

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



TESIS

**“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS LED TIPO LFS EN LA
EFICIENCIA LUMÍNICA DE UN CENTRO COMERCIAL RETAIL,
SALA DE VENTAS”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

AUTOR:

Bach. JHONATHAN JESUS CASTRO ROJAS

ASESOR:

Mg. Ing. EDGAR DEL AGUILA VELA

Callao, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	Tesis Final- Jhonathan Castro-Diciembre 2022 (1).pdf (D154579437)
Submitted	2022-12-28 04:41:00
Submitted by	JUAN GRADOS GAMARRA
Submitter email	fiee.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	8%
Analysis address	fiee.investigacion.unac@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS BEXI Y ROXANA final 25 de oct 2018 para revision.docx Document TESIS BEXI Y ROXANA final 25 de oct 2018 para revision.docx (D43133799)		1
SA	PROYECTO VICTOR BRAVO VERA.pdf Document PROYECTO VICTOR BRAVO VERA.pdf (D24392018)		1
SA	1568305790_Proyecto integrador Garcia-Chavez.pdf Document 1568305790_Proyecto integrador Garcia-Chavez.pdf (D55529142)		2
SA	Tesis Diseño de Sistema de iluminación_Carlos Puchaicela final.pdf Document Tesis Diseño de Sistema de iluminación_Carlos Puchaicela final.pdf (D138690460)		1
SA	Calculos Luminotecnicos Dialux para Luz Artificial.pdf Document Calculos Luminotecnicos Dialux para Luz Artificial.pdf (D46045730)		11
SA	DISEÑO DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DEL GADMCE - Corrección.pdf Document DISEÑO DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DEL GADMCE - Corrección.pdf (D24435333)		8

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA TESIS "IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS LED TIPO LFS, EN LA EFICIENCIA LUMÍNICA DE UN CENTRO COMERCIAL RETAIL, SALA DE VENTAS" PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA AUTOR: JHONATHAN JESUS CASTRO ROJAS Callao, diciembre del 2022 PERÚ HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN PRESIDENTE: Mg. Ing. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE SECRETARIO: Mg. Ing. CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA VOCAL: Mg. Ing. ERNESTO RAMOS TORRES ASESOR: Mg. Ing. CIP EDGAR DEL ÁGUILA VELA
DEDICATORIA Dedico este trabajo a mis padres, por brindarme educación y apoyo incondicional durante mi etapa universitaria, siempre fueron mi motor y motivo para seguir adelante.

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD
DE TESIS SIN CICLO DE TESIS

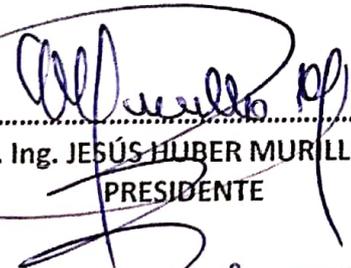
A los 15 días del mes de mayo del 2023 siendo las 10:00 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Calla, (Res. Resolución Decanal N° 065-2023-DFIEE)

Mg. Ing. JESÚS HUBER MURILLO MANRIQUE	Presidente
Mg. Ing. CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA	Secretario
Mg. Ing. ERNESTO RAMOS TORRES	Vocal

Con el fin de dar inicio a la exposición de Tesis del señor Bachiller **CASTRO ROJAS JHONATHAN JESUS**; quien habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional de Ingeniería Electrónica tal como lo señalan los Arts. N° 12 al 15 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentará la Tesis Titulada **"IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS LED TIPO LFS EN LA EFICIENCIA LUMÍNICA DE UN CENTRO COMERCIAL RETAIL, SALA DE VENTAS"**, con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en los Art. N° 14 y 17 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 047-92-CU, en el Capítulo N° 06, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por APROBADO Calificativo BUENO nota: 14 al expositor **CASTRO ROJAS JHONATHAN JESUS**; con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las..... horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 219 Del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.


.....
Mg. Ing. JESÚS HUBER MURILLO MANRIQUE
PRESIDENTE


.....
Mg. Ing. CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA
SECRETARIO


.....
Mg. Ing. ERNESTO RAMOS TORRES
VOCAL

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE: Mg. Ing. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE

SECRETARIO: Mg. Ing. CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA

VOCAL: Mg. Ing. ERNESTO RAMOS TORRES

ASESOR: Mg. Ing. CIP EDGAR DEL ÁGUILA VELA



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por brindarme educación y apoyo incondicional durante mi etapa universitaria, siempre fueron mi motor y motivo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a mis padres por guiarme y brindarme consejos de vida que de una u otra forma influyeron en la toma de mis decisiones, por inculcarme valores y enseñarme a ser una mejor persona.

También agradecer a los especialistas en iluminación, Miguel Sánchez y Arturo Gutiérrez, por los consejos de vida y por trasmitirme los conocimientos para comprender la ingeniería de iluminación y la programación de trabajos en los sistemas de alumbrado.

En este listado de agradecimientos también quiero incluir a mis hermanos Yajaira Castro y Ronald Castro, quienes me motivaron y apoyaron para realizar este trabajo.

Por último, agradecer a mi actual mentor, amigo y apoyo Eddy Tintayo por darme la oportunidad de formar parte de su equipo y por los consejos de vida que me brindó para seguir con mi formación profesional.

Finalmente, este agradecimiento va dirigido a mí asesor, el Ing. Edgar Del Aguila Vela por apoyarme con sus observaciones para que este trabajo sea bien estructurado.

ÍNDICE

CARÁTULA

PÁGINA DE RESPETO

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE.....	1
TABLAS DE CONTENIDO	5
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I.- PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.1. Identificación del problema	12
1.2. Formulación del problema	13
1.2.1. Problema General.....	13
1.2.2. Problemas Específicos	14
1.3. Objetivos de la investigación	14
1.3.1. Objetivo general.....	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Justificación.....	14
1.5. Importancia.....	15
II.- MARCO TEÓRICO.....	17
2.1.- Antecedentes del estudio	17
2.1.1.- Referencias en el estado del arte.....	18
2.2.- Marco teórico.....	21
2.2.1.- Conceptos fuera de Variable.....	21

2.2.1.1.-Teoría del Led.....	21
2.2.1.2.-Centro comercial.....	22
2.2.1.3.-Modelamiento matemático del Led	23
2.2.1.4.-Módulo Led	33
2.2.2.- Conceptos y constructos dentro de variables.....	34
2.2.2.1.-Módulos led tipo LFS	34
2.2.2.2.-Eficiencia lumínica de un centro comercial retail	37
2.2.2.3.-Flujo luminoso.....	37
2.2.2.4.-Curva fotométrica	37
2.2.2.5.-Luminaria eficiente, de ahorro energético y bajo deslumbramiento	39
2.2.2.6.-Luminaria de uso versátil y dimable.....	39
2.2.3.- Normativo.....	40
2.2.3.1.-Local	40
2.2.3.2.-Supranacional	42
2.2.4.- Requerimientos esenciales en la implementación de módulos LED tipo LFS.....	44
2.2.5.- Evaluación casuística.....	45
2.2.5.1.-Técnico económico.....	45
2.2.5.2.-Impacto y huella ambiental.....	48
2.3.-Definición de términos básicos.....	49
2.3.1.-Flujo luminoso (Lumen).....	49
2.3.2.-Intensidad luminosa (Cd).....	49
2.3.3.-Iluminancia (Lux).....	49
2.3.4.-Luminancia (Cd/m ²).....	49
2.3.5.-Deslumbramiento.....	49
2.3.6.-Eficacia luminosa	49

2.3.7.-Depreciación lumínica.....	49
2.3.8.-Driver.....	50
2.3.9.-Retail.....	50
2.3.10.- Temperatura de color.....	50
2.3.11.- Índice de reproducción cromática (CRI).....	51
2.3.12.- Luz.....	52
III.- VARIABLES E HIPÓTESIS	53
3.1.-Variables de la investigación.....	53
3.1.1.-Variable independiente	53
3.1.2.-Variable dependiente	53
3.2.-Operacionalización de variables	53
3.2.1.-Indicadores.....	53
3.3.-Hipótesis general e hipótesis específica	54
3.3.1.-Hipótesis general	54
3.3.2.-Hipótesis específicas.....	54
IV.- METODOLOGÍA	55
4.1.-Tipo de investigación.....	55
4.2.-Diseño de la investigación.....	55
4.3.-Población y muestra.....	55
4.3.1.-Población.....	55
4.3.2.-Muestra.....	57
4.4.-Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
4.5.-Procedimientos de recolección de datos.....	58
4.6.-Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	67
V.- RESULTADOS	69

5.1.-Prototipo de luminaria	69
5.1.1.-Luminaria con módulos LFS 2x26.7W	69
5.1.2.-Luminaria con módulos LFS 4x26.7W	71
5.2.-Resultados de renderización	74
5.2.1.-Distribución con luminaria tubo LED existente 33W, 3550 lm, 220V.	74
5.2.2.-Distribución con módulos Led LFS 26.7W, 4000 lm, 220V	77
5.3.-Instalación de fila de lámparas led LFS 2x26,7W.....	84
5.4.-Protocolo de funcionamiento de luminarias led LFS 2x26,7W.....	89
VI.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
6.1.-Contrastación de hipótesis con los resultados	90
6.2.-Validación de la hipótesis.....	94
6.3.-Evaluación económica y pérdidas de energía en el alimentador	106
6.3.1.-Costo de suministro de luminarias proyectadas y existentes.....	106
6.3.2.-Costos de reposición según vida útil.	107
6.3.3.-Consumo de energía para un periodo de evaluación.	108
6.3.4.-Pérdidas de potencia y energía	109
6.3.5.-Retorno de inversión.....	110
VII.- CONCLUSIONES	111
VIII.- OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
IX.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS.....	117

TABLAS DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles de iluminación, UGR y uniformidad	42
Tabla 2: Datos de la evaluación casuística – Resultados comparativos	47
Tabla 3: Costo de luminaria tubo LED existente	60
Tabla 4: Evaluación técnica de módulos según fotometría.....	67
Tabla 5: Evaluación del costo de la luminaria Led LFS 4x26.7W	72
Tabla 6: Evaluación del costo de la luminaria Led LFS 2x26.7W	73
Tabla 7: Evaluación técnica económica sistema iluminación Módulo Led LFS	90
Tabla 8: Evaluación técnica económica sistema iluminación luminaria existente	91
Tabla 9: Tiempo de vida tubo Led existente 25000 horas	92
Tabla 10: Tiempo de vida modulo led tipo LFS proyectado 50000 horas.....	92
Tabla 11: Lámparas a reemplazar en el periodo de un año.....	93
Tabla 12: Muestras del diseño con luminarias e indicadores.....	97
Tabla 13: Lámparas con niveles verticales de iluminación promedio	100
Tabla 14: Lámparas con niveles horizontales de iluminación promedio.....	103
Tabla 15: Costo de suministro luminarias proyectadas	106
Tabla 16: Costo de suministro luminarias existentes.....	106
Tabla 17: Costos de reposición vida útil.....	107
Tabla 18: Consumo de energía para un periodo de un año, luminarias proyectadas	108
Tabla 19: Consumo de energía para un periodo de un año, luminarias existentes	108
Tabla 20: Perdida de potencia y energía en el alimentador principal, luminarias proyectadas .	109

Tabla 21: Perdida de potencia y energía en el alimentador principal, luminarias existentes	109
Tabla 22: Suma de gastos en pérdidas de energía, gastos de reposición según vida útil y consumo de energía en el periodo de un año	110
Tabla 23: Retorno de inversión	110

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Inyección de portadores en una unión	24
Figura 2: Unión p-n directamente polarizada.	25
Figura 3: Diagrama E-k para las bandas de valencia y conducción	26
Figura 4: Potencia de salida del LED.	28
Figura 5: Características i_D/V_D y máxima disipación de potencia permisible.	29
Figura 6: Ciclo de trabajo y corrientes de pico y promedio en un tren de pulsos.....	31
Figura 7: Intensidad luminosa relativa y eficiencia.	32
Figura 8: Espectro de salida típico de un LED	33
Figura 9: Dispositivo Led	33
Figura 10: Módulos Led	34
Figura 11: Módulo Led Tipo LFS.....	35
Figura 12: Componentes del módulo Led Tipo LFS	36
Figura 13: Conector eléctrico y mecánico	36
Figura 14: Curva fotométrica de una luminaria puntual.....	38
Figura 15: Curva fotométrica módulo Led LFS	38
Figura 16: Distribución de luminarias en simulación área almacén.....	45
Figura 17: Vista en 3D.....	45

Figura 18: Fotometría LFS	46
Figura 19: Fotometría HB.....	47
Figura 20: Temperatura de color de luminarias puntuales	50
Figura 21: Curva de luz visible respecto a la longitud de onda.....	51
Figura 22: Longitud de onda de la luz visible	52
Figura 23: Plano de arquitectura actual de la sala de ventas de la muestra	59
Figura 24: Fotometría de luminaria tubo LED existente (1.2m, 33W).....	59
Figura 25: Características técnicas de luminaria tubo LED existente	60
Figura 26: Costo de energía eléctrica por kW.h	61
Figura 27: Niveles de iluminación requeridos de la muestra	62
Figura 28: Datos técnicos módulo Led LFS.....	63
Figura 29: Conector eléctrico	64
Figura 30: Conector mecánico.....	64
Figura 31: Driver 70W Helvar.....	65
Figura 32: Diagrama de conexión Driver 70W Helvar	65
Figura 33: Certificación de Chip Led del módulo LFS	66
Figura 34: Diagrama de flujo del plan de análisis y procesamiento de datos.....	68
Figura 35: Esquema de prototipo de luminaria 2.4m LFS 2x26.7W.....	69
Figura 36: Vista frontal prototipo de luminaria 2.4m LFS 2x26.7W	70
Figura 37: Vista 3D prototipo de luminaria 2.4m LFS 2x26.7W	70
Figura 38: Esquema de prototipo de luminaria 2.4m LFS 4x26.7W.....	71
Figura 39: Vista frontal prototipo de luminaria LFS 4x26.7W	71
Figura 40: Vista 3D prototipo de luminaria LFS 4x26.7W	72

Figura 41: Característica de luminaria existente.....	74
Figura 42: Distribución de luminarias existentes	74
Figura 43: Distribución de luminarias existentes Vista 3D	75
Figura 44: Listado de luminarias existentes, flujo luminoso y eficiencia total	75
Figura 45: Simulación 3D con colores falsos de luminarias existentes.....	76
Figura 46: Características de módulos Led LFS usados en la investigación.....	77
Figura 47: Vista en planta distribución de módulos Led LFS.	78
Figura 48: Listado de luminarias tipo LFS, flujo luminoso y eficiencia total.	78
Figura 49: Distribución de módulos Led LFS Vista 3D.....	79
Figura 50: Distribución luminosa módulos simétricos Led LFS vista 3D	80
Figura 51: Distribución luminosa módulos asimétricos Led LFS vista 3D.....	80
Figura 52: Superficies de cálculo.....	81
Figura 53: Muestras de resultados de superficies de cálculo horizontal y vertical.....	81
Figura 54: Simulación del observador UGR (deslumbramiento)	82
Figura 55: Simulación 3D con colores falsos de luminarias LFS.....	82
Figura 56: Intervalos de iluminancias en colores falsos de la simulación módulos LFS	83
Figura 57: Fila de luminarias de la muestra a instalar	84
Figura 58: Conector eléctrico modulos led LFS 2x26,7W, conector WAGO y riel de unión entre luminarias.....	84
Figura 59: Conector mecánico módulos led LFS 2x26,7W.....	85
Figura 60: Driver 70 W de la lámpara con opción DALI.....	85
Figura 61: Luminaria con módulos led LFS 2x26,7W	86
Figura 62: Instalación de nuevas luminarias módulos led LFS 2x26,7W	86

Figura 63: Conexionado de primer tramo de luminarias módulos led LFS 2x26,7W	87
Figura 64: Conexionado de cada luminaria módulo led LFS 2x26,7W	87
Figura 65: Iluminación perimetral con luminarias led LFS.....	88
Figura 66: Comparativo luminarias led LFS 2x26,7 (Izquierda) vs luminarias tubos led 2x33W existentes (derecha).....	88
Figura 67: Protocolo de funcionamiento de fila de luminarias instalados.....	89
Figura 68: Plano población de lámparas con módulos LFS obtenidos en los resultados de renderización.....	95

RESUMEN

En la presente investigación “IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS LED TIPO LFS, EN LA EFICIENCIA LUMÍNICA DE UN CENTRO COMERCIAL RETAIL, SALA DE VENTAS “ es del tipo aplicativo experimental y con un enfoque cuantitativo, y se abordó los conceptos de implementación con nuevas tecnologías de módulos led tipo LFS para el cual fue diseñado una luminaria de alta eficiencia lumínica y versátil en la presente investigación, el cual es para la proyección en el sistema de iluminación en la sala de ventas de un centro comercial Retail. La finalidad fue aportar soluciones técnicas, eficientes y de diseño óptimo en la ingeniería eléctrica que nos permitió optimizar el funcionamiento de un nuevo sistema de iluminación de línea continua para suspender, frente a los equipos Led convencionales (tubos led) utilizados en materia de especificación y selección de las luminarias. Cabe mencionar que los fabricantes y/o diseñadores casi siempre dirigieron la producción de sus equipos de iluminación Led bajo un criterio de costo-beneficio, esto; debido en parte a que ellos asumen los altos costos de investigación, sin embargo es ahí donde se realizó la propuesta de mejora y perfeccionamiento de estos equipos, ya que la labor diaria nos permitió observar el desempeño real de un sistema o equipo específico, como hallar el origen de las fallas (desgaste o fallas de diseño), ambiente a instalar (altura, temperatura de color , tipo de ambiente a iluminar) y acciones mecánicas inapropiadas (manipulación, vibraciones, instalación deficiente, etc.), debido a estas y otras problemáticas se ha desarrollado esta tesis, en la cual se muestran los resultados finales con el prototipo propuesto, simulación con renderización (software), evaluación técnico económica con retorno de inversión y evaluación económica el cual se muestra a continuación.

ABSTRACT

In the present investigation "IMPLEMENTATION OF LED MODULES TYPE LFS, IN THE LIGHTING EFFICIENCY OF A RETAIL SHOPPING CENTER, SALES ROOM" is of the experimental application type and with a quantitative approach, and the concepts of implementation with new led module technologies were addressed. LFS type for which a high light efficiency and versatile luminaire was designed in the present investigation, which is for projection in the lighting system in the sales room of a Retail shopping center. The purpose was to provide technical, efficient and optimal design solutions in electrical engineering that helped us optimize the operation of a new continuous line lighting system to suspend, compared to conventional Led equipment (LED tubes) used in selection equipment. and selection of luminaires. It is worth mentioning that manufacturers and/or designers almost always directed the production of their Led lighting equipment under a cost-benefit criterion, this; Due in part to the fact that they assumed the high research costs, however, that is where the proposal for improvement and improvement of these equipments was made, since the daily work allowed us to observe the real performance of a specific system or equipment, how to find the origin of the failures (wear or design flaws), environment to be installed (height, color temperature, type of environment to be illuminated) and inappropriate mechanical actions (handling, vibrations, poor installation, etc.), due to these and others problems this thesis has been developed, in which the final results are shown with the proposed prototype, simulation with rendering, economic technical evaluation with return on investment and economic evaluation which is shown below.

I.- PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Con la finalidad de optimizar el funcionamiento, la versatilidad y la cargabilidad del sistema de iluminación dentro de la instalación, en la sala de ventas de un centro comercial Retail, existe luminarias tipo tubo LED basadas en protocolos, en ahorro energético y nuevas tecnologías; sin embargo, a la fecha en la sala de ventas que es el ambiente principal y de mayor concurrencia de trabajadores y clientes de este centro comercial, no han sido planteados en este ámbito por completo, tal como mostramos en la presente investigación.

1.1. Identificación del problema

El tipo de luminarias en la sala de ventas del centro comercial tiene una actividad comercial tipo Retail y requiere de un ambiente que cuente con opciones de variación de flujo luminoso para mayor ahorro energético durante los horarios de cierre de tienda, y luminarias eficientes en tecnología, calidad en componentes, dispositivos y principalmente versátiles. Sin embargo, en la actualidad estas luminarias muestran problemas de ensamblaje (falsos contactos entre sockets y tubos led), algunos tubos leds están dejando de funcionar generando gastos en nueva compra de los equipos y trabajos en horas hombre, no tienen la opción de variar (dimeable) el flujo luminoso según horario o necesidad del cliente y no son versátiles según su curva fotométrica y el tipo de instalación por zonas y espacios, por tal motivo no permite optimizar el rendimiento, la productividad, la seguridad y el confort al momento de ejecutar actividades diarias ya sea para el personal que labora en el centro comercial como el cliente; y teniendo en cuenta que el centro comercial cuenta con especificaciones técnicas internas de niveles de iluminación vertical y horizontal que se requiere para la sala de ventas.

Para numerosas aplicaciones resulta conveniente no sólo conectar y desconectar una instalación de iluminación o grupos de luminarias, sino también poder controlar su luminosidad. De este modo se posibilita una adaptación a los diferentes espacios y condiciones ambientales; adicionalmente se obtiene un ahorro de energía evidente debido al control que trabajaría casi sin pérdidas. No obstante, las posibilidades y condiciones de la regulación del flujo luminoso varían considerablemente según el tipo utilizado del sistema de iluminación.

Dicho sea de paso, un signo esencial para la calidad de una iluminación es la limitación del deslumbramiento que se produce. Se denomina deslumbramiento tanto la disminución objetiva de la actuación visual como la alteración subjetiva de la visión debido a la aparición de altas luminancias o altos contrastes de luminancias en el campo visual.

Anteriormente las instalaciones de iluminación en la sala de ventas de este tipo de centro comercial no fueron diseñadas teniendo en cuenta diversos factores que alteran el efecto lumínico de las fuentes de luz de una u otra manera, provocando así que las instalaciones de iluminación fueran diseñadas ineficientemente.

En la práctica surgió además la necesidad de la exigencia de una iluminación uniforme, casi siempre de orientación horizontal de todo el espacio, que se consigue más convenientemente mediante una disposición regular de las luminarias, por ejemplo, con líneas de luminarias tubos led. Así, la iluminancia se orienta correspondiendo a la exigencia de una iluminación uniforme siempre en la tarea visual que se espera sea la más difícil, de modo que para todas las demás actividades se da una iluminación sobre proporcional. No hay duda de que la planificación de iluminación de orientación tiene éxito dentro del marco de los cometidos indicados. Existe una relación demostrable entre la calidad de luz y la actuación visual, a lo que corresponde una repercusión definible de la calidad de iluminación sobre eficiencia y seguridad en los pasillos de trabajo. Por lo tanto, quedó fundamentado que la normativa para una sala de ventas tipo Retail exige un tipo de iluminación distinta que una sala de ventas con estanterías o góndolas altas tradicional o común.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

Los métodos actuales empleados en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail, responde al uso de la luminaria tipo tubo LED, sin embargo, cómo se pudo llevar estas técnicas para el caso de las luminarias con módulos LED tipo LFS para la obtención de luminarias de alta eficiencia lumínica, todo ello permitió plantearnos la siguiente interrogante:

¿Es posible implementar módulos LED tipo LFS para mejorar la eficiencia lumínica en la sala de ventas del centro comercial Retail?

1.2.2. Problemas Específicos

Quedaron determinadas en las siguientes prerrogativas:

P1. ¿Es posible mejorar la eficiencia lumínica de un centro comercial Retail, Sala de ventas con módulos led tipo LFS?

P2. ¿Cuál es el criterio de selección del módulo led tipo LFS según su fotometría y/o flujo luminoso para mejorar la iluminación del centro comercial Retail, Sala de ventas?

P3. ¿Cuáles son las variaciones que se produjeron al implementar los módulos LED tipo LFS en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Implementar módulos LED tipo LFS en la eficiencia lumínica en la sala de ventas del centro comercial Retail.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Mejorar la eficiencia lumínica del centro comercial Retail – Sala de ventas con módulos LED tipo LFS.
- b) Obtener un buen criterio de selección de módulos LED tipo LFS según su fotometría y/o flujo luminoso para la mejora en la iluminación del centro comercial Retail – Sala de ventas.
- c) Medir variaciones de mejora con la implementación de módulos LED tipo LFS en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail.

1.4. Justificación

Las razones que justifican el proyecto de investigación propuesto, son las siguientes:

- a) Esta tesis concluida es un valioso aporte para la ingeniería eléctrica y así poder incentivar a la investigación de nuevas tecnologías para el diseño de luminarias nacionales de alto rendimiento, y serán beneficiados primordialmente los usuarios y dueños de centros comerciales Retail que abundan en el territorio nacional e internacional, y el beneficiado será primordialmente el centro comercial Retail que definió nuestra muestra.

- b) La tesis servirá como modelo para incrementar el acervo del conocimiento en el ámbito de la iluminación, específicamente en el uso de luminarias LED colgante de línea continua de alta eficiencia.
- c) La tesis generó prototipos de luminarias implementado con los módulos LED tipo LFS como una solución efectiva, técnica y económica para diseñadores y usuarios finales.

1.5. Importancia

- a) El desarrollo generado en la presente investigación y sus correspondientes procesos de diseño, implementación y puesta en prueba, de nuestro diseño final, se llevaría en parte en los talleres del laboratorio de Ing. Eléctrica de una empresa nacional dedicada a brindar servicios de ensamblaje y fabricación de luminarias.
- b) Todas las instancias procedimentales de nuestro desarrollo representarán a nivel de coste en una baja inversión, con respecto al aporte tecnológico. Esto implica que el diseño propuesto en la presente tesis, se deriva de la experiencia profesional en la implementación de luminarias y estudios de iluminación.
- c) La propuesta planteada en nuestros objetivos, fueron especificadas técnicamente, lo cual implicó conocer las características de diseño de luminarias de alto rendimiento, los cuales fueron sustentadas con los cálculos justificativos en esta materia y con su respectiva simulación en un Software de renderización, y comparativamente frente a las técnicas que usualmente se usan y se evaluaron las normas especializadas y vinculadas en esta materia , como la Norma Técnica EM010 – Resolución Ministerial N° 083-2019 - Vivienda. Esto implicó analizar los beneficios de nuestra propuesta alternativa de utilización *causa – efecto*.
- d) El cometido de una instalación de iluminación consistió en la creación óptima de las condiciones perceptivas para cada situación. La iluminación proporcionará en primer lugar las percepciones de tareas visuales y luego una movilidad segura de espacio a espacio. Pero además también se consideró los efectos estéticos y psicológicos, es decir, proporcionar las posibilidades de orientación, remarcar productos y publicidad. Ya mediante sencillas tareas de iluminación se puede mostrar que estas exigencias no se pueden cumplir por un solo concepto de luz. Así, ya surgieron diferentes exigencias a la iluminación debido a una variada utilización de los ambientes.

- e) Para cumplir los requisitos, entornos y funciones diferentes, un sistema de iluminación deberá trabajar en estados regulables y de control. En la cual, la condición indispensable es la posibilidad de conectar luminarias y grupos de luminarias por separado y controlar su luminosidad, de manera que la iluminancia y la calidad de luz se puedan adaptar a las diferentes situaciones en las diferentes zonas del espacio. Para cada tipo de función o de entorno se genera una situación óptima de luminarias conectadas y grados de luminosidad, una escena de luz. Para poder controlar con exactitud numerosos grupos de luminarias, es conveniente memorizar las escenas de luz electrónicamente, pudiendo así reproducir cada escena como una unidad.
- f) El montaje será indispensable para el sistema de seguridad ya que es una serie de estructuras estáticas que están provistas principalmente para el montaje suspendido desde el techo, donde la suspensión, igual que en el caso de las luminarias, puede efectuarse mediante cables metálicos o tubos pendulares.

II.- MARCO TEÓRICO

2.1.-Antecedentes del estudio

La importancia de la iluminación como condición de trabajo reside en el hecho de que el 80% de la información requerida para la ejecución de las tareas se adquiere por el sentido de la visión. El riesgo relacionado con la iluminación hace referencia a toda eventualidad que surge en el ámbito laboral por la cantidad de luminosidad (exceso, carencia) o por sus defectos (centelleo, deslumbramiento, contrastes inadecuados). Si bien, la capacidad del ser humano para adaptarse al entorno es asombrosa, es un hecho que su comodidad, estado anímico y desempeño se ven afectados por la luz, iluminaciones insuficientes, irregulares, contrastes excesivos y reflejos hacen que la fatiga aparezca mucho antes. En ese contexto, una iluminación inadecuada o defectuosa genera cansancio, alteraciones visuales, incremento del esfuerzo mental, bajo rendimiento y hasta accidentes de diversa índole.

Un buen sistema de iluminación debe asegurar, además de suficientes niveles de luz, un adecuado uso de color y del contraste, control de los deslumbramientos y confort visual. Y primordialmente al acceso de un buen mantenimiento preventivo y correctivo.

Una iluminación adecuada contribuye a:

1. Aumentar la productividad.
2. Reducir los accidentes.
3. Disminuir los errores.
4. Aminorar la fatiga visual.
5. Reducir el ausentamiento laboral.
6. Incrementar el confort visual.
7. Estimular la buena actitud y satisfacción general.

Existe varias familias de luminarias en centros comerciales Retail que se utiliza para iluminación en sus salas de ventas, y cada una tiene sus propias características. Tradicionalmente, los principales factores que se han tenido en cuenta a la hora de determinar qué sistemas se utilizaban eran la tecnología disponible y los costos. Por lo general, las lámparas y balastos que se utilizaban para un sistema no se pueden intercambiar con los de otro, y el reajuste no suele ser rentable

económicamente en la mayoría de los casos. Para poder cambiar el tipo de fuente luminosa es necesario cambiar la luminaria completa y eso implica más costo y más uso de horas hombre.

2.1.1.-Referencias en el estado del arte

Investigaciones relacionadas al diseño o implementación de sistemas de iluminación de alta eficiencia:

“Sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales, 2018”, Davila Trigozo, Michel.

Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto – Perú, 2018. {1}.

Resumen: La presente investigación denominada sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales, 2018. Que tiene como objetivos demostrar los beneficios de la implementación del nuevo sistema de la iluminación LED y el ahorro en energía. Se realizó un estudio descriptivo – propositivo, puesto que se pretende proponer un cambio de sistema de iluminación de las lámparas de vapor de sodio a alta presión por uno basado en tecnología LED, a fin de hacer más eficiente el consumo de energía eléctrica. Para ello, se tomó como población a la zona céntrica de Morales, y a la documentación de la empresa electro oriente, los cuales fueron evaluados mediante la tabla de levantamiento de información y fichas de análisis documental, llegando a las siguientes conclusiones el costo de la energía eléctrica de acuerdo al incremento del precio de los insumos al paso de los años, tiende a subir un aumento significativo lo cual genera un mayor ahorro total a futuro, los beneficios económicos debido a la implementación de la iluminación LED podrán servir para la inversión en nuevas tecnologías que mejoren las condiciones ambientales y sociales del mundo, la iluminación a base de LED proporcionará para la población sitios de recreación, parques y jardines una mayor seguridad debido a una mejor iluminación, la zona céntrica de Morales presentará una menor índice de contaminación ya que se reducirán los desechos con componentes tóxicos como el mercurio contenidos por las lámparas de vapor de sodio a alta presión que se desechan aproximadamente cada 3 años, finalmente el consumo de la energía eléctrica del sistema de iluminación a base de luminarias LED se reducirá en un 53% lo cual se traduce en una más eficiente utilización y en mayor conservación de los recursos.

“Sistema Automático De Iluminación En Base A Normas Técnicas Para Mejorar La Eficiencia Y Eficacia Luminosas En Una Planta Industrial”, Arteaga Esquivel, Xonis Paul. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo – Perú, 2018. {2}.

Resumen: Se presenta el trabajo de investigación de SISTEMA AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN EN BASE A NORMAS TÉCNICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y EFICACIA LUMINOSAS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, cuyo objetivo principal es el de determinar su viabilidad técnica y económica. Se realiza el análisis del sistema actual, equipado con luminarias fluorescentes de vapor de mercurio, resultando que solamente se tiene entre 300 lux por zonas de operación y de 600 lux en zonas cercanas a la entrada al hall industrial, siendo menor a los valores de las normas, de 750 lux. Se establece que la potencia eléctrica demandada por las luminarias actuales, es de 72 kW, siendo un importante factor de costo, pues las mismas están encendidas prácticamente todo el tiempo. Se establece que es conveniente realizar el cambio de las actuales luminarias, por lámparas fluorescentes LED, de mayor eficacia luminosa, de 142.23 lumen/w, contra 69.45 lumen/w que tienen los actuales fluorescentes. Se hizo el análisis de control automático, resultando que es posible implementar un sistema de control on off a las 122 lámparas que están cerca de las ventanas. En análisis económico financiero indica que es necesario invertir aproximadamente 101,000 soles para la mejora en iluminación, con lo cual se obtendrá un beneficio económico de poco más de 55000 soles por año. El análisis financiero da interesantes indicadores: VAN = 179546.75 soles, TIR igual a 61%, mayor a la tasa de interés, que es de 19% y la recuperación de la inversión se hará en 8 y 11 días Se concluye que es recomendable implementar el presente estudio.

“Diseño del sistema de iluminación para las zonas de almacén y conservación de un museo de arqueología”, Zegarra Cuéllar Victor Ricardo. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú, agosto del 2012. {3}.

Resumen: En la actualidad existen diversas tecnologías de iluminación, pero no todas son idóneas para utilizar en los museos, debido a los tipos de objetos que estos presentan. La utilización de la tecnología LED favorece a este tipo de instituciones gracias a sus características y su constante desarrollo. El objetivo principal de la tesis es el diseño de un sistema de iluminación que brinde un mayor nivel de cuidado a los restos materiales que presenta un museo de arqueología. Se tomará como base el Museo de Arqueología Josefina Ramos de Cox. En el Capítulo 1 se trata el tema de las estrategias de iluminación existentes para un museo. Además, se detallan las distintas tecnologías de iluminación. Finalmente, se explica el marco problemático que actualmente existe en el museo. En el Capítulo 2 se brindan ejemplos de sistemas de iluminación en base a LEDs de potencia. Luego, se indican los principales fabricantes de LEDs de potencia. Finalmente, se detallan las distintas fuentes conmutadas existentes. En el Capítulo 3 se detallan los diseños de los subsistemas de excitación, control y alimentación. Además de la selección del LED a utilizar. En el Capítulo 4 se muestran los resultados de las simulaciones e implementación de los subsistemas diseñados y se indica el costo total de la implementación del proyecto.

2.2.-Marco teórico

2.2.1.- Conceptos fuera de Variable

2.2.1.1.-Teoría del Led

Los LED fueron descubiertos en 1962, por Holonyak y Bevacqua, científico de General Electric. Los primeros productos que se introdujeron en 1968, eran lámparas indicadoras, y el primer auténtico display electrónico lo realizó Hewlett-Packard. La calidad de estos productos iniciales era relativamente pobre, suministraban un flujo de 0.001 lumen y el único color disponible era el rojo intenso. Un progreso constante en eficacia hizo que los LED resultaran visibles en luz ambiente intenso, incluso bajo la luz solar, y en 1976 la gama de colores ya se había extendido a naranja y verde amarillento; hasta 1985, los LED se limitaron a aplicaciones de baja intensidad (menor de 0,1 lúmenes de flujo para funciones indicadoras o píxeles de display. Alrededor de 1985, los LED entraron en aplicaciones de potencia de flujo medio, que requieren 1-100 lúmenes. La primera aplicación de este tipo fue la luz central superior de frenado en automóviles. Se requieren 75 lámparas en doble filo, y en seguida fue obvio que consiguiendo lámparas más potentes se reduciría su cantidad, proporcionando una amplia ventaja de costes. Esta fue la primera situación en que la eficacia de los LED resultaba un aspecto apremiante para obtener una bonificación en el mercado. En 1990 las eficacias alcanzaron 10 lm/W para LED de arseniuro de galio aluminio (GaAlAs), ya superiores que la de la lámpara incandescente con filtro rojo. La búsqueda de incremento de eficacia intensificó la exploración de nuevos materiales con eficacias superiores y un espectro de colores más amplio (GaAlInP - galio-aluminio indio fosforo) que cubrían la gama de rojo a amarillo amarillo/verde, con eficacias superiores a 20 lm/w. En 1993, Nakamura, de Nichia Chemical Corporación en Japón, descubrió un material azul muy eficiente, el nitruro de galio (GaN). este importante descubrimiento significaba que los LED podían cubrir prácticamente todo el espectro visible, permitiendo su entrada en aplicaciones de señales de luz potente como las luces de tráfico (semáforos).

La evaluación del flujo de luz y precio de los LED desde 1968 han seguido una ley de Moore. El flujo por unidad ha aumentado 30 veces por década, cruzando el nivel de 10 lm en 1998. De forma similar, el precio por unidad de flujo se ha reducido unas 10 veces por década.

Actualmente el principal mercado de penetración de LED de alto brillo son las luces de fondo que iluminan los botones del teléfono móvil. El crecimiento de la demanda se puede extender a las

cámaras digitales y flash de teléfono móvil. Otro mercado prometedor es el de iluminación trasera de pantallas de televisión y monitor de ordenador. Algunas 46 previsiones proyectan un gran crecimiento en este ámbito porque las pantallas iluminadas con LED pueden dar colores de gran calidad. Otros mercados de crecimiento son las señalizaciones, automóviles, e iluminación decorativa. La penetración de los LED en la señalización de tráfico es muy notable. En la mayoría de ciudades se están reemplazando las lámparas incandescentes de los semáforos con LED, por varias razones; Los LED son más brillantes, tiene una duración de varios años, y además ahorran una gran cantidad de energía; los LED de alto brillo de nueva generación están producidos principalmente con tres sistemas de materiales semiconductores que permiten fabricar materiales que emiten en la longitud de onda deseada. El sistema de materiales AlGaAs (arseniuro de galio-aluminio) permite generar luz de rojo a IR, mientras que AlInGaAs (Arseniuro de galio – aluminio Indio) emite luz entre ámbar y rojo-naranja. Los materiales AlGaInN tienen una brecha energética mayor que los anteriores, lo que permite el acceso a las regiones del espectro de mayor energía, verde, azul y UV. Dado que existen LED con eficacia razonable que cubre el estrecho visible (con excepción de una pequeña ventana en el amarillo-verde), es posible crear fuentes de luz blanca. Existen para ello dos estrategias básicas. Una es reducir un LED azul con un fosforo, que emite luz cuando le impactan los fotones azules. Al combinar la luz cuando la luz del LED y la 47 luz amarilla del fosforo se obtiene luz blanca. La otra estrategia es combinar LED de color azul, amarillo y rojo para crear blanco.

2.2.1.2.-Centro comercial

El centro comercial es una edificación que alberga tiendas y locales donde se efectúan negocios. Así, congrega a un importante número de vendedores y compradores.

Los centros comerciales nacen con el objetivo de atraer un gran número de clientes que busquen satisfacer una necesidad de consumo, ya sea adquiriendo artículos específicos o realizando compras de impulso. La ventaja de estas edificaciones es que, al congrega un gran número de comercios, el cliente tiene más alternativas entre las cuales elegir.

Otro punto a tomar en cuenta es que los centros comerciales pueden estar destinados a productos de un determinado sector, por ejemplo, el textil o el tecnológico. Igualmente, un centro comercial puede estar destinado a un determinado segmento económico o a otro. Esto dependerá de los precios ofrecidos y de su ubicación.

2.2.1.3.-Modelamiento matemático del Led

El LED es una unión p-n directamente polarizada en la que se inyectan electrones y huecos en una región en donde se recombinan. En general, la recombinación se puede producir por procesos radiantes o no radiantes. En una recombinación radiante electrón y hueco se recombinan emitiendo un fotón. En una recombinación no radiante, la recombinación da lugar a calor o vibraciones de la estructura. Se puede definir un tiempo de vida para los portadores que se recombinen de forma radiante (τ_r) y otro para los que se recombinen de forma no radiante (τ_{nr}) siendo el tiempo de recombinación total (para por ejemplo un electrón τ_n):

$$\frac{1}{\tau_n} = \frac{1}{\tau_r} + \frac{1}{\tau_{nr}} \dots \dots \dots (1)$$

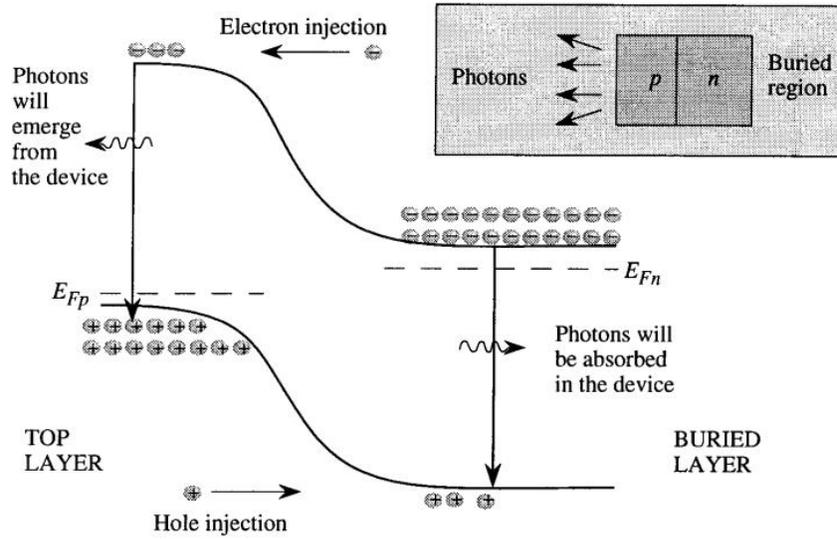
La eficiencia cuántica interna para el proceso radiante se define entonces como:

$$\eta_{Qi} = \frac{\frac{1}{\tau_r}}{\frac{1}{\tau_r} + \frac{1}{\tau_{nr}}} = \frac{1}{1 + \frac{\tau_r}{\tau_{nr}}} \dots \dots \dots (2)$$

En semiconductores directos de alta calidad, la eficiencia cuántica interna es cercana a la unidad.

El LED es, en esencia, un diodo p-n directamente polarizado. Los electrones y los huecos inyectados como portadores minoritarios atraviesan la unión y se recombinan bien por recombinación radiante, bien por recombinación no radiante. El diodo debe ser diseñado para que la recombinación radiante sea lo más fuerte posible.

Figura 1: Inyección de portadores en una unión



Fuente: Universidad de Valencia - ETSE.

En la Figura 1, se observa la inyección de portadores en una unión. Los huecos inyectados en la zona profunda generan fotones que no saldrán a la superficie por ser reabsorbidos. Los fotones generados por los electrones al estar más cerca de la superficie sí que serán emitidos al exterior. En condiciones de polarización directa los electrones son inyectados desde la zona n a la p mientras que los huecos son inyectados desde la zona p a la n. La corriente de polarización directa, en general consta de tres componentes: i) Corriente de difusión de los electrones inyectados a través de la unión a la zona p, ii) Corriente de difusión de los huecos inyectados a través de la unión a la zona n; iii) Corriente de recombinación en la zona de agotamiento de anchura W debida a la presencia de impurezas o defectos que permiten la existencia de niveles energéticos en la banda prohibida. Las densidades de estas tres corrientes son:

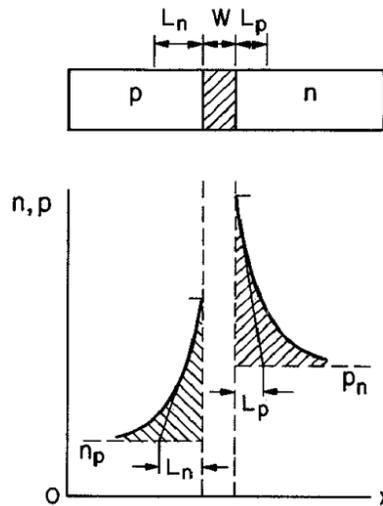
$$J_n = \frac{eD_n n_p}{L_n} \left[e^{\left(\frac{eV}{k_B T}\right)} - 1 \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$J_p = \frac{eD_p p_n}{L_p} \left[e^{\left(\frac{eV}{k_B T}\right)} - 1 \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$J_{GR} = \frac{en_iW}{2\tau} \left[e^{\left(\frac{eV}{2k_B T}\right)} - 1 \right] \dots\dots\dots (5)$$

Donde J_n y J_p son las densidades de corriente de difusión de electrones y de huecos, D_n y D_p son las constantes de difusión de electrones y huecos en las regiones p y n, n_p y p_n son las concentraciones de electrones y huecos en las zonas neutras p y n alejadas de la unión, V es la tensión aplicada, W la anchura de la zona de agotamiento, n_i la concentración intrínseca y τ el tiempo de recombinación en la zona de agotamiento el cual depende de la concentración de estados energéticos intermedios.

Figura 2: Unión p-n directamente polarizada.



Fuente: Universidad de Valencia - ETSE.

El LED se diseña de forma que los fotones se emiten desde la parte superior del diodo (zona p) y no de la parte inferior (n), ya que en este último caso tendrían una alta posibilidad de ser absorbidos antes de emerger. En consecuencia, es preferible que la inyección de electrones en la zona p sea mucho mayor que la de huecos en la zona n, de forma que la corriente pase a estar dominada por los electrones (es decir $J_n \gg J_p$). La relación de la densidad de corriente de electrones frente a la densidad de corriente total, se llama eficiencia de la inyección γ_{iny} .

$$\gamma_{iny} = \frac{J_n}{J_n + J_p + J_{GR}} \dots\dots\dots(6)$$

Si el diodo es de tipo pn+ , $n_p \gg p_n$ y entonces como puede ser visto a partir de las fórmulas anteriores la inyección de electrones en la zona p es mucho mayor que la de huecos en la n y $J_n \gg J_p$. Si además el material es de alta calidad de manera que la corriente de recombinación en la región espacial de carga es muy pequeña, la eficiencia de la inyección valdrá casi uno.

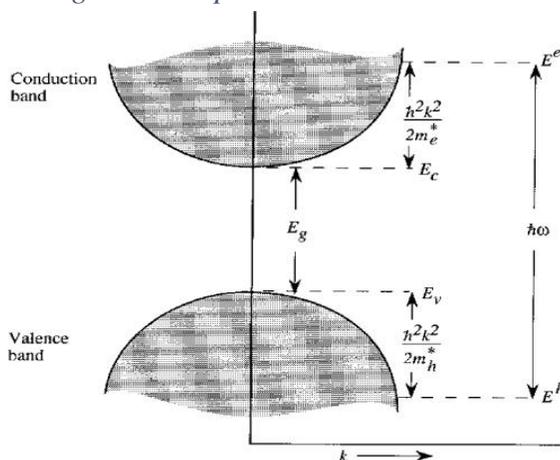
Una vez se hayan inyectado los portadores minoritarios (electrones) en la región dopada neutra (tipo p), electrones y huecos se recombinarán produciendo fotones. Estos también pueden recombinarse de forma no radiante debido a la presencia de defectos o mediante fonones. El proceso de recombinación radiante fue introducido en el anterior tema y vamos a comentarlo de nuevo brevemente para semiconductores de gap directo.

Como se comentó, el proceso de recombinación radiante es un proceso "vertical" en k, es decir, el valor de k para el electrón y el hueco en las bandas de conducción y valencia respectivamente es el mismo. Como puede observarse en la siguiente figura, la energía del fotón está relacionada con las energías de electrón y hueco a partir de la expresión,

$$\hbar\omega - E_g = \frac{\hbar^2 k^2}{2} \left[\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right] = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_r^*} \dots\dots\dots(7)$$

donde m_r^* es la masa reducida para el sistema electrón-hueco.

Figura 3: Diagrama E-k para las bandas de valencia y conducción



Fuente: Prof. Esteban Sanchis / Prof. Juan B. Ejea - 2008

Las energías del electrón y del hueco se relacionan con la energía del fotón por las relaciones,

$$E^e = E_c + \frac{\hbar^2 k^2}{2m_e^*} = E_c + \frac{m_r^*}{m_e^*} (\hbar\omega - E_g) \dots\dots\dots (8)$$

$$E^h = E_v + \frac{\hbar^2 k^2}{2m_h^*} = E_v - \frac{m_r^*}{m_h^*} (\hbar\omega - E_g) \dots\dots\dots (9)$$

Características de los LEDs

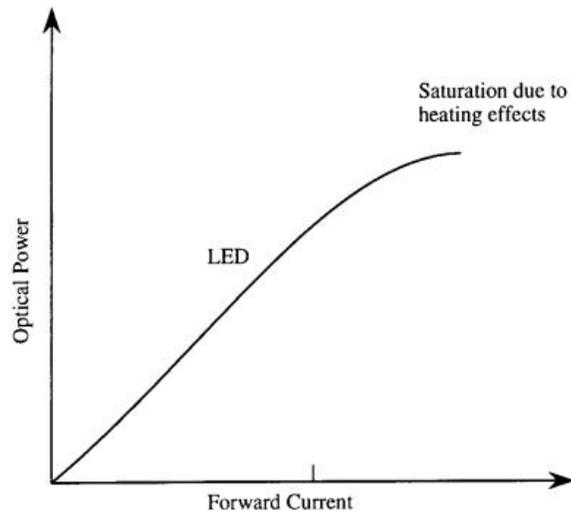
El funcionamiento del LED depende del proceso de emisión espontánea para proporcionar luz a partir de los electrones y huecos inyectados. Como consecuencia, se tendrán simplificaciones en la fabricación y diseño del LED si se compara con el caso del diodo láser, pero se paga el precio de que sus cualidades no son tan buenas. Las características más importantes del LED son la característica luz-corriente, la pureza espectral de la luz de salida, el tiempo de respuesta frente a señales eléctricas externas y la dependencia de su salida con la temperatura. La pureza espectral (es decir, la separación en distintas longitudes de onda del haz de salida) es un tema muy crítico desde el punto de vista de un sistema óptico de comunicaciones de alta calidad.

Cuando una corriente I pasa a través de un diodo directamente polarizado, parte de esa corriente se convierte en luz. Si η_{tot} es la eficiencia total de esta conversión (que incorporaría la eficiencia cuántica interna y externa), la corriente equivalente de fotones que emerge desde el diodo vale,

$$I_{ph} = \text{número de fotones por segundo} = \eta_{tot} \frac{1}{e} \dots\dots\dots (10)$$

En general, η_{tot} depende de la corriente inyectada ya que la vida media radiante de los portadores τ depende del nivel de inyección de portadores por lo que la relación I_{ph} -I es no lineal. Sin embargo, en un LED esta dependencia es bastante débil y la característica I_{ph} -I es casi lineal como se muestra en la siguiente figura. Para niveles muy altos de inyección, la luz de salida empieza a saturar ya que el componente comienza a calentarse y la eficiencia de la recombinación radiante disminuye.

Figura 4: Potencia de salida del LED.



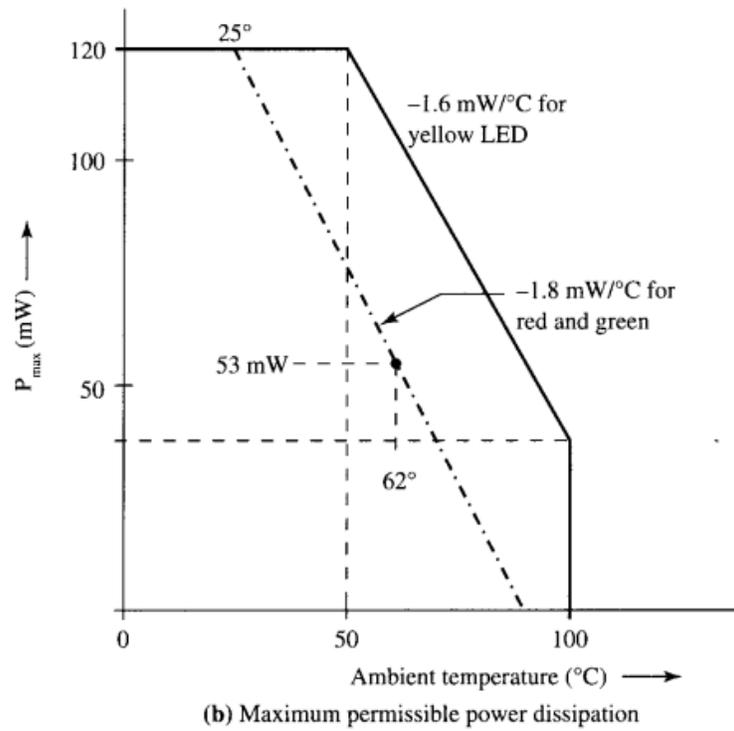
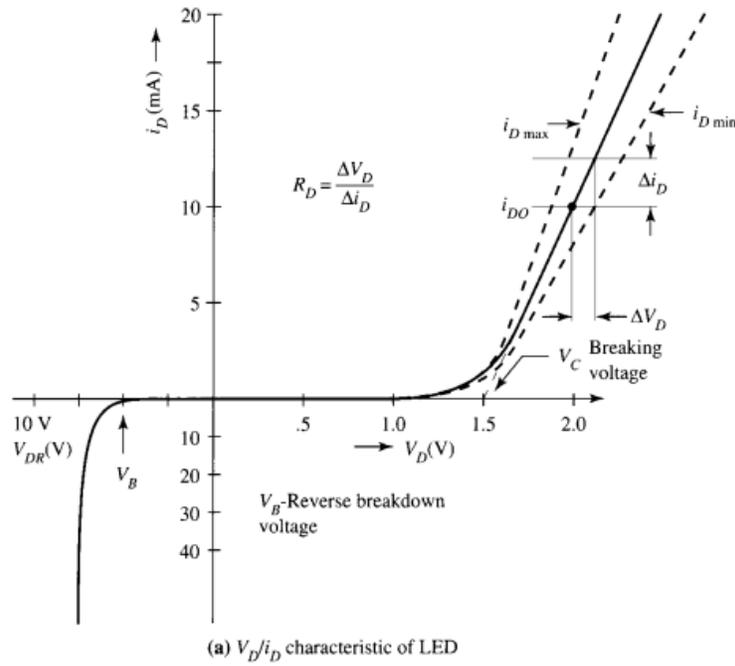
Fuente: Prof. Esteban Sanchis / Prof. Juan B. Ejea - 2008

En LEDs de emisión superficial, se produce una caída de la luz de salida a altas corrientes, efecto que ya no se puede explicar simplemente por el calentamiento del componente. Esto sucede porque con altas corrientes la densidad de fotones aumenta lo suficiente como para que se empiece a producir una emisión estimulada de fotones. Esta emisión se produce en el plano del LED por lo que la emisión perpendicular a la superficie del LED disminuye. Estos LEDs son llamados LEDs superluminiscentes y su comportamiento es similar al de un diodo láser.

Características ópticas y eléctricas

El LED es un diodo p-n y como tal su curva característica es parecida a la de un diodo normal de unión p-n. Su tensión de codo está entre 1,2V y 2V dependiendo del material semiconductor. Su resistencia dinámica varía desde unos pocos ohms hasta decenas de ohms. La tensión de ruptura es de unos 5V. En la siguiente figura se muestra un factor de limitación muy importante para los LEDs, la potencia máxima disipable (P_{MAX}) y su dependencia con la temperatura.

Figura 5: Características i_D/V_D y máxima disipación de potencia permisible.



Fuente: Prof. Esteban Sanchis / Prof. Juan B. Ejea - 2008

El tercer parámetro a considerar, especialmente cuando el LED va a ser utilizado en un modo pulsado, es la máxima corriente de pico permisible (iMP). Para modo pulsado los parámetros se relacionan a partir de las ecuaciones que vamos a comentar.

$$\text{Ciclo de trabajo: } d_c = t_{on}/T \dots\dots\dots (11)$$

La corriente promedio en un tren de pulsos está relacionada con la corriente máxima de pico a través de la expresión:

$$i_{avg} = i_p d_c \dots\dots\dots (12)$$

Donde i_{avg} : es la corriente promedio, i_p : la corriente de pico y d_c el ciclo de trabajo. La disipación de potencia en estado estacionario viene dada por la expresión:

$$P_D = i_D V_D \dots\dots\dots (13)$$

Siendo i_D la corriente por el diodo y V_D la tensión de caída en el diodo. En condiciones pulsantes la potencia promedio disipada es:

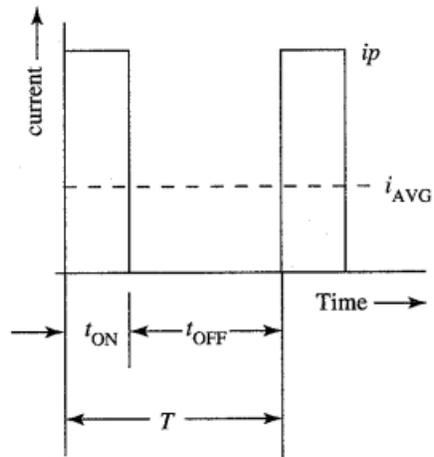
$$P_{avg} = i_{avg} [V_{DO} + R_D (i_p - i_{DO})] \dots\dots\dots (14)$$

Donde V_{DO} : tensión en el punto de operación, i_{DO} : corriente en el punto de operación y R_D : resistencia dinámica del LED.

La resistencia dinámica del LED puede ser calculada a partir de la curva característica del LED:

$$R_D = \Delta V_D / \Delta i_D \dots\dots\dots (15)$$

Figura 6: Ciclo de trabajo y corrientes de pico y promedio en un tren de pulsos.



Fuente: Universidad de Valencia - ETSE.

El parámetro óptico más importante es la intensidad luminosa. La intensidad luminosa es una función no lineal de la corriente del LED, de manera que la intensidad luminosa relativa aumenta al aumentar la corriente. Esta no linealidad puede ser expresada de dos formas diferentes: representando $IPR = f(I_D)$ o definiendo una eficiencia relativa, $\eta_{PR} = IPR / I_{PRO}$. La curva B (η_{PR}) de la siguiente figura muestra que a corrientes grandes la eficiencia del LED aumenta considerablemente. Este hecho favorece la utilización del LED en modo pulsante ya que el incremento de corriente en estado estacionario está limitado por la máxima disipación de potencia. En modo pulsante se puede conseguir una mayor intensidad luminosa sin llegar al límite de potencia disipable. En modo pulsante, la intensidad promedio puede ser calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$I_{PRavg} = I_{PRO} \frac{i_P d_c \eta_{PR}}{i_0 \eta_{PRO}} \dots\dots\dots (16)$$

Donde, I_{PRavg} : intensidad luminosa promedio (cd, W/sr), I_{PRO} : intensidad luminosa de referencia (cd, W/sr), i_P : corriente de pico (A), i_0 : corriente de referencia (A), d_c : ciclo de trabajo, η_{PR} : eficiencia relativa a la corriente de pico y η_{PRO} : eficiencia relativa de referencia (vale 1).

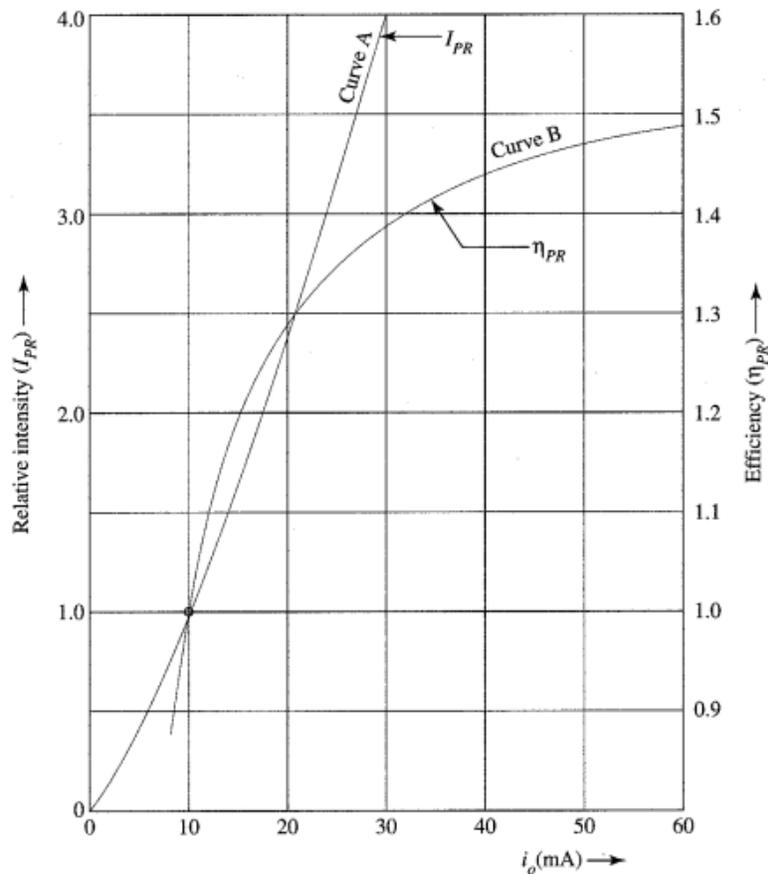
Mencionar por último que el espectro de salida no es monocromático sino que presenta un ancho de banda considerable alrededor de la longitud de onda central.

Otra característica del LED (como ya hemos visto con anterioridad) es la dependencia con la temperatura de su intensidad luminosa. El coeficiente de temperatura de IPR es de alrededor de

1%/°C. Un incremento de 25°C disminuirá la intensidad luminosa un 25%. Este efecto no puede ser pasado por alto.

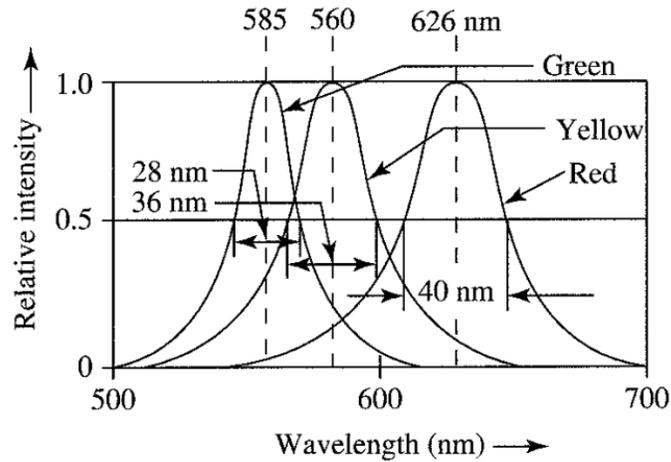
La última, y ya más favorable, característica de un LED es su tiempo de respuesta, típicamente de 90ns para LEDs amarillos y rojos y de 500ns para los verdes. Este pequeño valor del tiempo de respuesta hace que los LEDs sean útiles como fuentes en aplicaciones de comunicación óptica. Además, las fuentes luminosas incandescentes, con un tiempo de respuesta grande, no tienen casi aplicación en este campo.

Figura 7: Intensidad luminosa relativa y eficiencia.



Fuente: Universidad de Valencia - ETSE.

Figura 8: Espectro de salida típico de un LED



Fuente: Universidad de Valencia - ETSE.

2.2.1.4.-Módulo Led

Los módulos LED se componen de uno o más LED's individuales instalados en una placa de circuitos impresos rígida o flexible, colocados en diversas formas geométricas. Las tiras de LED's pueden venir en un material rígido o flexible; respecto a los elementos que de forma independiente o en conjunto integran un sistema de iluminación LED y en función de sus requerimientos técnicos de seguridad, eficiencia energética o desempeño, mediante el cumplimiento de sus respectivas normas de observancia obligatoria y/o especificaciones de aplicación voluntaria, estos se pueden clasificar en:

LEDs: Dispositivos electrónicos de estado sólido que incorporan semiconductores, que emiten un flujo luminoso al ser alimentados por una corriente eléctrica.

Figura 9: Dispositivo Led



Fuente: Diseño y fabricación ALVE

Módulos de LEDs: Unidades LED emisoras de flujo luminoso que se integran por un conjunto de más de un LED y que pueden o no contener componentes del tipo óptico, mecánico, eléctrico y/o electrónico. Los módulos con LEDs pueden integrar o no un controlador LED.

Figura 10: Módulos Led



Fuente: Diseño y fabricación ALVE

2.2.2.- Conceptos y constructos dentro de variables

2.2.2.1.-Módulos led tipo LFS

Módulo LFS (Lineal Flat System) con alto grado de iluminación de tecnología alemana para suspender en línea continua que contiene chips LEDS de la Marca LEXTAR con su respectivo conector eléctrico y mecánico, cuya presentación es la siguiente:

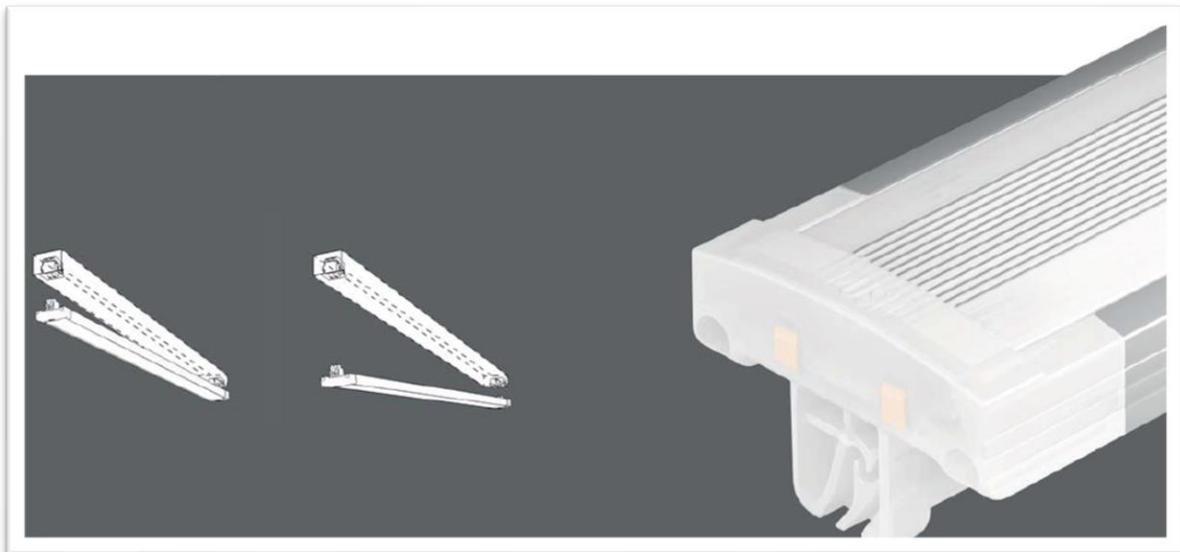
- a) Altura: 15 mm
- b) Ancho: 37 mm
- c) Longitud: 1166 mm
- d) Socket: GR6d-3
- e) Temperatura de color: 3000K, 4000K
- f) CRI: >80
- g) Consumo de potencia a 25° C: 26.7 W
- h) Consumo de potencia a 50° C: 26.3 W
- i) Tensión de consumo a 25° C: 38.2 V
- j) Tensión de consumo a 50° C: 37.6 V

- k) Corriente de operación: 700 mA
- l) Flujo luminoso a 25° C: 4060 lm
- m) Flujo luminoso a 50° C: 3850 lm
- n) Eficiencia a 25° C: 152 lm/W
- o) Eficiencia a 50° C: 146 lm/W
- p) Degradación: L70 >50.000 h
- q) Tipo de Fotometría: Haz angosto, haz ancho, asimétrico
- r) Grado de protección: IP20
- s) Clase de eficacia: A++
- t) Directiva: RoHs
- u) Aplicaciones: Comercial e industrial
- v) Dimeable

Fuente: Ficha técnica 32.130.0025 Linear Flat System . BJB – Alemania.

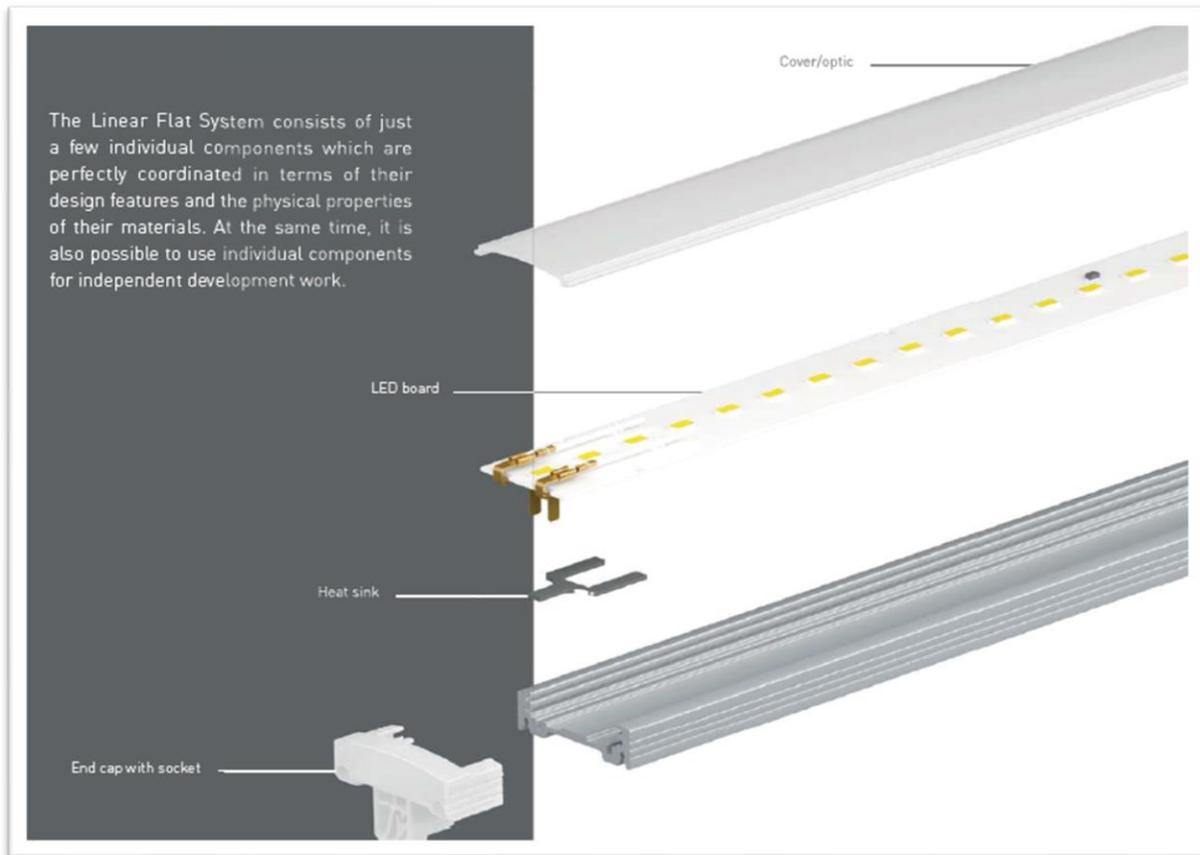
Por lo que indica que el tubo led es dimerizable y la vida útil es de 50000 horas.

Figura 11: Módulo Led Tipo LFS



Fuente: Technology for Light BJB

Figura 12: Componentes del módulo Led Tipo LFS



Fuente: Technology for Light BJB

Figura 13: Conector eléctrico y mecánico



Fuente: Technology for Light BJB

2.2.2.2.-Eficiencia lumínica de un centro comercial retail

Flexibilidad y sostenibilidad: Estos son los factores de éxito para el sistema de iluminación compuesto por fuentes de luminarias LED. La posibilidad resultante de “Acabado de última etapa” significa que la serie de luminarias producido cumple las características deseadas de versatilidad y control. El cliente y el usuario son los verdaderos protagonistas de este tipo de centro comercial, en cual va de la mano de la fuente de luz LED apropiada en términos de flujo luminoso, temperatura de color y reproducción cromática. De esta forma, el usuario siempre recibe una luminaria con los últimos parámetros de iluminación: una visión a futuro que tiene sentido en el rápido avance mundial de la tecnología LED.

2.2.2.3.-Flujo luminoso

El flujo luminoso describe toda la potencia de luz dada de una fuente luminosa. Fundamentalmente, se podría registrar esta potencia de radiación como energía dada en la unidad Watt (W). No obstante, el efecto óptico de una fuente luminosa no se describe acertadamente de este modo, ya que la radiación se registra sin distinción por todo el margen de frecuencias y por ello no se tiene en cuenta la diferente sensibilidad espectral del ojo. Mediante la inclusión de la sensibilidad espectral ocular resulta la medida lumen (lm).

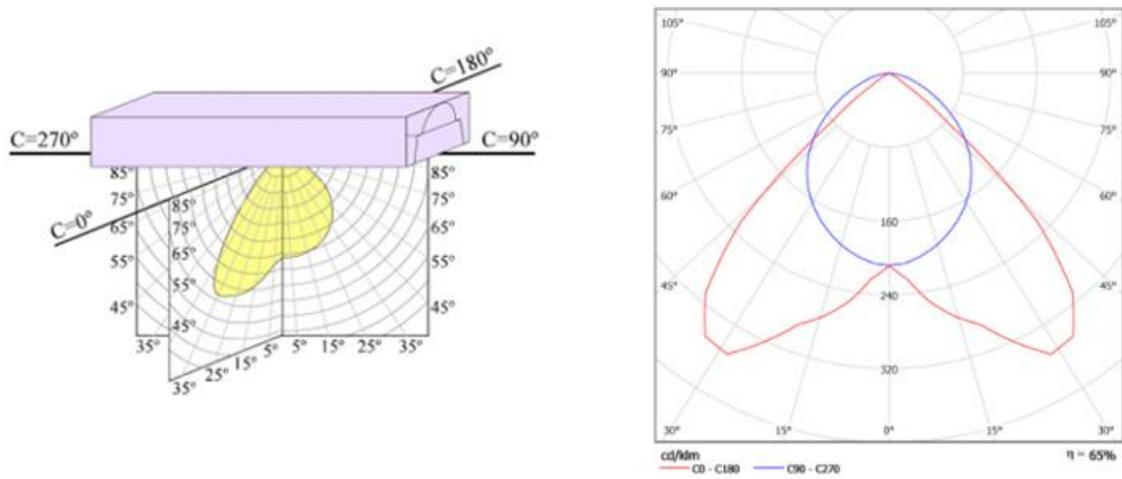
$$[\Phi] = \text{Lumen (Lm)} \dots\dots\dots (17)$$

2.2.2.4.-Curva fotométrica

Las curvas de distribución de la intensidad luminosa son curvas polares obtenidas en laboratorio que describen la dirección e intensidad en la que se distribuye la luz en torno al centro de la fuente luminosa.

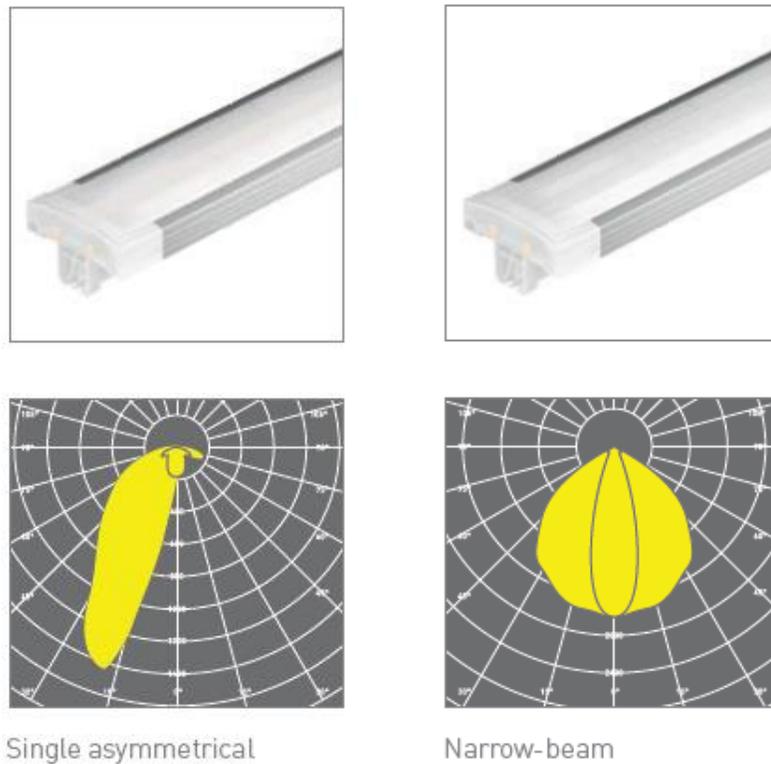
Cuando se hace referencia a las curvas fotométricas, se está hablando de unas gráficas que **indican la distribución espacial de luz en un plano cartesiano** que cuenta con variables de distancia e intensidad luminosa. Cada luminaria cuenta con una curva de distribución particular, por este motivo, se deberá elegir la más adecuada según sea el caso de la aplicación.

Figura 14: Curva fotométrica de una luminaria puntual



Fuente: Círculo electricidad Chile

Figura 15: Curva fotométrica módulo Led LFS



Fuente: Manual Technology for Light BJB

2.2.2.5.-Luminaria eficiente, de ahorro energético y bajo deslumbramiento

Se trata de un dispositivo electrónico que incorpora una fuente luminosa LED y los elementos necesarios para un funcionamiento estable y continuo como fuente de luz. Las características de los sistemas de iluminación LED que suponen una ventaja frente a la iluminación convencional son su larga vida útil, su escaso consumo, y la reducción al mínimo de la emisión de calor y rayos ultravioleta. Tampoco contienen gases ni metales pesados, por lo tanto, son menos contaminantes que el resto ya que incluso las de bajo consumo, fluorescentes compactas, llevan mercurio.

Podemos concluir finalmente que las luminarias LED de alta eficiencia lumínica tienen características particulares en comparación con las luminarias tipo tubo LED convencional. Este dispositivo debe reaccionar de manera eficiente ante la demanda energética y durante el funcionamiento de todo el sistema

2.2.2.6.-Luminaria de uso versátil y dimeable

Para cumplir los requisitos en entornos y funciones diferentes, una instalación luminosa deberá trabajar en varios estados regulables y de control. Condición indispensable es la posibilidad de conectar luminarias y grupos de luminarias por separado y controlar su luminosidad, de manera que la iluminancia y la calidad de luz se puedan adaptar a las diferentes situaciones en las diferentes zonas del espacio. Para cada tipo de función o de entorno se genera una situación óptima de luminarias conectadas y grados de luminosidad, una escena de luz. Para poder controlar con exactitud numerosos grupos de luminarias, es conveniente memorizar las escenas de luz electrónicamente, pudiendo así reproducir cada escena como una unidad.

La función principal de un sistema de control de luz consiste en memorizar una serie de escenas de luz — es decir, cada estado y nivel asignado a los diferentes circuitos — y solicitarlas mediante una orden. Pero mediante el control de luz programado también se pueden conseguir procesos más complejos, por ejemplo, se puede programar el tiempo de transición entre escenas. También es posible aumentar o disminuir el nivel de luminosidad de toda una escena de luz, sin alterar su programación.

El cambio entre dos escenas de luz se puede solicitar manualmente mediante los elementos de mando; pero también es posible un cambio automático de escenas, por ejemplo, solicitándolo mediante programación horaria. Los sistemas de control de luz son tan compactos gracias a la miniaturización de los elementos electrónicos, que en parte se pueden instalar en armarios de

mando o seguridad ya existentes; los sistemas más grandes necesitan su propio armario de mando. Los sistemas de control de luz se componen de una unidad central para la memorización digital y el control, y una serie de elementos de carga (dimmer o relé), que se coordinan respectivamente a un circuito de carga y a uno o varios elementos de mando. Según la aplicación se requieren otros elementos para el control en dependencia de la hora o la luz diurna, así como para el control de varios espacios; aparte de la iluminación también se pueden controlar y mandar a través de la instalación de control de luz y mediante conexiones especiales otras funciones dentro de la técnica doméstica, como el manejo de persianas o de pantallas de proyección.

2.2.3.- Normativo

2.2.3.1.-Local

NTP-IEC 62560:2016

Esta Norma Técnica Peruana especifica los requisitos de seguridad e intercambiabilidad, junto con los métodos de ensayo y condiciones requeridas para demostrar el cumplimiento de las lámparas LED con medios integrados para su funcionamiento estable (lámparas LED con dispositivo de control incorporado), destinadas al alumbrado doméstico y alumbrado general similar, que tengan:- una potencia asignada hasta 60 W;- una tensión asignada > 50 V hasta 250 V;- casquillos de acuerdo con la tabla 1.Los requisitos de esta Norma Técnica Peruana solo se refieren a ensayos de tipo. Las recomendaciones para el ensayo del producto global o ensayo de lotes son idénticas a las dadas en el Anexo C de la Norma IEC 62031.

NORMA TÉCNICA EM.010 INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

Artículo 6.- Requisitos de iluminación

6.1. En la elaboración del proyecto de instalación eléctrica en edificaciones, los proyectistas deben realizar cálculos de iluminación (artificial y/o natural) convencionales o mediante programas de cómputo a fin de cumplir lo indicado en el Anexo, definiendo la calidad de la iluminación según el tipo de tarea visual o actividad a realizar en dichos ambientes, de acuerdo a los requerimientos y a la actualización tecnológica del sector. Las condiciones de iluminación se dan protegiendo la salud de las personas y animales, evitando la contaminación lumínica.

6.2. La elección de la temperatura de color (TCP) depende del nivel de iluminancia, colores del mobiliario, clima circundante y la aplicación. En el Anexo, se da una franja restrictiva de temperaturas de color adecuadas para aplicaciones específicas. Estas son aplicables para luz diurna, así como para luz artificial.

6.3. El valor mínimo del índice de reproducción cromática para distintos tipos de edificaciones (áreas), tareas o actividades se muestra en el Anexo.

6.4. Los sistemas de iluminación se diseñan para evitar el parpadeo y los efectos estroboscópicos.

6.5. El proyecto de iluminación se diseña con un factor de mantenimiento (FM) calculado para el equipo de alumbrado seleccionado, ambiente y programa de mantenimiento especificado. El factor de mantenimiento depende de las características de mantenimiento de la lámpara y del mecanismo de control, la luminaria, el ambiente y el programa de mantenimiento, por lo que, se diseña el esquema de iluminación con el FM para la(s) lámpara(s), luminaria(s), superficies reflectantes, ambiente y programa de mantenimiento especificado. El proyectista debe establecer el factor de mantenimiento y anotar todas las suposiciones hechas en el establecimiento de su valor, especificar la luminaria adecuada para el ambiente de aplicación; y definir los lineamientos del programa de mantenimiento completo que incluya la frecuencia de reemplazo de lámparas y luminarias y los intervalos de limpieza de las luminarias, así como el método de limpieza.

6.6. La iluminancia para cada área está dada como iluminancia mantenida.

6.7. El diseño debe cumplir los requisitos de iluminación de una tarea o espacio en particular de una forma eficiente. Es importante no comprometer los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía. Los niveles de iluminancia como se establecen en la presente Norma, son los valores de iluminancia mínimos medios y tienen que mantenerse en este nivel o por encima. Se toma en cuenta la Norma EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética” del RNE.

6.8 En el caso de utilizar un programa de cómputo, el proyectista consigna en la memoria de cálculo el archivo fuente utilizado en formato digital, que incluya los datos y/o parámetros de entrada considerados en el diseño de iluminación, así como los resultados correspondientes, inclusive el reporte de consumo energético del proyecto.

6.9 Los proyectistas también deben considerar las disposiciones vigentes incluidas en las Normas vinculadas a iluminación y alumbrado de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de

Energía Minas y las normas internacionales como la Organización Mundial de Salud, relacionadas a la iluminación.

Tabla 1: Niveles de iluminación, UGR y uniformidad

5. COMERCIO						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _s	Requisitos específicos
5.1	Tiendas					
	Área de ventas	500	22	0,60	80	
	Área de (cajas) contadoras	500	19	0,60	80	
	Mostrador (mesa) de envolver	500	19	0,60	80	

5. COMERCIO						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _s	Requisitos específicos
5.2	Áreas comunes					
	Vestíbulo de entrada	100	22	0,40	80	UGR sólo si es aplicable
	Guardarropas	200	25	0,40	80	
	Salones	200	22	0,40	80	
	Oficinas de taquillas	300	22	0,60	80	

Fuente: Norma Técnica EM.010

2.2.3.2.-Supranacional

NORMAS DE OBSERVANCIA OBLIGATORIA DE SEGURIDAD, DESEMPEÑO O EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN LED

Una norma para un sistema de iluminación LED es un conjunto de regulaciones técnicas, que deben cumplir sus elementos integrantes de forma independiente o en conjunto (LEDs, módulos con LEDs, lámparas con LEDs y/o luminarios con LEDs). En función de su objetivo, las normas pueden ser de: **Seguridad, Eficiencia Energética y Desempeño.**

Las normas de seguridad, eficiencia energética o de desempeño son de observancia obligatoria. Mediante el cumplimiento de las normas de seguridad, eficiencia energética o desempeño para

LEDs, módulos con LEDs, lámparas con LEDs y/o luminarios con LEDs, se emiten sus respectivos Certificados de Conformidad de Producto o Certificados de Cumplimiento por un organismo de certificación acreditado. A continuación, se enlistan las principales normas de seguridad, eficiencia energética o desempeño que existen en Europa, las cuales se consideran actualmente en sus sistemas de iluminación LED.

IEC-62560-1: 2010

Regulaciones técnicas para lámparas con LEDs con controlador LED integrado, de flujo luminoso direccional y omnidireccional. Cumplimiento de: Características eléctricas y mecánicas.

IEC-62031-1: 2008

Regulaciones técnicas para módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado para iluminación general. Cumplimiento de: Características eléctricas y mecánicas.

IEC-60598-1: 2014

Regulaciones técnicas para luminarios con LEDs con controlador LED incluido para uso interior, exterior y de alumbrado público. Cumplimiento de: Características eléctricas y mecánicas.

IEC-62612: 2013

Regulaciones técnicas para lámparas con LEDs con controlador LED integrado, de flujo luminoso direccional y omnidireccional para servicios de iluminación general. Cumplimiento de: Características fotométricas y radiométricas.

IEC-62717: 2014

Regulaciones técnicas para módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado para iluminación general. Cumplimiento de: Características fotométricas y radiométricas.

IEC-62722-2-1:2014

Regulaciones técnicas para luminarios con LEDs con controlador LED incluido para uso interior, exterior y de alumbrado público. Cumplimiento de: Características fotométricas y radiométricas.

2.2.4.- Requerimientos esenciales en la implementación de módulos LED tipo LFS

Luminaria LED con alto grado de iluminación para suspender en línea continua cuyos requerimientos esenciales son los siguientes:

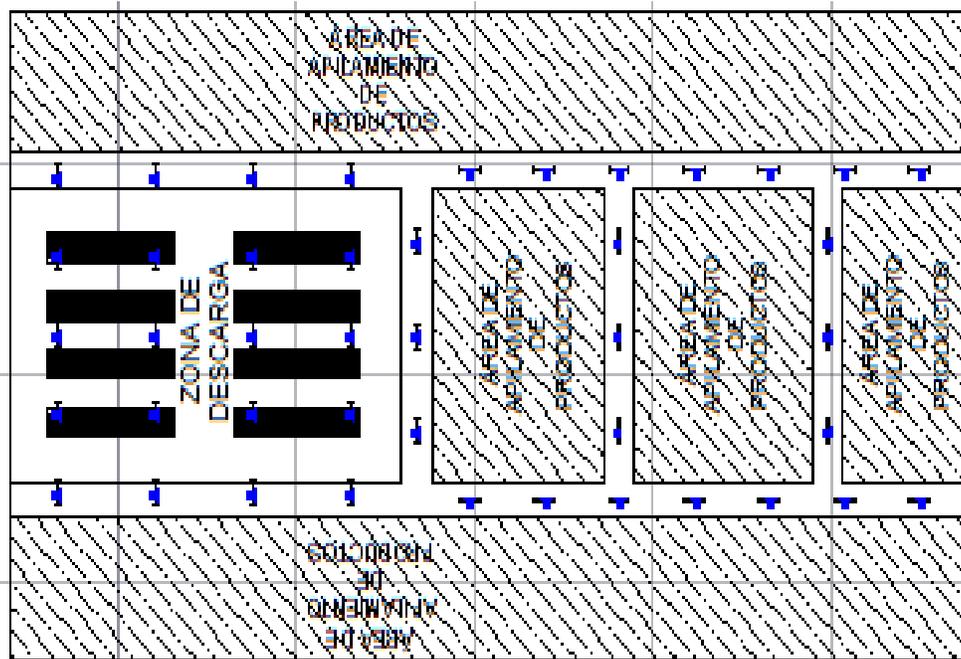
- Luminaria LED para iluminación general en centros comerciales. Compuesta de Módulos Linear Flat System de BJB, para ser adosada en luminarias en plancha acero LAF importado, instalado en línea continua incluye módulo LFS BJB, soporte y conector eléctrico BJB con DRIVER, con opción de SISTEMA DALI.
- Incluye: alineador de ductos, tapa metálica y accesorios de suspensión.
- Todos los conductores son libres de halógeno.
- Tiempo de vida:
DRIVER: 50,000 horas
MODULO LED: 50,000 horas
- Materiales:
Cuerpo hecho en plancha LAF acero.
Pintura electroestática al horno.
- Distribución fotométrica:
De fábrica:
SIMETRICA BJB
HAZ ANGOSTO
ASIMETRICO

2.2.5.- Evaluación casuística

2.2.5.1.-Técnico económico

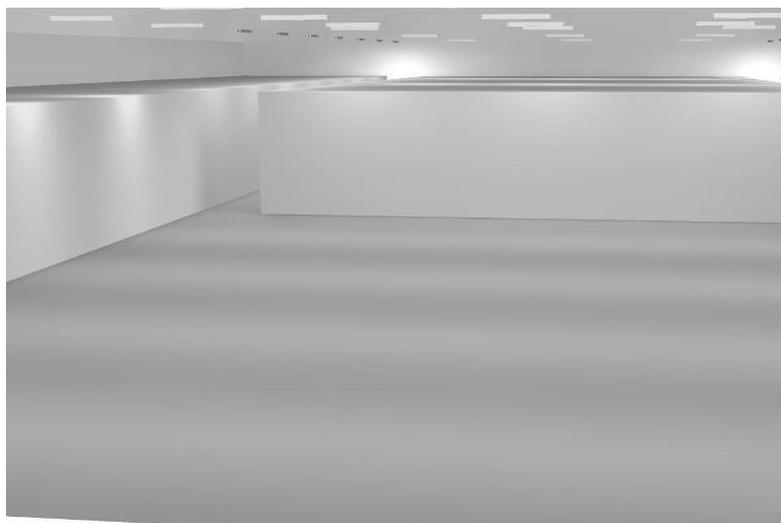
Evaluación área almacén: 1700m²

Figura 16: Distribución de luminarias en simulación área almacén



Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Vista en 3D



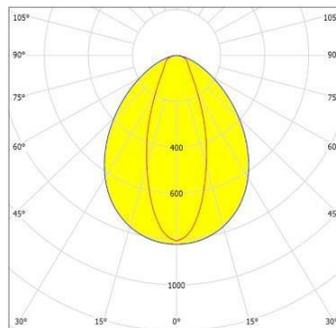
Fuente: Elaboración propia

PROPUESTA “A”

LUMINARIA LFS 2x26.7W

- Altura de montaje de luminarias: 6 mts.
- Altura de apilamiento: 4.5 mts
- Luminaria Led propuesta: Luminaria LFS 1.20mts
- Lúmenes: 8000 lm.
- Iluminancia especificada promedio: Horizontal: 296 lx

Figura 18: Fotometría LFS



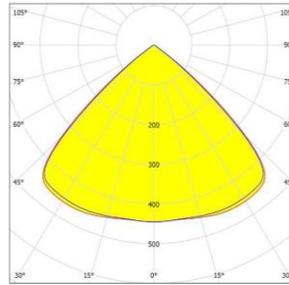
Fuente: BJB

PROPUESTA “B”

LUMINARIA HIGH BAY LEDVANCE 120W

- Altura de montaje de luminarias: 6 mts.
- Altura de apilamiento: 4.5 mts
- Luminaria Led propuesta: High Bay marca Ledvance
- Lúmenes: 13200 lm.
- Iluminancia especificada promedio: Horizontal: 260 lx

Figura 19: Fotometría HB



Fuente: LEDVANCE

Tabla 2: Datos de la evaluación casuística – Resultados comparativos

COMPARATIVO HIGH BAY LEDVANCE vs LFS (ALMACEN)				
SUPERFICIE DE CALCULO	LFS HERMETICA 4000 Lm - 2x26.7W		LED HIGH BAY 13000 Lm – 120W	
	Em Promedio	Uniformidad	Em Promedio	Uniformidad
PASILLO 1	274	0.617	258	0.722
PASILLO 2	284	0.617	272	0.729
PASILLO 3	246	0.862	285	0.859
PASILLO 4	249	0.939	281	0.865
PASILLO 5	296	0.745	340	0.803
ZONA DE DESCARGA	286	0.610	245	0.631
EFICIENCIA(W/m2)	1.38		2.15	
POTENCIA(kW)	2.3		3.6	
CANTIDAD (Unid.)	43		30	
COSTO DE SUMINISTRO	\$6,235.00		\$6,600.00	
Costo kW.h (REFERENCIAL)	\$0.16		\$0.16	
Consumo Mensual kW.h	828		1296	
Consumo Anual kW.h	10074		15768	
Costo Anual en energia (\$)	\$1,611.84		\$2,522.88	
COSTO TOTAL	\$7,846.84		\$9,122.88	
RETORNO DE INVERSION				
Horizonte (Anual)	0	1	2	
Costo High Bay 120W	\$6,600.00	\$2,522.00	\$2,522.00	
Costo Lum. Hermetica LFS 2x26.7W	\$6,235.00	\$1,611.00	\$1,611.00	
Diferencia	\$365.00	\$911.00	-\$911.00	
Diferencia Acumulada	\$365.00	\$1,276.00	\$365.00	
Retorno de Inversion	-0.40 años		-4.8 Meses	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro comparativo entre el High Bay y la luminaria LFS, el dinero que se invierte será posible ser recuperado en 5 meses.

2.2.5.2.-Impacto y huella ambiental

Los avances tecnológicos en este sistema de iluminación representan una de las principales oportunidades para reducir el impacto ambiental asociado al consumo energético; la iluminación LED no solo ha llegado para perfeccionar la manera en que iluminamos los espacios, sino que ha generado un gran cambio económico y ambiental, permitiéndonos mejorar costos, aumentar sus aplicaciones y acercarnos a un uso más responsable de los recursos naturales con los que contamos.

Las luminarias proyectadas no contienen materiales contaminantes como mercurio, plomo o tungsteno, ni otros tipos de materiales tóxicos, que sí están presentes en otros tipos de lámparas. Además, su consumo energético es mucho menor llegando a disminuir en un 80% las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), uno de los principales gases implicados en el cambio climático.

Los productos basados en la tecnología led permiten a decoradores y arquitectos conseguir efectos especiales con luz blanca y de colores, que eran impensables hasta hace algunos años por el costo que implicaban. Tienen un alto grado de versatilidad a la hora de crear diferentes escenarios en interior, que en la noche pueda servir tanto como de iluminación base como efecto lumínico decorativo.

El uso de la tecnología led en iluminación tendrá un efecto beneficioso para el medio ambiente. La llaman iluminación ecológica porque no utiliza mercurio o gases que producen efecto invernadero e incrementan el calentamiento global. Esto hace que su elección a la hora de sustituirlas por los tubos leds tradicionales sea la decisión más inteligente, por su eficiencia energética y eficacia lumínica.

2.3.-Definición de términos básicos

A continuación, definiremos los términos en los sistemas de iluminación más usados:

2.3.1.-Flujo luminoso (Lumen)

Es la cantidad de luz emitida en el espacio por una fuente luminosa en la unidad de tiempo, su unidad es el lumen (Lm).

2.3.2.-Intensidad luminosa (Cd)

Es la intensidad radiante visible en una dirección en particular, como también la concentración de luz en una dirección determinada.

2.3.3.-Iluminancia (Lux)

Es la cantidad de luz o flujo luminoso sobre una superficie por unidad de tiempo.

2.3.4.-Luminancia (Cd/m²)

Es la intensidad luminosa emitida por unidad de superficie.

2.3.5.-Deslumbramiento

Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la viabilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitivo. La magnitud de la sensación de deslumbramiento depende de factores como el tamaño, la posición y la luminancia de la fuente, el número de fuentes y la luminancia a la que los ojos están adaptados.

2.3.6.-Eficacia luminosa

Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lumen/Watt (lm/W).

2.3.7.-Depreciación lumínica

Disminución gradual de emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.

2.3.8.-Driver

Fuentes de alimentación para LEDS y es vital para establecer constante la tensión eléctrica, lo que hace mantener estable el flujo lumínico (intensidad y color) y la temperatura de la luminaria. Protección contra cortocircuitos, circuitos abiertos y protección ante los armónicos (THD).

2.3.9.-Retail

Es un sector económico que engloba a las empresas especializadas en la comercialización masiva de productos o servicios uniformes a grandes cantidades de clientes. Es el sector industrial que entrega productos al consumidor final.

2.3.10.- Temperatura de color

En la iluminación LED, la temperatura de color se refiere al tono de la luz proveniente de la fuente. Es una medida para describir el tono de la luz “cálida” o “fría” de una fuente lumínica, y se basa en el color de la luz emitida por una fuente de combustión.

Figura 20: Temperatura de color de luminarias puntuales

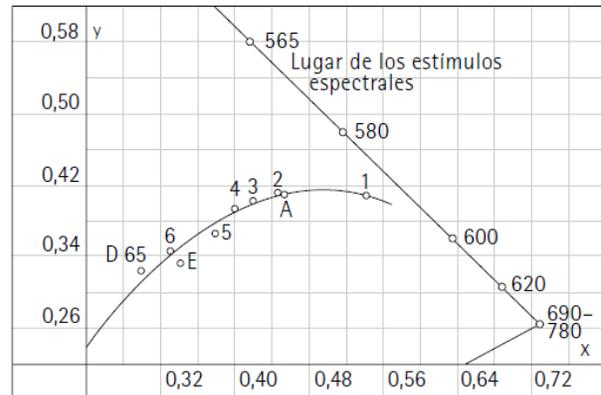
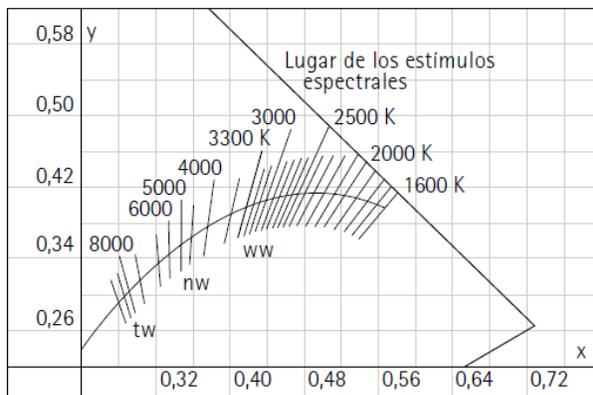
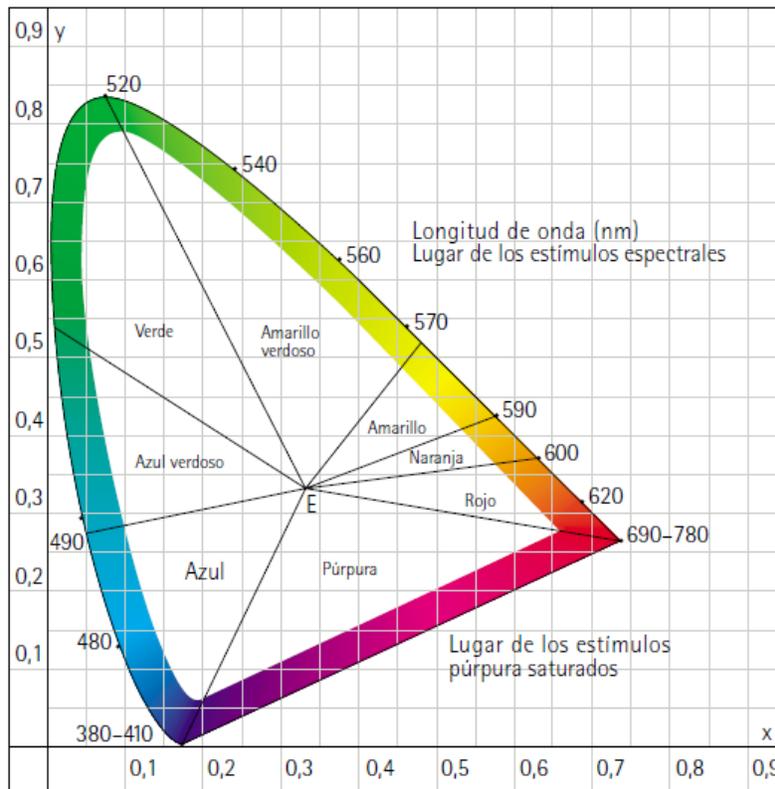


Fuente: Gtled lighting

2.3.11.- Índice de reproducción cromática (CRI)

Es la forma con la que se mide de la capacidad de una fuente luminosa para producir los colores de varios objetos, en comparación de una fuente de luz natural o ideal. Tiene un rango de valores que van desde el 0 (cero) hasta el 100 (cien) el valor “perfecto”. Hace referencia a la calidad del reflejo del color que es capturado por una célula fotosensible.

Figura 21: Curva de luz visible respecto a la longitud de onda

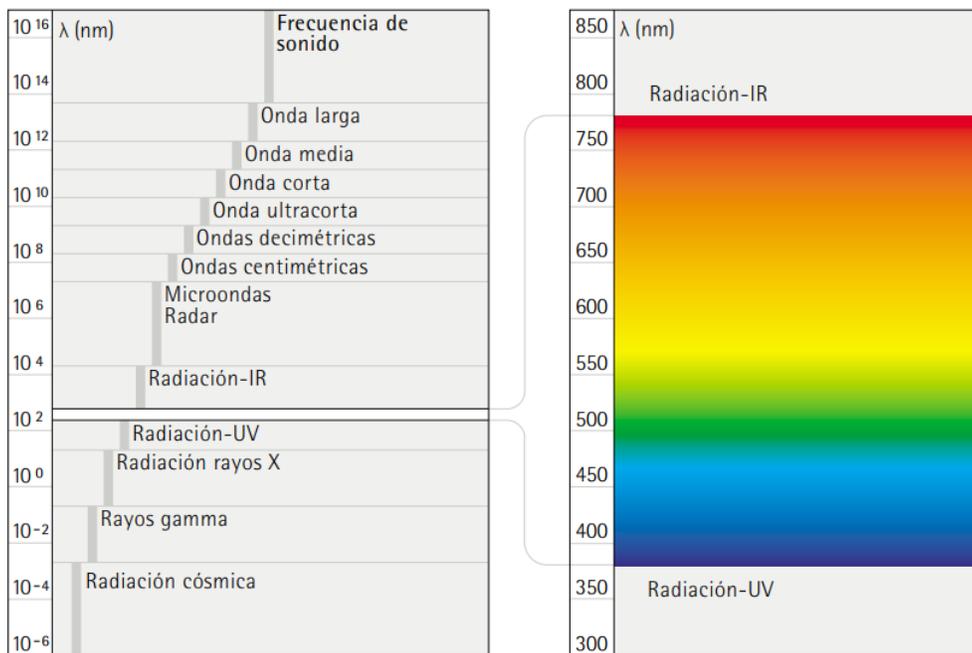


Fuente: ERCO

2.3.12.- Luz

La luz, base de todo lo visible, es para el hombre una aparición natural. Claridad, oscuridad y el espectro de colores visibles nos resultan tan familiares que otra percepción en una zona de frecuencia distinta y con sensaciones cromáticas diferentes nos resulta casi inconcebible. Pero en realidad la luz visible sólo es una pequeña parte del espectro bastante más ancho de las ondas electromagnéticas, que alcanzan desde los rayos cósmicos hasta las ondas radioeléctricas. Que sea precisamente el área desde 380 hasta 780 nm, la «luz visible», la que conforme la base de la visión humana, desde luego no es casualidad. Justo esta área se encuentra relativamente regular como radiación solar a disposición en la Tierra y de este modo puede servir como base fiable de la percepción.

Figura 22: Longitud de onda de la luz visible



Fuente: ERCO

III.- VARIABLES E HIPÓTESIS

Las variables e hipótesis que definieron el modelo de la presente tesis quedaron expresados en los términos siguientes:

3.1.-Variables de la investigación

Para la elaboración de variables e hipótesis que definieron el modelo de la presente investigación se han conformado los siguientes términos:

3.1.1.-Variable independiente

X: Módulos led tipo LFS.

Son equipos multipropósito, es decir pueden ser utilizados diferentes aplicaciones del tipo: Comercial (Supermercados, Tienda de Electrodomésticos.), Industrial (Almacenes, plantas de producción y procesos), Oficinas, entre otros.

Tiempo de vida:

Los módulos LED tienen un tiempo de vida de 50000 horas.

Mantenimiento:

El mantenimiento de los módulos led LFS se efectúan de manera rápida y sencilla.

Flexibilidad:

Los módulos led LFS son adaptables a diversas formas de luminarias tales como. Rejillas, Luminarias lineales, Herméticas. Esto, de acuerdo a su funcionalidad.

3.1.2.-Variable dependiente

Y: Eficiencia lumínica de un centro comercial retail.

Es un sistema de alumbrado eficiente, desarrollando soluciones de iluminación de elevado flujo luminoso controladas con precisión para los sectores especificados de la tienda, optimizando el número de luminarias con un mayor ahorro de potencia instalada.

3.2.-Operacionalización de variables

3.2.1.-Indicadores

x1: Flujo luminoso

x2: Curva fotométrica

y1: Luminaria eficiente, de ahorro energético y bajo deslumbramiento.

y2: Luminaria de uso versátil y dimeable.

3.3.-Hipótesis general e hipótesis específica

3.3.1.-Hipótesis general

HG: Mediante la implementación de módulos LEDS tipo LFS, es posible mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.

3.3.2.-Hipótesis específicas

H1: Mediante el resultado del uso de módulos led tipo LFS, es posible mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.

H2: Mediante un adecuado criterio de selección de módulos leds tipo LFS según su fotometría y/o flujo luminoso, es posible mejorar la iluminación del centro comercial Retail, sala de ventas.

H3: Al implementar los módulos leds tipo LFS, es posible la obtención de variaciones de mejora en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail.

IV.- METODOLOGÍA

4.1.-Tipo de investigación

La investigación propuesta fue del tipo aplicada y cuantitativa.

4.2.-Diseño de la investigación

La presente tesis fue del tipo de diseño experimental y explicativo.

4.3.-Población y muestra

4.3.1.-Población

El 2021 fue un año exitoso en términos de recuperación en el Perú, que permitió el retorno progresivo de las actividades y la economía. El panorama en 2022, con menores restricciones sanitarias y un mayor flujo económico, parecen emocionar a los centros comerciales, quienes están retomando sus planes de expansión y crecimiento en el país.

Según datos del último reporte de Retail elaborado por la consultora Jones Lang La Salle (JLL), al cierre del 2021, se registran 3.300,000 m² de área arrendable (GLA) para centros comerciales. Aunque no se abrieron nuevos malls en el país, sí se desarrollaron procesos de ampliación en 11 activos, añadiendo 41.550 metros cuadrados de nuevos espacios.

Asimismo, las ocupaciones registradas alcanzaron un total de 1,570 nuevos locatarios, de los cuales el 59% se realizaron en Lima Metropolitana. En cuanto al precio promedio de renta, el rango va desde S/ 40 hasta S/ 300 por metro cuadrado (sin incluir impuestos y otros costos adicionales). Cabe señalar que están registrados 84 centros comerciales repartidos en 25 ciudades del país, siendo Lima quien se lleva la mayor parte (54%), seguido de las provincias (46%).

Durante el 2021, el inventario de centros comerciales en el interior del país tuvo un incremento de 26.100 m² por las ampliaciones realizadas en 4 centros comerciales de formato: Regional (2), Comunitario (1) y Vecindario (1). Entre estas nuevas áreas, destaca la ampliación de «Real Plaza Cusco», con espacio para 45 nuevos locatarios.

Con la nueva oferta comercial, el inventario de centros comerciales en los departamentos del Perú alcanza 1.5 millones m² de área arrendable; distribuidos en 47 centros comerciales operativos. Por otro lado, continúa observándose que, en las ciudades de Amazonas, Loreto, Pasco, Madre de Dios,

Huancavelica, Ayacucho, Apurímac y Tacna; aún no cuentan con presencia de centros comerciales. Sin embargo, en ciudades como Tacna se proyecta un futuro desarrollo.

Se observa que, en los departamentos del Perú, los centros comerciales de formato Comunitario tienen la mayor participación del inventario total, alcanzando el 62%. Además, existen 12 operadores de centros comerciales en esta demografía, siendo InRetail, nuevamente, el operador con más participación, teniendo 16 centros comerciales en su portafolio.

También se registraron aproximadamente 663 nuevos locales, de las cuales, el 54% se efectuaron en los centros comerciales de formato Regional. De allí destacan las ocupaciones del centro comercial «Mall Aventura Chiclayo» que ingresó a inicios de noviembre del 2020 y contemplaba una considerable oferta.

Entre las principales ocupaciones de los malls se encuentran: Huawei, Xiaomi, Kukulí, Coolbrands, H&M, Adidas, BBVA, Happyland, Smart Fit, entre otros.

Sobre el precio promedio en los departamentos del Perú, este se encuentra en un rango o que va desde S/ 40 (por metro cuadrado) en malls de formato Vecindario; hasta S/ 290 en malls de formato Super Regional.

Con el cierre optimista del 2021 por la recuperación del mercado, los operadores de los centros comerciales retomaron sus estrategias y planes para los próximos años. Entre estos, la planificación y desarrollo de nuevos centros comerciales. Las obras de los 5 malls que venían desarrollándose en el Perú (3 en Lima Metropolitana y 2 en provincia) retomarán su construcción, y -de no presentarse postergación o retrasos- se estarán entregando durante el 2023.

En cuanto a las ampliaciones, se prevé que durante el 2022 se añada alrededor de 36,800 m² de área arrendable en todo el Perú. Entre estas nuevas incorporaciones se encuentra la ampliación de Mall Aventura Santa Anita, que adicionará nuevos espacios para tiendas intermedias, salas de cine y locales de gastronomía.

En ese contexto, JLL Perú **prevé que para el 2022 la ocupación continúe** mostrando un buen desempeño, generando que el rango de los precios promedio de renta (renta fija) alcancen los niveles prepandemia. Finalmente, **en el Perú existen 33 proyectos que se encuentran en etapa de planeamiento**, que en conjunto suman más de 1.1 millones de m² de GLA.

A medida que los centros comerciales retoman sus planes de expansión y crecimiento en el país, algunos ya se encuentran en desarrollo, como los de **Chorrillos** y Ate en Lima; y en **Huaraz** e **Iquitos**.

Por ello, como es notorio los ambientes de gran concentración son las salas de ventas de todos los centros comerciales, el cual demanda de una mejor atención en los productos y por ende, de un mejor sistema de iluminación integral.

El desarrollo del diseño, implementación y puesta en prueba, se proyectará para llevar a cabo en los talleres del laboratorio de Ing. Eléctrica de una empresa nacional especialista en ensamblaje de luminarias, con lo cual se harán las coordinaciones oportunas con las respectivas dependencias, para el uso de equipos de medición y ensamble de una luminaria. Nuestra población objetivo corresponde al sistema de iluminación de la sala de ventas de los Centros Comerciales Retail, y por ello la topografía de los sistemas de iluminación son en su mayoría muy similares.

N: Población

N = 1

4.3.2.-Muestra

Basado en el cálculo de muestra probabilística, la muestra es finita con la formulación adjunta. Nuestra muestra corresponde con la población objetivo, y específicamente desarrollaremos un sistema de selección técnicamente eficaz destinado a la sala de ventas del centro comercial Retail del distrito de Ventanilla, Callao.

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \dots\dots\dots (18)$$

Donde:

Z α : límite de confianza de 95%, que significa tener un error de 5%

p*q: campo de variabilidad de los aciertos y errores, donde p: aciertos y q: errores.

d: Nivel de precisión para generalizar los resultados.

N = Total de la población

Z α = 1.96 al cuadrado (con seguridad del 95%)

p = proporción esperada (5% = 0.05)

q = 1 - p (95% = 0.95)

d = precisión (5%)

N: Población

N = 1

n = Muestra

n = 1

4.4.-Técnicas e instrumentos de recolección de datos

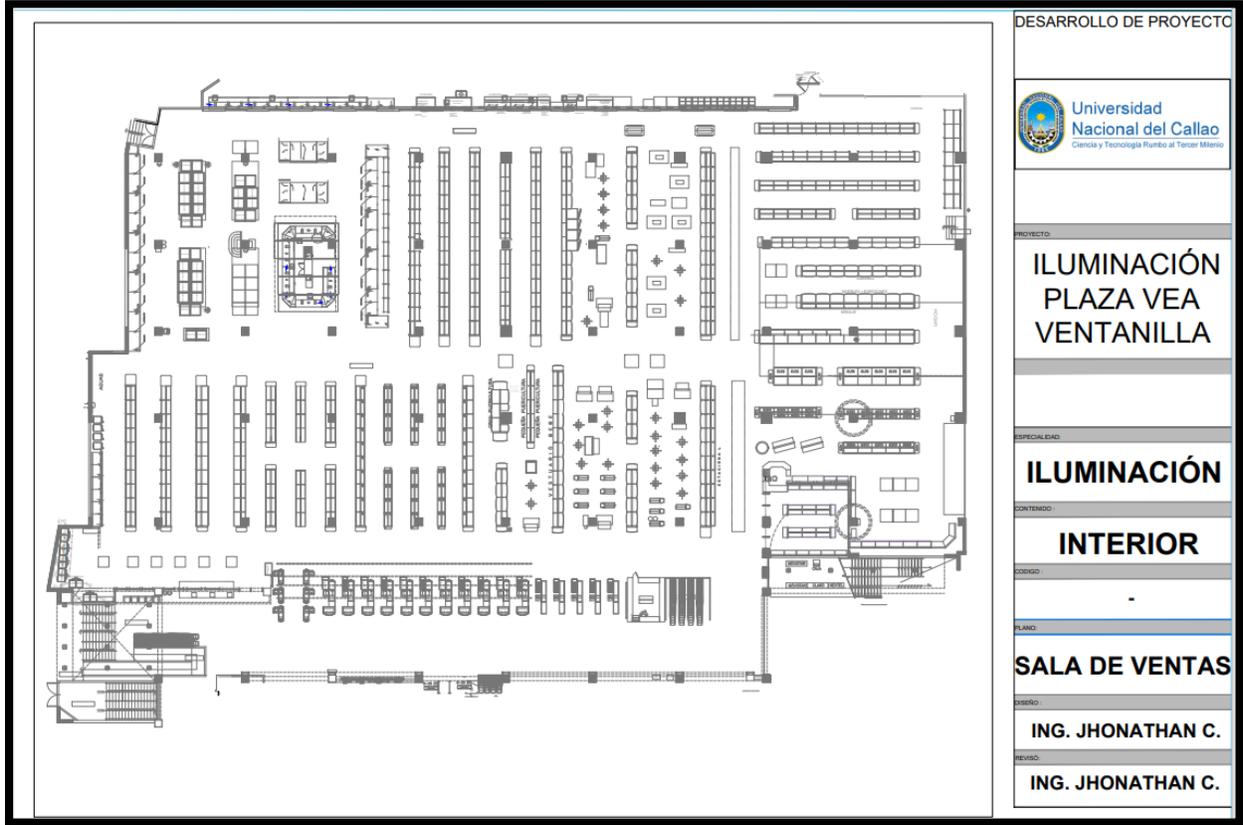
Mediante la recolección de datos se utilizó la técnica de documentación y observación para lo que se obtuvo los datos de la luminaria existente en la Sala de ventas del centro Comercial Retail, ubicada en el distrito de Ventanilla, y así se obtuvo parámetros nominales y existentes, por lo cual, mediante la información del tipo de uso del módulo led tipo LFS proyectado por la empresa BJB cuyos datos son relevantes, fue posible generar el prototipo de la luminaria para una eficiencia lumínica más adecuada. Teniendo en cuenta el uso de la altura, los niveles de iluminación que requiere la sala de ventas de acuerdo a nuestras fuentes primarias, tipo de fotometrías, se procedió a la importación del plano actual para nuestro diseño de investigación.

Por lo otro lado, tuvimos otra fuente primaria para la recolección de datos como conseguir información de nuestra misma muestra, ya que tuvimos información y contacto mediante la gestora energética encargada en el centro comercial del área de eficiencia energética.

4.5.-Procedimientos de recolección de datos

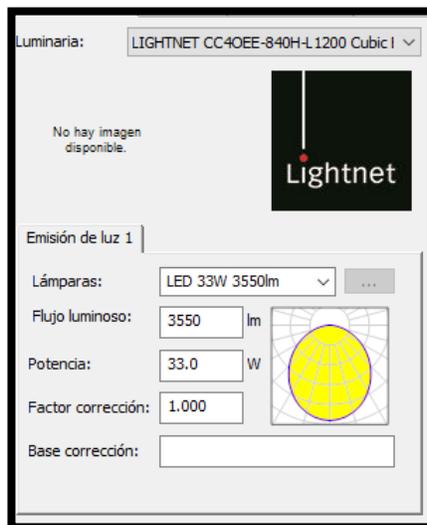
Mediante nuestras fuentes primarias obtuvimos datos primordiales como planos existentes en CAD de la topología de la sala de ventas, el tipo de luminaria que se está usando, la fotometría del módulo LED tipo LFS, los niveles de iluminación vertical y horizontal que exige nuestra muestra; así como la obtención de los demás componentes mostrados a continuación:

Figura 23: Plano de arquitectura actual de la sala de ventas de la muestra



Fuente: Supermercado Peruanos

Figura 24: Fotometría de luminaria tubo LED existente (1.2m, 33W)



Fuente: Supermercado Peruanos

Figura 25: Características técnicas de luminaria tubo LED existente

Potencia (W)33W
 Temperatura de calor (K)6500K
 Flujo luminoso (LM)3200 lm
 Voltaje (V)100-240V 60Hz
 Montaje Sobreponer
 Vida útil promedio (Horas)25.000 h
 Grado de protección IP20
 Ángulo 110°
 Base casquillo NA
 Dimerizable No



Fuente: <https://ilumec.com/producto/tubo-led-eco-module-max-33w-120cm-6500k/>

Por lo que indica que el tubo led **no es dimerizable** y la vida útil es de **25000 horas**.

Tabla 3: Costo de luminaria tubo LED existente

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	P.UNIT.	COSTO
1.01	SOPORTERIA ACERO LAF 1.2m	1	55.000	55.000
1.02	TUBO LED 865 T8 120mm 33W	2	29.000	58.000
			S/.	113.00
	TOTAL		\$	40.357

Fuente: Supermercado Peruanos

Figura 26: Costo de energía eléctrica por kW.h



Fuente: Supermercado Peruanos

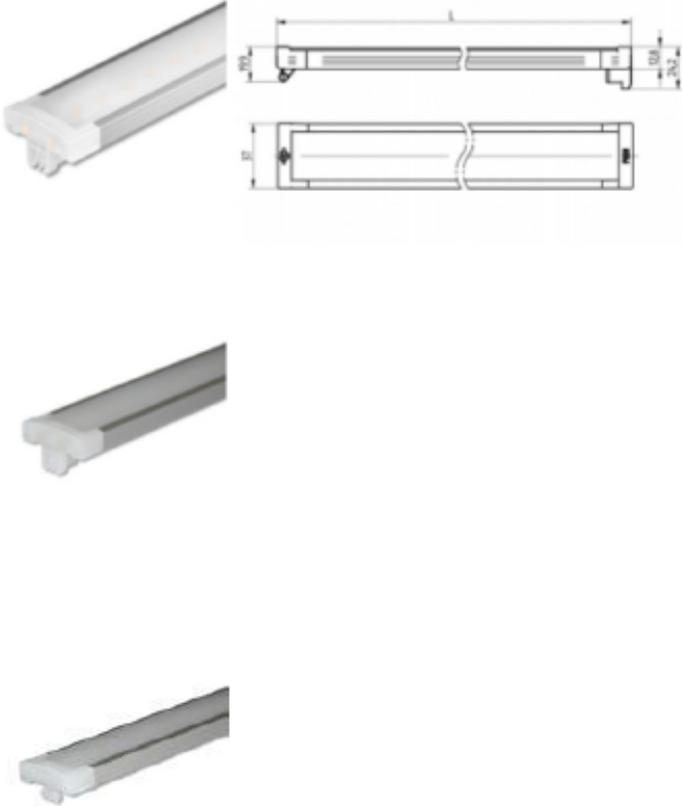
El costo por kW.h expresado en dólares es de \$ **0.10** y con tarifa MT4 con la concesionaria Enel.

Figura 27: Niveles de iluminación requeridos de la muestra

 				
PARAMETROS DE CALCULOS LUMINOTECNICOS				
SALA DE VENTAS				
ZONA	SUB ZONA	TIPO DE ILUMINACION	ALTURA DE MONTAJE	Niveles de Iluminancia media Em en lux (Altura de plano de medición)
S A L A D E V E N T A S	SALA DE VENTAS	ILUMINACION GENERAL	Suspendido 4.00m	800-1000
		ILUMINACION VERTICAL		500
	ZONA ELECTRO	ACENTUACION	Suspendido a 3.50m	1500-1800
	ZONA DE FRUTAS Y VERDURAS	ACENTUACION	Suspendido a 3.50m	1500-1800
	LINEAL ASISTIDO DE FRESCOS ZONA DE TRABAJO	ILUMINACION GENERAL	Empotrado en FCR H=2.50m	600-800
	LINEAL ASISTIDO DE FRESCOS ZONA DE EXHIBICION PASTELERIA	ACENTUACION	Empotrado en FCR H=2.50m	1500-1800
	LINEAL ASISTIDO DE FRESCOS ZONA DE EXHIBICION PANADERIA	ACENTUACION	Empotrado en FCR H=2.50m	1500-1800
	LINEAL ASISTIDO DE FRESCOS ZONA DE EXHIBICION POLLO	ACENTUACION	Empotrado en FCR H=2.50m	1500-1800
	LINEAL ASISTIDO DE FRESCOS ZONA DE EXHIBICION PESCADERIA	ACENTUACION	Empotrado en FCR H=2.50m	1500-1800

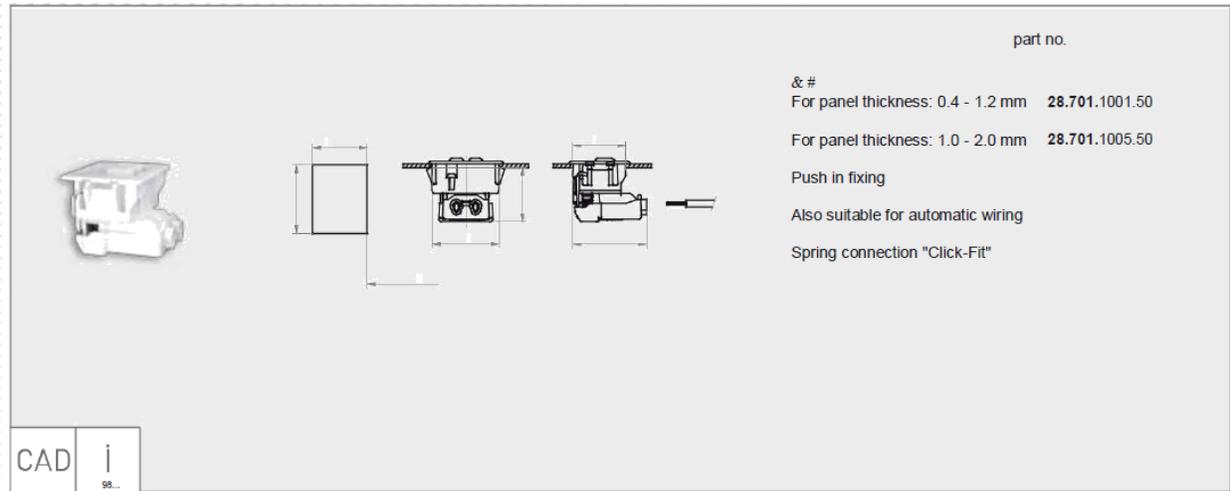
Fuente: Supermercado Peruanos

Figura 28: Datos técnicos módulo Led LFS

	<p>pkg. 12</p> <p>wt. 530 g</p> <p>part no. 32.130.0025.00</p>	
	<p>Light Distribution: Diffuse</p> <p>Height (build in): 15 mm</p> <p>Width: 37 mm</p> <p>Length: 1166 mm</p> <p>Socket: GR6d-3</p> <p>Colour temperatur.: 4000 K</p> <p>CRI: >80</p> <p>Energie efficiency class: A++</p> <p>Power consumption (W) at Tc 25° C: 26.74 W</p> <p>Power consumption (W) at Tc 50° C: 26.32 W</p> <p>Power consumption (W) at Tc 25° C: 38.2 V</p> <p>Power consumption (W) at Tc 50° C: 37.6 V</p> <p>Operational current (If): 700 mA</p> <p>Flux at Tc 25° C: 4060 lm</p> <p>Flux at Tc 50° C: 3850 lm</p> <p>Flux at Tc 25° C: 4060 lm</p> <p>Module efficiency at Tc 25° C: 152 lm/W</p> <p>Module efficiency at Tc 50° C: 146 lm/W</p>	
	<p>Linear Flat - flat LED module Exchangeable LED-lamp - No additional tools required New - 2nd Generation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quick and easy installation even in very narrow luminaires (slot light channels) • Audible and tactile feedback during mounting process „Click-Fit“ • Straight and pure design, genuine high grade materials • Tight colour tolerance: McAdams 3.5 SDCM • Beam angle: 105° • Life span L70 > 50.000 h • Ambient temperature: -30 °C bis + 45 °C • Module efficiency and Luminous flux measured at Tc = 25 °C • TC: max. 65° C • Risk group: 0 • Protection class: IP20 • Guarantee*: 5 years • RoHS 	
	<table border="1"> <tr> <td>LED ☽</td> <td>60VDC SELV</td> </tr> </table>	LED ☽
LED ☽	60VDC SELV	

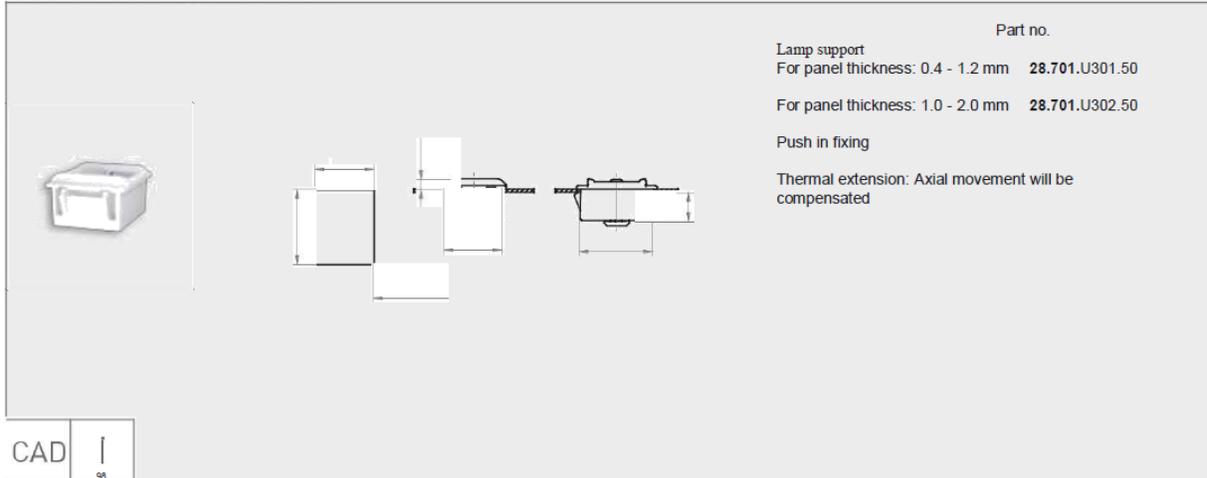
Fuente: Linear Flat System – BJB

Figura 29: Conector eléctrico



Fuente: Linear Flat System - BJB

Figura 30: Conector mecánico



Fuente: Linear Flat System - BJB

Figura 31: Driver 70W Helvar

LL1x70-E-CC

1x70 W **Constant Current** LED driver

- Short & open circuit protection
- Overload protection
- Suitable for class I luminaires
- Adjustable constant current output: 350 (default) to 700 mA
- Maximum 70 W load
- Accept DC mains in case of central emergency battery
- High efficiency > 0.91
- Protected up to 4 kV power network fast transients
- Current setting resistor input

70 W 220-240 VAC 50-60 Hz



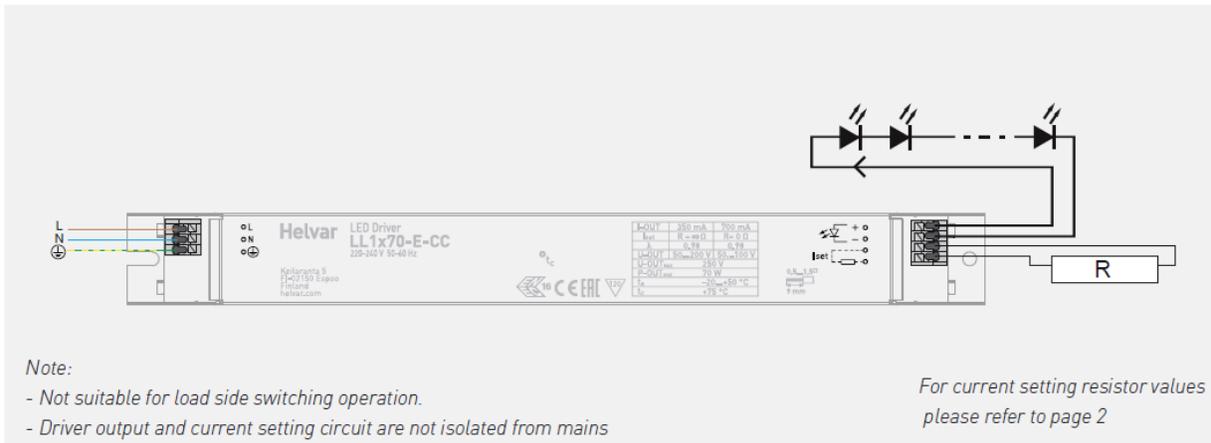
freedom in lighting



Fuente: www.helvar.com

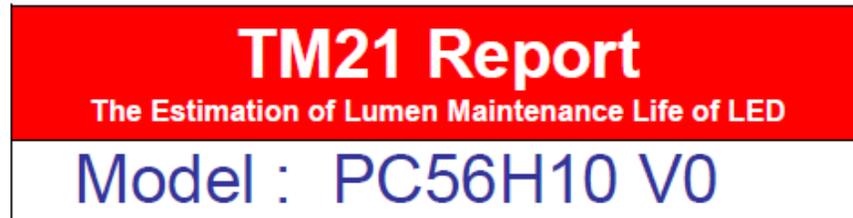
Figura 32: Diagrama de conexión Driver 70W Helvar

Connections



Fuente: www.helvar.com

Figura 33: Certificación de Chip Led del módulo LFS



Signed for and on behalf of Lextar Reliability Test Lab.

Cody Chen

Cody Chen
Technical Manager



Applicant:	Lextar Electronics Corp.
Dept:	PIAP3
Date of samples received:	2014/2/5
Date of test started:	2014/2/13
RA No:	L1402003
Date of report issued:	2014/11/27
Report No.:	2014_TM21_008

Lextar Reliability Lab address:
No.1, Keyi St., Zhunan Township, Miaoli County 350, Taiwan (R.O.C.)

Disclaimer:

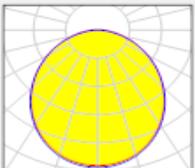
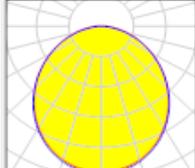
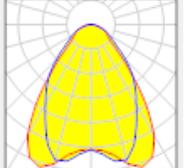
This document is provided for informational purposes only for the specified test samples and is not a warranty or a specification. This file is to be used exclusively for submission to customer for evaluation and assessment the LED light source performance. The information in this document is subject to change without notice.

Fuente: Lextar Electronics Corp.

4.6.-Procesamiento estadístico y análisis de datos

Mediante el procesamiento estadístico y análisis de los datos obtenidos, hemos demostrado el aporte de nuestros sistemas de selección con los métodos actuales usados, y así obtuvimos el cuadro comparativo entre los módulos que se propuso en la presente tesis.

Tabla 4: Evaluación técnica de módulos según fotometría

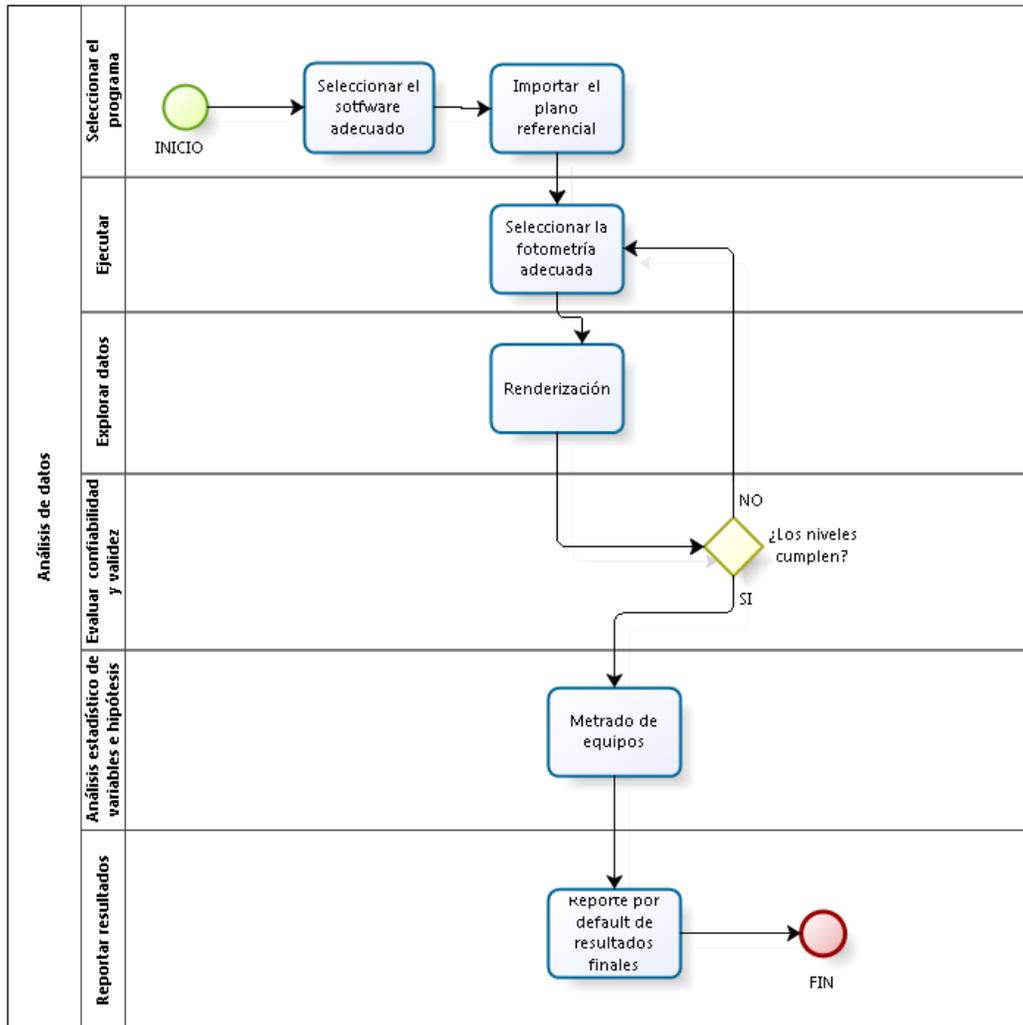
Parámetros de evaluación	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Características de luminaria proyectada (módulos LED)			
Tipo de uso de módulos LED LFS	LFS SIMETRICO1X26.7W DALI	LFS DOBLE SIMETRICO 2x26.7W DALI	LFS DOBLE ASIMETRICO 12° 2X26.7W DALI
Marca y procedencia del LED – Marcas requisito Inretail	Marca: BJB Procedencia: Alemania	Marca: BJB Procedencia: Alemania	Marca: BJB Procedencia: Alemania
Lextar	X	X	X
Eficacia luminosa de diodo LED (en L/W)	>152	>152	>157
Sistema LED SMD o COB	SMD	SMD	SMD
Voltaje de operación (Volt)	198-264	198-264	198-264
Tipo de Driver proyectado	DALI	DALI	DALI
Factor de potencia	>90	>90	>90
THD	<10%	<10%	<10%
Corriente de operación (Amp)	0.7	0.7	0.7
Frecuencia de operación (en Hz)	60	60	60
Diagrama de distribución luminosa			
IP	IP 20	IP 20	IP20
IK	IK 8	IK 8	IK 8
Tipo de montaje	Suspendido	Suspendido	Suspendido
Índice de Reproducción de Color	>80	>80	>80
Temperatura al interior	25°C	25°C	25°C
Temperatura de Color (en K)	4000	4000	4000
Rango de temperatura de operación (en °C)	(-)30°/+45°	(-)30°/+45°	(-)30°/+45°
Óptica	WIDE	WIDE	WIDE
Vida útil de la luminaria	50000 H	50000 H	50000 H
Garantía Técnica	5 años	5 años	5 años

Fuente: Ficha técnica 32.130.0025 Linear Flat Sistema. BJB – Alemania.

Para la obtención de resultados y la validación de la operatividad de nuestra simulación verificamos el comportamiento de renderización de nuestro modelo, se utilizó para tal efecto instrumentos de simulación que ha conestado con los siguientes pasos:

- a) Seleccionar el programa.
- b) Ejecutarlo.
- c) Explorar datos.
- d) Evaluar confiabilidad y validez.
- e) Análisis estadístico de variables e hipótesis.
- f) Reportar resultados.

Figura 34: Diagrama de flujo del plan de análisis y procesamiento de datos



Fuente: Elaboración propia.

V.- RESULTADOS

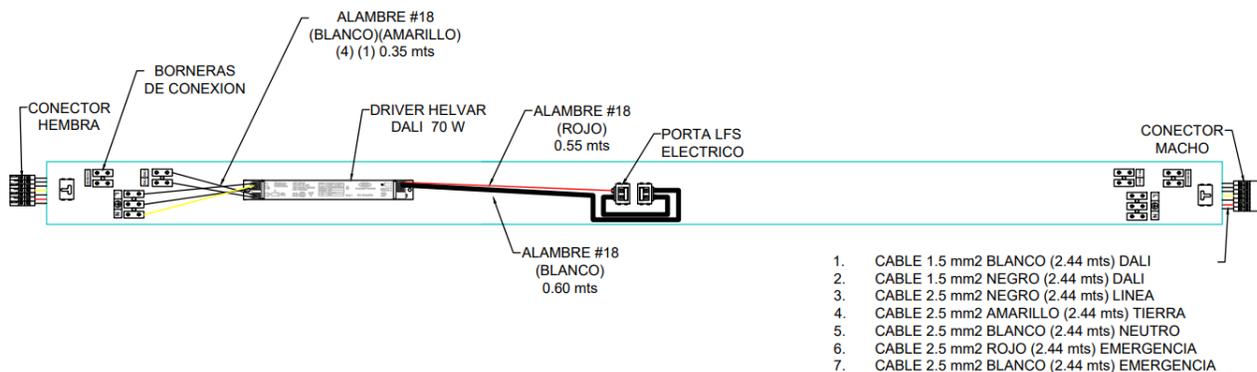
Los resultados obtenidos fueron enfocados de acuerdo a los objetivos planteados en la presente tesis, los cuales fueron obtenidos de acuerdo a sus objetivos específicos y detallándolos punto a punto a continuación:

5.1.-Prototipo de luminaria

Teniendo en cuenta la recolección de datos y diseñando un modelo, así logramos obtener un prototipo y lo esquematizamos de la siguiente manera, teniendo en cuenta la lista de sus componentes. Luego de definir todos los parámetros de diseño y generar el esquema, se procedió a diseñar los prototipos del sistema, teniendo en cuenta cada una de los dispositivos obtenidos de nuestras fuentes primarias. Por ello implementamos los módulos Leds Tipo LFS en los siguientes prototipos.

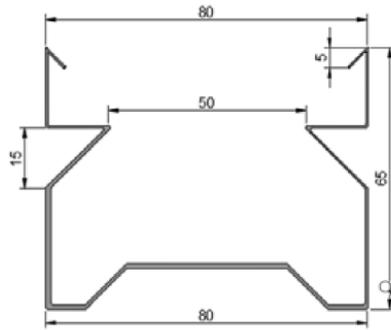
5.1.1.-Luminaria con módulos LFS 2x26.7W

Figura 35: Esquema de prototipo de luminaria 2.4m LFS 2x26.7W



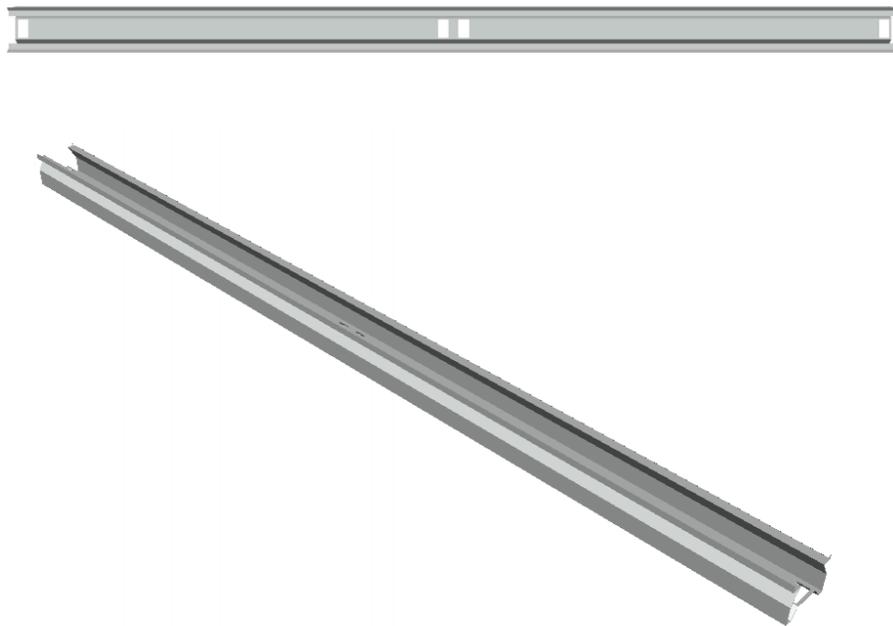
Fuente: Elaboración propia.

Figura 36: Vista frontal prototipo de luminaria 2.4m LFS 2x26.7W



Fuente: Elaboración propia.

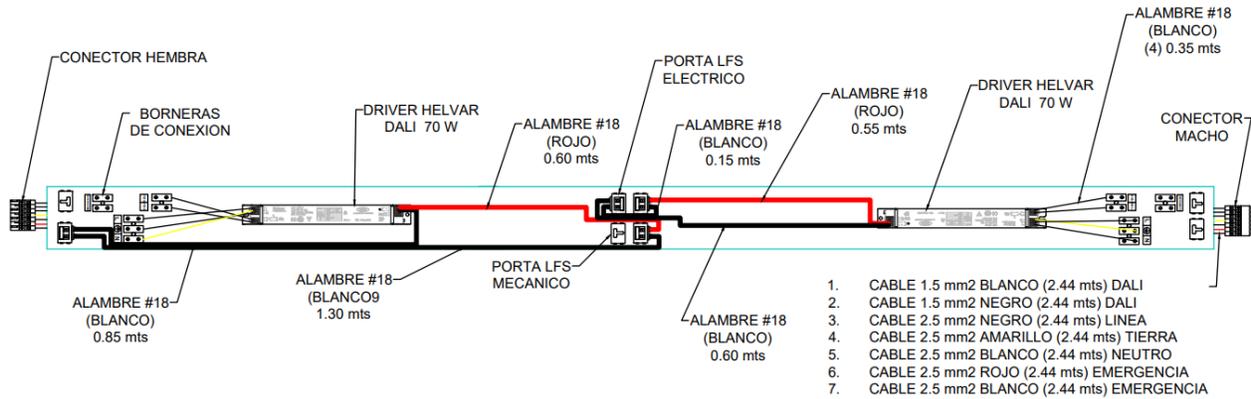
Figura 37: Vista 3D prototipo de luminaria 2.4m LFS 2x26.7W



Fuente: Elaboración propia.

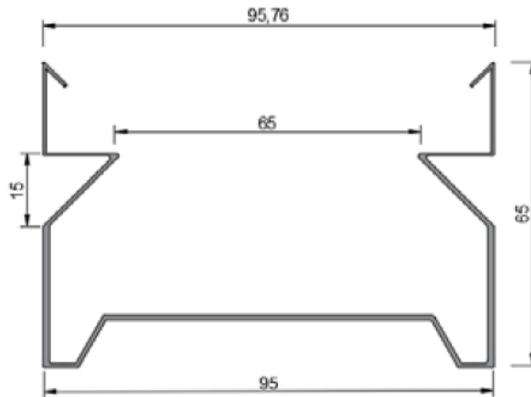
5.1.2.-Luminaria con módulos LFS 4x26.7W

Figura 38: Esquema de prototipo de luminaria 2.4m LFS 4x26.7W



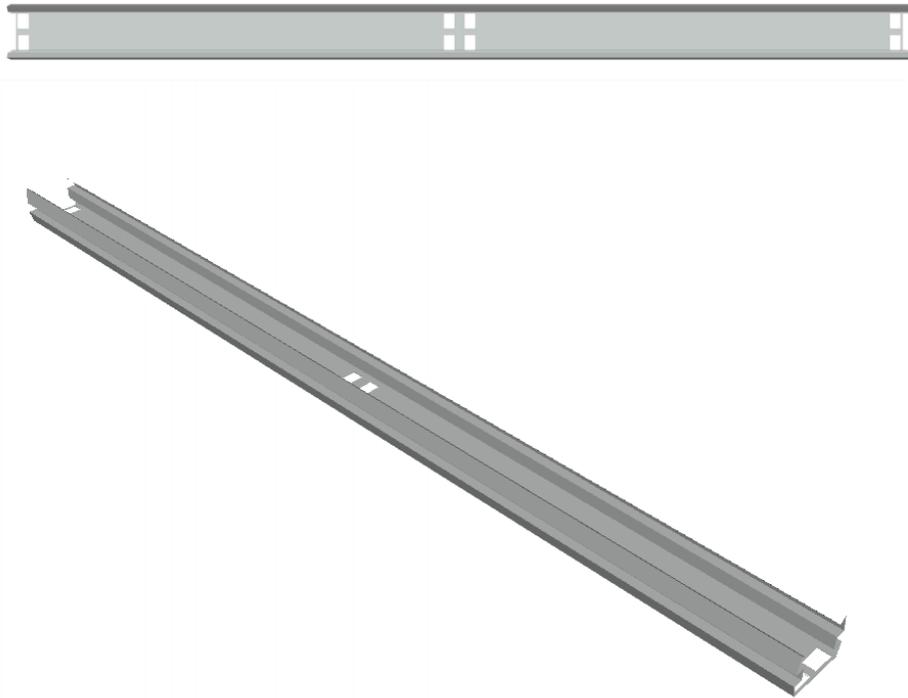
Fuente: Elaboración propia.

Figura 39: Vista frontal prototipo de luminaria LFS 4x26.7W



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40: Vista 3D prototipo de luminaria LFS 4x26.7W



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Evaluación del costo de la luminaria Led LFS 4x26.7W

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	P.UNIT.	COSTO
1.01	DUCTO DE ACERO LAF 2.4m	1	57.800	57.800
1.02	DRIVER 70W	2	40.800	81.600
1.03	BJB 26.7 W 4000K	4	44.900	179.600
1.04	BORNERAS DE NYLON	6	0.200	1.200
1.05	CONECTOR ELECTRICO	2	1.632	3.264
1.06	SOPORTE MECANICO	2	3.638	7.276
1.07	CABLE AMARILLO	0.60	0.47	0.282
1.08	CABLE LIBRE HALOGENO	5	0.52	2.600
1.09	STOVE BOLDT 5/32 X 3/8 C/T	5	0.020	0.100
1.1	CAJA DE CARTON	1	2.300	2.300
			S/.	336.02
TOTAL			\$	120.008

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Evaluación del costo de la luminaria Led LFS 2x26.7W

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	P.UNIT.	COSTO
1.01	DUCTO DE ACERO LAF 1.2m	1	28.900	28.900
1.02	DRIVER 70W	1	40.800	40.800
1.03	BJB 26.7 W 4000K	2	44.900	89.800
1.04	BORNERAS DE NYLON	3	0.200	0.600
1.05	CONECTOR ELECTRICO	1	1.632	1.632
1.06	SOPORTE MECANICO	1	3.638	3.638
1.07	CABLE AMARILLO	0.30	0.47	0.141
1.08	CABLE LIBRE HALOGENO	2.5	0.52	1.300
1.09	STOVE BOLDT 5/32 X 3/8 C/T	3	0.020	0.050
1.1	CAJA DE CARTON	1	2.300	1.150
			S/.	168.01
		TOTAL	\$	60.004

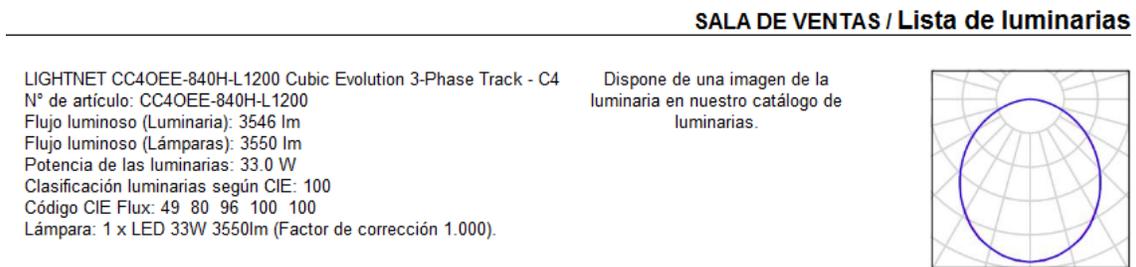
Fuente: Elaboración propia.

5.2.-Resultados de renderización

Evaluando la distribución de luminarias con lo existente y lo proyectado, y teniendo las fotometrías de dichas luminarias, ahora hemos procedido con la corrida de flujo actual y proyectada teniendo en cuenta los niveles que requiere nuestra muestra en los planos verticales y horizontales. Y así obtuvimos el criterio de selección según su fotometría y flujo luminoso por lo que obtuvimos los valores permitidos para una eficiencia lumínica óptima.

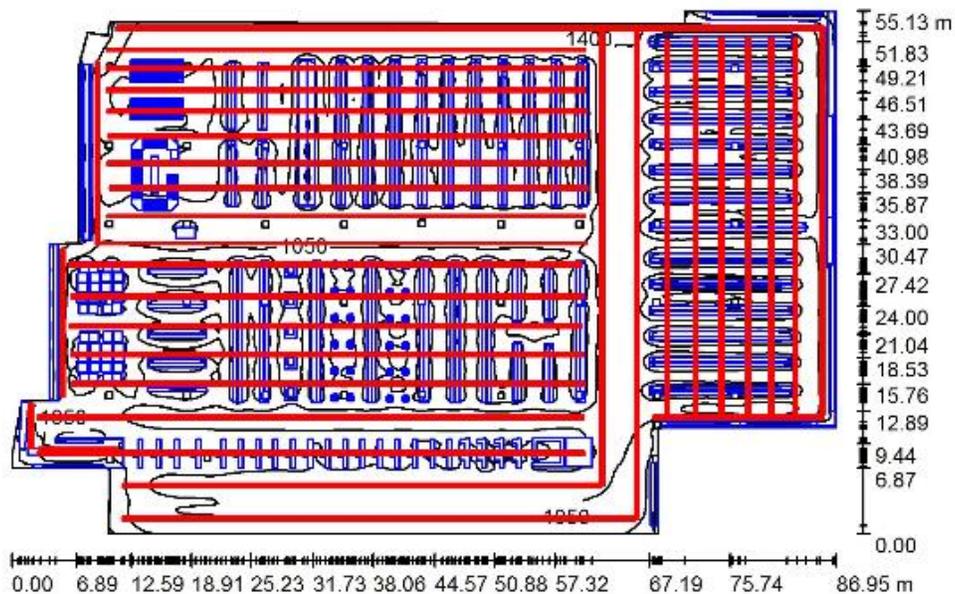
5.2.1.-Distribución con luminaria tubo LED existente 33W, 3550 lm, 220V.

Figura 41: Característica de luminaria existente



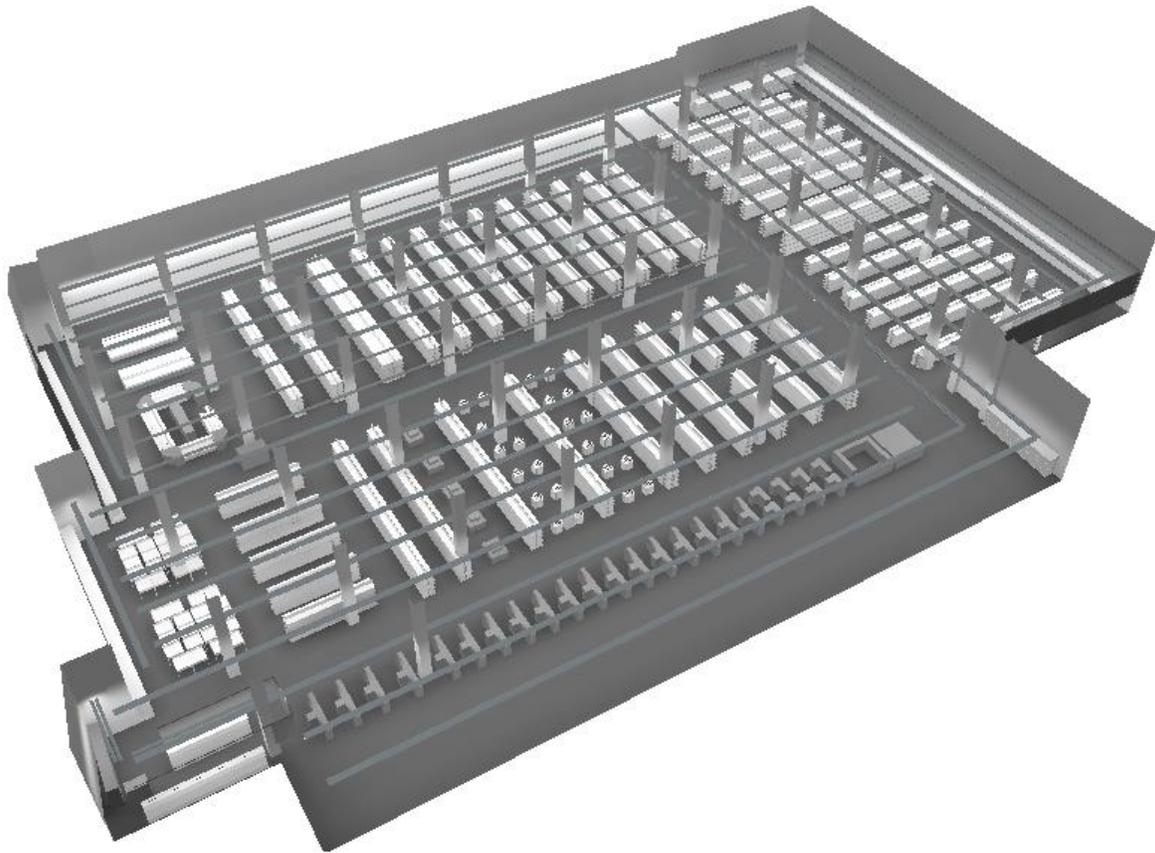
Fuente: Dialux.

Figura 42: Distribución de luminarias existentes



Fuente: Dialux.

Figura 43: Distribución de luminarias existentes Vista 3D



Fuente: Dialux.

Figura 44: Listado de luminarias existentes, flujo luminoso y eficiencia total

Lista de piezas - Luminarias

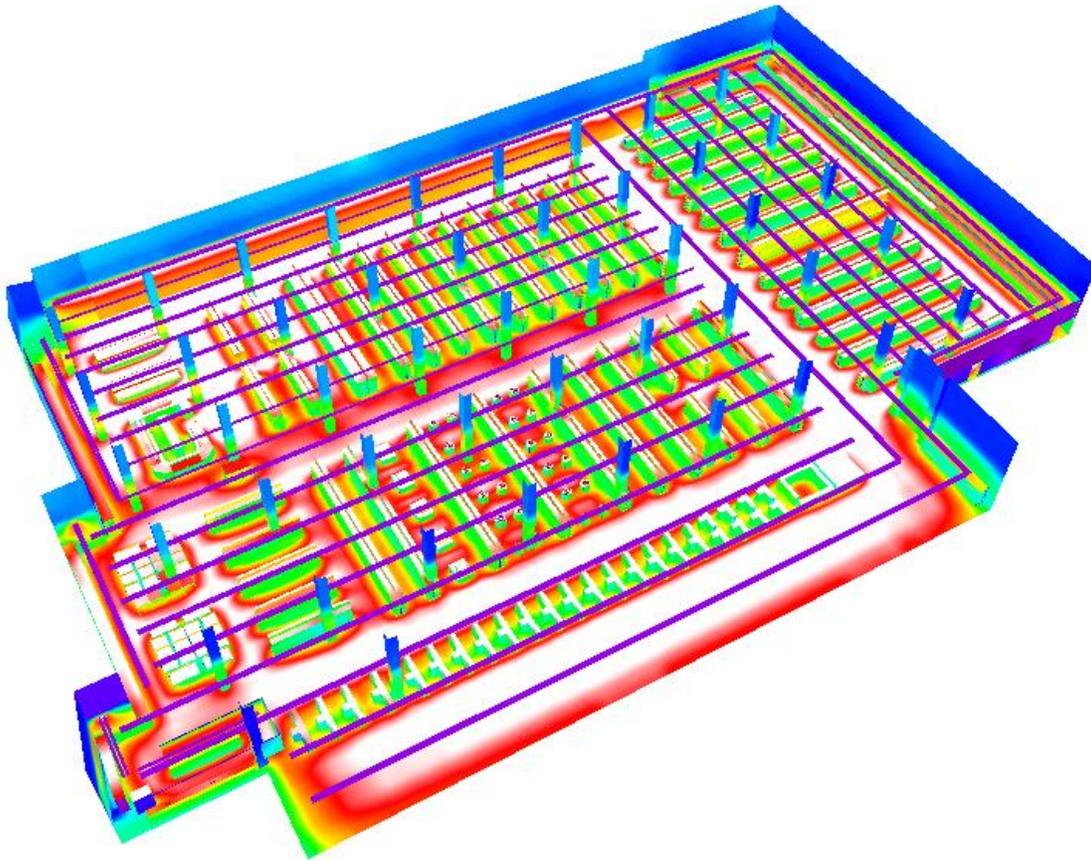
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2304	LIGHTNET CC4OEE-840H-L1200 Cubic Evolution 3-Phase Track - C4 (1.000)	3546	3550	33.0
			Total: 8169256	Total: 8179200	76032.0

Valor de eficiencia energética: $18.20 \text{ W/m}^2 = 1.95 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4177.06 m^2)

Fuente: Dialux.

Los resultados de la renderización con las luminarias existentes nos conllevan a obtener resultados como la eficiencia energética de 18.20 W/m^2 , el flujo luminoso y potencia total.

Figura 45: Simulación 3D con colores falsos de luminarias existentes



Colores falsos

Iluminancias Luminancias

<input type="text" value="1000.00"/>	1000.00 lx	<input type="button" value="Interpolar"/>
<input type="text" value="800.00"/>	800.00 lx	
<input type="text" value="600.00"/>	600.00 lx	
<input type="text" value="500.00"/>	500.00 lx	
<input type="text" value="400.00"/>	400.00 lx	
<input type="text" value="200.00"/>	200.00 lx	
<input type="text" value="100.00"/>	100.00 lx	
<input type="text" value="50.00"/>	50.00 lx	
<input type="text" value="0.00"/>	0.00 lx	

Fuente: Dialux.

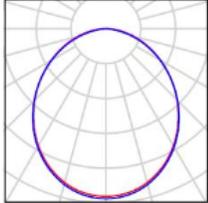
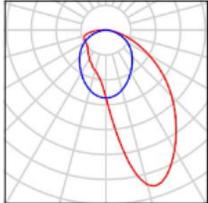
Mediante la renderización de la distribución actual de las luminarias existentes la muestra obtenida, obtuvimos datos relevantes como la eficiencia, flujo luminoso medrado de tubos leds etc, como se mostró en los gráficos y resultados obtenidos.

Obtuvimos los colores falsos por zonas y el promedio de las iluminancias por zonas y pasillos, el cual nos conllevó a comparar los resultados con el diseño de nuestra propuesta que se muestra a continuación.

5.2.2.-Distribución con módulos Led LFS 26.7W, 4000 lm, 220V.

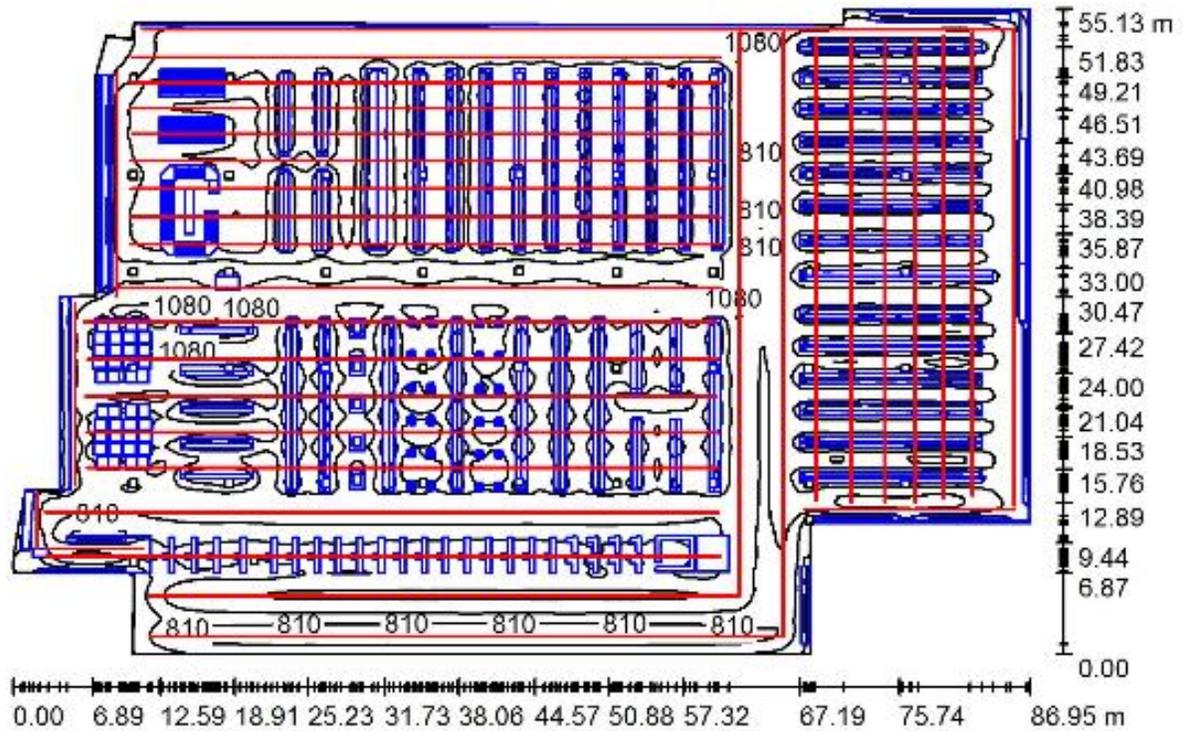
Mediante la renderización con los módulos Led Tipo LFS, hemos medido las variaciones de mejora respecto a la luminaria existente mostrando los resultados a continuación en la implementación de la sala de ventas de la muestra.

Figura 46: Características de módulos Led LFS usados en la investigación

SALA DE VENTAS / Lista de luminarias		
<p>BJB GmbH & Co. KG 32.130.0025.00 Linear Flat LED System 1166mm 4000K N° de artículo: 32.130.0025.00 Flujo luminoso (Luminaria): 3697 lm Flujo luminoso (Lámparas): 3698 lm Potencia de las luminarias: 26.9 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 49 80 96 100 100 Lámpara: 1 x Linear Flat LED System 1166mm 4000K (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
<p>BJB GmbH & Co. KG 32.130.4021.00 16000158-4-20 LFS 1166mm 4000K 32.130.4021.00 einf. asym N° de artículo: 32.130.4021.00 Flujo luminoso (Luminaria): 3414 lm Flujo luminoso (Lámparas): 3415 lm Potencia de las luminarias: 26.7 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 48 79 95 100 100 Lámpara: 1 x LFS 1166mm 4000K (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	

Fuente: Dialux.

Figura 47: Vista en planta distribución de módulos Led LFS.



Altura del local: 8.000 m, Altura de montaje: 4.200 m, Factor mantenimiento: 0.75

Fuente: Dialux.

Figura 48: Listado de luminarias tipo LFS, flujo luminoso y eficiencia total.

Lista de piezas - Luminarias

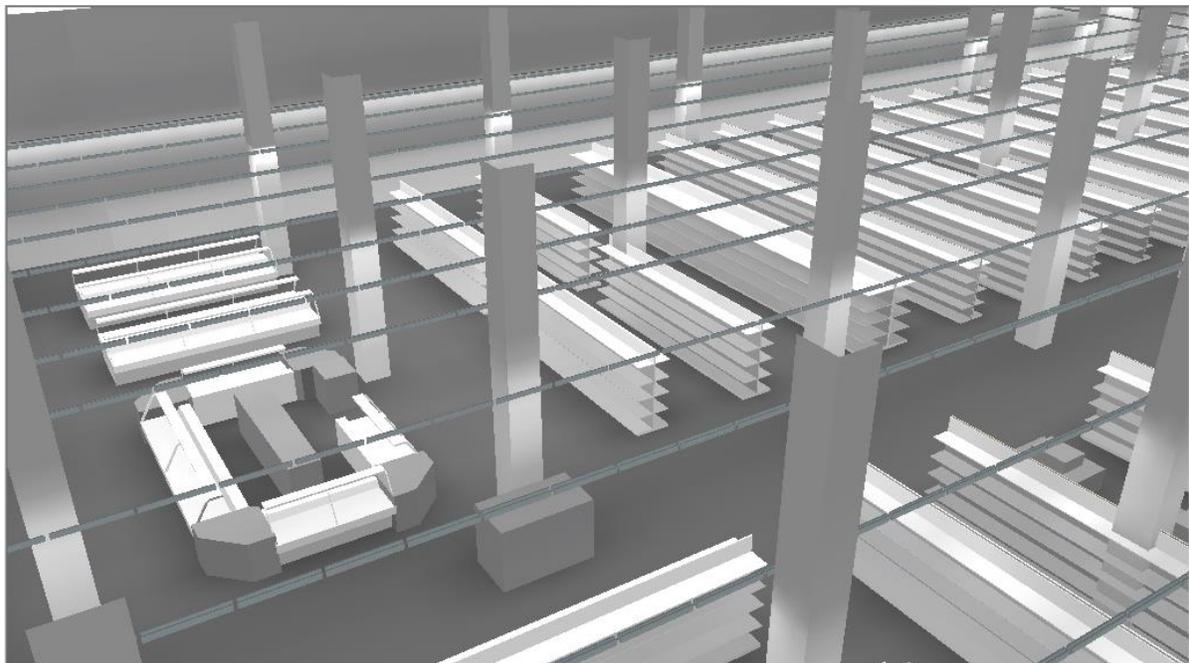
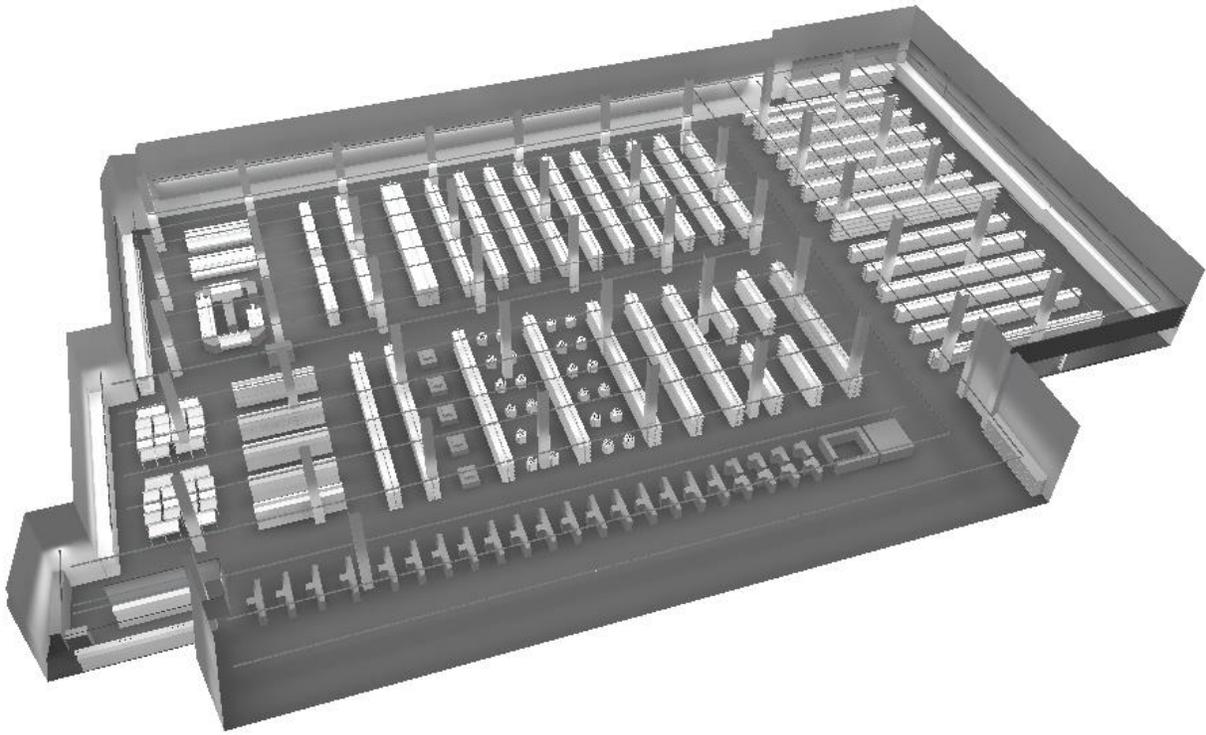
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2154	BJB GmbH & Co. KG 32.130.0025.00 Linear Flat LED System 1166mm 4000K (1.000)	3697	3698	26.9
2	192	BJB GmbH & Co. KG 32.130.4021.00 16000158-4-20 LFS 1166mm 4000K 32.130.4021.00 einf. asym (1.000)	3414	3415	26.7
			Total: 8618034	Total: 8620741	63029.8

Valor de eficiencia energética: 15.09 W/m² = 1.87 W/m²/100 lx (Base: 4177.06 m²)

Fuente: Dialux.

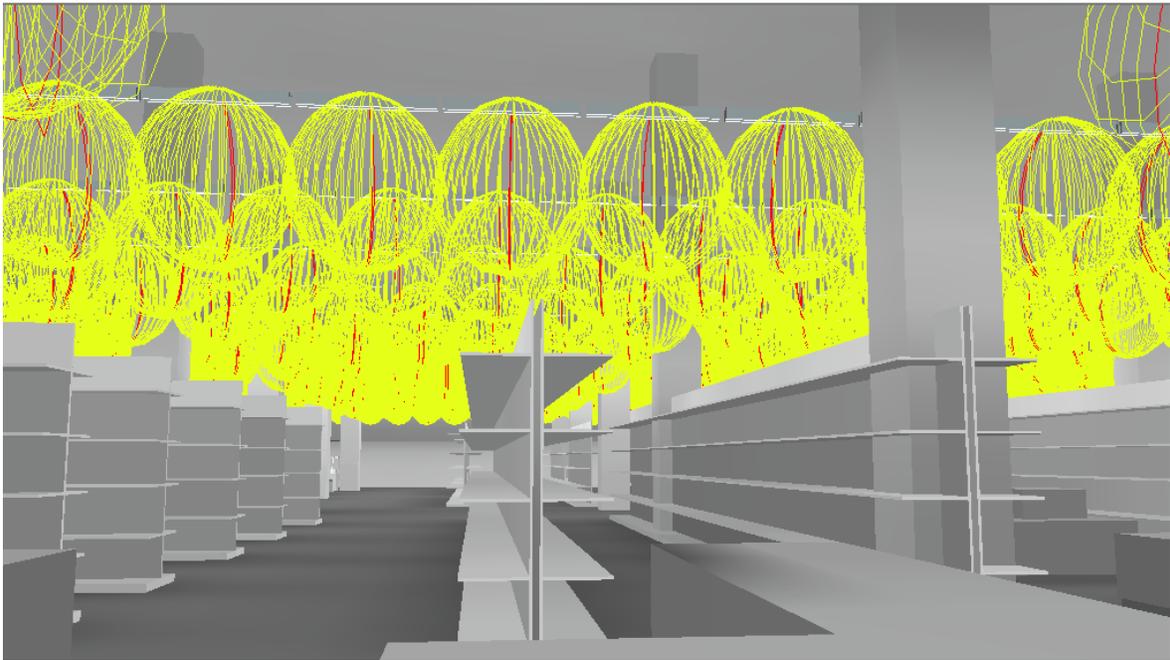
El los resultados de renderización de la luminaria del diseño de investigación, nos arroja un resultado de 15.09 W/m² en un área total de 4177.06 m².

Figura 49: Distribución de módulos Led LFS Vista 3D



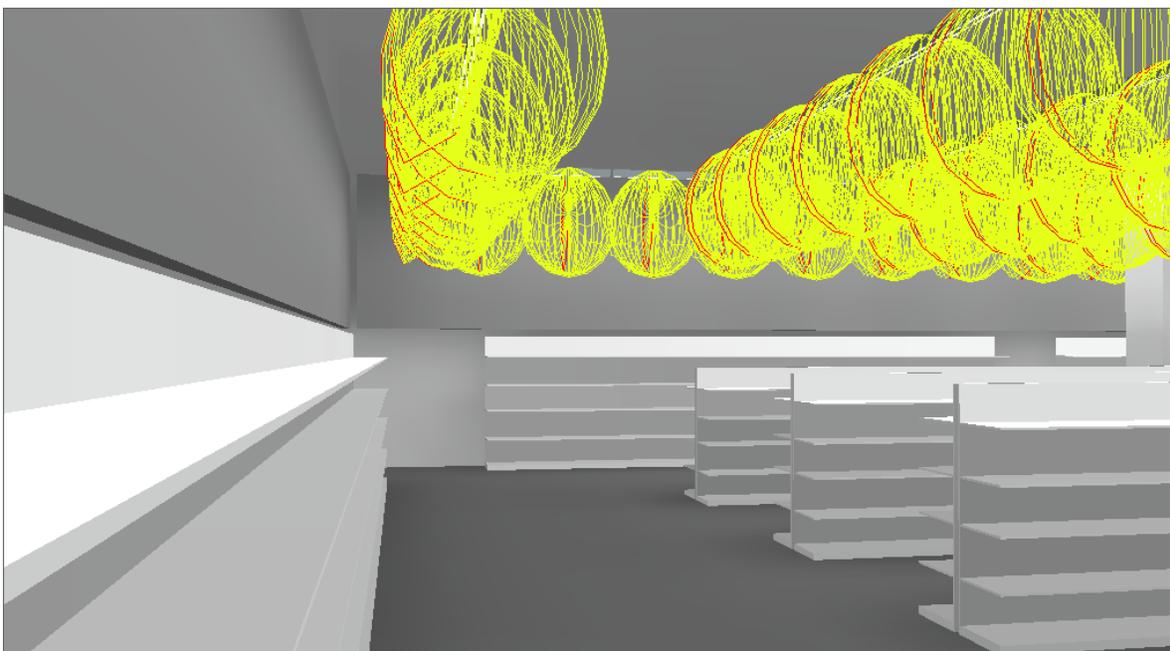
Fuente: Dialux.

Figura 50: Distribución luminosa módulos simétricos Led LFS vista 3D



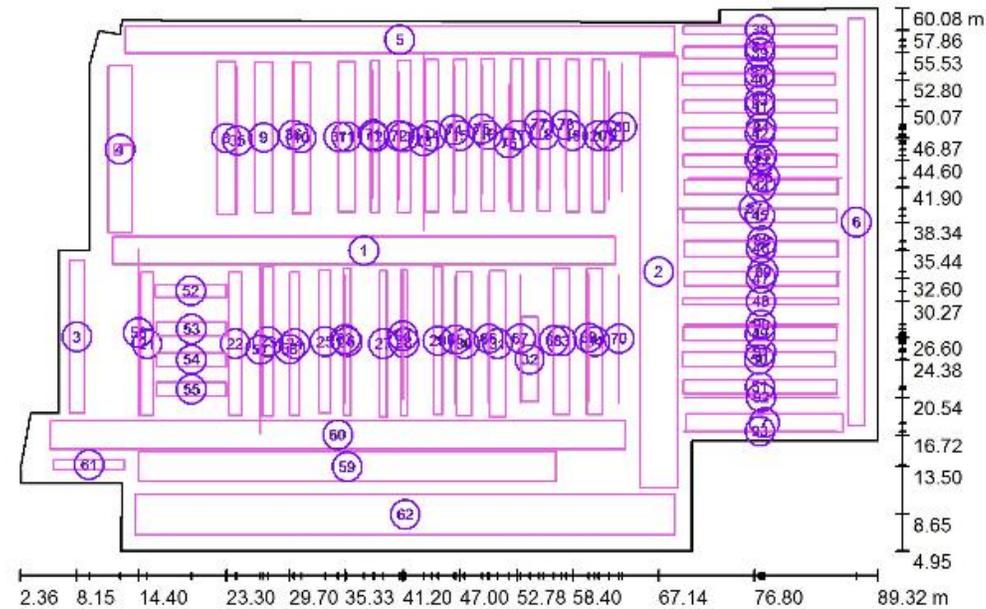
Fuente: Dialux.

Figura 51: Distribución luminosa módulos asimétricos Led LFS vista 3D



Fuente: Dialux.

Figura 52: Superficies de cálculo



Fuente: Dialux.

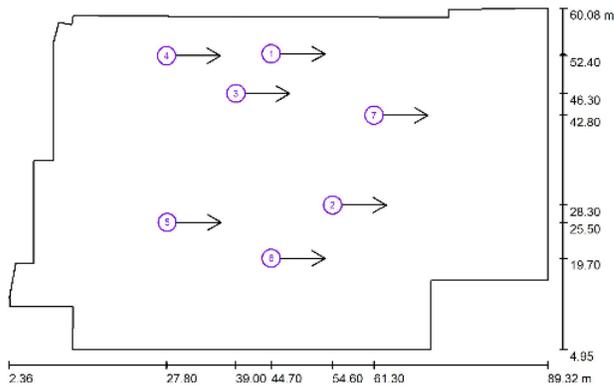
Figura 53: Muestras de resultados de superficies de cálculo horizontal y vertical

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	PASILLO PRINCIPAL 1	perpendicular	4 x 64	944	718	1057	0.761	0.679
2	PASILLO PRINCIPAL 2	perpendicular	64 x 8	939	705	1056	0.751	0.668
3	PASILLO PERIMETRAL 1	perpendicular	16 x 2	871	780	932	0.896	0.837
4	PASILLO PERIMETRAL 2	perpendicular	128 x 64	990	638	1134	0.645	0.563
5	PASILLO PERIMETRAL 3	perpendicular	4 x 64	895	640	1121	0.715	0.571
6	PASILLO PERIMETRAL 4	perpendicular	64 x 4	749	664	793	0.887	0.838
7	PASILLO PERIMETRAL 5	perpendicular	4 x 32	941	792	1014	0.842	0.781
8	PASILLO GONDOLA 1	perpendicular	16 x 2	1214	1036	1364	0.854	0.760
9	PASILLO GONDOLA 2	perpendicular	16 x 2	916	799	1046	0.872	0.764
10	PASILLO GONDOLA 3	perpendicular	16 x 2	1068	937	1167	0.877	0.803
11	PASILLO GONDOLA 4	perpendicular	16 x 2	860	765	937	0.890	0.817
12	PASILLO GONDOLA 5	perpendicular	16 x 1	780	697	895	0.894	0.779
13	PASILLO GONDOLA 6	perpendicular	16 x 2	823	712	877	0.866	0.812
57	VERTICAL6	perpendicular	4 x 32	378	316	483	0.835	0.655
58	VERTICAL 7	perpendicular	2 x 16	444	386	523	0.871	0.740
59	CAJAS	perpendicular	64 x 8	988	661	1181	0.668	0.559
60	PASILLO PRINCIPAL 3	perpendicular	4 x 64	801	547	973	0.683	0.562
61	BEBIDAS	perpendicular	2 x 8	905	840	939	0.928	0.894
62	PASILLO PRINCIPAL 4	perpendicular	64 x 8	866	513	1017	0.593	0.505
63	VERTICAL 8	perpendicular	2 x 16	406	303	486	0.745	0.623
64	VERTICAL 9	perpendicular	2 x 16	420	356	508	0.847	0.700
65	VERTICAL 10	perpendicular	2 x 16	408	340	480	0.832	0.707
66	VERTICAL 11	perpendicular	2 x 16	413	340	489	0.824	0.695
67	VERTICAL 12	perpendicular	2 x 16	378	256	469	0.678	0.546
68	VERTICAL 13	perpendicular	2 x 16	412	341	488	0.828	0.698
69	VERTICAL 14	perpendicular	2 x 16	344	276	405	0.802	0.682

Fuente: Dialux.

Figura 54: Simulación del observador UGR (deslumbramiento)



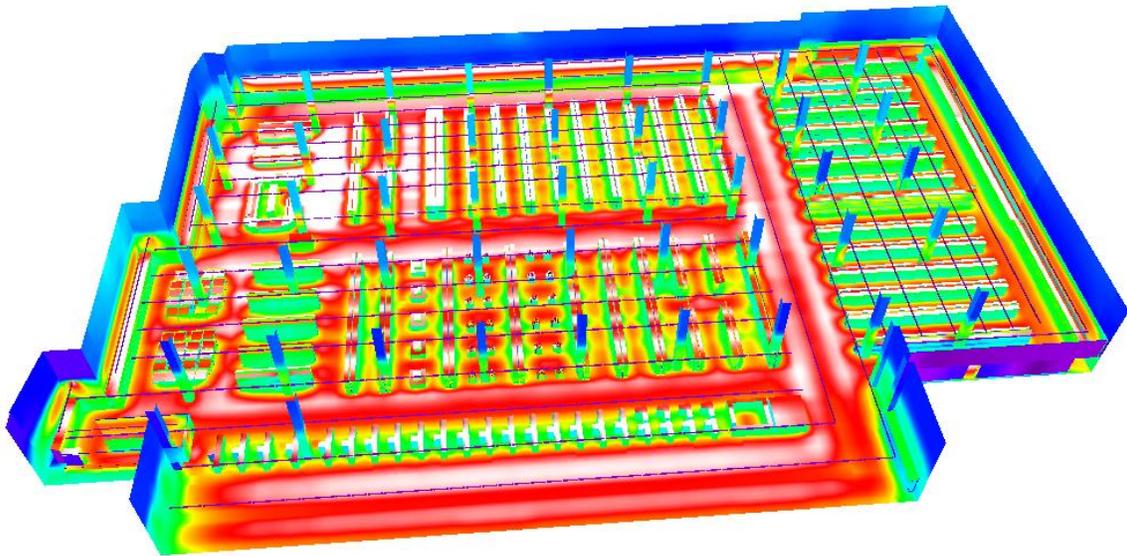
Escala 1 : 622

Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	44.700	52.700	1.200	0.0	19
2	Punto de cálculo UGR 1	54.600	28.300	1.200	0.0	21
3	Punto de cálculo UGR 1	39.000	46.300	1.200	0.0	16
4	Punto de cálculo UGR 1	27.800	52.400	1.200	0.0	18
5	Punto de cálculo UGR 1	27.900	25.500	1.200	0.0	21
6	Punto de cálculo UGR 1	44.700	19.700	1.200	0.0	22

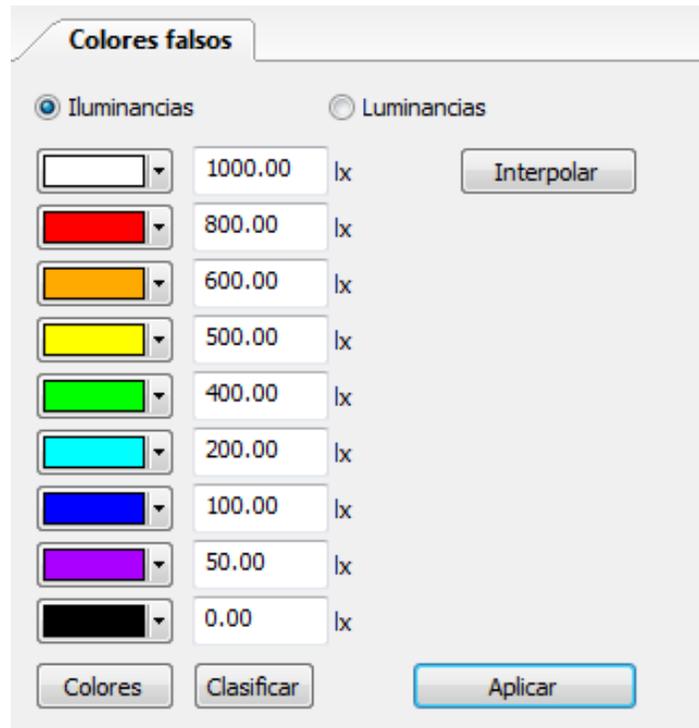
Fuente: Dialux.

Figura 55: Simulación 3D con colores falsos de luminarias LFS



Fuente: Dialux.

Figura 56: Intervalos de iluminancias en colores falsos de la simulación módulos LFS



Fuente: Dialux.

Mediante la renderización de la distribución de luminarias Led LFS del diseño de investigación, hemos obtenido resultados muy favorables a los existentes los cuales muestran valores de eficiencia de 15.09 W/m², valores de deslumbramiento dentro de los parámetros nominales según la norma vigente y una potencia total menor a lo anterior. Y con ello, obtuvimos los resultados de variaciones en mejora en la eficiencia lumínica de la sala de ventas del centro comercial Retail de la muestra.

5.3.-Instalación de fila de lámparas led LFS 2x26,7W

A continuación se demuestra la instalación de una fila de luminarias del lado de los frisos (publicidad superior):

Figura 57: Fila de luminarias de la muestra a instalar



Fuente: Elaboración propia.

Figura 58: Conector eléctrico modulos led LFS 2x26,7W, conector WAGO y riel de unión entre luminarias



Fuente: Elaboración propia.

Figura 59: Conector mecánico módulos led LFS 2x26,7W



Fuente: Elaboración propia.

Figura 60: Driver 70 W de la lámpara con opción DALI



Fuente: Elaboración propia.

Figura 61: Luminaria con módulos led LFS 2x26,7W



Fuente: Elaboración propia.

Figura 62: Instalación de nuevas luminarias módulos led LFS 2x26,7W



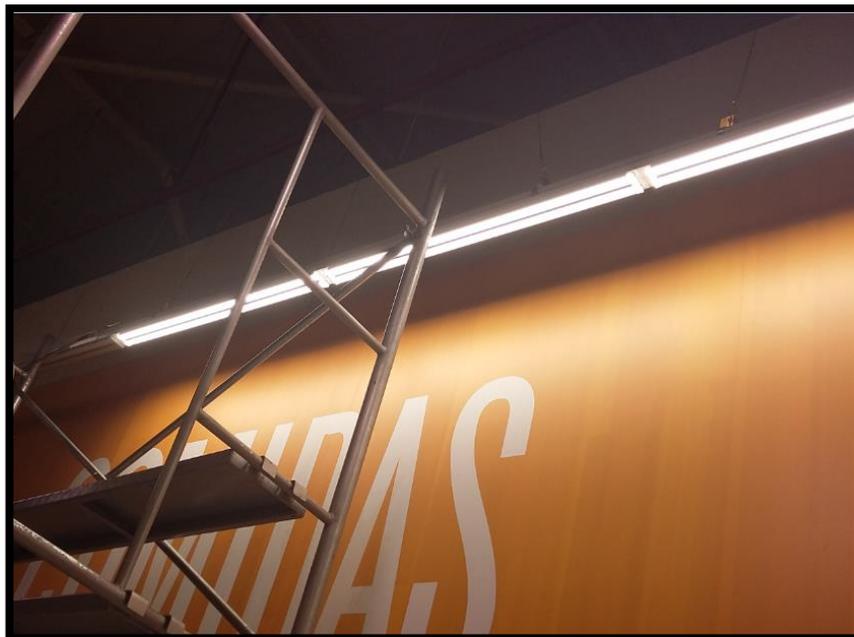
Fuente: Elaboración propia.

Figura 63: Conexionado de primer tramo de luminarias módulos led LFS 2x26,7W



Fuente: Elaboración propia

Figura 64: Conexionado de cada luminaria módulo led LFS 2x26,7W



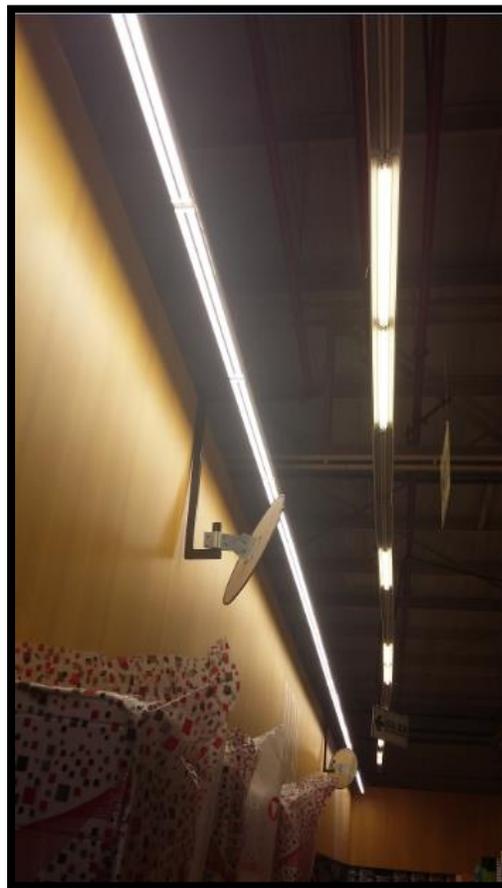
Fuente: Elaboración propia.

Figura 65: Iluminación perimetral con luminarias led LFS



Fuente: Elaboración propia.

Figura 66: Comparativo luminarias led LFS 2x26,7 (Izquierda) vs luminarias tubos led 2x33W existentes (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

5.4.-Protocolo de funcionamiento de luminarias led LFS 2x26,7W

Figura 67: Protocolo de funcionamiento de fila de luminarias instalados

PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO DE LUMINARIAS			
CLIENTE: SUPERMERCADOS PERUANOS SA	EMPRESA: BJB		
TIPO DE LUMINARIA: LAMPARA LED LFS 2x26.7W	CONTACTO: JCR		
PLANO DE REFERENCIA: ILUMINACION INTERIOR	FECHA: 02/08/2023		
	SI	NO	FECHA
CONECTORES Y PINTURA	X		02/08/2023
ENSAMBLE MECÁNICO E INTERCONEXIONES ELÉCTRICAS	X		02/08/2023
IDENTIFICACIÓN DE ACUERDO A PLANOS Y ESPECIFICACIONES	X		02/08/2023
PRUEBA DE CONTINUIDAD	X		02/08/2023
INSTALACIÓN DE SELLOS O EMPAQUETADURAS DEL EQUIPO	X		02/08/2023
PRUEBA DE OPERACIÓN ELÉCTRICA	X		02/08/2023
NIVEL DE LUMINANCIA SEGÚN BASES PV	X		02/08/2023

Observaciones: Sin observaciones.

	NOMBRE	FIRMA
PRODUCCIÓN	ANTONY FLORES ORE	
OPERACIONES	JHONATHAN CASTRO ROJAS	

Fuente: Elaboración propia.

VI.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1.-Contrastación de hipótesis con los resultados

Los resultados finales del diseño de investigación arrojaron parámetros muy favorables, es por ello que se muestra a continuación la evaluación del cuadro comparativo del diseño de investigación:

Tabla 7: Evaluación técnica económica sistema iluminación Módulo Led LFS

MÓDULO LED LFS DE ALTA EFICIENCIA DE 26.7W, 4000 LM.				
Concepto	Unidad	POTENCIA	CANTIDAD	VALORES
MÓDULO LED LFS DE ALTA EFICIENCIA DE 26.7W, 4000 LM.	W	26.7	2346	62638.20

Potencia Instalada del sistema	W			62638.20
---------------------------------------	---	--	--	----------

Potencia Instalada del Nuevo sistema	kW			62.64
Uniformidad	Emin/Em			0.70
Luxes medios - Plano útil	Em			808.00
Factor de Mantenimiento	Fact Mant			0.75
Eficiencia energética	(W/m2)			15.09
Vida útil promedio	Horas			50000.00

	Unidad	COSTO	CANTIDAD	VALORES
Costo Suministro de Luminaria Módulo LED FLS 2x26.7W - (Tabla 6)	\$	60	1173	\$70,380.00
COSTO SUMINISTRO	\$			\$70,380

<i>Estimando 16 horas de uso continuo</i>				
Costo kW.h - (Figura 26)	\$ 0.100			
Consumo de energía en 30 días	kW.h			30,066
Costo En 30 días				\$3,007
Consumo de energía total en 1 año	kW.h			365,807
Costo de energía total un año				\$36,581

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Evaluación técnica económica sistema iluminación luminaria existente

LUMINARIA TUBO LED 33W EXISTENTE				
Concepto	Unidad	POTENCIA	CANTIDAD	VALORES
TUBOS LED 33W, 3550 LM EXISTENTE	W	33	2346	77418.00
Potencia Instalada del sistema	W			77418.00
Potencia Instalada del Nuevo sistema	kW			77.42
Uniformidad	Emin/Em			0.70
Luxes medios - Plano útil	Em			934.00
Factor de Mantenimiento	Fact Mant			0.75
Eficiencia energética	(W/m ²)			18.20
Vida útil promedio	Horas			25000.00
	Unidad	COSTO	CANTIDAD	VALORES
Costo Suministro de Luminaria Tubo LED 2x33W - (Tabla 3)	\$	40	1173	\$46,920.00
COSTO SUMINISTRO	\$			\$46,920
<i>Estimando 16 horas de uso continuo</i>				
Costo kW.h - (Figura 26)	\$ 0.100			
Consumo de energía en 30 días	kW.h			37,161
Costo En 30 días				\$3,716
Consumo de energía total en 1 año	kW.h			452,121
Costo de energía total un año				\$45,212

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Tiempo de vida tubo Led existente 25000 horas

Tiempo	Materiales	Mano de obra
1460 días	S/. 40.00	S/. 100.00
2920 días	S/. 40.00	S/. 100.00
	S/. 80.00	S/. 200.00
TOTAL	S/. 280.00	
TOTAL	\$75.68	

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo se consideró la mano de obra de dos técnicos con un jornal diario de S/. 50.00 (cincuenta soles) cada uno que sería S/. 100.00, **por lo tanto, el costo unitario de mano de obra por cambio de luminaria es \$27.00**

Tabla 10: Tiempo de vida modulo led tipo LFS proyectado 50000 horas

Tiempo	Materiales	Mano de obra
2920 días	S/. 40.00	S/. 100.00
	S/. 40.00	S/. 100.00
TOTAL	S/. 140.00	
TOTAL	\$37.84	

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo se consideró la mano de obra de dos técnicos con un jornal diario de S/. 50.00 (cincuenta soles) cada uno que sería S/. 100.00, **por lo tanto, el costo unitario de mano de obra por cambio de luminaria es \$27.00**

En las tablas 9 y 10 podemos observar que por el cambio de una lámpara con módulo led LFS en 2920 días (teniendo en cuenta 16 horas de uso diario los 7 días de la semana) se tendrán 2 cambios de lámparas con tubos led.

Tabla 11: Lámparas a reemplazar en el periodo de un año

Tipo	Cantidad
Lámparas tubo Led 2x33W	20
Lámparas Led LFS 2x26,7W	10

Fuente: Elaboración propia.

Por ello se toma en cuenta el reemplazo de 20 lámparas en un año con tubo led, se reemplazan 10 lámparas con módulos Led LFS.

6.2.-Validación de la hipótesis

A continuación, se presenta los procedimientos para validar la hipótesis con los niveles de significancia en base a los indicadores medidos:

Hipótesis General:

HG: Mediante la implementación de módulos Leds tipo LFS, es posible mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.

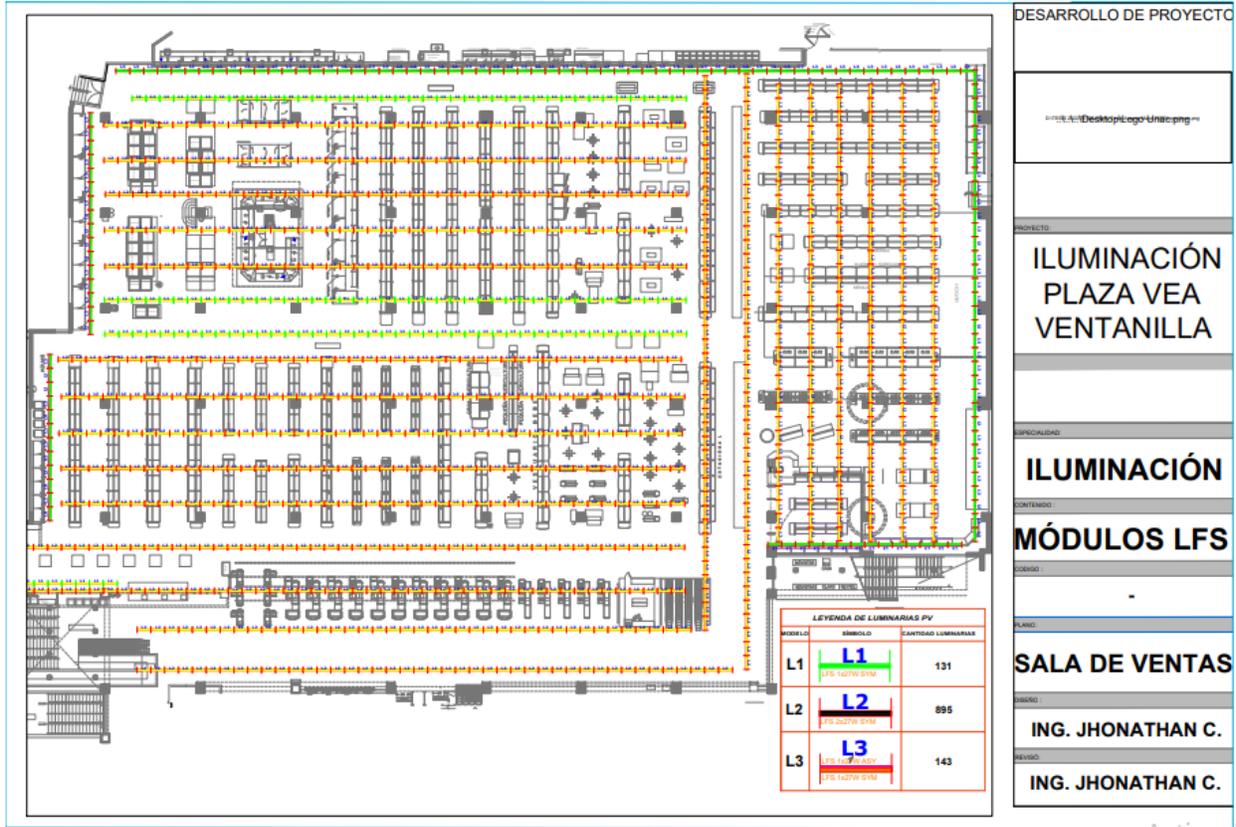
Definición de Variables

Hipótesis Nula (H0): Mediante la implementación de módulos Leds tipo LFS, **no será posible** mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.

Hipótesis Alternativa (HA): Mediante la implementación de módulos Leds tipo LFS, **será posible** mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.

Para validar nuestra hipótesis debemos rechazar la hipótesis nula para validar la hipótesis alternativa, para ello obtuvimos el plano de distribución de lámparas con módulos Leds tipo LFS con los indicadores obtenidas en nuestros resultados que se muestran a continuación:

Figura 68: Plano población de lámparas con módulos LFS obtenidos en los resultados de renderización



Fuente: Elaboración propia.

n: Muestra

N: Población

Existen tres tipos de luminarias (L1, L2 y L3) y el total de luminarias en el nuevo plano de distribución de la sala de ventas es:

$$N=L1 +L2+L3 = 131 + 895 + 143 = 1169$$

n=?

Calculando la muestra con la fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

Z α : límite de confianza de 95%, que significa tener un error de 5%

p*q: campo de variabilidad de los aciertos y errores, donde p: aciertos y q: errores.

d: Nivel de precisión para generalizar los resultados.

N = Total de la población

Z α = 1.96 al cuadrado (con seguridad del 95%)

p = proporción esperada (5% = 0.05)

q = 1 - p (95% = 0.95)

d = precisión (5%)

Teniendo una población de N = 1169 luminarias

$$n = \frac{1169 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (1169 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95}$$

$$n = 68.8 \cong 69 \text{ luminarias}$$

Tenemos una muestra de 69 luminarias.

Del dato anterior N=L1 +L2+L3 = 131 + 895 + 143 = 1169 (Población), usaremos la cantidad de la muestra en uso proporcional al tipo de luminaria L1, L2 y L3 que son el 11.2%; 76.5% y 12.2% respectivamente.

Por lo que:

Luminaria tipo L1: 8 und.

Luminaria tipo L2: 53 und.

Luminaria tipo L3: 8 und.

Por lo tanto:

$$n = L1 + L2 + L3 = 8 + 53 + 8 = 69 \text{ luminarias}$$

Las muestras son tomadas al azar, del total de la población de luminarias en la sala de ventas.

Tabla 12: Muestras del diseño con luminarias e indicadores

Lámpara/Indicadores			Potencia (W)	Iluminancia media (Lux)	Luminancia (Lm)	Costo (Dólares)	Temperatura de color (°K)
Número	Tipo	Ubicación en Sala de Ventas (PV)					
1	L1	Pasillo Princip. 1	26,7	944	4000	49	4000
2	L3	Pasillo Perim. 1	53,4	871	8000	60	4000
3	L3	Pasillo Perim. 3	53,4	895	8000	60	4000
4	L3	Pasillo Perim. 5	53,4	941	8000	60	4000
5	L2	Pasillo Gond. 2	53,4	916	8000	60	4000
6	L2	Pasillo Gond. 4	53,4	860	8000	60	4000
7	L2	Pasillo Gond. 6	53,4	823	8000	60	4000
8	L2	Pasillo Gond. 8	53,4	783	8000	60	4000
9	L2	Pasillo Gond. 10	53,4	780	8000	60	4000
10	L2	Pasillo Gond. 13	53,4	801	8000	60	4000
11	L2	Pasillo Gond. 15	53,4	940	8000	60	4000
12	L2	Pasillo Gond. 17	53,4	617	8000	60	4000
13	L2	Pasillo Gond. 19	53,4	759	8000	60	4000
14	L2	Pasillo Gond. 21	53,4	708	8000	60	4000
15	L2	Pasillo Gond. 23	53,4	668	8000	60	4000
16	L2	Pasillo Gond. 25	53,4	714	8000	60	4000
17	L2	Pasillo Gond. 27	53,4	778	8000	60	4000
18	L2	Vertical 1	53,4	569	8000	60	4000
19	L2	Vertical 3	53,4	508	8000	60	4000
20	L2	Pasillo Gond. 30	53,4	826	8000	60	4000
21	L3	Vertical 4	53,4	460	8000	60	4000

22	L2	Pasillo Gond. 34	53,4	733	8000	60	4000
23	L2	Pasillo Gond. 36	53,4	729	8000	60	4000
24	L2	Pasillo Gond. 38	53,4	842	8000	60	4000
25	L2	Pasillo Gond. 40	53,4	834	8000	60	4000
26	L2	Pasillo Gond. 42	53,4	903	8000	60	4000
27	L2	Pasillo Gond. 44	53,4	816	8000	60	4000
28	L2	Pasillo Gond. 46	53,4	804	8000	60	4000
29	L2	Vertical 6	53,4	378	8000	60	4000
30	L2	Cajas	53,4	988	8000	60	4000
31	L1	Bebidas	26,7	905	4000	49	4000
32	L2	Vertical 8	53,4	406	8000	60	4000
33	L2	Vertical 10	53,4	408	8000	60	4000
34	L1	Pasillo Perim. 3	26,7	895	4000	49	4000
35	L2	Vertical 14	53,4	344	8000	60	4000
36	L2	Vertical 16	53,4	475	8000	60	4000
37	L1	Vertical 4	26,7	460	4000	49	4000
38	L2	Vertical 20	53,4	488	8000	60	4000
39	L2	Vertical 22	53,4	492	8000	60	4000
40	L2	Vertical 24	53,4	475	8000	60	4000
41	L2	Vertical 26	53,4	435	8000	60	4000
42	L1	Vertical 25	26,7	471	4000	49	4000
43	L2	Vertical 30	53,4	450	8000	60	4000
44	L2	Vertical 32	53,4	390	8000	60	4000
45	L2	Vertical 34	53,4	496	8000	60	4000
46	L2	Vertical 36	53,4	484	8000	60	4000
47	L3	Vertical 38	53,4	491	8000	60	4000
48	L2	Pasillo Princip. 2	53,4	939	8000	60	4000
49	L3	Pasillo Perim. 2	53,4	990	8000	60	4000
50	L3	Pasillo Perim. 4	53,4	749	8000	60	4000
51	L2	Pasillo Gond. 1	53,4	1214	8000	60	4000
52	L2	Pasillo Gond. 3	53,4	1068	8000	60	4000
53	L2	Pasillo Gond. 5	53,4	780	8000	60	4000

54	L1	Vertical 18	26,7	460	4000	49	4000
55	L2	Pasillo Gond. 9	53,4	819	8000	60	4000
56	L2	Pasillo Gond. 11	53,4	779	8000	60	4000
57	L2	Pasillo Gond. 14	53,4	696	8000	60	4000
58	L1	Vertical 12	26,7	344	4000	49	4000
59	L2	Pasillo Gond. 18	53,4	761	8000	60	4000
60	L2	Pasillo Gond. 20	53,4	639	8000	60	4000
61	L2	Pasillo Gond. 22	53,4	636	8000	60	4000
62	L1	Pasillo Gond. 8	26,7	783	4000	49	4000
63	L2	Pasillo Gond. 26	53,4	631	8000	60	4000
64	L2	Pasillo Gond. 28	53,4	678	8000	60	4000
65	L2	Vertical 2	53,4	531	8000	60	4000
66	L3	Pasillo Gond. 29	53,4	846	8000	60	4000
67	L2	Pasillo Gond. 31	53,4	758	8000	60	4000
68	L2	Pasillo Gond. 33	53,4	727	8000	60	4000
69	L2	Pasillo Gond. 35	53,4	830	8000	60	4000

Fuente: Elaboración propia.

Ahora desglosaremos las 69 lámparas en dos partes para el cálculo de la aprobación o rechazo de la hipótesis nula, por ende, se calcularán en 21 lámparas con niveles de iluminancias en superficies verticales y 48 lámparas con niveles de iluminancias en superficies horizontales extraídos de los resultados de renderización.

A). Niveles de iluminación verticales

Nivel promedio requerido por la sala de ventas 500Lx, ver figura 25.

Tabla 13: Lámparas con niveles verticales de iluminación promedio

N°	Tipo	Zona	(X)	(Y)	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2$
			Potencia (x)	Ilum. media(y)				
1	L2	Vertical 1	53.4	569	5.09	117.38	597.4642	356963.4703
2	L2	Vertical 3	53.4	508	5.09	56.38	286.9742	82354.19147
3	L3	Vertical 4	53.4	460	5.09	8.38	42.6542	1819.380778
4	L2	Vertical 6	53.4	378	5.09	-73.62	-374.7258	140419.4252
5	L2	Vertical 8	53.4	406	5.09	-45.62	-232.2058	53919.53355
6	L2	Vertical 10	53.4	408	5.09	-43.62	-222.0258	49295.45587
7	L2	Vertical 14	53.4	344	5.09	-107.62	-547.7858	300069.2827
8	L2	Vertical 16	53.4	475	5.09	23.38	119.0042	14161.99962
9	L1	Vertical 4	26.7	460	-21.61	8.38	-181.0918	32794.24003
10	L2	Vertical 20	53.4	488	5.09	36.38	185.1742	34289.48435
11	L2	Vertical 22	53.4	492	5.09	40.38	205.5342	42244.30737
12	L2	Vertical 24	53.4	475	5.09	23.38	119.0042	14161.99962
13	L2	Vertical 26	53.4	435	5.09	-16.62	-84.5958	7156.449378
14	L1	Vertical 25	26.7	471	-21.61	19.38	-418.8018	175394.9477
15	L2	Vertical 30	53.4	450	5.09	-1.62	-8.2458	67.99321764
16	L2	Vertical 32	53.4	390	5.09	-61.62	-313.6458	98373.68786
17	L2	Vertical 34	53.4	496	5.09	44.38	225.8942	51028.18959
18	L2	Vertical 36	53.4	484	5.09	32.38	164.8142	27163.72052
19	L3	Vertical 38	53.4	491	5.09	39.38	200.4442	40177.87731
20	L1	Vertical 18	26.7	460	-21.61	8.38	-181.0918	32794.24003
21	L1	Vertical 12	26.7	344	-21.61	-107.62	2325.6682	5408732.576
Media			48.31428571	451.6190476		Sumat.	1908.4142	6963382.453

Fuente: Elaboración propia.

Calculando el coeficiente de correlación r :

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2}}$$

Media de las muestras:

$$\bar{x} = 48.31$$

$$\bar{y} = 451.62$$

Completando el numerador y denominador del coeficiente:

$$\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})] = 1908.41$$

$$\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{6963382.45}$$

Reemplazando:

$$r = \frac{\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$r = \frac{1908.41}{\sqrt{6963382.45}}$$

$$r = 0.723$$

Obteniendo la siguiente información:

$$\text{Correlación de muestra } (r) = 0.723$$

$$\text{Tamaño de muestra } (n) = 21$$

$$\text{Nivel de significancia } (\alpha) = 0.05$$

Hipótesis nula y alternativa

Debe probarse la siguiente hipótesis nula y alternativa:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_0 : \rho \neq 0$$

Donde ρ corresponde a la correlación de población.

El tamaño de la muestra es : $n = 21$, entonces el número de grados de libertad es $df = n - 2 = 21 - 2 = 19$

El valor de correlación crítico correspondiente r_c para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, para una prueba de hipótesis dos colas es:

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

$$t = 0.723 \sqrt{\frac{21-2}{1-0.723^2}}$$

$$t = 4.562$$

El valor ρ se calcula de la siguiente manera:

$$\rho = \Pr (|t_{19}| > 4.562)$$

$$\rho = 0.0002$$

Dado que tenemos esa $\rho = 0.0002 < 0.05$, se concluye que la hipótesis nula H_0 es rechazada.

B). Niveles de iluminación horizontales

Nivel promedio requerido por la sala de ventas 900Lx, ver figura 25.

Tabla 14: Lámparas con niveles horizontales de iluminación promedio

N°	Tipo	Zona	(X)		(Y)			
			Potencia (x)	Ilum. media(y)	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2$
1	L1	Pasillo Princip. 1	26.7	944	-22.89	149.81	-3429.1509	11759075.89
2	L3	Pasillo Perim. 1	53.4	871	3.81	76.81	292.6461	85641.73985
3	L3	Pasillo Perim. 3	53.4	895	3.81	100.81	384.0861	147522.1322
4	L3	Pasillo Perim. 5	53.4	941	3.81	146.81	559.3461	312868.0596
5	L2	Pasillo Gond. 2	53.4	916	3.81	121.81	464.0961	215385.19
6	L2	Pasillo Gond. 4	53.4	860	3.81	65.81	250.7361	62868.59184
7	L2	Pasillo Gond. 6	53.4	823	3.81	28.81	109.7661	12048.59671
8	L2	Pasillo Gond. 8	53.4	783	3.81	-11.19	-42.6339	1817.649429
9	L2	Pasillo Gond. 10	53.4	780	3.81	-14.19	-54.0639	2922.905283
10	L2	Pasillo Gond. 13	53.4	801	3.81	6.81	25.9461	673.2001052
11	L2	Pasillo Gond. 15	53.4	940	3.81	145.81	555.5361	308620.3584
12	L2	Pasillo Gond. 17	53.4	617	3.81	-177.19	-675.0939	455751.7738
13	L2	Pasillo Gond. 19	53.4	759	3.81	-35.19	-134.0739	17975.81066
14	L2	Pasillo Gond. 21	53.4	708	3.81	-86.19	-328.3839	107835.9858
15	L2	Pasillo Gond. 23	53.4	668	3.81	-126.19	-480.7839	231153.1585
16	L2	Pasillo Gond. 25	53.4	714	3.81	-80.19	-305.5239	93344.85347
17	L2	Pasillo Gond. 27	53.4	778	3.81	-16.19	-61.6839	3804.903519
18	L2	Pasillo Gond. 34	53.4	826	3.81	31.81	121.1961	14688.49466
19	L2	Pasillo Gond. 36	53.4	729	3.81	-65.19	-248.3739	61689.5942
20	L2	Pasillo Gond. 38	53.4	842	3.81	47.81	182.1561	33180.84477
21	L2	Pasillo Gond. 40	53.4	834	3.81	39.81	151.6761	23005.63931
22	L2	Pasillo Gond. 42	53.4	903	3.81	108.81	414.5661	171865.0513
23	L2	Pasillo Gond. 44	53.4	816	3.81	21.81	83.0961	6904.961835
24	L2	Pasillo Gond. 46	53.4	804	3.81	9.81	37.3761	1396.972851
25	L2	Cajas	53.4	988	3.81	193.81	738.4161	545258.3367
26	L1	Bebidas	26.7	905	-22.89	110.81	-2536.4409	6433532.439
27	L1	Pasillo Perim. 3	26.7	895	-22.89	100.81	-2307.5409	5324745.005
28	L2	Pasillo Princip. 2	53.4	939	3.81	144.81	551.7261	304401.6894
29	L3	Pasillo Perim. 2	53.4	990	3.81	195.81	746.0361	556569.8625
30	L3	Pasillo Perim. 4	53.4	749	3.81	-45.19	-172.1739	29643.85184
31	L2	Pasillo Gond. 1	53.4	1214	3.81	419.81	1599.4761	2558323.794
32	L2	Pasillo Gond. 3	53.4	1068	3.81	273.81	1043.2161	1088299.831
33	L2	Pasillo Gond. 5	53.4	780	3.81	-14.19	-54.0639	2922.905283
34	L1	Vertical 18	26.7	460	-22.89	-334.19	7649.6091	58516519.38
35	L2	Pasillo Gond. 9	53.4	819	3.81	24.81	94.5261	8935.183581
36	L2	Pasillo Gond. 11	53.4	779	3.81	-15.19	-57.8739	3349.388301
37	L2	Pasillo Gond. 14	53.4	696	3.81	-98.19	-374.1039	139953.728
38	L2	Pasillo Gond. 18	53.4	761	3.81	-33.19	-126.4539	15990.58883
39	L2	Pasillo Gond. 20	53.4	639	3.81	-155.19	-591.2739	349604.8248
40	L2	Pasillo Gond. 22	53.4	636	3.81	-158.19	-602.7039	363251.9911
41	L1	Pasillo Gond. 8	26.7	783	-22.89	-11.19	256.1391	65607.23855
42	L2	Pasillo Gond. 26	53.4	631	3.81	-163.19	-621.7539	386577.9122
43	L2	Pasillo Gond. 28	53.4	678	3.81	-116.19	-442.6839	195969.0353
44	L3	Pasillo Gond. 29	53.4	846	3.81	51.81	197.3961	38965.2203
45	L2	Pasillo Gond. 31	53.4	758	3.81	-36.19	-137.8839	19011.96988
46	L2	Pasillo Gond. 33	53.4	727	3.81	-67.19	-255.9939	65532.87684
47	L2	Pasillo Gond. 35	53.4	830	3.81	35.81	136.4361	18614.80938
48		Media	49.58571429	794.1904762		Sumat.	2371.3578	91217975.64

Fuente: Elaboración propia.

Calculando el coeficiente de correlación r :

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2}}$$

Media de las muestras:

$$\bar{x} = 49.59$$

$$\bar{y} = 794.19$$

Completando el numerador y denominador del coeficiente:

$$\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})] = 2371.36$$

$$\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{91217975.64}$$

Reemplazando:

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2}}$$

$$r = \frac{2371.36}{\sqrt{91217975.64}}$$

$$r = 0.248$$

Obteniendo la siguiente información:

$$\text{Correlación de muestra } (r) = 0.248$$

$$\text{Tamaño de muestra } (n) = 48$$

$$\text{Nivel de significancia } (\alpha) = 0.05$$

Hipótesis nula y alternativa

Debe probarse la siguiente hipótesis nula y alternativa:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_0 : \rho \neq 0$$

Donde ρ corresponde a la correlación de población.

El tamaño de la muestra es : $n = 48$, entonces el número de grados de libertad es $df = n - 2 = 48 - 2 = 46$

El valor de correlación crítico correspondiente r_c para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, para una prueba de hipótesis dos colas es:

$$t = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

$$t = 0.248 \sqrt{\frac{48 - 2}{1 - 0.248^2}}$$

$$t = 1.736$$

El valor ρ se calcula de la siguiente manera:

$$\rho = \Pr (|t_{46}| > 1.736)$$

$$\rho = 0.0892$$

Dado que tenemos esa $\rho = 0.0892 < 0.05$, se concluye que la hipótesis nula H_0 es rechazada.

Por lo tanto, la hipótesis general: Mediante la implementación de módulos Leds tipo LFS es posible mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas; es probada, validada y contrastada.

6.3.-Evaluación económica y pérdidas de energía en el alimentador

6.3.1.-Costo de suministro de luminarias proyectadas y existentes.

En la **Tabla 7** y **Tabla 8** se demuestra los costos de suministro de las luminarias proyectadas y existentes respectivamente.

Tabla 15: Costo de suministro luminarias proyectadas

	Unidad	COSTO	CANTIDAD	VALORES
Costo Suministro de Luminaria Módulo LED FLS 2x26.7W	\$	60	1173	\$70,380.00
COSTO SUMINISTRO	\$			\$70,380

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Costo de suministro luminarias existentes

	Unidad	COSTO	CANTIDAD	VALORES
Costo Suministro de Luminaria Tubo LED 2x33W	\$	40	1173	\$46,920.00
COSTO SUMINISTRO	\$			\$46,920

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2.-Costos de reposición según vida útil.

Tabla 17: Costos de reposición vida útil

COSTO DE REPOSICIÓN SEGÚN VIDA ÚTIL			
DATOS PROPIOS DEL CLIENTE			
Número de lámparas a reemplazar	Unidades	1,169	
Número de horas de funcionamiento por día	Horas	16	
Número de días funcionando por semana	Días	7	
Total horas al año de uso de lámpara	Horas	5,840	
Costo de energía por kW.h - (Figura 26)	US\$	0.10	
TIPO DE LAMPARA PROPUESTA		ACTUAL	PROPUESTA LED LFS
		POTENCIA TOTAL TUBOS LED EXISTENTES	POTENCIA TOTAL DE MÓDULOS LED TIPO LFS
COSTO DE LÁMPARA			
Costo unitario por lámpara - (Tabla 3 y Tabla 6)	US\$	40.00	60.00
Vida útil de lámpara (Figura 25 y Figura 28)	Horas	25,000	50,000
Cantidad de lámparas a cambiar por año (Tabla 11)	Unidades	20.00	10.00
Costo unitario de lámpara por año	US\$	800.00	600.00
COSTO DE MANO DE OBRA			
Costo unitario de Mano de Obra por cambio de lámpara (Tabla 9)	US\$	27.00	27.00
Cantidad de lámparas a cambiar por año (Tabla 11)	Unidades	20.00	10.00
Costo de Mano de Obra por cambio de lámpara al año	US\$	540.00	270.00
COSTO DE ENERGÍA			
Potencia instalada por lámpara	W	66	53.4
Consumo de Energía Eléctrica por lámpara al año	kW.h	385	312
COSTO DE ENERGIA POR LUMINARIA AL AÑO	US\$	38.54	31.19
COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN POR VIDA UTIL POR EL PERIODO DE UN AÑO			
	US\$	1,378.54	901.19

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3.-Consumo de energía para un periodo de evaluación.

Tabla 18: Consumo de energía para un periodo de un año, luminarias proyectadas

COSTO DE CONSUMO DE ENERGIA TOTAL EN EL PERIODO DE UN AÑO				
LUMINARIAS LED TIPO LFS				
Concepto	Unidad	POTENCIA	CANTIDAD	VALORES
POTENCIA TOTAL DE MÓDULOS LED TIPO LFS	W	26.7	2,346	62,638.20
Potencia Instalada del sistema	W			62,638.20
Potencia Instalada del Nuevo sistema	kW			62.64
<i>Estimando 16 horas de uso continuo</i>				
Costo kW.h (Figura 26)	\$0.100			
<i>Consumo de energía en 30 días</i>	kW.h			30,066
Costo En 30 días				\$3,007
Consumo de energía total en 1 año	kW.h			365,807
Costo de energía total un año				\$36,581

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Consumo de energía para un periodo de un año, luminarias existentes

COSTO DE CONSUMO DE ENERGIA TOTAL EN EL PERIODO DE UN AÑO				
TUBOS LED EXISTENTES				
Concepto	Unidad	POTENCIA	CANTIDAD	VALORES
POTENCIA TOTAL TUBOS LED EXISTENTES	W	33.0	2,346	77,418.00
Potencia Instalada del sistema	W			77,418.00
Potencia Instalada del Nuevo sistema	kW			77.42
<i>Estimando 16 horas de uso continuo</i>				
Costo kW.h (Figura 26)	\$0.100			
<i>Consumo de energía en 30 días</i>	kW.h			37,161
Costo En 30 días				\$3,716
Consumo de energía total en 1 año	kW.h			452,121
Costo de energía total un año				\$45,212

Fuente: Elaboración propia

6.3.4.-Pérdidas de potencia y energía

Tabla 20: Perdida de potencia y energía en el alimentador principal, luminarias proyectadas

POTENCIA DE PERDIDAS y ENERGIA

CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN	M.D (W)	Horas de uso continuo al día	M.D.S (W)	TENSIÓN (V)	Horas de uso continuo al día	FASES	CosØ	ρ [Resistividad]	Rend.	In (Interno)	Nº TERNAS	SECC. (mm2)	RL [Resistencia en la línea]	LONG. (m)	Perdida de potencia W	Perdida de energía al año kW.h
A	T.G	62,638	1.00	62,638	220	16	3	0.85	0.017	1.00	193.4	1	95.00	0.005	10	200.78	1,172.55

COSTO POR PERDIDAS DE ENERGIA AL AÑO

Perdida de potencia W	Perdida de energía al año kW.h	Costo por kW.h (Figura 26)	Costo perdida de energía anual
200.78	1,172.55	0.10	117.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Perdida de potencia y energía en el alimentador principal, luminarias existentes

POTENCIA DE PERDIDAS y ENERGIA

CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN	M.D (W)	Horas de uso continuo al día	M.D.S (W)	TENSIÓN (V)	Horas de uso continuo al día	FASES	CosØ	ρ [Resistividad]	Rend.	In (Interno)	Nº TERNAS	SECC. (mm2)	RL [Resistencia en la línea]	LONG. (m)	Perdida de potencia W	Perdida de energía al año kW.h
A	T.G	77,418	1.00	77,418	220	16	3	0.85	0.017	1.00	239.0	1	95.00	0.005	10	306.71	1,791.18

COSTO POR PERDIDAS DE ENERGIA AL AÑO

Perdida de potencia W	Perdida de energía al año kW.h	Costo por kW.h (Figura 26)	Costo perdida de energía anual
306.71	1,791.18	0.10	179.12

Fuente: Elaboración propia.

6.3.5.-Retorno de inversión.

En la **Tabla 23**, se demuestra el retorno de inversión de la luminaria actual y la luminaria de nuestro

Tabla 22: Suma de gastos en pérdidas de energía, gastos de reposición según vida útil y consumo de energía en el periodo de un año

	TUBO LED 33W	MODULO LED LFS 26.7W
COSTO DE REPOSICION POR VIDA UTIL EN EL PERIODO DE UN AÑO (TABLA 17)	\$1,378.54	\$901.19
COSTO POR PERDIDA DE POTENCIA Y ENERGIA EN UN AÑO (TABLA 20 y 21)	\$117.25	\$179.12
COSTO DE CONSUMO DE ENERGIA EN UN AÑO (TABLA 18 y 19)	\$45,212	\$36,581
TOTAL	\$46,708	\$37,661

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Retorno de inversión

RETORNO DE INVERSIÓN TUBO LED EXISTENTE VS MÓDULO LED LFS EN AÑOS						
MESES A EVALUAR:	0	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO
Costo Suministro de Luminaria Tubo LED 2x33W	46,920.00	46,708.00	46,708.00	46,708.00	46,708.00	46,708.00
Costo Suministro de Luminaria Módulo LED FLS 2x26.7W	70,380.00	37,661.00	37,661.00	37,661.00	37,661.00	37,661.00
Diferencia:	-23,460.00	9,047.00	9,047.00	9,047.00	9,047.00	9,047.00
Diferencia acumulada:	-23,460.00	-14,413.00	-5,366.00	3,681.00	12,728.00	21,775.00
Retorno de la Inversión	AÑOS	2.59				

Fuente: Elaboración propia.

En la evaluación hemos tenido en cuenta los costos de las luminarias con módulos Led LFS y las luminarias existentes, así como los consumos por kW.h de ambas luminarias teniendo en cuenta dieciséis (16) horas de uso diario.

Teniendo en cuenta un horizonte en años para el retorno de la inversión, obtuvimos un retorno de inversión en un periodo de **dos años y medio**.

De tal modo que la hipótesis específica “Al implementar los módulos leds tipo LFS, es posible la obtención de variaciones de mejora en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail.”, es contrastada y validada.

VII.- CONCLUSIONES

7.1.-Del objetivo general:

Implementar módulos LED tipo LFS en la eficiencia lumínica en la sala de ventas del centro comercial Retail.

C1: Sí se pueden diseñar prototipos de luminarias con módulos Leds tipo LFS de acuerdo a la necesidad y/o requerimiento de una demanda para obtener una luminaria totalmente versátil, ya que se verificó que fue posible el diseño en la implementación de los módulos leds tipo LFS teniendo en cuenta los criterios de selección para la mejora en la eficiencia lumínica con luminarias de uso versátil, dimeable y ahorro energético.

7.2.-De los Objetivos específicos:

7.2.1.-Mejorar la eficiencia lumínica del centro comercial Retail – Sala de ventas con módulos LED tipo LFS.

C2: Se obtuvo la eficiencia energética de ambas luminarias obteniendo resultados más favorables en la luminaria Led tipo LFS de acuerdo con el software de renderización generada y también se pudo verificar la eficiencia en el resultado de renderización con el software, el consumo de energía mensual y la eficiencia lumínica resultante en lm/W los cuales son factores relevantes en la implementación de nuevas tecnologías de iluminación Led.

7.2.2.-Obtener un buen criterio de selección de módulos Led tipo LFS según su fotometría y/o flujo luminoso para la mejora en la iluminación del centro comercial Retail – Sala de ventas.

C3: Al distribuir los módulos leds tipo LFS en la misma topología de las luminarias existentes, se obtuvo el cuadro comparativo de ambos resultados, por lo cual, los módulos Leds tipo LFS generó mejores resultados en la iluminación de superficies verticales y horizontales requeridos en uniformidad demostrado con el software, por lo que se verificó que es relevante el tipo de fotometría y el flujo luminoso en la implementación del sistema de iluminación para obtener los resultados deseados y, por ende, la solución a la problemática.

7.2.3.-Medir variaciones de mejora con la implementación de módulos LED tipo LFS en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail.

C4: Al obtener el costo por luminaria entre la existente y la diseñada, obtuvimos el cuadro de retorno de inversión a raíz de las potencias de ambas luminarias, y notamos las grandes ventajas referente a lo económico, por ello la presente investigación muestra mejores opciones de mantenimiento ya que presenta facilidades de cambio de dispositivos y no de luminaria completa con lo cual al implementar con el flujo luminoso, obtuvimos la luminaria más eficiente según nuestro cuadro comparativo de resultados de renderización obtenido con el software.

VIII.- OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

8.1.-Observaciones

Observación 1 (Obs. de C1): Al diseñar un prototipo de luminaria es necesario obtener la compatibilización de dispositivos para así evitar problemas futuros. Durante la selección de cada dispositivo o componente, existe la posibilidad de cometer errores en la selectividad por falta de conocimiento o por carencia de fuentes confiables.

Observación 2 (Obs. de C2): Al generar los cuadros comparativos luego de la renderización con el software entre ambas luminarias tal como la existente y la del diseño de investigación, si es que no se considera las horas de uso diario, puede obtener una proyección con margen de error muy alta. Cuando no existe una evaluación más a fondo respecto al tipo de horario de usos por zonas y de acuerdo a la necesidad, existe la posibilidad que haya errores al diseñar un sistema de iluminación dimeable no teniendo en cuenta que cada zona o ambiente tiene una determinada necesidad durante el día. Al diseñar un prototipo de luminaria y no se toma en cuenta el consumo de energía mensual del sistema de iluminación proyectado y la eficiencia energética resultante de la renderización con el software, se obtendrán errores en la proyección de la muestra por falta del análisis de esos datos relevantes.

Observación 3 (Obs. de C3): Al considerar la misma topología en el sistema de iluminación entre las luminarias existentes y proyectadas en nuestra investigación, existe la posibilidad de no obtener los valores en uniformidad de acuerdo a los niveles verticales y horizontales requeridos por la norma interna la muestra. Al no tener en cuenta los tipos de ambientes y de iluminación no se obtendría resultados deseados por no simular con el haz de luz (fotometría) y flujo luminoso adecuado. Notamos que existen normas que indican el valor promedio de iluminación por zonas y tipos de ambientes, sin embargo, hay normas internas de acuerdo a la comodidad o políticas

internas según requiera la muestra para obtener distintos valores o muy cercanos a lo que indica la norma.

Observación 4 (Obs. de C4): Al seleccionar el módulo led tipo LFS según su potencia, existe la posibilidad que haya malos resultados en el retorno de inversión por la obtención de una inadecuada obtención del precio del prototipo de luminaria. Al no realizar una adecuada distribución según la topología de la muestra y no teniendo en cuenta el cuadro comparativo de la evaluación técnica de la luminaria existente y la proyectada de la investigación, esto generará errores para la evaluación del retorno de inversión.

8.2.-Recomendaciones

Recomendación 1 (de la observación 1): Es importante elegir y profundizar el conocimiento en el uso de dispositivos del tipo clase A, para así obtener un prototipo de luminaria versátil. Al elegir los dispositivos es necesario obtener buenas fuentes de suministro de adquisición, así como la calidad del ensamblado de equipos de iluminación. Es necesario analizar las compatibilidades de módulos led y el driver (dimeable) para obtener un buen criterio de selección conjuntamente con el equipo a ensamblar de acuerdo al tipo de ambiente a usar, para así generar una luminaria versátil a partir del módulo Led tipo LFS.

Recomendación 2 (de la observación 2): Al generar un cuadro comparativo relevante entre ambas luminarias, es necesario que la muestra tenga la cantidad de horas de uso diario según tipo de uso para obtener una eficiencia más exacta respecto a la potencia y la energía consumida. Tener en cuenta la evaluación del tipo de zona para un determinado uso en el sistema de iluminación dimeable, para proyección en la instalación de circuitos independientes por zonas y así generar variaciones de flujo luminoso o encendido y apagado de manera automática. Es importante evaluar el consumo energético mensual del prototipo de la luminaria para generar un sistema de

iluminación óptimo y fiable, para así poder generar una iluminación dimeable y una eficiencia lumínica óptima de acuerdo a las nuevas tecnologías.

Recomendación 3 (de la observación 3): Al generar la renderización final con el software de acuerdo a las luminarias existentes y proyectadas, es necesario seleccionar un tipo de módulo que nos conlleven a obtener la constante de uniformidad más cercana en valores de iluminación vertical y horizontal según la normativa interna de la muestra. Es importante evaluar el tipo de ambiente para así obtener el módulo Led tipo LFS más idóneo según su fotometría y flujo luminoso para obtener valores cerca a la uniformidad de lo requerido. Se debe tener en cuenta los valores de uniformidad de acuerdo a los niveles de iluminación verticales y horizontales por la norma interna de la muestra, y así generar la renderización y lograr el valor más cercano en uniformidad por los niveles requeridos.

Recomendación 4 (de la observación 4): Es relevante estimar con más precisión el precio del prototipo de luminaria de acuerdo a su potencia y así poder generar un cuadro comparativo entre la luminaria existente y la luminaria de la presente investigación, para poder obtener los resultados más óptimos. Se debe obtener una adecuada distribución de luminarias proyectadas de acuerdo a la topología que requiere la muestra y así poder generar una adecuada renderización con el software que nos brindará mejores resultados para realizar un mejor cuadro comparativo de la evaluación técnica, que posterior conlleva a un correcto análisis de retorno de la inversión.

IX.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Davila Trigozo Michel, 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 Cesar Vallejo, Tarapoto - Perú.
- 2.- Arteaga Esquivel Xonis Paul, 2018. "Sistema Automático De Iluminación En Base A Normas Técnicas Para Mejorar La Eficiencia Y Eficacia Luminosas En Una Planta Industrial", Universidad Cesar Vallejo, Trujillo - Perú.
- 3.- Zegarra Cuéllar Victor Ricardo, 2012. "Diseño del sistema de iluminación para las zonas de almacén y conservación de un museo de arqueología", Zegarra Cuéllar Victor Ricardo. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- 4.-Centro de Escritura Javeriano, 2020. "Normas APA - Séptima Edición ", Pontificia Universidad Javeriana.
- 5.-Alfonso Gago - Jorgue Fraile, 2012. "ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED". Ediciones Paraninfo S.A. - Impreso en España.
- 6.- J.A. Taboada, 2001. MANUAL DE LUMINOTECNIA - 4ta Edición, editorial "Dossat" S.A.
- 7.- Pedro Claudio Rodríguez, 2012. "SEMICONDUCTORES". Editorial Alcina-Biblioteca electrónica.
- 8.- Gilberto Enriquez Harper, 2004. EL ABC DEL ALUMBRADO Y LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN, Editorial Noriega - Limusa, México.
- 9.-Paula Catalina Acuña Roncancio, 2011. "IMPACTO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CON LED'S EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN", Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Tesis para optar el título de Magister en Ingeniería Eléctrica, Bogotá, Colombia.
- 10.-Carlos Elisban Ticona Llangato, 2015. "ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LÁMPARA PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO BASADO EN TECNOLOGÍA LED CON CONTROL DE INTENSIDAD" -Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Facultad de ciencia. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Física Aplicada, Tacna, Perú.
- 11.-Julian Andrés Rodríguez Ramírez, 2012. "GUIA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN INTERIOR UTILIZANDO DIALUX", Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Programa de tecnología eléctrica Pereira, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS LED TIPO LFS EN LA EFICIENCIA LUMÍNICA DE UN CENTRO COMERCIAL RETAIL, SALA DE VENTAS”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES DIMENSIONALES E INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA	
<p>1.-Problema General</p> <p>¿Fue posible implementar módulos LED tipo LFS para mejorar la eficiencia lumínica en la sala de ventas del centro comercial Retail?</p> <p>2.-Problemas Específicos</p> <p>P1: ¿Fue posible mejorar la eficiencia lumínica del centro comercial Retail, sala de ventas con módulos led tipo LFS?</p> <p>P2: ¿Cuál fue el criterio de selección del módulo led tipo LFS según su fotometría y/o flujo luminoso para la mejora en la iluminación del centro comercial Retail, sala de ventas?</p> <p>P3: ¿Cuáles fueron las variaciones que se produce al implementar los módulos LED tipo LFS en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail?</p>	<p>1.-Objetivo general:</p> <p>Implementar módulos LED tipo LFS en la eficiencia lumínica en la sala de ventas del centro comercial Retail.</p> <p>2.-Objetivos específicos:</p> <p>O1: Mejorar la eficiencia lumínica del centro comercial Retail, sala de ventas con módulos LED tipo LFS.</p> <p>O2: Obtener un buen criterio de selección de módulos LED tipo LFS según su fotometría y/o flujo luminoso para la mejora en la iluminación del centro comercial Retail, sala de ventas.</p> <p>O3: Medir variaciones de mejora con la implementación de módulos LED tipo LFS en el sistema de iluminación de la sala de ventas del centro comercial Retail.</p>	<p>HG: Mediante la implementación de módulos LED tipo LFS, fue posible mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.</p> <p>Hipótesis nula (H0)</p> <p>Mediante la implementación de módulos Leds tipo LFS, no será posible mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.</p> <p>Hipótesis alternativa (HA)</p> <p>Mediante la implementación de módulos Leds tipo LFS, será posible mejorar la eficiencia lumínica en el centro comercial Retail, sala de ventas.</p> <p>Criterio de validación</p> <p>-Correlación de la muestra (r). -Tamaño de la muestra (n). -Nivel de significancia (α).</p> <p>El valor de correlación crítico correspondiente r_c para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, para una prueba de hipótesis dos colas es:</p> $t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ <p>El valor ρ se calcula de la siguiente manera:</p> <p>A) Niveles de iluminación verticales</p> $\rho = \Pr (t_{19} > 4.562)$ $\rho = 0.0002$ <p>Dado que tenemos esa $\rho = 0.0002 < 0.05$, se concluye que la hipótesis nula H_0 es rechazada.</p> <p>B) Niveles de iluminación horizontales</p> $\rho = \Pr (t_{46} > 1.736)$ $\rho = 0.0892$ <p>Dado que tenemos esa $\rho = 0.0892 < 0.05$, se concluye que la hipótesis nula H_0 es rechazada.</p> <p>Por lo tanto, la hipótesis general es probada, validada y contrastada.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>X: Módulos led tipo LFS.</p> <p>Equipos multipropósito, pueden ser utilizados diferentes aplicaciones del tipo: Comercial, Industrial, Oficinas, entre otros.</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Y: Eficiencia lumínica de un centro comercial retail.</p> <p>Es un sistema de alumbrado eficiente, desarrollando soluciones de iluminación de elevado flujo luminoso controladas con precisión para los sectores especificados de la tienda.</p> <p>Operacionalización de variables</p> <p>Indicadores:</p> <p>x1: Flujo luminoso x2: Curva fotométrica y1: Luminaria eficiente, de ahorro energético y bajo deslumbramiento. y2: Luminaria de uso versátil y dimeable.</p>	<p>1.-Técnica de recolección de datos: Mediante la recolección de datos se utilizó la técnica de documentación y observación para obtener los datos de la luminaria existente en la sala de ventas del centro comercial Retail y así se obtuvo parámetros nominales y existentes, para lo cual, mediante la información del tipo de uso del módulo Led tipo LFS proyectado fue posible diseñar la luminaria para una eficiencia lumínica más adecuada satisfactoriamente. Teniendo en cuenta el uso de la altura, tipo de fotometrías, se procedió a la importación del plano actual para la recolección de datos.</p> <p>2.-Técnica de evaluación de los resultados cuantitativos de los métodos convencionales Mediante la aplicación de esta técnica se contrastó y comparó el desempeño de nuestro diseño físico.</p> <p>3.-Evaluación técnica y económica del proyecto: Mediante la evaluación técnica y económica demostramos el aporte de nuestro sistema de selección, por lo cual obtuvimos el cuadro comparativo entre la luminaria existente y la evaluación económica de la luminaria que se propuso a implementar obteniendo excelentes resultados.</p>	<p>TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Tipo de investigación</p> <p>La investigación propuesta fue del tipo aplicada y cuantitativa</p> <p>Diseño de la investigación</p> <p>La presente tesis es del tipo de diseño experimental y explicativo.</p> <p>Etapas de la investigación</p> <p>Primera etapa: -Técnicas e instrumentos de recolección de datos. -Procedimientos de recolección de datos. -Procesamiento estadístico y análisis de datos.</p> <p>Segunda etapa: -Seleccionar el programa. -Ejecutarlo. -Explorar datos. -Evaluar confiabilidad y validez. -Análisis estadístico de variables e hipótesis. -Reportar resultados.</p> <p>Tercera etapa: Discusión y contrastación de resultados, rechazando la hipótesis nula y aprobando la hipótesis alternativa.</p>	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Nuestra población objetivo a correspondido al sistema de iluminación de la sala de ventas del Centro comercial Plaza Vea Ventanilla.</p> <p>Donde:</p> <p>N=Población N=1169 n=Muestra</p> $n = \frac{(1169*1,96*1,96 * 0,05*0,95)}{(0,05*0,05*(1169-1) + 1,96*1,96 * 0,05*0,95)} = 69$ <p>Del dato anterior N=L1 +L2+L3 = 131 + 895 + 143 = 1169 (Población), usaremos la cantidad de la muestra en uso proporcional al tipo de luminaria L1, L2 y L3 que son el 11.2%; 76.5% y 12.2% respectivamente.</p> <p>Por lo que:</p> <p>Luminaria L1: 8 und. Luminaria L2: 53 und. Luminaria L3: 8 und.</p> <p>Por lo tanto:</p> $n = L1 + L2 + L3 = 8 + 53 + 8 = 69 \text{ luminarias}$

Anexo 2 : Ficha técnica módulo Led LFS y conectores

BJB///OEM-Line

32.130.0025

Linear Flat System



pkg.	wt.	part no.
12	530 g	32.130.0025.00



Light Distribution:	Diffuse
Height (build in):	15 mm
Width:	37 mm
Length:	1166 mm
Socket:	GR6d-3
Colour temperatur:	4000 K
CRI:	>80
Energie efficiency class:	A++
Power consumption (W) at Tc 25° C:	26.74 W
Power consumption (W) at Tc 50° C:	26.32 W
Power consumption (W) at Tc 25° C:	38.2 V
Power consumption (W) at Tc 50° C:	37.6 V
Operational current (If):	700 mA
Flux at Tc 25° C:	4060 lm
Flux at Tc 50° C:	3850 lm
Flux at Tc 25° C:	4060 lm
Module efficiency at Tc 25° C:	152 lm/W
Module efficiency at Tc 50° C:	146 lm/W



Linear Flat - flat LED module
Exchangeable LED-lamp - No additional tools required
New - 2nd Generation

- Quick and easy installation even in very narrow luminaires (slot light channels)
- Audible and tactile feedback during mounting process „Click-Fit“
- Straight and pure design, genuine high grade materials
- Tight colour tolerance: McAdams 3.5 SDCM
- Beam angle: 105°
- Life span L70 > 50.000 h
- Ambient temperature: -30 °C bis + 45 °C
- Module efficiency and Luminous flux measured at Tc = 25 °C
- TC: max. 65° C
- Risk group: 0
- Protection class: IP20
- Guarantee*: 5 years
- RoHs





part no.

& #

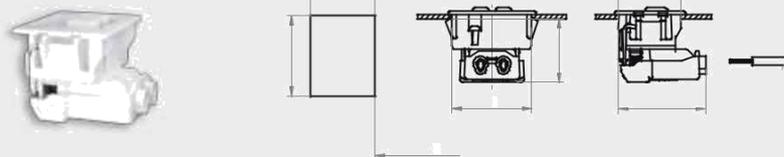
For panel thickness: 0.4 - 1.2 mm **28.701.1001.50**

For panel thickness: 1.0 - 2.0 mm **28.701.1005.50**

Push in fixing

Also suitable for automatic wiring

Spring connection "Click-Fit"



CAD | i
98...

Part no.

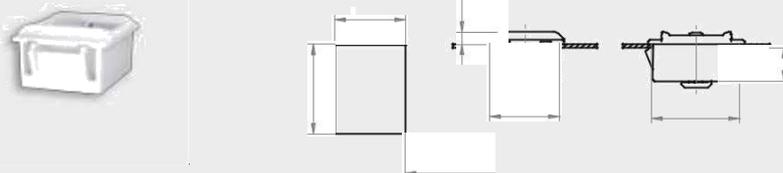
Lamp support

For panel thickness: 0.4 - 1.2 mm **28.701.U301.50**

For panel thickness: 1.0 - 2.0 mm **28.701.U302.50**

Push in fixing

Thermal extension: Axial movement will be compensated



CAD | i
98...

Anexo 3: Ficha técnica del Chip Led

Lextar

Storage	RA Lab.
Retention Period	3 years

TM21 Report

The Estimation of Lumen Maintenance Life of LED

Model : PC56H10 V0

Signed for and on behalf of Lextar Reliability Test Lab.



Cody Chen
Technical Manager



Applicant: Lextar Electronics Corp.
Dept: PIAP3
Date of samples received: 2014/2/5
Date of test started: 2014/2/13
RA No: L1402003
Date of report issued: 2014/11/27
Report No.: 2014_TM21_008

Lextar Reliability Lab address:
No.1, Keyi St., Zhunan Township, Miaoli County 350, Taiwan (R.O.C.)

Disclaimer:

This document is provided for informational purposes only for the specified test samples and is not a warranty or a specification. This file is to be used exclusively for submission to customer for evaluation and assessment the LED light source performance. The information in this document is subject to change without notice.

Confidentiality Warning:

This Report transmitted with it is confidential and intended solely for the use of the individual(s) or entity to whom they are addressed. If you have received this report in error please delete this report. If you are not the intended recipient, you are notified that any review, retransmission, conversion to hard copy, copying, circulation or other use of this report is strictly prohibited.

TM-21 Test Report Contents

s/n	Contents	Page	Note
1	Product Information	3	
2	Testing Information of LM80-08	3	
3	LM80-08 Testing Results	3	Normalized & Averaged Data for Total Flux
4	The TM21 Estimation Results	4	

1. Product Information

Product information	Description
Manufacture	LEXTAR
Product Name	LED Component
Model Name/ Serial Number	PC56H10 V0
Rating (working current/ power)	DC 150 mA, 1W
Nominal Correlated Color Temperature	2700 K

2. Testing Information of LM80-08

Product information	Description
Test Standard/ Method	IES TM-21-11
Laboratory for LM80-08 Testing	Lextar Taiwan Ltd.
Issued Date for the LM80-08 Report	2014/11/27
Report No. of the LM80-08 Testing Report	2014_LM80_008
Total Operation Duration of LM80-08 Testing	6000 hours
Drive Current (mA)	150 mA
Number of Failures	0

Case Temperature (° C)	Sample Size
55	20
85	20
105	20

3. The LM80 Testing Results

Temp (°C)	Luminous Maintenance (%)							
	0	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000
55 °C	100.00%	99.90%	99.82%	99.41%	98.63%	98.41%	98.14%	97.63%
85 °C	100.00%	99.84%	99.98%	99.04%	98.32%	97.60%	97.45%	97.75%
105 °C	100.00%	99.86%	99.72%	98.93%	97.90%	97.29%	97.19%	97.25%

4. The TM21 Estimation Results

4.1 Results for each LM80 test condition

4.1.1 Test Condition of 55 °C Case Temperature (Ts)

Test Condition of 55°C Ts	
Sample size	20
Number of failure	0
DUT drive current used in the test (mA)	150
Test duration (hours)	6,000
Test duration used for projection (hour to hour)	1,000 - 6,000
Tested case temperature (°C)	55 °C
α	4.328E-06
B	1.002
Reported L70(DK) (hours)	>36000

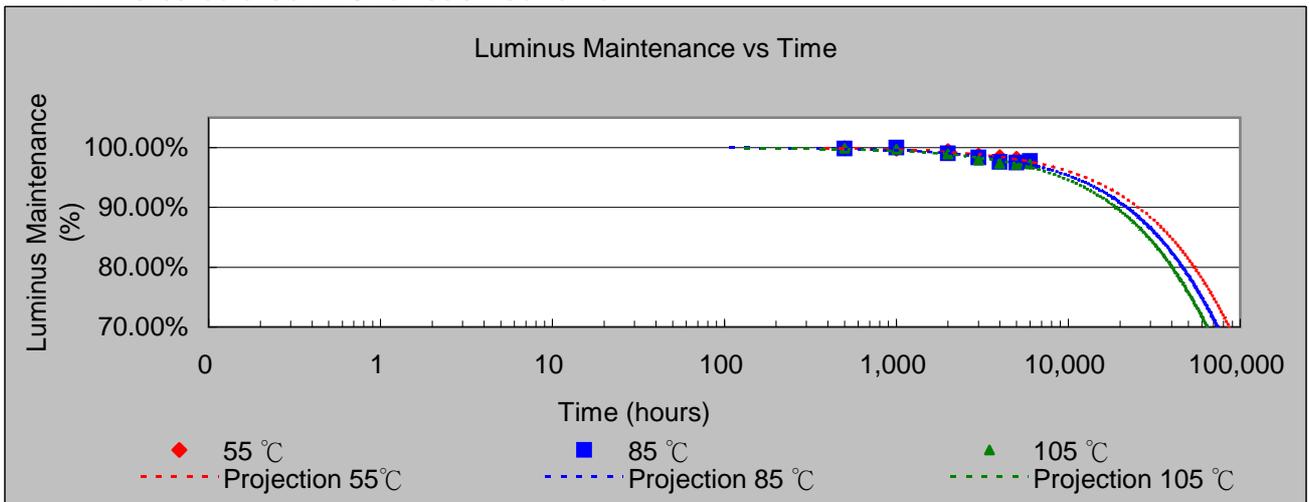
4.1.2 Test Condition of 85°C Case Temperature (Ts)

Test Condition of 85°C Ts	
Sample size	20
Number of failure	0
DUT drive current used in the test (mA)	150
Test duration (hours)	6,000
Test duration used for projection (hour to hour)	1,000 - 6,000
Tested case temperature (°C)	85 °C
α	4.810E-06
B	1.000
Reported L70(DK) (hours)	>36000

4.1.3 Test Condition of 105°C Case Temperature (Ts)

Test Condition of 105°C Ts	
Sample size	20
Number of failure	0
DUT drive current used in the test (mA)	150
Test duration (hours)	6,000
Test duration used for projection (hour to hour)	1,000 - 6,000
Tested case temperature (°C)	105 °C
α	5.280E-06
B	0.999
Reported L70(DK) (hours)	>36000

4.1.4 The calculated L70 for each condition:



Anexo 4 : Ficha técnica del Driver

1x70 W DALI controllable LED driver

70 W 220-240 VAC 50-60 Hz

- Selectable constant current output: 350 (default) to 700 mA
- DALI control input 1 % - 100 % dimming range
- Low standby power 0.4 W
- Accept DC mains in case of central emergency battery
- Protected up to 4 kV power network fast transients
- Over load, open & short circuit protection
- High efficiency > 0.91
- Suitable for Class I luminaires



Mains Characteristics

Voltage range	198 - 264 VAC
DC range	176 - 280 VDC, Starting voltage > 195 VDC
Max mains current at full load	0.33- 0.42 A
Frequency	0 / 50 - 60 Hz
U-OUT _{max} (abnormal)	250 V

Load Output

Output current (I-OUT)	350 - 700 mA
Max output power	70 W
Efficiency, at full load, typical	≥ 0.91

I-OUT	350 mA	700 mA
P-out (max)	70 W	70 W
U-OUT	50 - 200 V	50 - 100 V
λ	0.98	0.98
η @ max	0.91	0.91

Operating Conditions and Characteristics

Max.temperature at tc point	75 °C
Ambient temperature range	-20...+50 °C
Storage temperature range	-40...+80 °C
Maximum relative humidity	No condensation
Life time	50 000h, at TC max (90% survival rate)

Connections and Mechanical Data

Wire size	0.5 - 1.5 mm ²
Wire type	Solid core and fine-stranded
Wiring insulation	According to EN 60598
Maximum driver to LED wire length	5 m
Weight	242 g
IP rating	IP20

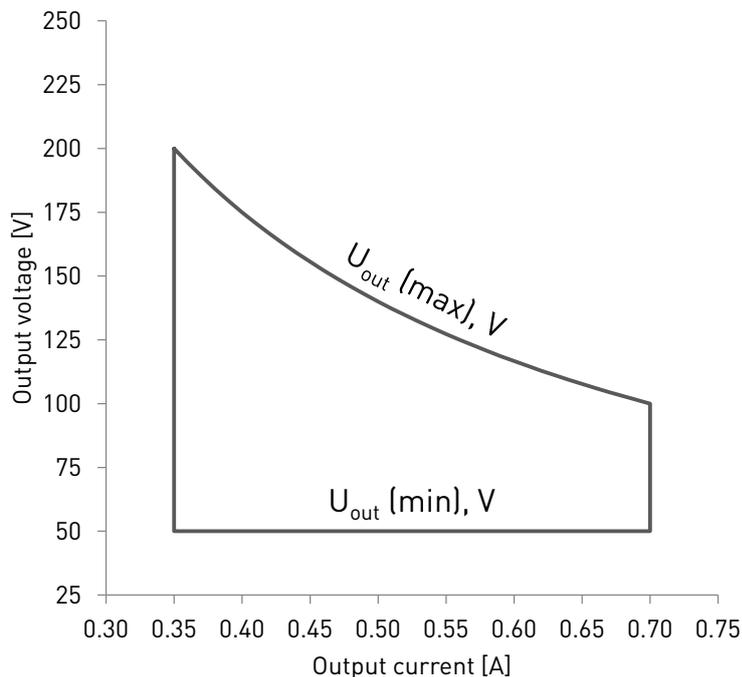
Conformity & Standards

General and safety requirements	EN 61347-1
Particular safety requirements for DC or AC supplied electronic control gear for LED modules	EN 61347-2-13
Thermal protection class	EN 61347, C5e
Mains current harmonics	EN 61000-3-2
Limits for Voltage Fluctuations and Flicker	EN 61000-3-3
Radio Frequency Interference	EN 55015
Immunity standard	EN 61547
Performance requirements	EN 62384
Digital addressing lighting interface (DALI) *	EN 62386-207

Compliant with relevant EU directives
ENEC & CE marked

* with additional extensions

Operating window



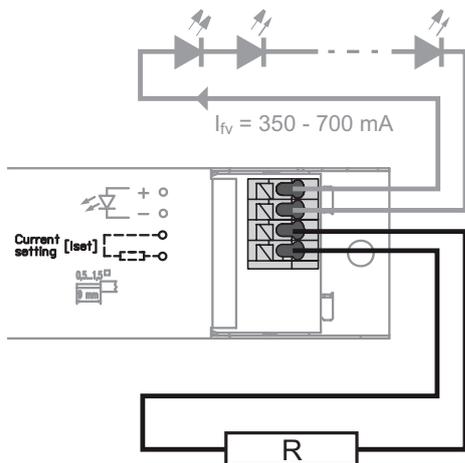
Note:

- Dimming between 1% - 100 % possible across the whole operating window

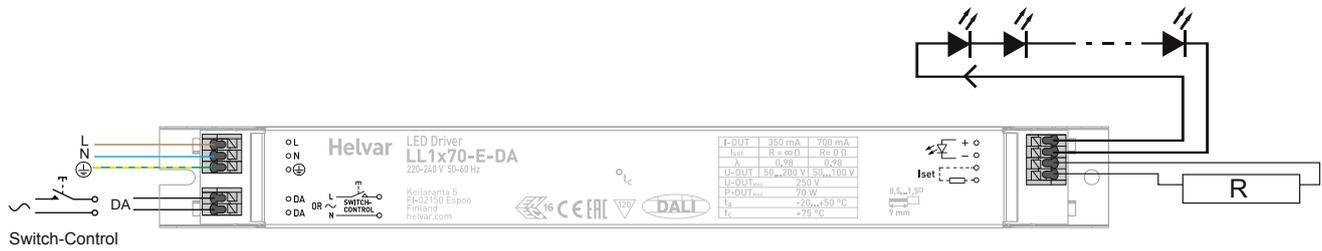
Output current setting

- Driver output current is determined by value of the resistor R connected.
- It is recommended for the current setting resistor to be physically as close as possible to the driver and always inside the actual luminaire.

R	I _{out} (mA)
0 Ω	700
1k Ω	650
1k2 Ω	640
1k5 Ω	630
1k8 Ω	620
2k2 Ω	600
2k7 Ω	580
3k3 Ω	570
3k9 Ω	550
4k7 Ω	540
5k6 Ω	520
6k8 Ω	505
8k2 Ω	490
10k Ω	475
12k Ω	460
15k Ω	450
22k Ω	420
27k Ω	410
33k Ω	405
39k Ω	400
56k Ω	390
68k Ω	380
100k Ω	375
120k Ω	370
330k Ω	365
820k Ω	360
∞ Ω	355



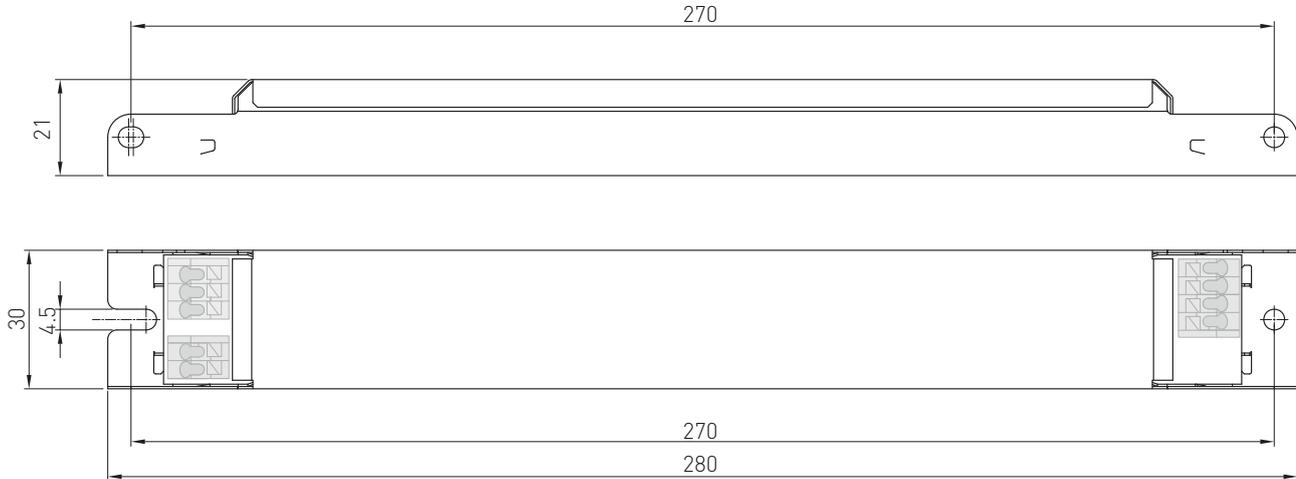
Connections



Note:

- Not suitable for load side switching operation.
- Driver output and current setting circuit are not isolated from mains

Dimensions



Quantity of LED control gear for miniature circuit breakers (MCB's)

	Quantity of drivers per miniature circuit breaker 16 A Type C		Typical inrush current I_{peak} (A)	1/2 value time Δt (μs)	Calculated energy $I_{peak}^2 \Delta t$ (A ² s)
	Based on I_{cont}	Based on I_{peak}			
LL1x70-E-DA	31	53	33	148.0	0.146500

Type-C MCB's with trip characteristics in according to EN 60898 are recommended.

Anexo 5 : Resultados de Renderización

RENDERIZACIÓN - SALA DE VENTAS DE LA MUESTRA

Fecha: 04.08.2022

Proyecto elaborado por: Bach. Jhonathan Castro

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

Índice

RENDERIZACIÓN - SALA DE VENTAS DE LA MUESTRA

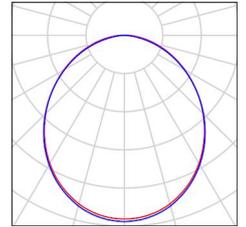
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
BJB GmbH & Co. KG 32.130.0025.00 Linear Flat LED System 1166mm 4000K	
Hoja de datos de luminarias	4
BJB GmbH & Co. KG 32.130.4021.00 16000158-4-20 LFS 1166mm 4000K 32....	
Hoja de datos de luminarias	5
SALA DE VENTAS	
Resumen	6
Lista de luminarias	7
Resultados luminotécnicos	8
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	12
Observador UGR (sumario de resultados)	16
Rendering (procesado) en 3D	18
Rendering (procesado) de colores falsos	19

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

RENDERIZACIÓN - SALA DE VENTAS DE LA MUESTRA / Lista de luminarias

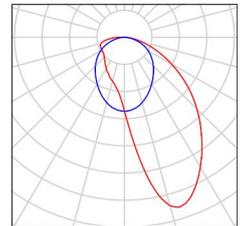
2154 Pieza BJB GmbH & Co. KG 32.130.0025.00 Linear Flat LED System 1166mm 4000K
 N° de artículo: 32.130.0025.00
 Flujo luminoso (Luminaria): 3697 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3698 lm
 Potencia de las luminarias: 26.9 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 80 96 100 100
 Lámpara: 1 x Linear Flat LED System 1166mm 4000K (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



192 Pieza BJB GmbH & Co. KG 32.130.4021.00 16000158-4-20 LFS 1166mm 4000K 32.130.4021.00 einf. asym
 N° de artículo: 32.130.4021.00
 Flujo luminoso (Luminaria): 3414 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3415 lm
 Potencia de las luminarias: 26.7 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 48 79 95 100 100
 Lámpara: 1 x LFS 1166mm 4000K (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

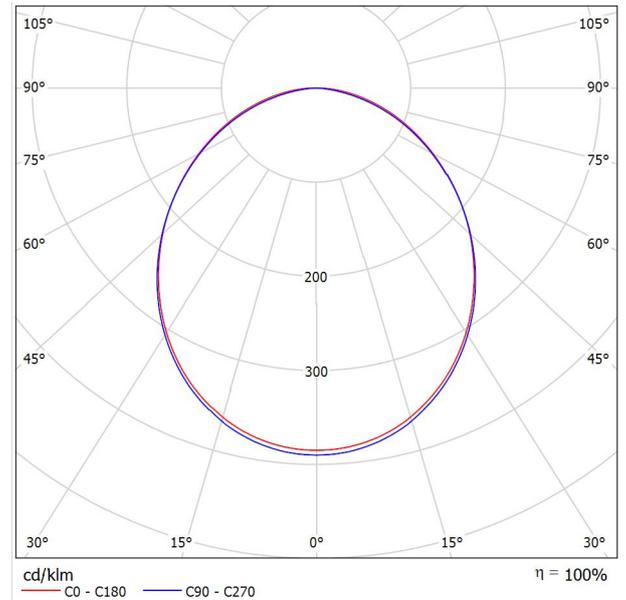


Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

BJB GmbH & Co. KG 32.130.0025.00 Linear Flat LED System 1166mm 4000K / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 80 96 100 100

Emisión de luz 1:

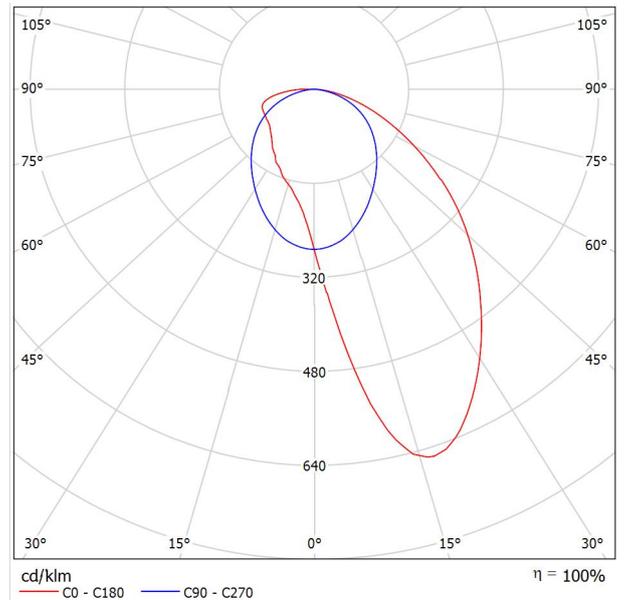
Valoración de deslumbramiento según UGR											
p Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara				Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	24.9	26.2	25.2	26.4	26.6	24.7	26.0	25.0	26.3	26.5
	3H	26.4	27.6	26.7	27.8	28.1	26.1	27.3	26.5	27.6	27.9
	4H	27.0	28.2	27.4	28.4	28.7	26.7	27.8	27.0	28.1	28.4
	6H	27.6	28.6	27.9	28.9	29.2	27.1	28.1	27.4	28.4	28.7
	8H	27.8	28.8	28.1	29.1	29.4	27.2	28.1	27.5	28.5	28.8
	12H	27.9	28.9	28.3	29.2	29.5	27.2	28.1	27.6	28.5	28.8
4H	2H	25.5	26.6	25.8	26.9	27.2	25.4	26.5	25.7	26.8	27.1
	3H	27.2	28.2	27.6	28.5	28.8	27.0	27.9	27.4	28.3	28.6
	4H	28.0	28.9	28.4	29.2	29.6	27.7	28.5	28.1	28.9	29.2
	6H	28.7	29.4	29.1	29.8	30.2	28.2	28.9	28.6	29.3	29.7
	8H	29.0	29.6	29.4	30.0	30.4	28.3	29.0	28.7	29.4	29.8
	12H	29.2	29.8	29.6	30.2	30.6	28.4	29.0	28.8	29.4	29.8
8H	4H	28.3	29.0	28.7	29.4	29.8	28.0	28.7	28.4	29.1	29.5
	6H	29.1	29.7	29.6	30.1	30.6	28.6	29.2	29.1	29.6	30.0
	8H	29.5	30.0	30.0	30.4	30.9	28.8	29.3	29.3	29.7	30.2
	12H	29.8	30.2	30.3	30.7	31.2	28.9	29.4	29.4	29.8	30.3
12H	4H	28.3	28.9	28.8	29.3	29.8	28.0	28.6	28.5	29.0	29.5
	6H	29.2	29.7	29.7	30.1	30.6	28.7	29.2	29.2	29.6	30.1
	8H	29.6	30.0	30.1	30.5	31.0	28.9	29.4	29.4	29.8	30.3
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.1	/	-0.1			+0.1	/	-0.1		
S = 1.5H		+0.2	/	-0.4			+0.2	/	-0.4		
S = 2.0H		+0.4	/	-0.7			+0.4	/	-0.7		
Tabla estándar Sumando de corrección		BK06				BK05					
		12.2				11.3					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3698lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

**BJB GmbH & Co. KG 32.130.4021.00 16000158-4-20 LFS 1166mm 4000K 32.130.4021.00
 einf. asym / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

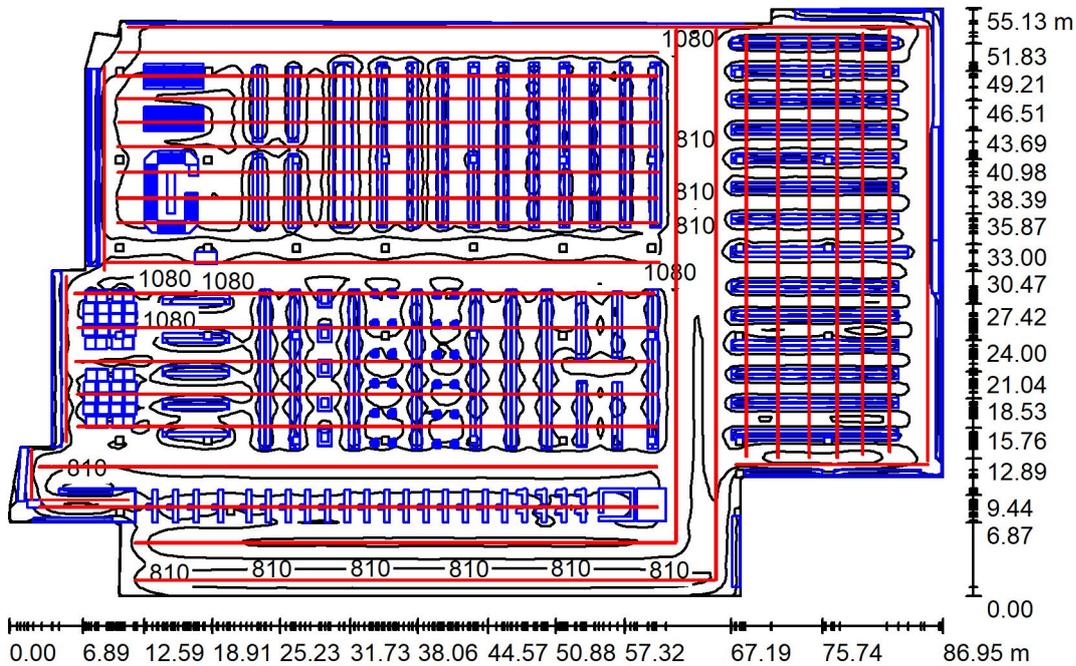


Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 48 79 95 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Resumen



Altura del local: 8.000 m, Altura de montaje: 4.200 m, Factor mantenimiento: 0.75

Valores en Lux, Escala 1:708

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	808	119	1459	0.147
Suelo	20	639	55	1369	0.087
Techo	70	178	102	242	0.574
Paredes (23)	50	188	47	2572	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2154	BJB GmbH & Co. KG 32.130.0025.00 Linear Flat LED System 1166mm 4000K (1.000)	3697	3698	26.9
2	192	16000158-4-20 LFS 1166mm 4000K 32.130.4021.00 einf. asym (1.000)	3414	3415	26.7
			Total: 8618034	Total: 8620741	63029.8

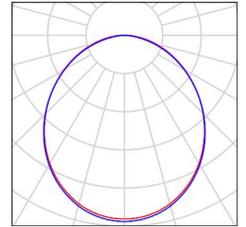
Valor de eficiencia energética: 15.09 W/m² = 1.87 W/m²/100 lx (Base: 4177.06 m²)

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Lista de luminarias

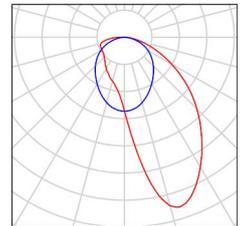
2154 Pieza BJB GmbH & Co. KG 32.130.0025.00 Linear Flat LED System 1166mm 4000K
 N° de artículo: 32.130.0025.00
 Flujo luminoso (Luminaria): 3697 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3698 lm
 Potencia de las luminarias: 26.9 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 80 96 100 100
 Lámpara: 1 x Linear Flat LED System 1166mm 4000K (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



192 Pieza BJB GmbH & Co. KG 32.130.4021.00 16000158-4-20 LFS 1166mm 4000K 32.130.4021.00 einf. asym
 N° de artículo: 32.130.4021.00
 Flujo luminoso (Luminaria): 3414 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3415 lm
 Potencia de las luminarias: 26.7 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 48 79 95 100 100
 Lámpara: 1 x LFS 1166mm 4000K (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 8618034 lm
 Potencia total: 63029.8 W
 Factor mantenimiento: 0.75
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	714	94	808	/	/
PASILLO PRINCIPAL 1	825	119	944	/	/
PASILLO PRINCIPAL 2	823	116	939	/	/
PASILLO PERIMETRAL 1	763	107	871	/	/
PASILLO PERIMETRAL 2	877	113	990	/	/
PASILLO PERIMETRAL 3	748	147	895	/	/
PASILLO PERIMETRAL 4	642	107	749	/	/
PASILLO PERIMETRAL 5	836	105	941	/	/
PASILLO GONDOLA 1	1081	133	1214	/	/
PASILLO GONDOLA 2	807	109	916	/	/
PASILLO GONDOLA 3	947	121	1068	/	/
PASILLO GONDOLA 4	749	111	860	/	/
PASILLO GONDOLA 5	679	101	780	/	/
PASILLO GONDOLA 6	709	114	823	/	/
PASILLO GONDOLA 7	696	81	778	/	/
PASILLO GONDOLA 8	694	89	783	/	/
PASILLO GONDOLA 9	717	102	819	/	/
PASILLO GONDOLA 10	689	91	780	/	/
PASILLO GONDOLA 11	695	84	779	/	/
PASILLO GONDOLA 13	706	95	801	/	/
PASILLO GONDOLA 14	596	100	696	/	/
PASILLO GONDOLA 15	839	101	940	/	/
PASILLO GONDOLA 16	794	92	885	/	/
PASILLO GONDOLA 17	537	80	617	/	/
PASILLO GONDOLA 18	678	83	761	/	/
PASILLO GONDOLA 19	662	97	759	/	/
PASILLO GONDOLA 20	551	88	639	/	/
PASILLO GONDOLA 21	607	101	708	/	/

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Resultados luminotécnicos

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
PASILLO GONDOLA 22	560	76	636	/	/
PASILLO GONDOLA 23	588	80	668	/	/
PASILLO GONDOLA 24	626	83	709	/	/
PASILLO GONDOLA 25	610	104	714	/	/
PASILLO GONDOLA 26	553	78	631	/	/
PASILLO GONDOLA 27	683	95	778	/	/
PASILLO GONDOLA 28	589	90	678	/	/
VERTICAL 1	416	153	569	/	/
VERTICAL 2	415	116	531	/	/
VERTICAL 3	385	124	508	/	/
PASILLO GONDOLA 29	724	123	846	/	/
PASILLO GONDOLA 30	728	98	826	/	/
PASILLO GONDOLA 31	639	119	758	/	/
PASILLO GONDOLA 32	676	115	791	/	/
PASILLO GONDOLA 33	630	98	727	/	/
PASILLO GONDOLA 34	631	102	733	/	/
PASILLO GONDOLA 35	716	114	830	/	/
PASILLO GONDOLA 36	627	102	729	/	/
PASILLO GONDOLA 37	717	113	831	/	/
PASILLO GONDOLA 38	724	117	842	/	/
PASILLO GONDOLA 39	687	107	794	/	/
PASILLO GONDOLA 40	722	112	834	/	/
PASILLO GONDOLA 41	735	115	850	/	/
PASILLO GONDOLA 42	799	105	903	/	/
PASILLO GONDOLA 43	770	120	891	/	/
PASILLO GONDOLA 44	715	101	816	/	/
PASILLO GONDOLA 45	667	107	773	/	/
PASILLO GONDOLA 46	700	104	804	/	/
VERTICAL 4	337	123	460	/	/
VERTICAL6	282	97	378	/	/

VERTICAL 7	341	103	444	/	/
CAJAS	882	106	988	/	/

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Resultados luminotécnicos

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
PASILLO PRINCIPAL 3	697	104	801	/	/
BEBIDAS	801	104	905	/	/
PASILLO PRINCIPAL 4	754	111	866	/	/
VERTICAL 8	318	88	406	/	/
VERTICAL 9	321	99	420	/	/
VERTICAL 10	309	99	408	/	/
VERTICAL 11	301	112	413	/	/
VERTICAL 12	288	89	378	/	/
VERTICAL 13	303	109	412	/	/
VERTICAL 14	241	103	344	/	/
VERTICAL 15	298	123	421	/	/
VERTICAL 16	354	120	475	/	/
VERTICAL 17	372	114	486	/	/
VERTICAL 18	358	102	460	/	/
VERTICAL 19	383	96	478	/	/
VERTICAL 20	374	114	488	/	/
VERTICAL 21	373	91	464	/	/
VERTICAL 22	365	127	492	/	/
VERTICAL 23	351	113	464	/	/
VERTICAL 24	385	90	475	/	/
VERTICAL 25	331	140	471	/	/
VERTICAL 26	326	109	435	/	/
VERTICAL 27	345	123	468	/	/
VERTICAL 28	347	123	470	/	/
VERTICAL 29	324	117	442	/	/
VERTICAL 30	335	114	450	/	/
VERTICAL 31	357	121	478	/	/
VERTICAL 32	278	112	390	/	/
VERTICAL 33	385	118	503	/	/
VERTICAL 34	367	129	496	/	/
VERTICAL 35	375	123	498	/	/
VERTICAL 36	359	125	484	/	/

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Resultados luminotécnicos

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
VERTICAL 37	387	127	514	/	/
VERTICAL 38	382	109	491	/	/
Suelo	558	81	639	20	41
Techo	0.00	178	178	70	40
Pared 1	138	128	266	50	42
Pared 2	49	103	152	50	24
Pared 2_1	86	108	194	50	31
Pared 3	22	87	109	50	17
Pared 4	21	94	116	50	18
Pared 5	27	92	119	50	19
Pared 6	11	99	110	50	18
Pared 7	39	125	164	50	26
Pared 8	133	140	273	50	43
Pared 9	89	121	209	50	33
Pared 10	60	125	185	50	29
Pared 11	135	140	275	50	44
Pared 12	61	126	187	50	30
Pared 13	77	128	205	50	33
Pared 14	9.88	110	120	50	19
Pared 15	129	150	280	50	44
Pared 16	97	149	246	50	39
Pared 17	155	97	252	50	40
Pared 18	109	100	209	50	33
Pared 19	34	101	135	50	21
Pared 20	75	77	152	50	24
Pared 21	17	69	87	50	14
Pared 22	83	115	197	50	31

Simetrías en el plano útil

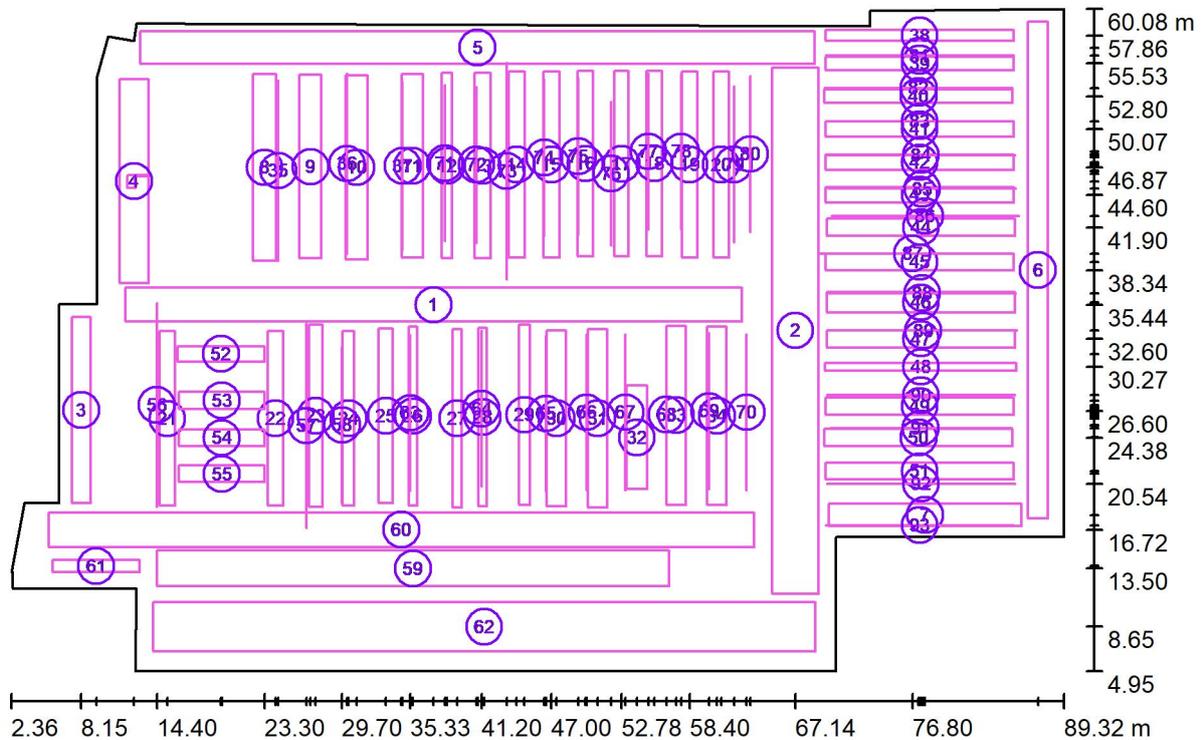
E_{\min} / E_m : 0.147 (1:7)

E_{\min} / E_{\max} : 0.082 (1:12)

Valor de eficiencia energética: 15.09 W/m² = 1.87 W/m²/100 lx (Base: 4177.06 m²)

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 628

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	PASILLO PRINCIPAL 1	perpendicular	4 x 64	944	718	1057	0.761	0.679
2	PASILLO PRINCIPAL 2	perpendicular	64 x 8	939	705	1056	0.751	0.668
3	PASILLO PERIMETRAL 1	perpendicular	16 x 2	871	780	932	0.896	0.837
4	PASILLO PERIMETRAL 2	perpendicular	128 x 64	990	638	1134	0.645	0.563
5	PASILLO PERIMETRAL 3	perpendicular	4 x 64	895	640	1121	0.715	0.571
6	PASILLO PERIMETRAL 4	perpendicular	64 x 4	749	664	793	0.887	0.838
7	PASILLO PERIMETRAL 5	perpendicular	4 x 32	941	792	1014	0.842	0.781
8	PASILLO GONDOLA 1	perpendicular	16 x 2	1214	1036	1364	0.854	0.760
9	PASILLO GONDOLA 2	perpendicular	16 x 2	916	799	1046	0.872	0.764

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	PASILLO GONDOLA 3	perpendicular	16 x 2	1068	937	1167	0.877	0.803
11	PASILLO GONDOLA 4	perpendicular	16 x 2	860	765	937	0.890	0.817
12	PASILLO GONDOLA 5	perpendicular	16 x 1	780	697	895	0.894	0.779
13	PASILLO GONDOLA 6	perpendicular	16 x 2	823	712	877	0.866	0.812
14	PASILLO GONDOLA 7	perpendicular	16 x 2	778	647	874	0.832	0.740
15	PASILLO GONDOLA 8	perpendicular	16 x 2	783	669	871	0.855	0.769
16	PASILLO GONDOLA 9	perpendicular	16 x 2	819	725	878	0.885	0.826
17	PASILLO GONDOLA 10	perpendicular	16 x 2	780	676	872	0.867	0.775
18	PASILLO GONDOLA 11	perpendicular	16 x 2	779	675	846	0.867	0.798
19	PASILLO GONDOLA 13	perpendicular	16 x 2	801	671	889	0.837	0.754
20	PASILLO GONDOLA 14	perpendicular	16 x 2	696	573	810	0.824	0.708
21	PASILLO GONDOLA 15	perpendicular	16 x 2	940	794	1108	0.844	0.717
22	PASILLO GONDOLA 16	perpendicular	16 x 2	885	761	1039	0.859	0.732
23	PASILLO GONDOLA 17	perpendicular	16 x 2	617	504	744	0.817	0.677
24	PASILLO GONDOLA 18	perpendicular	16 x 1	761	632	850	0.831	0.744
25	PASILLO GONDOLA 19	perpendicular	16 x 2	759	614	929	0.808	0.661
26	PASILLO GONDOLA 20	perpendicular	16 x 1	639	571	722	0.894	0.791
27	PASILLO GONDOLA 21	perpendicular	16 x 1	708	621	831	0.877	0.747
28	PASILLO GONDOLA 22	perpendicular	16 x 1	636	569	718	0.894	0.792
29	PASILLO GONDOLA 23	perpendicular	16 x 1	668	561	724	0.840	0.775
30	PASILLO GONDOLA 24	perpendicular	16 x 2	709	599	800	0.845	0.749
31	PASILLO GONDOLA 25	perpendicular	16 x 2	714	609	820	0.852	0.742
32	PASILLO GONDOLA 26	perpendicular	8 x 2	631	540	768	0.855	0.702
33	PASILLO GONDOLA 27	perpendicular	16 x 2	778	708	928	0.911	0.763
34	PASILLO GONDOLA 28	perpendicular	16 x 2	678	557	778	0.822	0.716
35	VERTICAL 1	perpendicular	4 x 32	569	498	683	0.876	0.730
36	VERTICAL 2	perpendicular	4 x 32	531	474	630	0.894	0.753
37	VERTICAL 3	perpendicular	4 x 32	508	453	602	0.891	0.753
	PASILLO GONDOLA							

38	29	perpendicular	2 x 32	846	776	935	0.916	0.830
39	PASILLO GONDOLA 30	perpendicular	2 x 16	826	765	937	0.926	0.816

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
40	PASILLO GONDOLA 31	perpendicular	2 x 16	758	686	858	0.906	0.800
41	PASILLO GONDOLA 32	perpendicular	2 x 16	791	729	872	0.922	0.836
42	PASILLO GONDOLA 33	perpendicular	2 x 16	727	669	812	0.920	0.824
43	PASILLO GONDOLA 34	perpendicular	2 x 16	733	677	816	0.923	0.830
44	PASILLO GONDOLA 35	perpendicular	2 x 16	830	754	914	0.908	0.825
45	PASILLO GONDOLA 36	perpendicular	2 x 16	729	644	833	0.883	0.774
46	PASILLO GONDOLA 37	perpendicular	2 x 16	831	756	957	0.911	0.790
47	PASILLO GONDOLA 38	perpendicular	2 x 16	842	788	941	0.937	0.838
48	PASILLO GONDOLA 39	perpendicular	1 x 8	794	720	878	0.907	0.820
49	PASILLO GONDOLA 40	perpendicular	2 x 16	834	764	938	0.917	0.815
50	PASILLO GONDOLA 41	perpendicular	2 x 16	850	787	921	0.926	0.854
51	PASILLO GONDOLA 42	perpendicular	2 x 16	903	821	1012	0.909	0.812
52	PASILLO GONDOLA 43	perpendicular	2 x 8	891	653	1081	0.734	0.604
53	PASILLO GONDOLA 44	perpendicular	2 x 8	816	739	887	0.906	0.832
54	PASILLO GONDOLA 45	perpendicular	2 x 8	773	636	892	0.822	0.712
55	PASILLO GONDOLA 46	perpendicular	2 x 8	804	715	875	0.889	0.817
56	VERTICAL 4	perpendicular	4 x 32	460	391	582	0.849	0.672
57	VERTICAL 6	perpendicular	4 x 32	378	316	483	0.835	0.655
58	VERTICAL 7	perpendicular	2 x 16	444	386	523	0.871	0.740
59	CAJAS	perpendicular	64 x 8	988	661	1181	0.668	0.559
60	PASILLO PRINCIPAL 3	perpendicular	4 x 64	801	547	973	0.683	0.562
61	BEBIDAS	perpendicular	2 x 8	905	840	939	0.928	0.894
62	PASILLO PRINCIPAL 4	perpendicular	64 x 8	866	513	1017	0.593	0.505
63	VERTICAL 8	perpendicular	2 x 16	406	303	486	0.745	0.623
64	VERTICAL 9	perpendicular	2 x 16	420	356	508	0.847	0.700
65	VERTICAL 10	perpendicular	2 x 16	408	340	480	0.832	0.707
66	VERTICAL 11	perpendicular	2 x 16	413	340	489	0.824	0.695
67	VERTICAL 12	perpendicular	2 x 16	378	256	469	0.678	0.546
68	VERTICAL 13	perpendicular	2 x 16	412	341	488	0.828	0.698
69	VERTICAL 14	perpendicular	2 x 16	344	276	405	0.802	0.682

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

Lista de superficies de cálculo

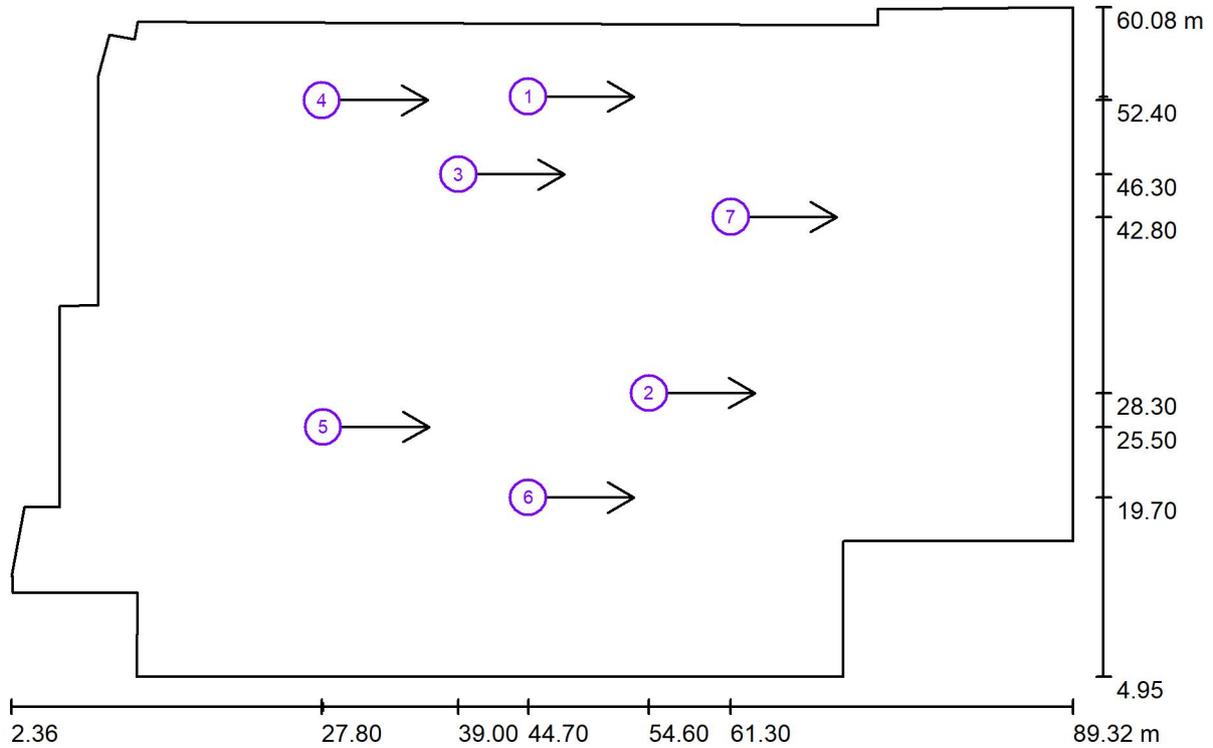
N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
70	VERTICAL 15	perpendicular	2 x 16	421	398	446	0.944	0.892
71	VERTICAL 16	perpendicular	2 x 16	475	430	558	0.907	0.771
72	VERTICAL 17	perpendicular	2 x 16	486	438	569	0.900	0.769
73	VERTICAL 18	perpendicular	4 x 32	460	330	572	0.717	0.577
74	VERTICAL 19	perpendicular	2 x 16	478	431	537	0.901	0.802
75	VERTICAL 20	perpendicular	2 x 16	488	444	552	0.909	0.804
76	VERTICAL 21	perpendicular	2 x 16	464	406	537	0.876	0.757
77	VERTICAL 22	perpendicular	2 x 16	492	427	566	0.868	0.754
78	VERTICAL 23	perpendicular	2 x 16	464	401	534	0.864	0.751
79	VERTICAL 24	perpendicular	2 x 16	475	423	555	0.892	0.763
80	VERTICAL 25	perpendicular	2 x 16	471	451	496	0.957	0.910
81	VERTICAL 26	perpendicular	32 x 4	435	364	526	0.837	0.693
82	VERTICAL 27	perpendicular	32 x 4	468	418	555	0.892	0.753
83	VERTICAL 28	perpendicular	32 x 4	470	423	572	0.899	0.739
84	VERTICAL 29	perpendicular	32 x 4	442	359	542	0.814	0.664
85	VERTICAL 30	perpendicular	32 x 4	450	404	536	0.899	0.755
86	VERTICAL 31	perpendicular	128 x 128	478	429	563	0.898	0.762
87	VERTICAL 32	perpendicular	32 x 4	390	316	508	0.811	0.622
88	VERTICAL 33	perpendicular	32 x 4	503	453	601	0.901	0.755
89	VERTICAL 34	perpendicular	32 x 4	496	453	592	0.913	0.765
90	VERTICAL 35	perpendicular	32 x 4	498	455	602	0.913	0.755
91	VERTICAL 36	perpendicular	32 x 4	484	432	590	0.893	0.733
92	VERTICAL 37	perpendicular	32 x 4	514	467	616	0.909	0.758
93	VERTICAL 38	perpendicular	32 x 4	491	410	589	0.835	0.696

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	93	744	256	1364	0.34	0.19

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Observador UGR (sumario de resultados)



Escala 1 : 622

Lista de puntos de cálculo UGR

N°	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	44.700	52.700	1.200	0.0	19
2	Punto de cálculo UGR 1	54.600	28.300	1.200	0.0	21
3	Punto de cálculo UGR 1	39.000	46.300	1.200	0.0	16
4	Punto de cálculo UGR 1	27.800	52.400	1.200	0.0	18

Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

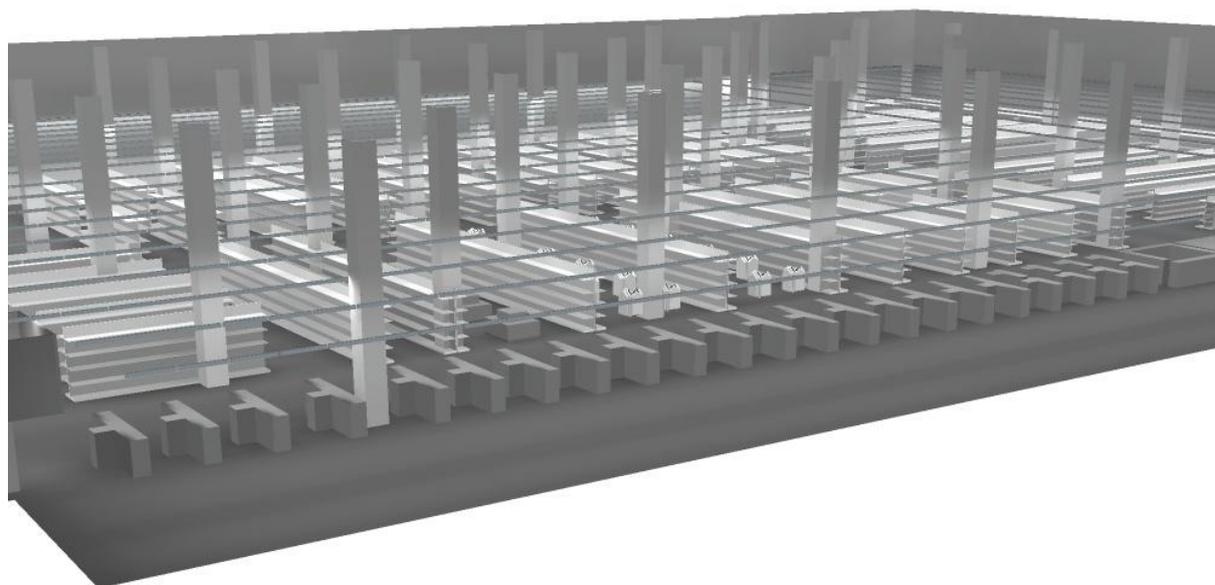
SALA DE VENTAS / Observador UGR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo UGR

N°	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
5	Punto de cálculo UGR 1	27.900	25.500	1.200	0.0	21
6	Punto de cálculo UGR 1	44.700	19.700	1.200	0.0	22
7	Punto de cálculo UGR 1	61.300	42.800	1.200	0.0	24

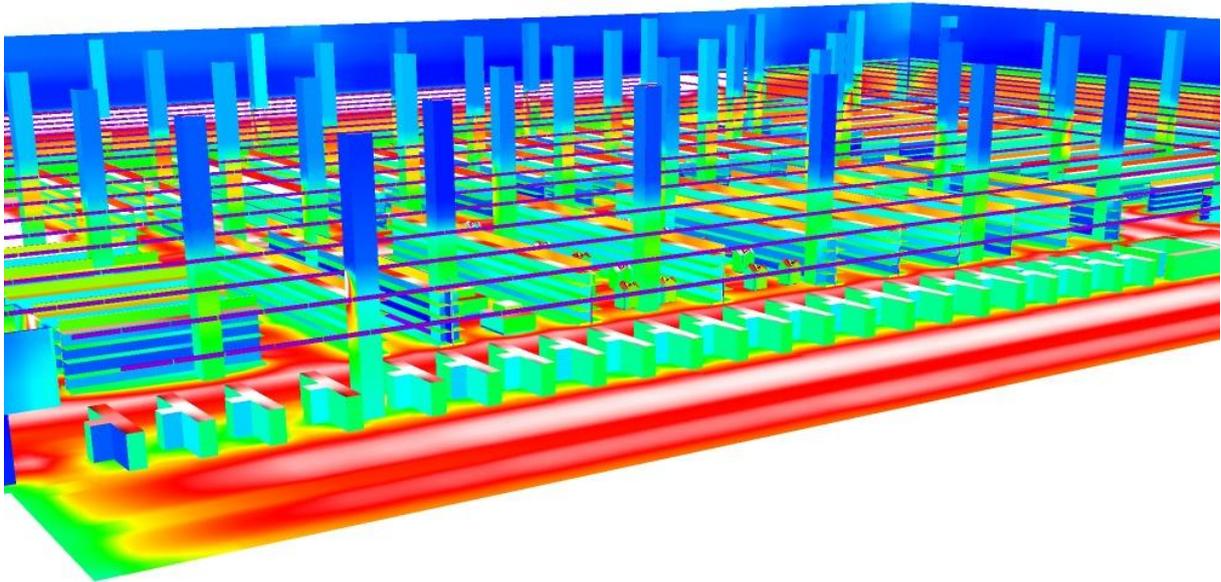
Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
Teléfono
Fax
e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Rendering (procesado) en 3D



Proyecto elaborado por Bach. Jhonathan Castro
Teléfono
Fax
e-Mail jhonathancastro4@gmail.com

SALA DE VENTAS / Rendering (procesado) de colores falsos



0 50 100 200 400 500 600 800 1000 lx