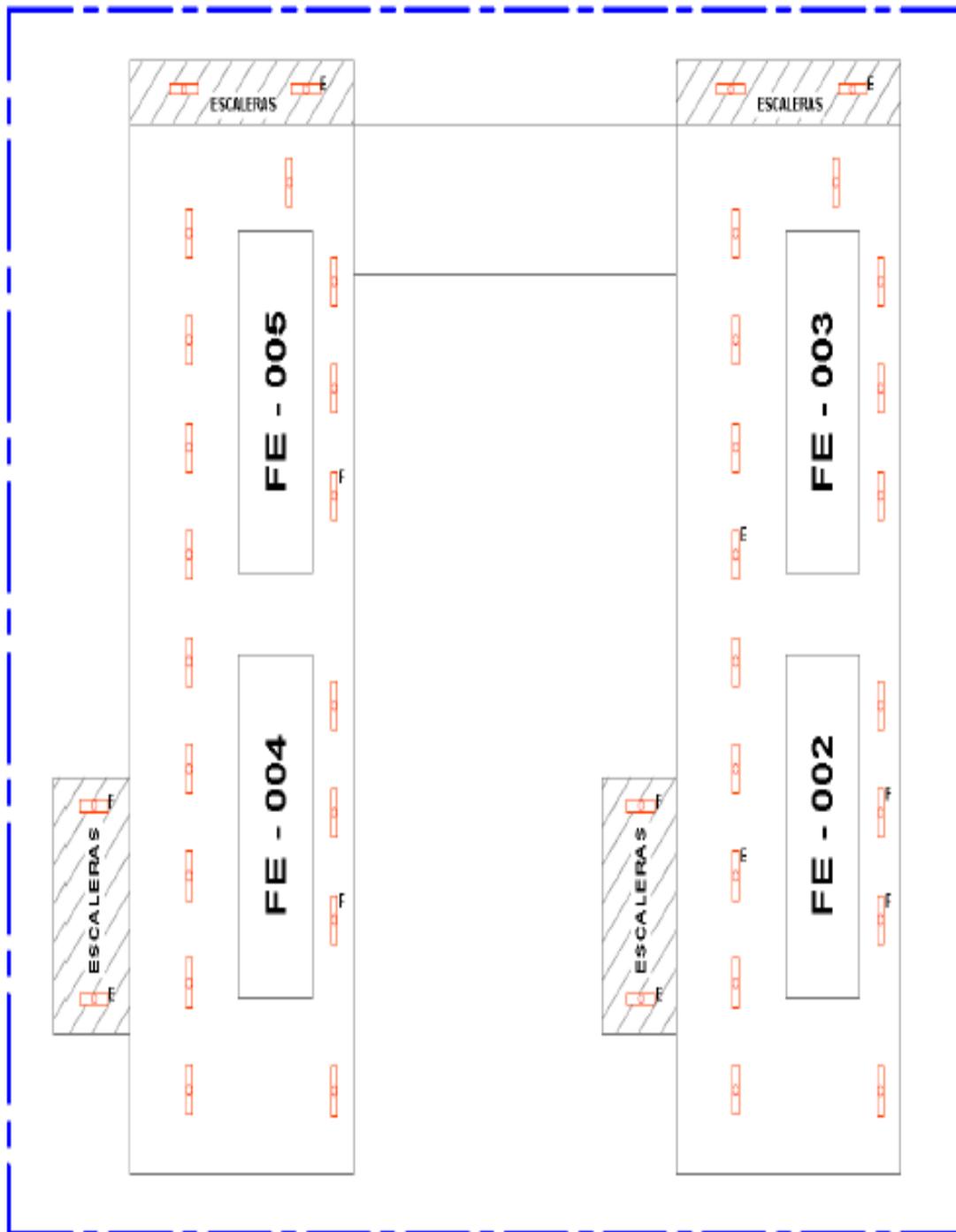
Fuente:(Ministerio de Salud, 2007)

Se realiza esta elección ya que los trabajos que existen en estas zonas no tienen exigencia visual alta por que los equipos que se manejan son de gran tamaño y fáciles de visualizar con una iluminación adecuada.



**DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO  
PRIMER NIVEL**

*Ilustración 19: Forma del túnel de faja transportadora y distribución de luminarias  
Fuente: HUBBAY PERU S.A.C.*



**DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO  
SEGUNDO NIVEL**

*Ilustración 20: Forma de túnel 2do nivel y distribución de luminarias*

*Fuente: HUBBAY PERU S.A.C.*

Asimismo en las siguientes ilustraciones se aprecia que es una zona con déficit de iluminación ya que según las normas técnicas peruanas y apoyados con normativas de seguridad y salud en el trabajo nos dice que la iluminación mínima para trabajos con exigencias visuales medianas será con un valor mínimo de 300 lux y un máximo de 750 lux con un promedio de 500 lux, entonces en las figuras no se puede apreciar dicha iluminación con el arreglo actual y por qué usa luminarias fluorescentes defectuosos.



*Ilustración 21: Iluminación Deficiente en túnel de faja transportadora ingreso*

*Fuente: HUBBAY PERU S.A.C*



*Ilustración 22: Iluminación deficiente en túnel de faja transportadora pasadizo.*

*Fuente: HUDBAY PERU S.A.C*

#### **4.1.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DENTRO DE TÚNEL**

Actualmente en el túnel de faja transportadora se observa que son luminarias que de tecnología convencional (fluorescentes) de 2\* 36 watts con una soportería hermética que recubre los tubos con Índice de protección (IP), 65 con una intensidad de 2500 en lúmenes.



*Ilustración 23: fluorescente instalados antes de la optimización*

*Fuente: HUBBAY PERÚ S.A.C*

#### **4.1.3.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE LUMINARIAS FLUORESCENTES**

Las luminarias de tecnología convencional fluorescentes son de la marca PHILIPS

Cada luminaria es de una potencia de 36 watts de 2500 lúmenes, dichas luminarias se utilizan para la iluminación en el interior del túnel donde en su interior posee 2 tubos que suman un total de 72 watts

Tabla 13: Características de iluminación fluorescente 2x36 watts

Marca	Tipo	Potencia	Potencia en lúmenes
Philips	fluorescente hermético	2x 36watts	2500
Medidas	Frecuencia	Voltaje	color
120x15x6 cm	50-60 Hz	220 v	Blanco

Fuente: PHILIPS

Para entender cuánto de intensidad luminosa en lux llegaba al plano de trabajo al tener este tipo de iluminación convencional se analizara de acuerdo a la siguiente resolución.

Datos para la resolución y saber cuánto en lux llegaba al plano de trabajo

Lm: lumen del equipo de iluminación (flujo luminoso)

D: Altura de la luminaria hacia el plano de trabajo

A: ángulo que tendrá la luminaria

Iluminancia en lux de 2500 lúmenes

$$I_v = \frac{L_m}{\Omega}$$

Donde

Iv: Intensidad luminosa en Candela Cd

Lm: Flujo luminoso en Lumen

$\Omega$ : Angulo de iluminación aproximadamente es de 90° o haz de luz de la luminaria

$$E_v = \frac{I_v}{r^2}$$

Donde

Ev: Lux-iluminancia sobre una superficie (lx)

Iv: Intensidad de luz (candela-Cd)

$r^2$ : El radio o la distancia al cuadrado

Entonces al resolver este ejercicio con las formulas dadas tendremos lo siguiente

*Tabla 14: Iluminación en Lux que se obtiene de una luminaria*

Lumen	Angulo de trabajo	Altura	Lux obtenido	Medición con luxómetro
2x2500 watts	90 grados	2,5 Mts	434 Lux	360 lux

*Fuente: Propia*

Teóricamente en la iluminación con tecnología Convencional fluorescente nos da un resultado de 434 lux, este resultado sería si las luminarias fuesen nuevas.

Al utilizar nuestro instrumento el luxómetro tomamos la medida y nos da como intensidad en lux de 360, esto se debe a que las micas que recubren los fluorescentes ya están viejos y sucios, asimismo se acepta el cambio por led ya que se ve defectos en el recubrimiento de los tubos fluorescentes y realizando un análisis final se ve que su vida útil en iluminación también llega a su límite.

#### **4.1.3.2 CONSUMO DE CORRIENTE ELÉCTRICA EN CON SISTEMA DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE**

Los sistemas de iluminación fluorescente poseen 2 fluorescentes en su interior para poder cubrir la iluminación y según la ficha técnica será lo siguiente.

*Tabla 15: Consumo de corriente de fluorescentes*

Marca	Tipo	Potencia	Consumo en Amp	1er nivel	2do nivel	Consumo total de corriente
Philips	fluorescente hermético	2x 36watts	0,44 x2	31 luminarias	30 luminarias	53,68 Amperios

*Fuente: Propia*

Este sería el consumo el resultado total de todas las luminarias fluorescentes que se proponen cambiar.

#### 4.1.4 OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED

En la unidad minera se tiene gran interés por reducir el consumo por el uso de la tecnología convencional, asimismo el interés por mejorar los sistemas de iluminación para realizar trabajos de manera segura, por estos motivos y por seguridad en iluminación, la unidad minera opta por la optimización de sus túneles con sistemas de iluminación LED.

#### 4.1.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LUMINARIAS LED

*Tabla 16: Características de Luminaria LED 58 Watts*

Características de luminarias Led 58 Watts	
Luminaria	LED
Marca	Beghelli
Aplicación	Oficinas, Producción, áreas industriales
Peso Neto	3,2 Kilogramos
Dimensiones	1232 x 108 x 88 mm
Grado IP	66
Grado de resistencia al impacto	9
Resistencia al fuego	850 grados centígrados
Tensión de alimentación	230 VAC
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0,98
Potencia de Luminaria	1x 58 watts
Flujo Luminoso	6000 Lúmenes
Eficiencia Luminosa	120 Lm/W
Temperatura del color	4000 Kelvin
Vida útil	> 140 000 horas

*Fuente: Beghelli*

### **Iluminación en el plano de trabajo con tecnología led**

Para demostrar en un cálculo rápido de cuanta iluminación llegara hacia el plano de trabajo se realiza los cálculos correspondientes y se observa la siguiente tabla:

Datos para la resolución y saber cuánto en lux llegaría al plano de trabajo.

Lm: lumen del equipo de iluminación (flujo luminoso).

D: Altura de la luminaria hacia el plano de trabajo.

A: ángulo que tendrá la luminaria.

$$I_v = \frac{L_m}{\Omega}$$

Donde

Iv: Intensidad luminosa en Candela Cd.

Lm: Flujo luminoso en Lumen.

$\Omega$ : Angulo de iluminación aproximadamente es de 90°.

$$E_v = \frac{I_v}{r^2}$$

Donde

Ev: Lux-iluminancia sobre una superficie (lx).

Iv: Intensidad de luz (candela-Cd).

r<sup>2</sup>: El radio o la distancia al cuadrado.

Entonces al resolver este ejercicio con las formulas dadas tendremos lo siguiente:

*Tabla 17: Nivel de iluminación teórica*

Lumen	Angulo de trabajo	Altura	Lux obtenido
6000	90 grados	2,5 Mts	521,65 Lux

*Fuente: Propio*

Al revisar el cálculo teórico se observa que se tiene un buen nivel de iluminación para realizar trabajos de manera natural.

#### 4.1.6 CALCULO DE ILUMINACIÓN POR EL MÉTODO DE LÚMENES EN TÚNELES

Para una correcta elección de nuestro sistema de iluminación o para entender cuál nivel de lux necesitamos instalar se usaran los siguientes cuadros

En la siguiente tabla se verificara el tipo de trabajo que realizaremos y consigo nos muestra 3 niveles de iluminación.

*Tabla 18: Niveles de iluminación según el tipo de trabajo*

CATEGORÍAS DE ILUMINACIÓN SEGÚN LA TAREA VISUAL				
Clase	TAREAS VISUALES EN ÁREAS DE TRABAJO	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)		
		Mínimo	Medio	Alto
A	Áreas de trabajo o circulación exterior	20	30	50
B	Área de circulación orientación o estancias cortas	50	100	150
C	Áreas no utilizadas para trabajar	100	150	200
D	Tareas con exigencias visuales escasas	200	300	500
E	Tareas con exigencias visuales medianas	300	500	750
F	Tareas con exigencias visuales	500	750	1000
G	Tareas con exigencias visuales difíciles	750	1000	1500
H	Tareas con exigencias visuales particulares	1000	1500	2000
I	Tareas que requieren una precisión visual	>2000		

*Fuente:(Ministerio de Salud, 2007)*

Un vez que tenemos elegido el trabajo a realizarse se procede a revisar que tiene 3 niveles de iluminación en lux el cual usaremos la tabla de niveles de iluminación según el tipo de trabajo, para analizar la edad aproximada de los trabajadores, la precisión que se requiere y el grado de reflexión.

Ahora como nuestro túnel de faja transportadora solo entraran personal de aproximadamente 40 a 55 años elegiremos el valor "0", que significa que en cuadro de lux se elegirá el valor medio de iluminación en lux, pero en el caso del túnel al ser solo de ingreso y salida y trabajos poco comunes se usara el mínimo que es de 300 lux en el primer nivel.

Tabla 19: Factores de ponderación

Características de a tarea	factor de ponderación		
	-1	0	1+
Edad de los trabajadores	menor 40 años	40 a 55 años	mayor a 55 años
Velocidad y/o precisión	No importante	importante	critico
Grado de reflexión sobre la superficie	mayor a 70%	De 30 a 70 %	Menor de 30 %

Fuente: MEM- DGE Norma DGE-017

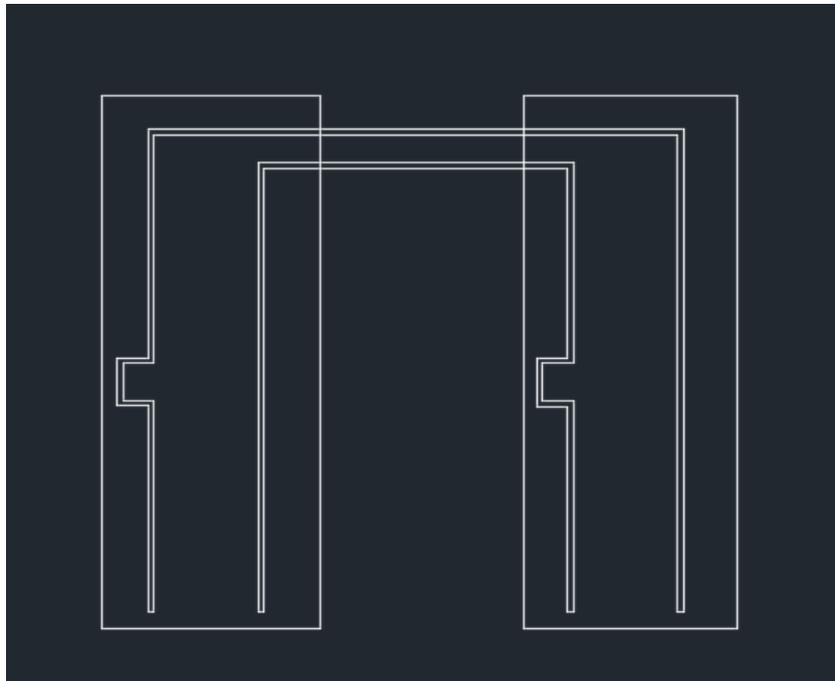


Ilustración 24: Plano de túneles de faja transportadora

Fuente: Propio en AutoCAD

## CALCULO DEL PRIMER RECTÁNGULO

### PASO 1

Una vez elegido nuestro nivel en lux que necesitamos en el proyecto se procede con el cálculo de un rectángulo y por ser los 2 rectángulos por ser de igual dimensiones el cálculo de primero será replicado en el segundo.

$$\phi t = \frac{E * S}{\eta * fm}$$

Dónde:

$\phi t$  : Flujo luminoso total

E: 300 lux según norma

S: Superficie total del área que se desea iluminar  $m^2$

n: 0.8

fm: 0.8

$$\phi t = \frac{300 * 200}{0.8 * 0.8}$$

$$\phi t = 93750 \text{ lumenes}$$

Y para el pequeño rectángulo que se observa también realizamos el mismo cálculo

$$\phi t = \frac{300 * 12}{0.8 * 0.8}$$

$$\phi t = 5625 \text{ lumenes}$$

Necesitaremos para esta área de 200 metros cuadrados un total de 93750 lúmenes

Y para el pequeño almacén que se observa de 3 x4 metros se requiere 5625 lúmenes

## PASO 2: CANTIDAD DE LUMINARIAS

Para 93750 lúmenes

Calculo de número de luminarias

$$N = \frac{\phi t}{\phi L}$$

Dónde:

N: Sera el número de luminarias

$\phi$ t: 62500

$\phi$ L:6000 lúmenes

$$N = \frac{93750}{6000}$$

$$N = 15.5 \text{ luminarias}$$

Según cálculos teóricos se requiere 15.5 luminarias Beghelli para obtener el máximo beneficio en lux, pero se debe repartir el material equitativamente ya que para esta zona se tiene 13 luminarias en almacén.

Y para el recuadro de 3x4 metros usaremos 1 luminaria Beghelli, ya que está contemplado de mejorar en todo lo que se pueda.

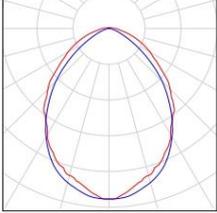
Ahora nosotros a poseer un ancho de tan solo 4 metros de ancho, usamos la lógica para hacer el emplazamiento de las luminarias de manera recta o lineal, esto sería en el cálculo manual.

#### **4.1.7 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE DIALUX**

Para nosotros verificar el cálculo manual, hacemos el diseño en nuestro software DIALUX

Para comenzar se presentara todos los resultados que nos entrega el software DIALUX

A partir de ahora se mostrar las características luminotécnicas del equipo de iluminación que se usa en el proyecto que es de la marca BEGHELLI marca mexicana con índices de ahorro excelentes para el presente proyecto

Proyecto 0	15/06/2020	<b>DIALux</b>	
Proyecto 0 / Lista de luminarias			
<b>Proyecto 0</b>			
Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
62	Beghelli - A258ESD_20107 ACCIAIO Eco LED Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED 6000 Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 6000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 6000 lm Potencia: 58,0 W Rendimiento lumínico: 103.4 lm/W  Indicaciones colorimétricas 1xLED 6000: CCT 4000 K, CRI 80		
Flujo luminoso total de lámparas: 372000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 372000 lm, Potencia total: 3596.0 W, Rendimiento lumínico: 103.4 lm/W			

*Ilustración 25: Luminaria BEGHELLI en DIALUX*

*Fuente: Proveedor BEGHELLI*

En este punto podemos observar que el índice de atenuación el cual nos indica que la luz que llega al concreto del suelo llega sin dispersarse o bajar su índice de iluminación, dando como resultado un 100 % de atenuación.

Proyecto 0	15/06/2020	<b>DIALux</b>	
Proyecto 0 / Puesta en funcionamiento de grupos de control			
<b>Proyecto 0</b>			
Nº	Grupo de control	Luminaria	
1	Grupo de control 38	62 x Beghelli - A258ESD_20107 ACCIAIO Eco LED	
<b>Escena de luz 1</b>			
Grupo de control	Valor de atenuación		
Grupo de control 38	100%		

*Ilustración 26: Índice de atenuación*

*Fuente: Diseño propio en DIALUX*

Ahora podremos observar cómo es el trabajo del equipo de iluminación y como es su emisión de luz

## Beghelli A258ESD\_20107 ACCIAIO Eco LED 1xLED 6000



TECHNICAL FEATURES: flat steel drawn (DC04 - EN 10 130) waterproof LED lighting fixtures with high efficiency electronic Led Driver.

Protection Degree: IP66; Shock Impact Resistance: IK09 (10J); Range ambient temperature -20+40°C.

BODY: flat steel drawn galvanized reinforced with high impact resistant polyester powder painted RAL 7035 grey. Closing End-caps in technopolymer (PC+PBT). Movable internal steel bracket supporting electronic component and LED module.

Cabling by plastic gland -PG13-(or M20) on removable End-cap.

REFLECTOR: specular polished aluminum reflector with high lighting performance. Direct, diffused symmetric photometric distribution.

DIFFUSER: Ultraclear impact resistant safety glass (tempered) with micro-spheres in order to reduce disability glare; 3.2 mm thickness.

GASKET: high performance silicone rubber.

LEDs: Integral Led Module; Neutral White Leds (4000K Ra>80 SDCM3). Expected life L80B20: 60000h; RG0 according EN62471.

BALLAST: AC-DC Led Driver; MTBF>50000h at Ta Max.EN6 1347-2-13 and EN62384 standards complying.

INSTALLATION: Ceiling or suspended installation through proper accessories included. Suitable for heavy installation such as industries, high and low operating temperature environment and presence of chemical corrosive substances, evens on flammable surface (F). The Ceiling brackets are provide by a safety steel cord to help ordinary maintenance.

Grado de eficacia de funcionamiento: 100%  
Flujo luminoso de lámparas: 6000 lm  
Flujo luminoso de las luminarias: 6000 lm  
Potencia: 58.0 W  
Rendimiento lumínico: 103.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
1xLED 6000: CCT 4000 K, CRI 80

## Emisión de luz 1 / CDL polar

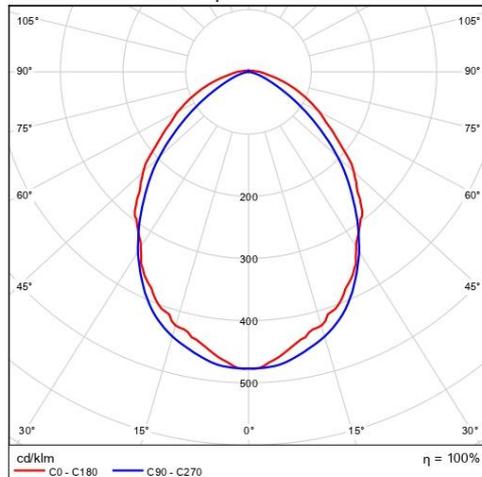


Ilustración 27: Emisión de luz  
Fuente: Proveedor BEGHELLI

Emisión de luz 1 / CDL lineal

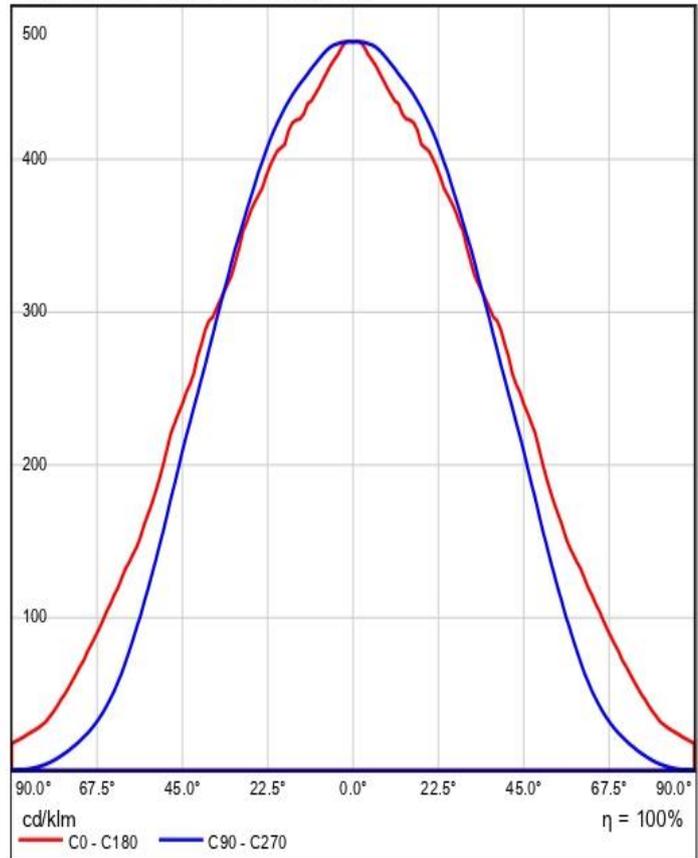


Ilustración 28: Emisión de luz en Cd/Klm

Fuente: Proveedor BEGHELLI con software DIALUX

### Emisión de luz 1 / Diagrama conico

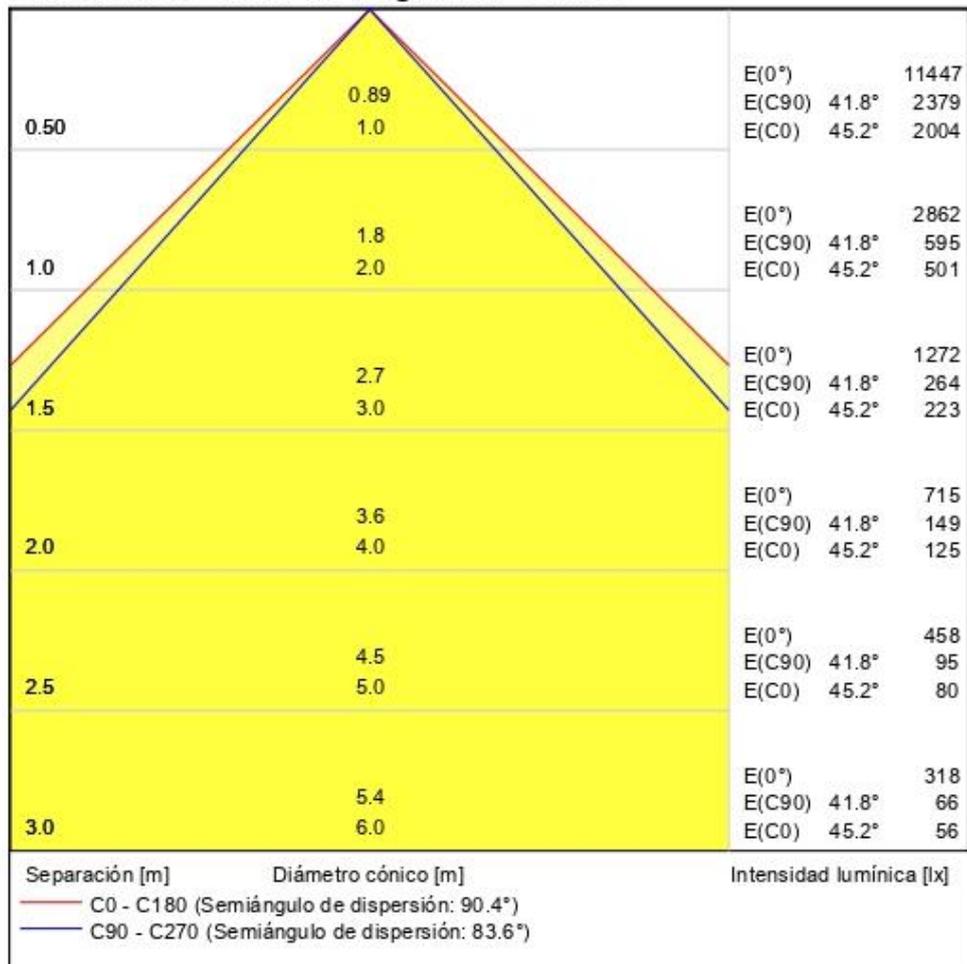
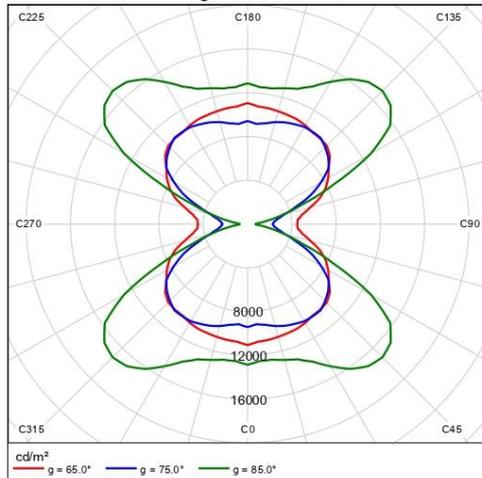


Ilustración 29: Emisión de luz/Diagrama cónico

Fuente: DIALUX

Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



Emisión de luz 1 / Diagrama UGR

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	21.0	22.1	21.3	22.4	22.7	19.4	20.6	19.7	20.9	21.1
	3H	22.3	23.4	22.6	23.7	24.0	19.8	20.9	20.2	21.2	21.5
	4H	22.9	23.9	23.2	24.2	24.5	19.9	20.9	20.2	21.2	21.5
	6H	23.3	24.2	23.7	24.6	24.9	19.8	20.8	20.2	21.1	21.5
	8H	23.5	24.4	23.9	24.7	25.1	19.8	20.7	20.2	21.1	21.4
12H	23.7	24.6	24.1	24.9	25.3	19.8	20.6	20.2	21.0	21.4	
4H	2H	21.4	22.4	21.8	22.8	23.1	20.2	21.2	20.6	21.5	21.9
	3H	23.0	23.9	23.4	24.2	24.6	21.0	21.8	21.4	22.2	22.6
	4H	23.8	24.5	24.2	24.9	25.3	21.2	22.0	21.6	22.4	22.8
	6H	24.4	25.0	24.8	25.4	25.9	21.3	21.9	21.7	22.4	22.8
	8H	24.6	25.2	25.1	25.7	26.1	21.3	21.9	21.7	22.3	22.8
12H	25.0	25.5	25.4	26.0	26.4	21.3	21.8	21.7	22.3	22.7	
8H	4H	24.1	24.7	24.5	25.1	25.6	21.9	22.5	22.4	23.0	23.4
	6H	24.9	25.4	25.4	25.9	26.4	22.4	22.9	22.9	23.3	23.8
	8H	25.3	25.8	25.9	26.3	26.8	22.5	22.9	23.0	23.4	23.9
	12H	25.8	26.2	26.3	26.7	27.2	22.5	22.9	23.1	23.4	24.0
	12H	4H	24.1	24.6	24.6	25.1	25.6	22.1	22.6	22.5	23.1
6H	25.1	25.5	25.6	26.0	26.5	22.7	23.1	23.2	23.6	24.2	
8H	25.6	25.9	26.1	26.4	27.0	23.0	23.4	23.5	23.9	24.5	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H	+0.3 / -0.4					+0.4 / -0.9					
S = 2.0H	+0.5 / -0.7					+0.9 / -1.5					
Tabla estándar	BK06					BK04					
Índice de corrección	8.1					4.6					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6000lm Flujo luminoso total											

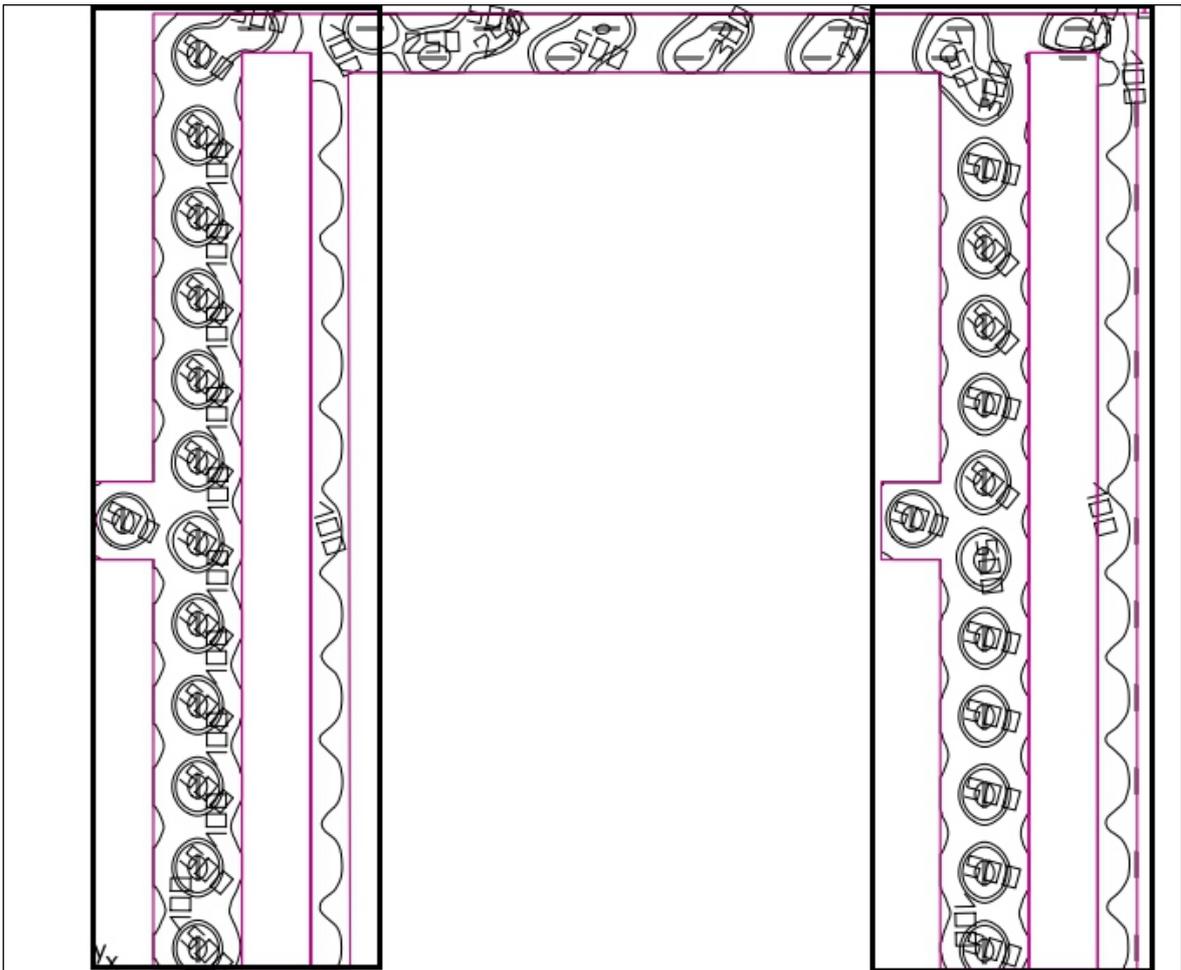
Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25

Ilustración 30: Diagrama de densidad lumínica

Fuente: DIALUX

Este punto es muy importante ya que al realizar el proyecto de iluminación se deseaba según normativas un mínimo de 300 lux pero al instalar este tipo de luminarias y ordenarlas de una manera eficaz, que nos ayude a cubrirlas con luminarias que se encuentran en almacén.

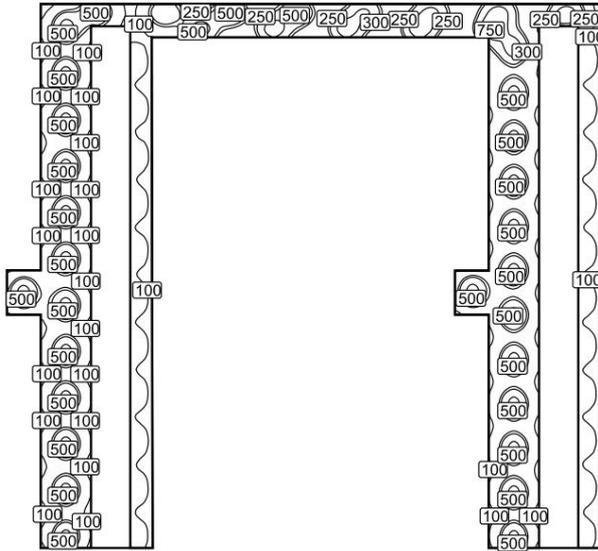
Pero al realizar el proyecto se tiene un total de 500 lux superando el índice de iluminación en lux y siendo favorable, esto se debe ya que las luminarias que se instalan tienen un recubrimiento adicional que mejora aún más la iluminación.



*Ilustración 31: Niveles de iluminación con Isolneas*

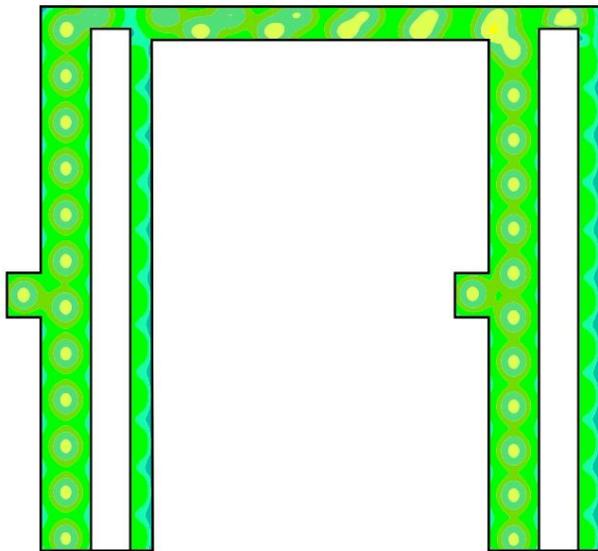
*Fuente: Diseño propio*

### Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 500

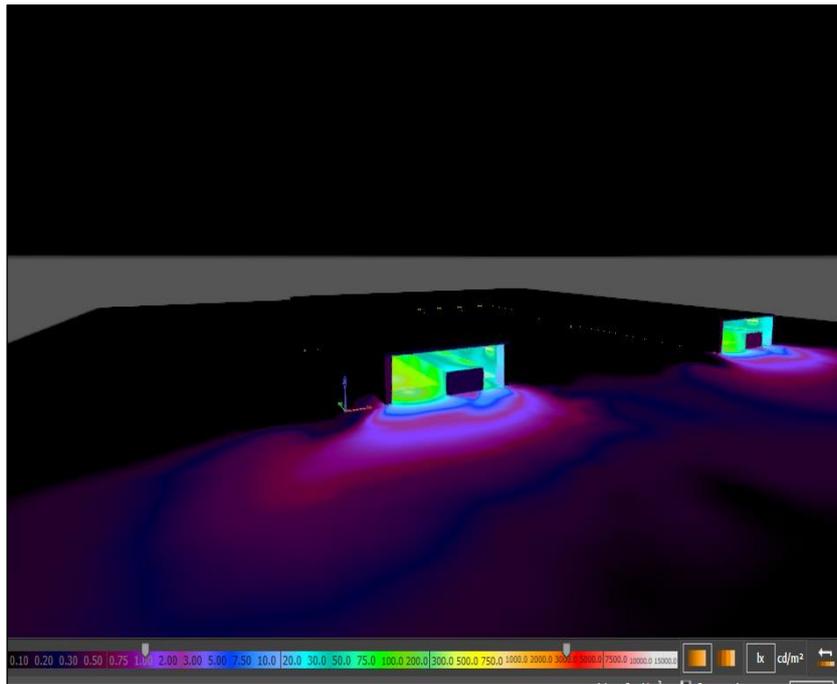
### Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 500

*Ilustración 32: Disposición de iluminación y colores falsos*

*Fuente: Diseño propio*



*Ilustración 33: Colores falsos en el túnel de faja transportadora*  
*Fuente: Diseño Propio*

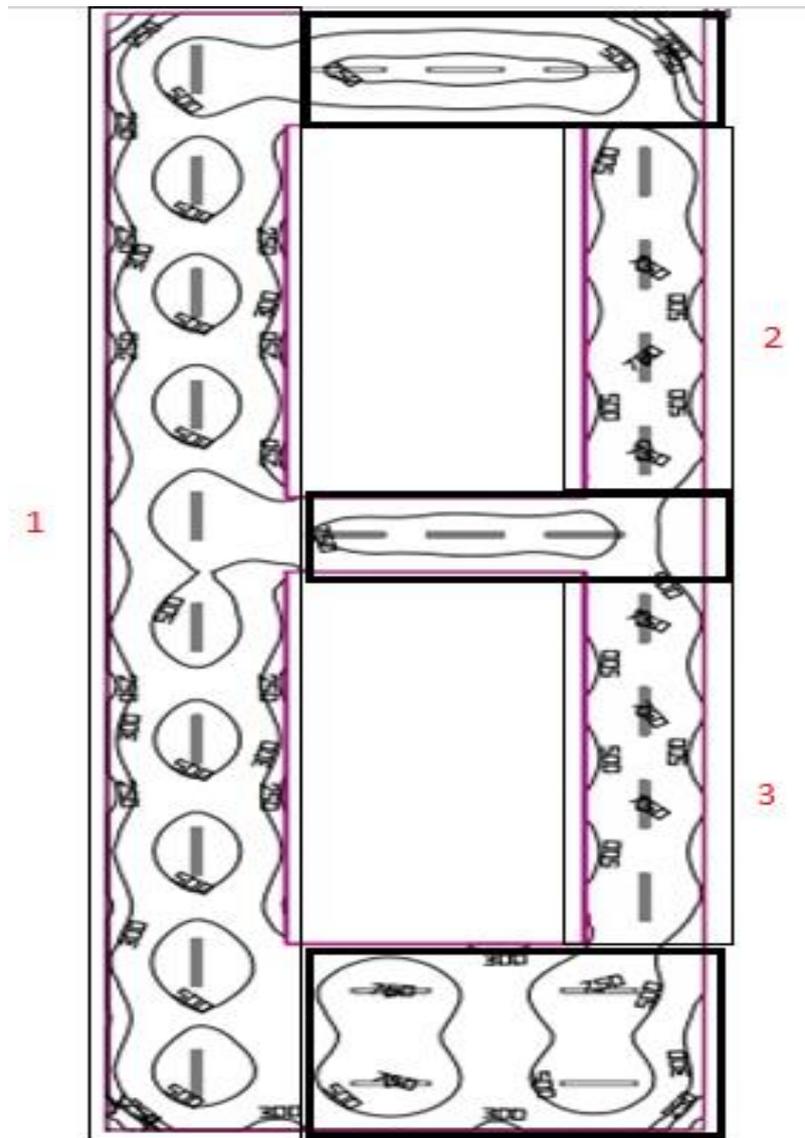


*Ilustración 34: Iluminación Real y plano de trabajo*  
*Fuente: Diseño Propio*

#### 4.1.8 DISEÑO DE ILUMINACIÓN EN APRON FEERER SEGUNDO NIVEL

El apron feerer es el segundo nivel del túnel de faja transportadora.

Se realiza la simulación en el software DIALUX, Tomando las medidas reales y se realiza el mismo procedimiento tomando en cuenta que existen partes en la iluminación que ya se encuentran instaladas, Es decir los 3 recuadros de color negro ya se cuenta con iluminación, entonces se procede a realizar el cálculo luminotécnico sobre las otras superficies.



*Ilustración 35: Áreas a iluminar apron feerer*

*Fuente: Propio*

### **PASO 1 (Recuadro 1)**

Se calcula los lúmenes que se necesita para el recuadro 1 y se coloca con 500 lux que se requiere según norma.

Área: 3x30 metros.

$$\phi t = \frac{500 * 3 * 30}{0,8 * 0.8}$$

$$\phi t = 70312 \text{ Lumenes}$$

Se calcula el número de luminarias.

$$\phi t = \frac{70312}{6000}$$

$$\phi t = 11 \text{ luminarias}$$

Según el cálculo manual se requiere un total de 11 luminarias en el primer rectángulo.

### **PASO 2 (Recuadro Nro. 2)**

En este punto se requiere 750 lux ya que existen trabajos que requiere un nivel de iluminación de 750 lux para realizar trabajos de manera natural, por los equipos que se manipulan.

Área: 2x10 metros.

$$\phi t = \frac{750 * 2 * 10}{0,8 * 0.8}$$

$$\phi t = 23437.5 \text{ Lumenes}$$

Luminarias que se requiere

$$N = \frac{\phi t}{\phi L}$$

$$N = \frac{23437,5}{6000}$$

$$N = 3.91 \text{ luminarias}$$

Se redondea a 4 luminarias para hacer una instalación eficaz.

### **PASÓ 3 (Recuadro 3)**

Al igual que en el recuadro número 2 en este punto también se requiere 750 lux ya que existen trabajos iguales a los del recuadro 2, es decir trabajos con equipos que requieren un nivel de iluminación de 750 lux.

Área: 2x10 metros.

$$\phi t = \frac{750 * 2 * 10}{0,8 * 0.8}$$

$$\phi t = 23437.5 \text{ Lumenes}$$

Luminarias que se requiere

$$N = \frac{\phi t}{\phi L}$$
$$N = \frac{23437,5}{6000}$$

$$N = 3.91 \text{ luminarias}$$

Se redondea a 4 luminarias para una instalación eficaz en iluminación

#### 4.1.9 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DEL APRON FEERER MEDIANTE EL SOFTWARE DIALUX

Se realiza la simulación del plano de trabajo de todo el Apron Feerer para verificar el nivel de iluminación y si realmente hemos sacado un cálculo cercano o igual al real o al que se pretende instalar.

apron feerer1111111111 16/06/2020

DIALux

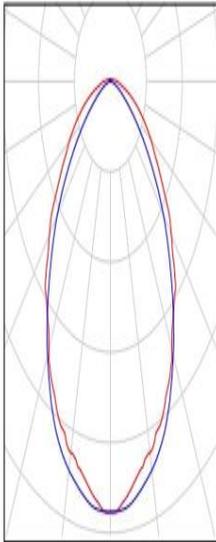
Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Lista de luminarias

---

### Local 1

---

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)
28	<p>Beghelli - A258ESD_20107 ACCIAIO Eco LED</p> <p>Emisión de luz 1</p> <p>Lámpara: 1xLED 6000</p> <p>Grado de eficacia de funcionamiento: 100%</p> <p>Flujo luminoso de lámparas: 6000 lm</p> <p>Flujo luminoso de las luminarias: 6000 lm</p> <p>Potencia: 58.0 W</p> <p>Rendimiento lumínico: 103.4 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas</p> <p>1xLED 6000: CCT 4000 K, CRI 80</p>



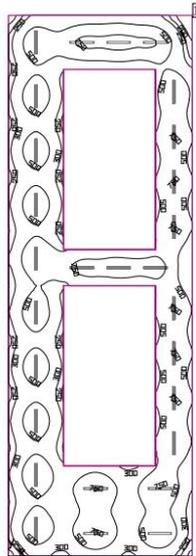
---

Flujo luminoso total de lámparas: 168000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 168000 lm, Potencia total: 1624.0 W, Rendimiento lumínico: 103.4 lm/W

*Ilustración 36: Equipo de iluminación BEGHELLI usado en apron feerer*

*Fuente: Proveedor BEGHELLI*

## Local 1



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 31.1%, Suelo 27.7%, Factor de degradación: 0.80

## Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (Local 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.500 m, Zona marginal: 0.000 m	508 (> 500)	129	883	0.25	0.15

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
28 Beghelli - A258ESD_20107 ACCIAIO Eco LED	6000	58.0	103.4
Suma total de luminarias	168000	1624.0	103.4

Potencia específica de conexión:  $5.41 \text{ W/m}^2 = 1.07 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superficie de planta de la estancia 300.00 m<sup>2</sup>)

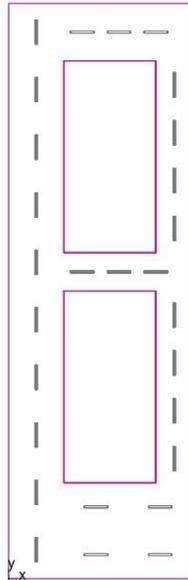
Consumo: 4450 kWh/a de un máximo de 10550 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

*Ilustración 37: Resultado de orden de luminarias y plano de trabajo*

*Fuente: Diseño propio en DIALUX*

## Plano útil (Local 1) / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)

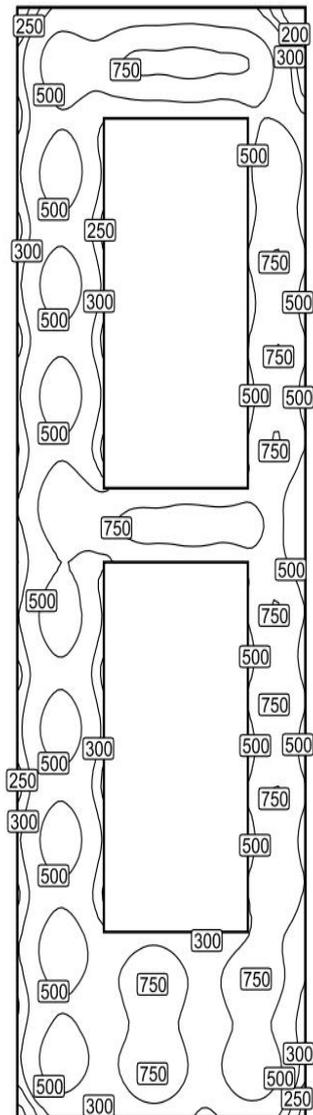


Plano útil (Local 1): Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)  
Escena de luz: Escena de luz 1  
Media: 508 lx (Nominal:  $\geq 500$  lx), Min: 129 lx, Max: 883 lx, MÍN./medio: 0.25, MÍN./máx.: 0.15  
Altura: 0.500 m, Zona marginal: 0.000 m

*Ilustración 38: Intensidad de iluminación perpendicular*

*Fuente: Diseño propio en DIALUX*

## Isolíneas [lx]

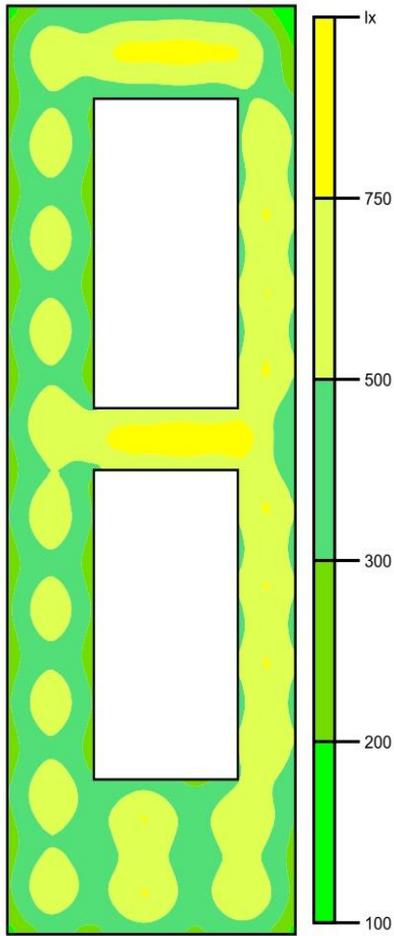


Escala: 1 : 200

*Ilustración 39: Resultado en isótopos del sistema de iluminación*

*Fuente; Diseño propio*

Colores falsos [lx]

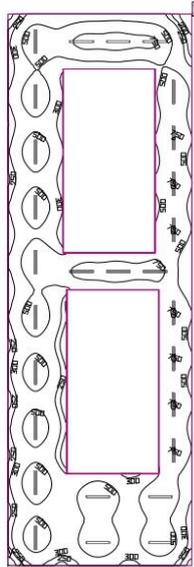


Escala: 1 : 200

*Ilustración 40: Colores falsos en apron feerer*

*Fuente: Diseño propio*

## Local 2



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 32.4%, Suelo 27.7%, Factor de degradación: 0.80

## Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (Local 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.500 m, Zona marginal: 0.000 m	507 ( $\geq 500$ )	147	885	0.29	0.17

#	Luminaria	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
28	Beghelli - A258ESD_20107 ACCIAIO Eco LED	6000	58.0	103.4
	Suma total de luminarias	168000	1624.0	103.4

Potencia específica de conexión:  $5.41 \text{ W/m}^2 = 1.07 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superficie de planta de la estancia  $300.00 \text{ m}^2$ )

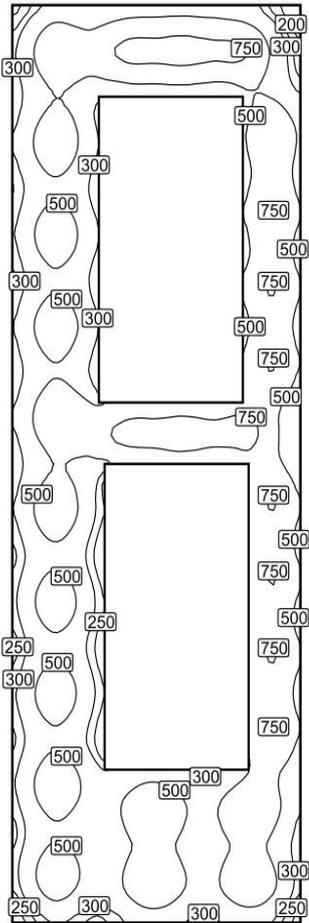
Consumo: 4450 kWh/a de un máximo de 10550 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

*Ilustración 41: Resultados Finales del sistema de iluminación*

*Fuente: Diseño Propio*

## Isolíneas [lx]

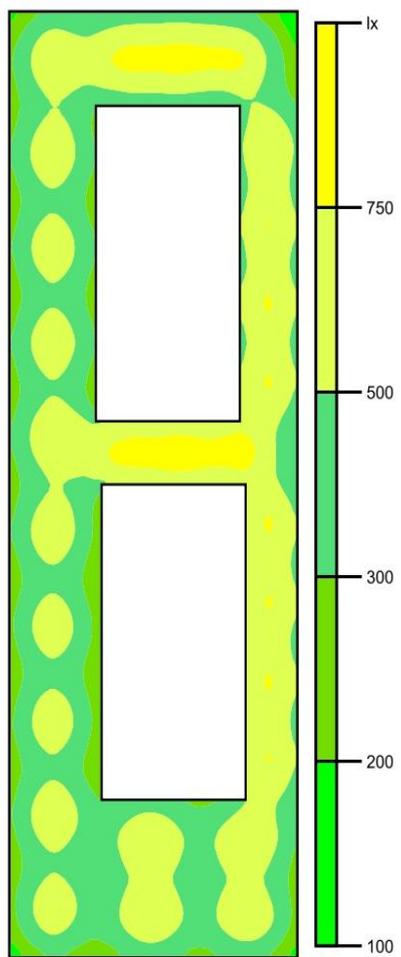


Escala: 1 : 200

*Ilustración 42: Resultado del local 2 en isolíneas*

*Fuente: Diseño propio*

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 200

Ilustración 43: Colores falsos en local 2 de apron feerer

Fuente: Diseño propio

#### 4.1.10 COSTOS EN ILUMINACIÓN

En este punto se realizara un análisis sobre el costo que tendrá el implementar el nuevo sistema de iluminación en nuestro túnel de faja transportadora para poder cubrir con lo que requiere el cliente.

*Tabla 20: Personal involucrado*

Personal		Pago en soles	
Personal técnico	Cantidad	Pago por día	Total en 10 días
Técnicos Electricistas	3	200	6000
Soporte técnico	1	190	1900
Técnicos en andamios	2	200	4000
Supervisor electricista	1	300	3000
Supervisor seguridad	1	300	3000
Subtotal en personal			17900

*Fuente: Propio*

*Tabla 21: Equipos para investigación de proyecto*

Equipos para investigación			
Ítem	Cantidad	Precio por día	Total en 10 días
Laptop	1	20	200
Impresora	1	10	100
Subtotal en equipos			300

*Fuente: Propio*

*Tabla 22: Transporte de personal*

Transporte de personal		
Ítem	Cantidad de viajes	Total en los 10 días
Arequipa- Cusco (Mina)	8	1
Cusco (Mina)- Arequipa	8	1
El costo de transporte de personal lo cubre la minera		

*Fuente: Propio*

Tabla 23: Material usado

Material usado			
Ítem	Cantidad	unidad en soles	Precio por paquete
Cintas aislantes	12	7	84
Llaves termo magnéticos	4	45	180
Brocas para concreto	6	15	90
Fire stop	3	30	90
Conectores de torsión	100	1,9	190
Rollo cable vulcanizado	1	350	350
Prensa Stop a 3/4"	70	6	420
Terminales para cable 14 AWG	100	0,1	10
Sub total de material			1414

Fuente: Propio

Equipos de iluminación usados			
Ítem	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
Luminarias Led BEGHELLI 58 watts	62	410	25830
Costo Total del Proyecto			45444

Fuente: Propio

La inversión total para nuestro nuevo sistema de iluminación será de un total de 45 444 nuevos soles

#### 4.1.11 CALIDAD EN ILUMINACIÓN

##### 4.1.11.1 CALIDAD DE ILUMINACIÓN EN TÚNEL DE FAJA TRANSPORTADORA

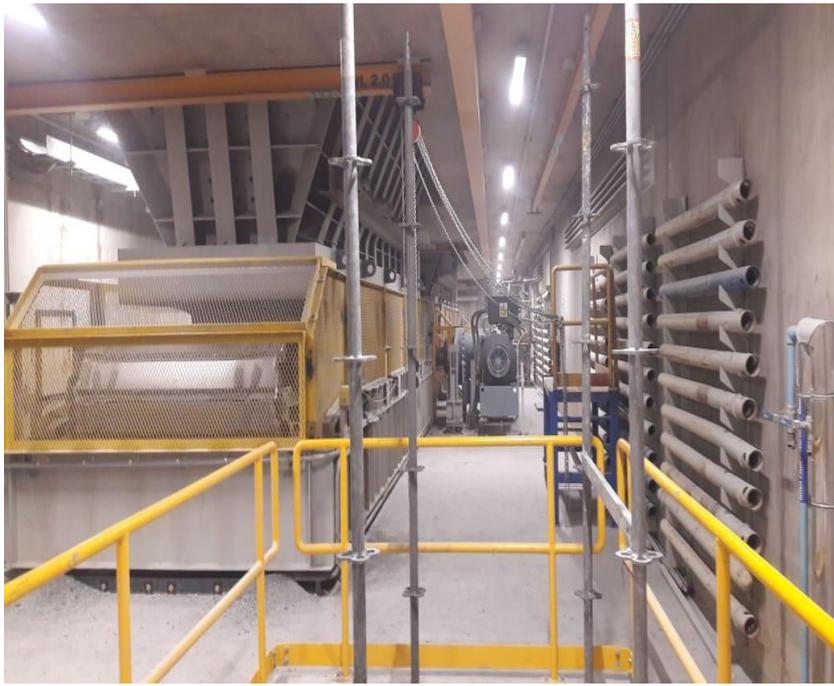
Con respecto a la calidad de la iluminación en el cual sacamos en nuestros cálculos y replicamos en nuestro software se ve reflejado en nuestro nuevo sistema iluminación en el túnel de faja transportadora, donde verificamos con ayuda de nuestro instrumento Luxómetro realizando la verificación de niveles de iluminación, nos entrega un resultado óptimo y en algunos casos superando los estándares que nos propusimos entre 500 lux hasta 510 lux en la zona de túnel de la faja transportadora primer nivel.



*Ilustración 44: Iluminación LED túnel de faja transportadora  
Fuente: Propio*

#### **4.1.11.2 CALIDAD DE ILUMINACIÓN EN APRON FEERER**

Con respecto a la calidad de la iluminación en el segundo nivel o APRON FEERER también realizamos nuestros cálculos y replicamos en nuestro software donde se ve reflejado en nuestro nuevo sistema iluminación en túnel segundo nivel APRON FEERER, donde verificamos con ayuda de nuestro instrumento Luxómetro y hacemos la verificación de niveles de iluminación, dándonos un resultado óptimo y deseado entre 510 lux en nuestro pasadizo y 750 a 760 lux en las zonas donde se requiere iluminación mayor por los equipos que se tienen en ese lugar.



*Ilustración 45: Iluminación LED APRON FEERER segundo nivel*

*Fuente: Propio*

#### **4.1.12 RESULTADOS FINALES**

##### **4.1.12.1 EN CONSUME DE CORRIENTES**

Al realiza el cuadro comparativo de consumo en tiempo real podemos darnos cuenta que: el consumo en amperaje de un sistema LED es ampliamente menor que al sistema de fluorescentes que se tenía.

Esto lo podemos observar de una manera más eficaz en la figura Nro. 44

*Tabla 24: Comparación de consumo en Amperaje*

Marca	Tipo	Potencia	Consumo en Amp	1er nivel total	2do nivel total	Consumo total de corriente
Philips	fluorescente hermético	2x 36watts	0,44 x2	31 Luminarias	30 luminarias	51,04
BEGHELLI	LED Hermético	1x58 watts	0.26 Amp	27 Luminarias	36 Luminarias	16,38

*Fuente: Diseño Propio en Excel*

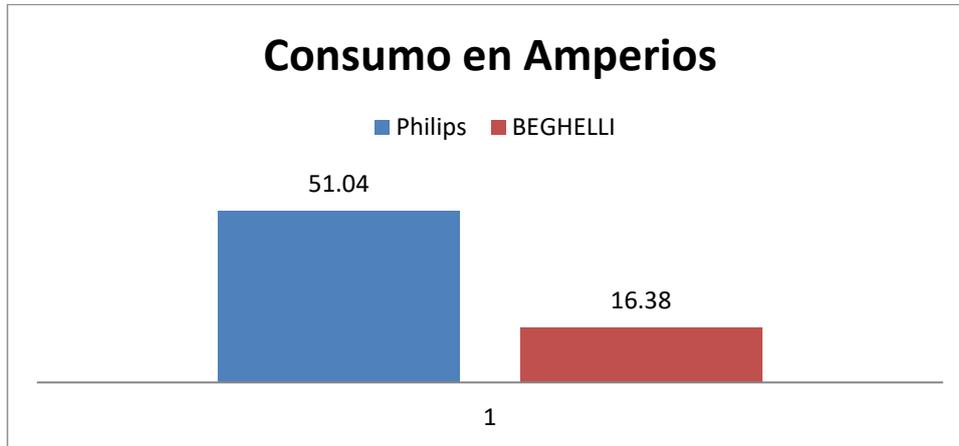


Ilustración 46: Comparación de consumo en Amperaje (beghelli muy eficiente)

Fuente: Diseño Propio en Excel

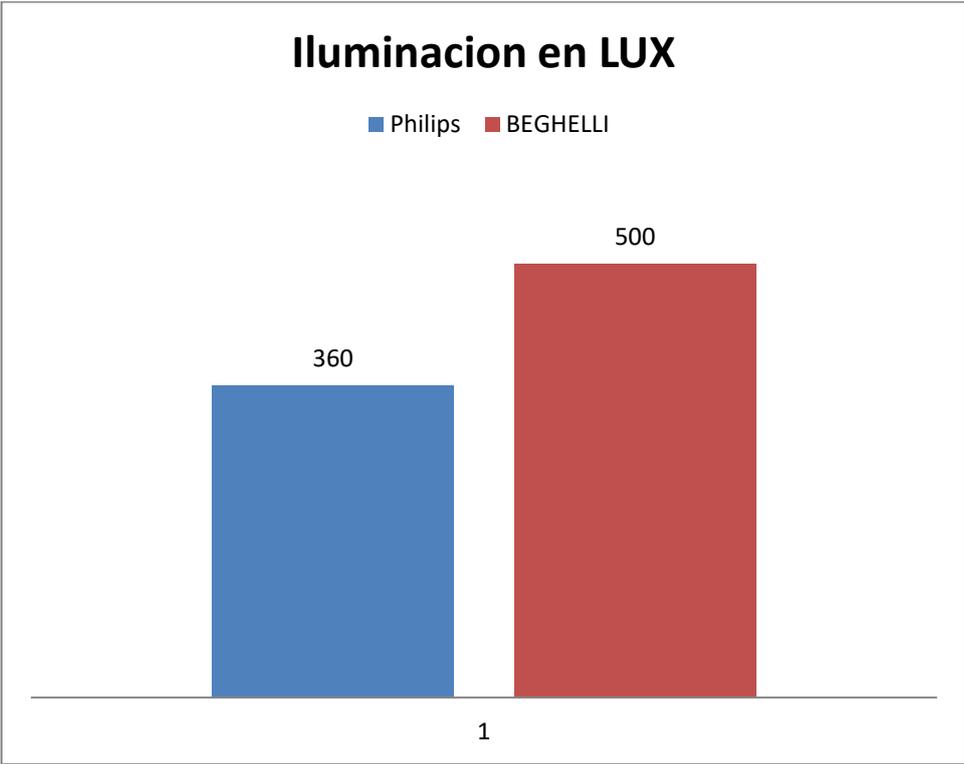
#### 4.1.12.2 RESULTADO FINAL EN ILUMINACIÓN EN LUX

Para nuestro sistema de iluminación en el túnel de faja transportadora y su Apron Feerer podemos observar lo siguiente, cuando realizamos una medida con nuestro instrumento Luxómetro, observamos lo que nos muestra la tabla de niveles de iluminación.

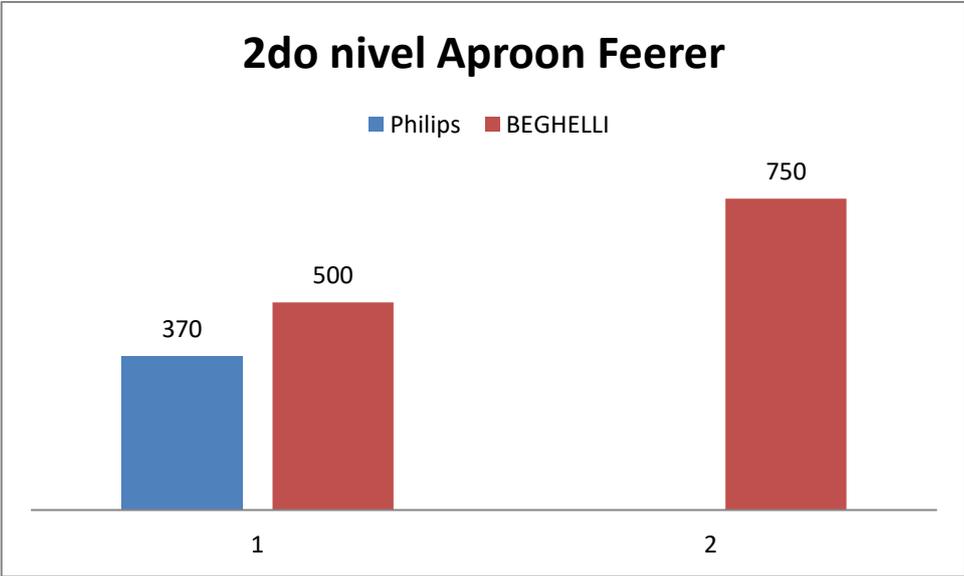
Tabla 25: Niveles de iluminación en LUX

Marca	Tipo	Potencia ACTUAL en Lumen	Potencia en lux Equipo Nuevo	1er nivel en Lux Medido con Luxómetro	2do nivel(Apron Feerer) en Lux	Angulo de trabajo
Philips	fluorescente hermético	5000	434	360	370	90°
BEGHELLI	LED Hermético	6000	521	500	500-750	90°

Fuente: Diseño Propio en Excel



*Ilustración 47: Iluminación en lux en túnel de faja transportadora  
Fuente: Diseño Propio en Excel*



*Ilustración 48: Iluminación en lux 2do Nivel (Apron Feerer)  
Fuente: Diseño Propio en Excel*

## 4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para realizar la comprobación de la hipótesis se realizara un proceso que nos permitirá entender si hemos elegido bien la optimización o simplemente si no se llegó a satisfacer la necesidad de optimizar

Este método se contempla usando la negación de nuestra hipótesis para realizar la comprobación.

H0: será nuestra hipótesis nula o la negación de la hipótesis que proponemos “no se logra la optimización en los túneles de faja transportadora de acuerdo a las normativas”

$$H0 \leq x$$

Donde

X= niveles de iluminación  $\leq 299$  LUX

H1: Se logra la optimización en los túneles de faja transportadora de acuerdo a las normativas.

$$H1 \geq x$$

Donde  $x = 300$  lux

Ahora

### **H1 es aceptado y probado**

Se interpreta esto de la siguiente manera: se logra realmente la optimización ya que cuando se realiza el proyecto, según la normativa nos pide un mínimo de 300 lux y esta va en aumento de acuerdo a las áreas y el trabajo que se realiza en dicha área, Donde al realizar la optimización si se lograra niveles de iluminación adecuados y aprobados por la normativa peruana.

Donde se lograra lo siguiente:

Se logró la iluminación adecuada respetando las normas técnicas.

Asimismo se realiza con éxito la optimización que brinda un nivel de iluminación adecuado y óptimo para realizar trabajos.

Tenemos como resultado final en todos nuestros cálculos efectuados de manera manual y haciendo uso del software, que nos entrega un resultado que coincide con nuestra hipótesis inicial el cual es de mejorar los niveles de iluminación.

Obtenemos resultados óptimos con nuestro sistema de iluminación de acuerdo a las áreas de trabajo.

Se realiza adecuadamente el arreglo de luminarias con su respectivo sistema de control adecuado para su control, el cual se tomó en cuenta las condiciones de trabajo a las que se someten nuestras nuevas luminarias LED.

Al realizar la medición con nuestro luxómetro, obtenemos un valor muy importante que es 500 y 750 lux de acuerdo al área de trabajo.

*Tabla 26: Mejora en iluminación*

Marca	Tipo	Potencia ACTUAL en Lumen	Potencia en lux Equipo Nuevo	1er nivel en Lux Medido con Luxómetro	2do nivel(Aprooon Feerer) en Lux	Angulo de trabajo
Philips	fluorescente hermético	5000	434	360	370	90°
BEGHELLI	LED Hermético	6000	521	500	500-750	90°

*Fuente: Diseño Propio en Excel*

*Tabla 27: Ahorro de energía*

Marca	Tipo	Potencia	Consumo en Amp	1er nivel	2do nivel	Consumo total de corriente
Philips	fluorescente hermético	2x 36watts	0,44 x2	31 Luminarias	30 luminarias	51,04
BEGHELLI	LED Hermético	1x58 watts	0.26 Amp	27 Luminarias	36 Luminarias	16,38

*Fuente: Diseño Propio en Excel*

#### 4.2.1 ANTES DE LA OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN



*Ilustración 49: Iluminación con fluorescentes*  
*Fuente: HUDBAY- Constanca*



*Ilustración 50: Iluminación con Fluorescentes*  
*Fuente: HUDBAY- Constanca*

#### 4.2.2 OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED



*Ilustración 51: Túnel de faja transportadora 1er nivel*

*Fuente: HUDBAY- Constanca*



*Ilustración 52: 2do Nivel Apron Feerer*

*Fuente: HUDBAY- Constanca*



*Ilustración 53: 2do Nivel Apron Feerer  
Fuente: HUDBAY- Constanca*

### 4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para realizar la calidad de nuestros resultados y de una manera objetiva para respaldar nuestro presente proyecto, diremos que:

Se debe de confiar en los resultados de nuestro proyecto sobre la optimización ya que mediante software y cálculos teóricos obtenemos resultados favorables en optimización, y cuando se realiza la implementación en el túnel y se toma las medidas con nuestro instrumento, también obtenemos el resultado que se propusieron de acuerdo a las normativas.

Se deberá tomar en cuenta la cantidad de luminarias que se tienen en almacén ya que si uno no considera esto, podría sobrepasar el presupuesto o simplemente no estaría de acuerdo a la realidad en campo.

Esto afectó ya que cuando realice el cálculo teórico nos decía que la cantidad de luminarias y los resultados eran distintos por que en teoría nos puede dar un resultado, pero en almacén tenemos una cantidad menor, pero para dar solución se tuvo que realizar algunos arreglos en el software.

Asimismo es posible su realización, y lo bueno de este software que se uso es que es de uso libre y es una gran herramienta.

Pero realizando un análisis de proyecto en sí se pueden aplicar en otros lugares, en mi caso realice la iluminación en un túnel, y excluyendo que sea túnel, los cálculos teóricos y uso del software es de uso libre para poder realizar más investigaciones similares en diferentes lugares, solo tendrían que tener en cuenta la normativa a la cual se rigen.

Cuando hablamos sobre nuestro proyecto y realizamos un análisis sobre otros proyectos que se realizaron, descubrimos que buscan lo mismo o se asemejan ya que todos los investigadores en iluminación desean optimizar la iluminación haciendo uso adecuado y correcto de la energía eléctrica.

Ahora concluido el proyecto y evaluándolo se ve que nos trajo un nuevo conocimiento: El uso de la iluminación es un factor muy importante con respecto a la visualización y confort para los trabajadores, ya que si hay una correcta iluminación, se evita enfermedades que provengan del factor iluminación.

Pero para ser objetivo hacemos el contraste de la hipótesis y de manera eficaz ya que mediante cálculos y resultados visibles, la hipótesis de optimizar la iluminación es correcta lográndose niveles de iluminación de acuerdo a la normativa peruana.

Viendo todos estos resultados nos preguntamos si son aceptados o no y nos respondemos que Se aceptan los resultados ya que cumplen la normativa peruana y brindan confort al trabajador, es por este motivo que, se realiza el proyecto en el túnel de faja transportadora y se logra ver los resultados.

Estudiando el tema de iluminación en túnel de faja transportadora surge la nueva idea de diseñar un sistema de iluminación acople a las actuales pero en sistema de iluminación de emergencia que pueda cubrir satisfactoriamente la iluminación, cuando se realice mantenimiento de las líneas o cuando simplemente no haya tensión para el encendido de la iluminación. (Anglas Urdánegui, 2017).

## CONCLUSIONES

Se logra en todo el proyecto una mejora total en iluminación, ahorro de energía, brindando confort y seguridad para los trabajadores que laboren en el túnel de faja transportadora.

El consumo de corriente eléctrica implica mucho en el consumo de potencia y por ende si el consumo de Energía eléctrica es alto, el precio a pagar será mayor, Se logra reducir el consumo de energía eléctrica de 61 luminarias fluorescentes con 51.04 amperios medidos en campo a 16.38 amperios con 63 luminarias LED.

Se logra desarrollar el proyecto con satisfacción lográndose la mejora en los sistemas de iluminación y haciendo uso eficiente de la energía aumentándose los niveles de iluminación con niveles en lux que nos pide las normativas peruanas y para el desarrollo óptimo de trabajos.

Se logra mejorar los niveles de iluminación en el túnel de faja transportadora de 360 lux a 500 lux a tiempo real, apropiado para el tipo de trabajo que se realiza lográndose mejorar los niveles de iluminación, ahora en túnel de faja transportadora segundo nivel se mejora de 370 lux a 500 y 750 lux respectivamente según el trabajo que se realiza en el área.

Se diseñó un diagrama eléctrico para la alimentación modificándose el tablero que se tenía para la iluminación optimizándose para el funcionamiento adecuado.

Se logró realizar un arreglo de luminarias adecuado de acuerdo a cálculos y apoyándonos del software DIALUX.

Se demuestra que el software DIALUX es una herramienta excelente para poder hacer la correcta selección de luminarias con especificaciones que nosotros como usuario colocamos, y simulando el nuevo sistema de iluminación observamos las mejoras y la eficiencia que nos entrega el nuevo sistema de iluminación.

Se elige correctamente el tipo de luminaria a instalar ya que está diseñado para soportar ambientes rudos ofreciéndonos confiabilidad del sistema de iluminación LED.

Se verifica que se hace un uso adecuado de las luminarias, ya que al usar el sistema LED se verifica que es amigable con el ambiente y asimismo son equipos ahorradores por ser A++ , y se ve el ahorro de energía al ver el consumo total de corriente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGLAS URDÁNEGUI, Z.D., 2017. Manual Autoformativo, seminario de investigación de tesis II. ,
- CASTILLA, N.C., 2015. Iluminación artificial en los espacios docentes. *Psychology Applied to Work: An Introduction to Industrial and Organizational Psychology, Tenth Edition Paul*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.
- CASTRO GUAMAN, M.P. y MURILLO POSLIGUA, N.C., 2015. *Diseño De Iluminación Con Luminarias Tipo Led Basado En El Concepto Eficiencia Energética Y Confort Visual, Implementación De Estructura Para Pruebas*. S.l.: s.n.
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 72, 2003. Une-En 12464-1. , pp. 1-43.
- DAVILA TRIGOZO, M., 2018. "Sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales, 2018". *Universidad César Vallejo*,
- GONZÁLEZ GÓMEZ, E., 2006. Guía básica de conceptos de radiometría y fotometría. *Campos electromagnéticos - Óptica*, pp. 1-41.
- HURTADO RODRIGO, J., 2017. Análisis Técnico – Económico Para La Optimización Del Sistema De Iluminación De La Av. Mártires 4 De Noviembre Aplicando Luminarias Con Tecnología Led. *Tesis.*,
- INACAL, 2018. Intensidad Luminosa. ,
- ISEM, 2019. Iluminación: condiciones necesarias para el confort visual Iluminación: condiciones necesarias para el confort visual. [en línea]. [Consulta: 19 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/iluminacion-condiciones-necesarias-para-el-confort-visual/>.
- JESSICA I. MONTERO SOTO, 2015. Mala iluminación afecta la salud en el lugar de trabajo - El Financiero. [en línea]. [Consulta: 22 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.elfinancierocr.com/gerencia/mala-iluminacion-afecta-la-salud-en-el-lugar-de-trabajo/4ZWWJ6YJVJDA7MQCT43LK7Q5WE/story/>.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS/ DGE, 2013. Dirección General De Electricidad Reglamento De Seguridad Y Salud. , vol. 2013, pp. 1-58.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2017. Reglamento De Seguridad Y Salud Ocupacional En Minería, Aprobado Por Decreto Supremo N° 023-2017-Em. *El*

- Peruano*, pp. 56.
- MINISTERIO DE SALUD, 2007. Proyecto de reglamento de condiciones de iluminación en ambientes de trabajo. [en línea], pp. 16. Disponible en: <ftp://ftp2.minsa.gob.pe/docconsulta/documentos/digesa/ProyReglamentolluminacion.pdf>.
- OFTALVIST, 2020. El sentido de la vista: Definición, partes y funcionamiento. [en línea]. [Consulta: 19 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.ofthalmist.es/blog/sentido-de-la-vista/>.
- OMEGA, E., 2016. How Bright is it? Shining a Light on Intensity Measurement. *Omega* [en línea], no. 800.826.6342, pp. 2. Disponible en: [http://mx.omega.com/technical-learning/pdfs/HowBrightIsIt\\_ShiningALight\\_WhitePaper.pdf](http://mx.omega.com/technical-learning/pdfs/HowBrightIsIt_ShiningALight_WhitePaper.pdf).
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 1964. Convenio Internacional del Trabajo Nro 120. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE*, no. 84 m, pp. 641-645.
- PORTUGUÈZ SALGADO FERNANDO, 2014. Metodología de optimización de instalaciones de alumbrado en túneles. , no. lmd, pp. 46-52.
- REGLAMENTO NACIONAL EDIFICACIONES, 2006. RNE p. 238-243-244-297. [en línea], pp. 297. Disponible en: <http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>.
- RESTREPO, E., 2018. ILUMINACIÓN. *El torso de Venus*. S.l.: s.n.,
- RIIHIMÄKI, HILLKKA; VIIKARI-JUNTURA, E., 2001. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, vol. 6, pp. 1-40. ISSN 20101080.
- SERRANO-TIERZ, A., MARTÍNEZ-ITURBE, A., GUARDDON-MUÑOZ, O. y SANTOLAYA-SÁENZ, J.L., 2015. Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *DYNA (Colombia)*, vol. 82, no. 191, pp. 231-239. ISSN 00127353. DOI 10.15446/dyna.v82n191.45442.
- Tipos de Visión — EVOLUX Lighting Co. LED Made in Chile. [en línea], 2020. [Consulta: 18 mayo 2020]. Disponible en: <https://evolux.cl/visin-fotpica>.
- UPC, 2019. Curso de iluminación. [en línea]. [Consulta: 22 mayo 2020]. Disponible en: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz.php>.

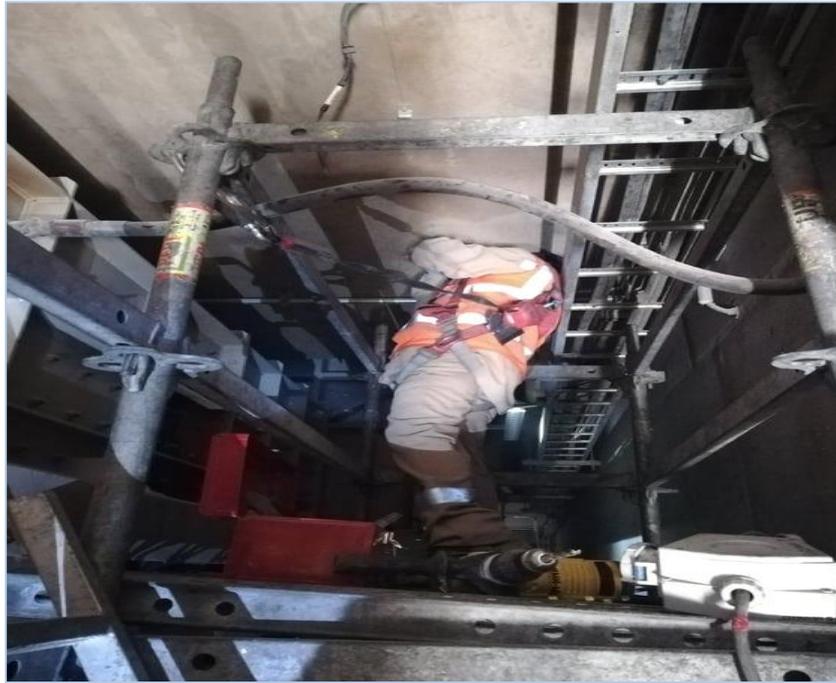
## ANEXOS



*Ilustración 54: Realizando trabajo de calibración de iluminación*  
*Fuente: Propio*



*Ilustración 55: Proyecto en marcha*  
*Fuente: Propio*



*Ilustración 56: Proyecto en marcha*

*Fuente: Propio*



*Ilustración 57: Iluminación LED*

*Fuente: Propio*



*Ilustración 58: Proyecto en marcha*

*Fuente: Propio*



*Ilustración 59: Proyecto en marcha*

*Fuente Propia*