



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

Escuela de Ingeniería Electromecánica.

**“Propuesta de eficiencia energética en Área de almacenamiento
de materiales en Bodegas del Lago”**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL
GRADO DE BACHILERATO EN INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA.**

**ELABORADO POR
Emilio José Arroyo Delgado**

Profesor Tutor: Billy Retana Peña

Alajuela. Diciembre 2021

Contenido

Índice de tablas.....	5
Índice de figuras.....	6
Resumen.....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
Planteamiento del problema.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos	17
Justificación	18
Proyecciones	18
Limitaciones.....	19
Antecedentes.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	31
Iluminación	32
Conceptos de iluminación	32
Flujo luminoso	32
Intensidad luminosa	32
Iluminancia	33
Luminancia	34
Decrecimiento de lúmenes	34
Índice de reproducción cromático.....	36
Curvas fotométricas	37
Temperatura de color	38
Deslumbramiento.....	39

Fuente: OPCC	40
Gestión de Consumo Energético.....	40
Norma Internacional ISO 50001	41
Luxómetro.....	42
Iluminación LED.....	42
Lámpara de halogenuros metálicos.....	42
Normativa	43
La Comisión Internacional de la Iluminación.....	43
INTECO.....	43
Método de lúmenes	44
Fórmulas del método de los lúmenes	44
Cálculo del flujo luminoso total necesario.....	44
Cálculo de los coeficientes de reflexión.	46
Coefficiente de mantenimiento (Cm) o conservación de la instalación.....	48
Cálculo del número de luminarias.....	49
Emplazamiento de luminarias.....	49
Comprobación de los resultados	50
DIALux	50
Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP)	50
Valor actual neto (VAN)	53
Tasa interna de retorno (TIR).....	55
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	58
Enfoque de la Investigación	59
Método de la investigación.....	59
Fuentes de información	60

Variables o unidades de análisis.	60
Indicador	61
Definición Conceptual	61
Definición Operacional	61
Definición Instrumental	61
Instrumentos.....	64
Proceso para la recolección y análisis de datos.....	65
Etapa I: Planteamiento del problema.....	67
Etapa II: Investigación.....	67
Etapa III. Desarrollo	67
Etapa IV: Conclusión.....	67
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACION	69
Descripción del problema	70
Medición de las consecuencias	71
Análisis de las causas.....	71
Consumo energético en la zona #1	79
Desarrollo del rediseño de iluminación, mediante el software DIALux	89
Comparación entre las propuestas de luminarias	97
Estimación económica	98
Proyección de aumento de tarifa eléctrica	99
Análisis de retorno de inversión	101
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	109
Descripción	110
Propuesta de implementación del diseño.....	110

REFERENCIAS.....	112
Apéndices	114
Anexos	128

Índice de tablas

Tabla 1. Rendimiento luminoso de los tipos de lámparas más utilizados.....	35
Tabla 2. Descripción de variables o unidades de análisis.....	44
Tabla 3. Ejemplos de coeficientes de reflexión.....	44
Tabla 4. Cálculo del coeficiente de mantenimiento.....	45
Tabla 5. Descripción de variables o unidades de análisis.....	47
Tabla 6. Definición de zonas y detalle de medición con instrumento.	60
Tabla 7. Definición de zonas y detalle de medición con instrumentos.....	76
Tabla 8. Consumo energía eléctrica Zona 1.....	81
Tabla 9. Escenario 1 por métodos de lúmenes.....	81
Tabla.10. Escenario 2 por métodos de lúmenes.....	83
Tabla 11. Escenario 3 por métodos de lúmenes.....	84
Tabla 12. Comparativa en cantidad de luminarias.....	85
Tabla 13. Costo de la energía mensual y anual sistema actual.....	88
Tabla 14. Costo de la energía mensual y anual propuesta.....	89
Tabla 15. Costo de la energía mensual y anual propuesta	90
Tabla 16. Costo de la energía mensual y anual sistema propuesto.....	93
Tabla 17. Consumo y costo de la energía anual del área desarrollada	96
Tabla 18. Materiales necesarios para la implementación de luminarias.....	97
Tabla 19. Costo de las luminarias de los escenarios propuestos por distribuidor.....	97
Tabla 20. Evaluación del incremento del costo de la energía eléctrica.....	98
Tabla 21. Resumen de análisis de inversión.....	99
Tabla 22. Flujos de efectivo para cambio de luminaria propuesta.....	100
Tabla 23. Detalle del ahorro en consumo y horas mantenimiento anuales	103

Índice de figuras

Figura 1. Descripción gráfica de la intensidad luminosa.....	32
Figura 2. Descripción gráfica de la iluminancia.....	32
Figura 3. Representación gráfica de la luminancia.....	33
Figura 4. Gráfico de decrecimiento lumínico.....	34
Figura 5. Índice de Reproducción Cromática para tipos de lámparas.....	36
Figura 6. Sólido fotométrico de una lámpara incandescente.....	37
Figura 7. Curva fotométrica de una lámpara incandescente.....	37
Figura 8. Curva de temperatura de color.....	38
Figura 9. Direcciones de flujos lumínicos para una lámpara.....	39
Figura.10. Modelo del Sistema de gestión de la energía.....	40
Figura 11. Lámpara de halogenuros metálicos.....	41
Figura 12. Imagen de acceso Área de Almacenamiento Bodega # 7 El lago.....	64
Figura 13. Plano de bodega # 7 El lago.....	70
Figura 14 Luminaria Sylvania 2522.....	71
Figura 15. Área de almacenamiento de materiales.....	72
Figura 16. Interruptores de Luminarias.....	72
Figura 17. Luxómetro STEREN HER-408.....	73
Figura 18. Valores de Flujo Luminoso.....	73
Figura 19. Vista frontal, zona de almacenamiento de materiales.....	74
Figura 20. Fotografía interna, zona de almacenamiento de material.....	76
Figura 21. Tablero de distribución eléctrica.....	77
Figura 22. Instrumento de medición	78
Figura 23. Curvas de consumo del circuito de alimentación de luminarias.....	79
Figura 24. Imagen de Levantamiento en DIALux Bodega # 7 El lago.....	86
Figura 25. Imagen del desarrollo en DIALux Bodega # 7 El lago	91
Figura 26. Imagen del desarrollo en DIALux Bodega # 7 El lago	92
Figura 27. Imagen del desarrollo en DIALux Bodega # 7 El lago.....	94

Figura 28. Imagen del desarrollo en DIALux Bodega # 7 El lago	95
---	----

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo del flujo luminoso total necesario.....	43
Ecuación 2. Cálculo de los coeficientes de reflexión.....	45
Ecuación 3. Cálculo del Coeficiente de Mantenimiento.....	47
Ecuación 4. Cálculo del número de luminarias.....	47
Ecuación 5. Emplazamiento de Luminarias.....	48
Ecuación 6. Comprobación de resultados	48
Ecuación 7. Valor Actual Neto (VAN)	51
Ecuación 8. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	54

Resumen

El presente proyecto se realizará en la empresa Bodegas del Lago, ubicada dentro del Parque industrial CONDOPARK, Piedades de Santa Ana, San José. Este estudio consiste en determinar una propuesta en eficiencia energética en la iluminación que satisfaga la normativa de diseño local y ofrezca ahorro en la facturación eléctrica de la mano a una implementación económicamente viable.

Primero se hace una visita técnica al edificio, donde se realizara el levantamiento de las luminarias instaladas (cantidad, tipo, ubicación etc.) posteriormente, a través de un instrumento de medición de luminancia (luxómetro) se realizará la evaluación del cumplimiento de la normativa local, generando el rediseño de ser el caso requerido, planteando un escenario actual, moderno y de la mano con las tendencias de eficiencia y aprovechamiento de la energía realizando tanto, análisis teóricos y escenarios simulados para verificar el correcto cumplimiento de los niveles de iluminación como un punto de partida para un posible plan de mejora inicialmente por áreas y posteriormente al resto de locales.

Finalmente, se realiza un análisis financiero para tener visibilidad sobre la rentabilidad económica de la sustitución de los sistemas instalados por los sugeridos, esto por medio de los indicadores financieros VAN, TIR y la recuperación de la inversión.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

¿Cuál es la propuesta de reestructura en iluminación, que me permita obtener una mejora en eficiencia energética, para el área de bodega # 7 del complejo?

Objetivo General

Brindar una propuesta sobre eficiencia energética en una bodega de materias primas, que satisfaga la necesidad de iluminación de acuerdo a las pautas de diseño correspondientes en Costa Rica.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de las condiciones existentes en los equipos de iluminación y su estado.
- Evaluar si la iluminación existente, cumple con la Norma INTE/ISO 8995-1:2016.
- Plantear el rediseño de la iluminación existente, por nuevas tecnologías con mejores prestaciones energéticas.
- Validar el apego del requerimiento de diseño de acuerdo a la normativa local
- Calcular el consumo eléctrico en iluminación y la tarifa local.
- Realizar el estudio de factibilidad y a su vez el valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)

Justificación

Bodegas del Lago se encuentra ubicada dentro del Parque Industrial Condopark, es un espacio en donde se brinda el servicio de alquiler de espacios físicos, actualmente se encuentra en una etapa de cambio de cartera de clientes, lo cual conlleva al análisis de las posibles necesidades de los nuevos arrendatarios, la facturación eléctrica es uno de los servicios incluidos dentro del alquiler.

Con el paso del tiempo se han ido adecuando las cargas eléctricas a las necesidades de los clientes en los diferentes espacios que ofrecen como servicio.

Conforme pasan los años, ha surgido la necesidad de optimizar el consumo eléctrico con una serie de herramientas disponibles en el mercado.

Esta propuesta, sugiere una posible mejora en el aprovechamiento de la energía eléctrica, como punto de partida en iluminación, puesto que, no se han realizado intervenciones sustanciales en esta área.

Este proyecto busca conseguir un ahorro económico en temas de facturación eléctrica, además, de ofrecer una mejoría en el aprovechamiento de la energía que mejor se adaptan en la empresa.

Proyecciones

Como resultado de este proyecto se busca:

- Dar a conocer estrategias de mejora en temas de eficiencia y ahorro energético.
- Se entregará la documentación del proyecto desarrollado, con los cálculos, así como las fichas técnicas y apéndices.
- Este proyecto no contempla los costos adicionales a posibles mejoras en técnicas de eficiencia.
- Las ventajas de migrar a tecnología más adecuadas, reflejadas en la vida útil, prestaciones y oportunidades de mejora.

- Realizar un estudio económico, apegado a condiciones lo más cercanas posibles, y que pueda llegar a ser una base sólida para replicar en otros espacios del condominio.

Limitaciones

Este proyecto tiene las siguientes limitaciones:

1. El acceso a la información del edificio, debido a que el personal presente, no cuenta con la información mínima.
2. No cuentan con planos arquitectónicos actualizados de su edificio.
3. Al ser una facturación general, se deben de aislar los consumos puntuales de las cargas de iluminación y aplicar factores correctivos de buenas prácticas de diseño.
4. No se cuenta documentadas las acciones de mantenimiento preventivo ni correctivo.

Antecedentes

Tesis internacional #1

INSTITUCIÓN: Universidad de las fuerzas armadas, Ecuador

TÍTULO: “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL IESS – IBARRA”

AUTOR: ING. ARELLANO BASTIDAS OLGER GILBERTO

FECHA: 2015.

Fuentes de luz tradicionales a las que sustituye LED:

Ofrecen hasta un 85% de ahorro energético para las fuentes siguientes:

- Incandescentes
- Halógenas

Ofrece un 50% de ahorro energético sobre las fuentes más eficientes:

- Fluorescentes

Lámparas de descarga (alumbrado. Basadas en sodio, halogenuros metálicos o vapor de mercurio).

Fluorescencia compacta (conocidas como de bajo consumo).

En este estudio el autor analiza los consumos eléctricos de la institución durante 2 periodos y determina que la iluminación, en este caso particular es el principal consumidor.

Plantea una propuesta de mejora en cuanto a eficiencia energética con el reemplazo de las luminarias existentes por tecnología LED.

La propuesta que pretendo brindar sigue la misma línea de acción, esperando obtener resultados favorables tanto a nivel económico, como de eficiencia energética.

Tesis internacional #2

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE CUENCA, Ecuador

TÍTULO: “EFICIENCIA DEL CONSUMO ELECTRICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL URBANO DE CUENCA”

AUTOR: Santiago Ulloa Arízaga

FECHA: 2013.

ILUMINACIÓN EFICIENTE

Las lámparas fluorescentes compactas consumen entre un 75% menos que las lámparas comunes; esto es debido a que estas últimas consumen parte de la energía en calor (80%) y sólo un 20% la destinan a la iluminación, por lo que una de bajo consumo con 18 W proporciona la misma iluminación que una lámpara común de 100 W.

La iluminación LED consume muy poco y dura mucho. Comparadas con otro tipo de bombillas, éstas son mucho más eficientes, en el mercado hay lámparas LED de 5W que alcanzan, sin ningún problema, el rendimiento de una bombilla de 50W convencional”, consumen entre un 90% menos que las lámparas comunes. Además, no tienes que hacer ningún tipo de obra en casa. Estas luminarias se pueden enroscar tanto en los puntos de luz de las bombillas

incandescentes como en los de las halógenas.

Claves para optimizar el consumo:

1. En la medida de lo posible utilizar la luz natural. El mayor ahorro energético es el no consumo.
2. No dejar luces encendidas.
3. Adaptar las necesidades lumínicas de cada habitación. Por cada kilovatio hora (kWh) de electricidad que se ahorre se evita la emisión de aproximadamente 800 g de CO₂ (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía, 2011).
4. La iluminación puede perder su efectividad si las lámparas están con polvo. Es importante mantener limpias las bombillas aumentando así su claridad.
5. A la hora de pintar es importante el uso de colores claros, en aquellas habitaciones donde más se necesita la luz.
6. Usar interruptores independientes para iluminar sólo la zona necesaria.
7. Adquirir lámparas con eficiencias energéticas [A]. En las coberturas de las lámparas debe especificarse dicha eficiencia energética, al igual que los vatios que consumen y las horas de vida de funcionamiento.

El autor expone en su trabajo de tesis indicadores de consumo eléctrico a nivel mundial, en el capítulo 4 de su desarrollo concreta en su investigación de área, la iluminación posee el mayor porcentaje en cuanto a consumo eléctrico de la región y sugiere algunas propuestas de mejora las cuales fueron consideradas en este trabajo a desarrollar.

Tesis internacional #3

INSTITUCIÓN: Universidad de San Carlos De Guatemala

TÍTULO: EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA PARA EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS Y BODEGA CENTRAL DE FINCA SANTA ROSA S.A., TIQUISATE, ESCUINTLA

AUTOR: Miguel Francisco Granados Vallejo.

FECHA: 2019.

En este estudio el Sr. Granados tiene como objetivo evaluar la eficiencia eléctrica de una finca exportadora con áreas mixtas.

Adicional a esto, el autor pretende introducir soluciones que permitan la mejora seccionando las áreas de estudio de consumo.

Dentro de los alcances de este proyecto se busca el cálculo de los diferentes equipos y la iluminación de las áreas sectorizados del lugar.

Área /depto	Cantidad	Clasificación	Horas De Uso al día	Días uso en el mes	Watts	Flujo Luminoso (Lm)	Temperatura De Color	Índice De Rendimiento De Calor	Eficacia (Lm/W)

Instrumento para recolección de datos de luminarias.

La información que se encuentra en este antecedente se usará como referencia del método de levantamiento utilizado, puesto que es bastante afín con lo que se pretende implementar en este trabajo.

Tesis internacional #4

INSTITUCIÓN: Universidad de San Carlos De Guatemala

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LUMINARIAS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE -CUNSUROC

AUTOR: Omar Estuardo Cervantes Castañeda

FECHA: 2019.

En este proyecto el autor hace una evaluación del consumo energético del centro educativo, como parte del plan estratégico de la Política Ambiental de la Universidad.

En este estudio el Sr. Cervantes determinó la cantidad energía consumida anualmente por un cálculo general de una medición mensual y una aproximación.

En esta investigación se abordaron los siguientes puntos a considerar:

- La mejora sustancial de lúmenes emitidos por watts consumidos.
- La exposición de que al tener una mayor vida útil la tecnología propuesta versus la tecnología instalada permitiría la compra de alrededor de un 50 por ciento de las luminarias.
- Además, de justificar de forma satisfactoria la recuperación de la inversión en un periodo poco mayor al año.

La información de este proyecto se utilizará como referencia mediante el uso de la metodología que se empleó en ella para replicar parte del análisis y que se pueden utilizar en la bodega #7 del Lago para determinar si la implementación de estas tecnologías es económicamente viable.

Tesis internacional #5

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, Nicaragua

TÍTULO: “Estudio de eficiencia energética en el sistema eléctrico del hospital Antonio Lenin Fonseca, ubicado en el departamento de Managua”.

AUTORES: Anielka Tanyusca Blanco López, Jason Ariel Gutiérrez.

FECHA: 2019.

Sustituyendo lámparas y equipos por otros con los que se consigue una disminución notable del consumo energético, con las siguientes ventajas adicionales:

Lámparas y equipos que ahorran energía proporcionando el mismo flujo luminoso o mayor, mayor duración y, frecuentemente mejorando la calidad de luz resulta en: Ahorro en la factura eléctrica.

Lámparas más duraderas que reducen costes de mantenimiento e interrupciones resulta en: Necesidad de menos lámparas y reducción de los gastos de sustitución y mantenimiento.

Sustitución de lámparas con menor frecuencia. Así, con una menor tarea de mantenimiento urgente, se conseguirá una mejor organización.

Lámparas que crean mayor confort resulta en: Creación de ambientes más agradables, realce de colores, materiales y maquinaria, creación de una iluminación que favorezca tanto la imagen como la sensación de bienestar del personal médico, pacientes y visitas.

Lámparas y equipos que generan menos calor (reduciendo los gastos asociados a aires acondicionados hasta un 15%) resulta en: Creación de una iluminación perfecta con escasa radiación térmica, garantizando una estancia más cómoda a empleados y pacientes.

Ahorro en consumo eléctrico ya que las lámparas y equipos de última tecnología aportan importantes ahorros de energía y de mantenimiento.

Los autores plantean en su propuesta un conjunto de pasos a seguir para obtener una mejora sustancial, esperando obtener resultados favorables tanto a nivel económico, como de eficiencia energética, los cuales serían utilizados como referencia para el desarrollo en Bodegas el Lago.

Tesis internacional #6

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, Nicaragua

TÍTULO: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ESTRATEGIA DE SELECCIÓN DE EQUIPOS
PARA LA EMPRESA CHAYOMPIRAS S.A

AUTORES: Miltón Fabian Espinoza Sandoval, Raúl Herrera Cortez.

FECHA: 2012

En este proyecto los autores realizan una auditoria del consumo energético de la empresa, como parte de un plan para la reducción de los costos energéticos y el impacto ambiental.

Para ello, los autores realizaron un análisis de la tarifa aplicada al lugar, una segmentación y análisis de las cargas, el estudio señalo a la iluminación con el 3 rubro en cuanto al consumo energético, una vez realizado el levantamiento del tipo de luminarias instaladas, en el desarrollo de los resultados generan un análisis similar al que se pretende utilizar en la propuesta para Bodegas el Lago.

Tesis nacional #1

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL

TÍTULO: Propuesta para una iluminación eficiente en el edificio de Ciencias Forenses y Medicina Legal de San Joaquín de Flores, Heredia.

AUTOR: Paola Reyes Pérez

FECHA: 2017

Valor de la Eficiencia Energética de la instalación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación se mide según la zona y se realiza mediante al mediante el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) es el resultado de watt por metro cuadrado (W/m²) por cada 100 lux (Boletín Oficial del Estado. 2013).

Esta medición se debe tomar las siguientes variables: la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar en watt, la superficie para ser iluminada en m², la iluminación media horizontal mantenida que es en lux.

Según la norma española en el Código Técnico de la Edificación, en la Sección H3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación, es aplicable para edificios nuevos como ya existentes que se renueve el 25% de la superficie iluminada (BOE 2013)

Importancia de las Lámparas Eficientes

Para determinar la eficiencia energética en el alumbrado, es necesario identificar la cantidad y la calidad de iluminación necesaria para cada ambiente.

Además, dentro de las ventajas al utilizar la tecnología LED se puede encontrar (FENERCOM 2015)

- Tamaño reducido: ajustados en unos pocos milímetros.
- Alta resistencia contra golpes: resiste vibraciones e impactos, por lo que ofrece mayor fiabilidad a las lámparas convencionales, por no haber fallos en los filamentos.
- Larga duración: tiene una vida útil entre los 50,000 a 100,000 horas respetando las condiciones aptas de funcionamiento.
- Bajo consumo: ahorra energía por la potencia instalada.
- Alta eficiencia en colores: elevada saturación de color, por lo que no necesita filtros de color, ya que son fuentes de luz monocromático, que permite obtener una amplia gama de colores.
- No radiación UV/IR: no genera radiación ultravioleta no infrarroja, por lo que no degenera los materiales expuestos a la luz.
- Efectividad a bajas temperaturas: funciona hasta en menos de 30°C.

Gracias a estas ventajas puede conllevar al usuario se ve beneficiado en: un esquema creativo para el diseño en iluminación, variedad de colores y compactas dimensiones, versatilidad de sus productos, alta rentabilidad económica (bajo consumo y larga vida), máxima seguridad en condiciones ambientales adversas (FENERCOM 2015).

En este proyecto la Sra. Reyes logró concretar una propuesta de iluminación eficiente por medio de la sustitución de las tecnologías de luminarias, por medio de la disminución de emisión de calor lo cual impactaba los sistemas de aire acondicionado.

La información y metodología que se encuentra en esta tesis se utilizará como referencia para el estudio de ahorro en la empresa Bodegas del Lago a través de la propuesta a desarrollar.

Tesis nacional #2

INSTITUCIÓN: Tecnológico de Costa Rica

TÍTULO: Optimización del consumo de electricidad en el Tecnológico de Costa Rica

AUTOR: Montserrat Capón Jiménez

FECHA: 2017

En este trabajo, Capón desarrolló un estudio de optimización del consumo eléctrico por medio del análisis del conjunto de cargas en las áreas de institución

En el desarrollo del área de iluminación demostró reducciones en la facturación eléctrica con la sustitución de las luminarias, siendo esta la propuesta principal en el desarrollo de esta tesis.

Además, de las apreciaciones señaladas a continuación:

Algunas de las ventajas que se pueden obtener y que respaldan esta decisión son las siguientes:

1. Bajo consumo energético: Una de las características más importantes por las cuales la iluminación LED ha revolucionado es su bajo consumo por lo cual sus aplicaciones abarcan la iluminación en viviendas, comercios y alumbrado público como algunos ejemplos.
2. Iluminación adecuada: Los dispositivos LED brindan los valores de iluminación adecuados para cada aplicación sin tener carencias en la potencia de su iluminación a pesar de su bajo consumo energético.
3. Vida útil: La vida útil de las bombillas LED es de alrededor 50.000 horas, siendo esta una de sus grandes ventajas; la vida útil de una luminaria el tiempo es que esta

funciona sin perder su rendimiento.

4. Mantenimiento: Debido al incremento de su vida útil, se generan importantes ahorros en horas hombre en mantenimiento por el cambio de luminarias.

5. Tecnología verde: Las luminarias LED no contiene contaminantes como por ejemplo sodio o mercurio.

Este desarrollo se tomará como parte de estudio de ahorro en la empresa Bodegas del Lago, a través de la propuesta a desarrollar.

Tesis nacional #3

INSTITUCIÓN: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

TÍTULO: Propuesta de disminución de facturación eléctrica en un 30% y estudio de viabilidad financiera para la empresa Gutis

AUTOR: José Alfredo Castro Arce

FECHA: 2018

Las luminarias con tecnología LED presentan una vida útil de 2,5 veces con respecto a los fluorescentes actuales. Por otro lado, las lámparas del área de bodega tipo High Bay superan en 5 veces la vida útil de las luminarias actuales.

El sistema de iluminación no genera un impacto tan agresivo para disminuir el consumo de la empresa, sin embargo, es un proyecto sumamente atractivo por la pronta recuperación de la inversión.

Se logró evaluar desde un punto de vista técnico-financiero las diferentes soluciones, hay subproyectos que presentan mayores ahorros en la facturación eléctrica pero mayor tiempo de retorno de la inversión y por otro lado hay subproyectos que presentan ahorros bajos respecto a la facturación eléctrica, pero con tiempos de recuperación cortos.

El desarrollo en la parte de iluminación será utilizado como referencia en el proyecto a desarrollar, ya que alcanzo un objetivo satisfactorio.

Tesis nacional #4

INSTITUCIÓN: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

TÍTULO: Reducción del consumo eléctrico para la independencia energética en la subestación del Instituto Costarricense de Electricidad El Coco

AUTOR: William Trigueros Silva

FECHA: 2017

La iluminación actual de la subestación es del tipo HID, la cual es una lámpara que posee una baja eficiencia, esto quiere decir que tiene un elevado consumo eléctrico pero un bajo aprovechamiento al momento de la conversión en radiación luminosa. En la subestación encontramos lámparas cuyo consumo rondan los 120W y 150W.

Como posible solución a este problema se plantea la sustitución por luminarias tipo LED las cuales poseen una mayor eficiencia, y por lo tanto un menor consumo eléctrico. Además, se plantean como soluciones adicionales la utilización de sensores de movimiento, para encender las lámparas en caso de presencia de alguna persona y dejar fijas una cantidad menor a la actual, así obtendríamos un ahorro mucho mayor.

Después de evaluar la tesis del Sr. Trigueros Silva, en la cual establece como recomendación el reemplazo del tipo de luminaria con respecto a su eficiencia (relación consumo-aprovechamiento) se tomará como fundamento para la propuesta en Bodegas del Lago.

Tesis nacional #5

INSTITUCIÓN: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

TÍTULO: Modelo de Gestión Energética para el Consumo Eléctrico y Combustible Fósil del Campus Central Sede Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica bajo la norma INTE/ISO 50001.

AUTOR: Jermie Esteban Vargas Calderón

FECHA: 2021

Luego de realizar el desarrollo de la propuesta, el Sr. Vargas plantea dentro de sus conclusiones lo siguiente: “Implementar un control en el inventario en la iluminación de los edificios, entiéndase por tipo de luminaria, cantidad de luminarias, con lo cual esto sea de ayuda para futuros proyectos de carácter energético”

La herramienta de control de inventario de iluminación, se utilizará en la propuesta en Bodegas del Lago.

Tesis nacional #6

INSTITUCIÓN: Universidad Internacional de las Américas

TÍTULO: DISEÑO ELÉCTRICO DE UN SISTEMA CON PANELES SOLARES E ILUMINACIÓN "LED" PARA EL GIMNASIO DEL CEDES DON BOSCO

AUTOR: DEYBER PADILLA GUEVARA

FECHA:2019

Propuesta genérica de análisis.

El autor determino que, para su propuesta, realizaría el conteo de las luces del recinto, luego, ejecutaría un análisis del nuevo consumo contra el consumo anterior para poder conocer la rentabilidad del cambio de iluminación a tecnología LED.

La información y metodología que se encuentra en esta tesis se utilizará como referencia para el estudio de ahorro en la empresa Bodegas del Lago a través de la propuesta a desarrollar, puesto que, está directamente relacionada con la propuesta de tesis.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Iluminación

El ser humano siempre ha buscado la manera de iluminar los espacios que habita como una estrategia para armonizar y simplificar la ejecución de las tareas cotidianas. La luz natural siempre ha sido la más básica fuente de luz utilizada; sin embargo, con el desarrollo de la tecnología han surgido alternativas de iluminación artificial que buscan brindar un ambiente cómodo para el desarrollo de la vida. Dicha visión, se puede describir mediante una serie de conceptos físicos que permiten dar una introducción al abundante tema de la iluminación artificial, los cuales se presentan a continuación.

Conceptos de iluminación

A continuación, se mencionan las principales variables físicas que describen la iluminación.

Flujo luminoso

Este se define como la cantidad de luz emitida por una fuente en todas las direcciones. Su símbolo es Φ y se expresa en lúmenes (lm). Un lumen es “el flujo de luz que incide sobre una superficie de un metro cuadrado donde la totalidad de los puntos diste a un metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de una candela en todas direcciones” (Martínez, 2012).

Intensidad luminosa

Es la intensidad del flujo luminoso en una sola dirección y contenida en un ángulo sólido de 1 estereorradián. Su símbolo es I y su unidad de medida es la candela (cd) (Romero & Quintana, C., s.f.). Se puede interpretar gráficamente como se observa en la siguiente imagen:

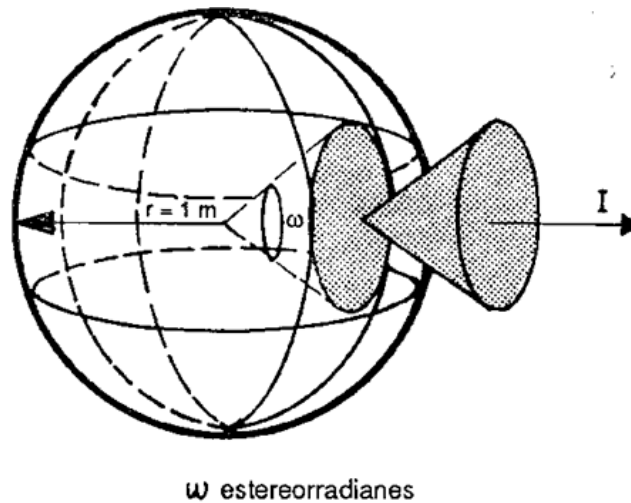


Figura 1. Descripción gráfica de la intensidad luminosa.

Fuente: Instituto Madrileño de Formación

Iluminancia

Se define como el flujo luminoso que recibe una unidad de superficie. Su símbolo es E y su unidad de medida es el lux (Romero & Quintana, C., s.f.). Un lux es la iluminancia recibida por un lumen sobre un espacio de un metro cuadrado de superficie, como se observa a continuación:

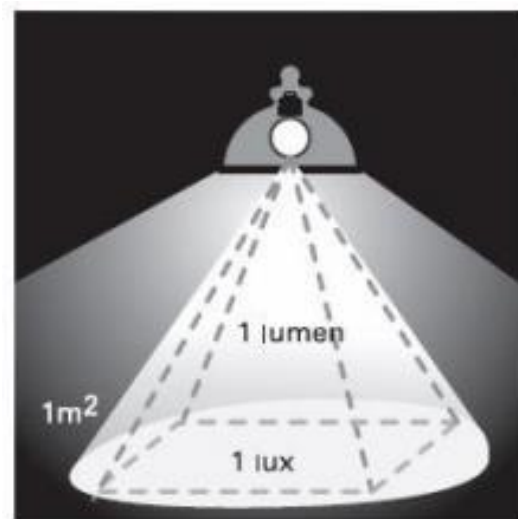


Figura 2. Descripción gráfica de la iluminancia.

Fuente: Universidad de Buenos Aires

Luminancia

Corresponde al flujo luminoso emitido en una dirección y dividido por el producto del área proyectada de una fuente puntual perpendicular a la dirección y el ángulo sólido que contiene esa dirección (Martínez, 2012). Se representa como L y se dimensiona en candelas por metro cuadrado, o cd/m^2 .

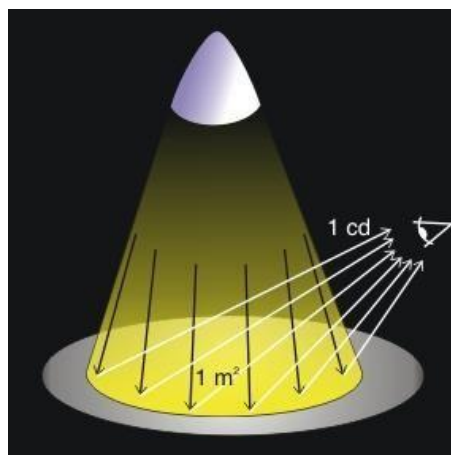


Figura 3. Representación gráfica de la luminancia.

Fuente: Universidad de Buenos Aires

Decrecimiento de lúmenes

Se refiere a la disminución que sufre la fuente de luz LED debido a su tiempo de funcionamiento (Romero & Quintana, s.f.). En la mayoría de los casos se da un valor de tiempo en horas que indica cuándo se da una disminución de más del 30% del valor de lúmenes nominal.

Al quedar en 70% del valor inicial, se utiliza la abreviatura L70. Para su determinación, el fabricante hace proyecciones basadas en pruebas de laboratorio y extrapolación estadística siguiendo el estándar IES LM- 803. En estas, se presta especial importancia a la temperatura de funcionamiento a la que estará expuesto el sistema y a la corriente del mismo

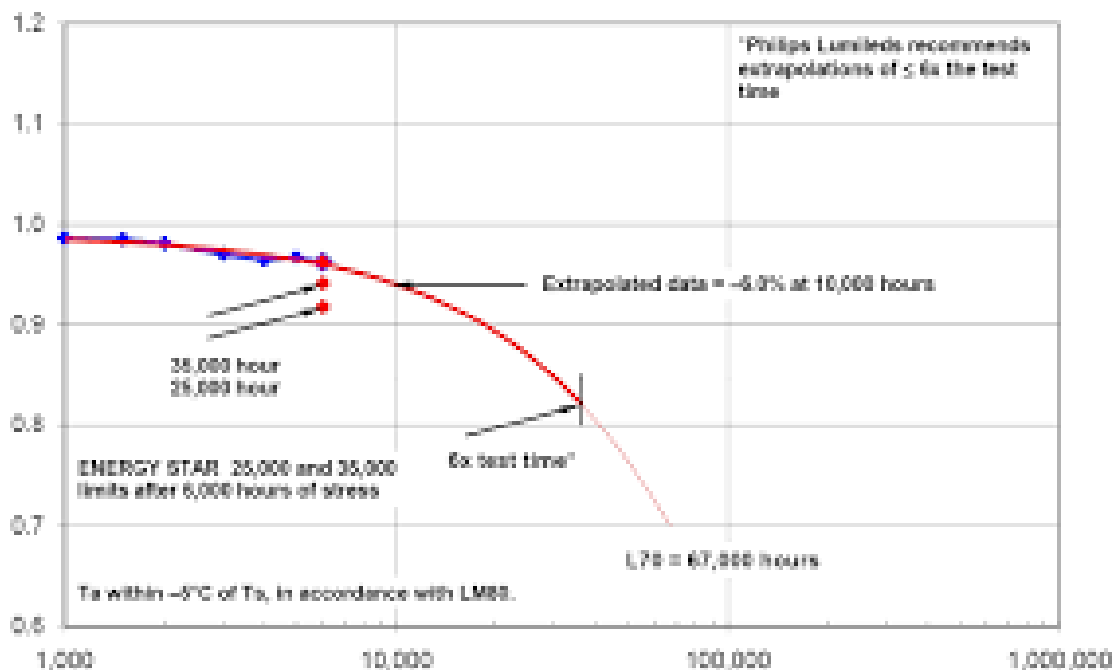


Figura 4. Gráfico de decaimiento lumínico.

Fuente: Philips Lighting

Rendimiento luminoso

Es la cifra que indica la eficiencia de iluminación que presenta una fuente lumínica. Se expresa en lumen por watt (lm/W), puesto que muestra el flujo luminoso que se obtiene con determinada cantidad de potencia suministrada (Trilux, 2015). A continuación, se presenta el rendimiento luminoso que se emplea para los tipos de lámparas más utilizados en la actualidad:

Tabla 1

Rendimiento luminoso de los tipos de lámparas más utilizados.

Tipo de lámpara	Rendimiento (lm/W)
Incandescente	14
Fluorescente	98
Luz mezcla	22
Mercurio de alta presión	55
Sodio de alta presión	100
Halogenuros metálicos	78
Sodio de baja presión	137
LED	120

Índice de reproducción cromático

Se define como la capacidad de una fuente de luz de reproducir fielmente los colores de los objetos en comparación con una fuente de luz natural. Este concepto obtiene una especial importancia en lugares donde se vuelve relevante una correcta reproducción de los contrastes de colores. Para su medición se estableció una escala de 0 a 100, en la que 100 representa una reproducción de colores perfecta (Martínez, 2012).

Para el caso de la iluminación de exteriores, este concepto no representa mucho valor, por lo que un valor de 22 a 25 se considera como aceptable (Corella, 2010). El IRC para los tipos de lámparas más utilizadas se muestra a continuación:

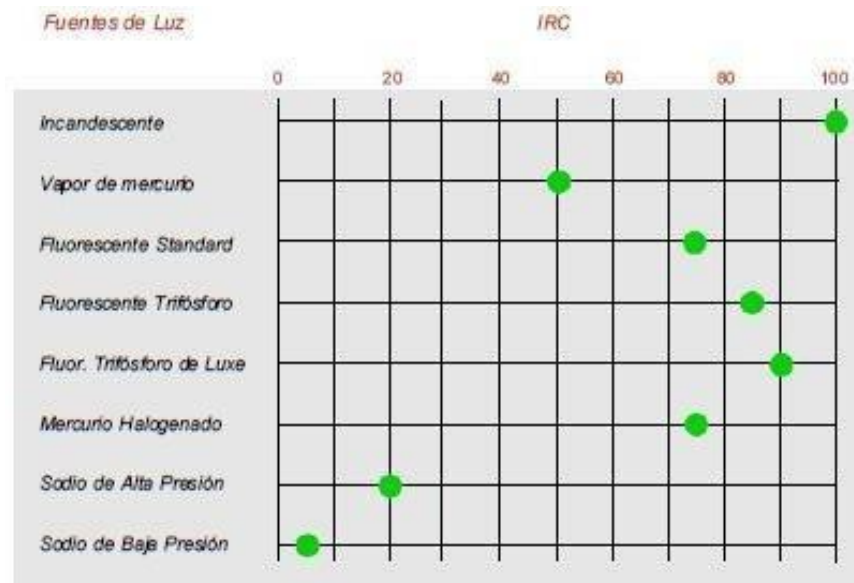


Figura 5. Índice de Reproducción Cromática para tipos de lámparas

Fuente: VpIngenieros.es

Curvas fotométricas

Consiste en una graficación de la luz emitida por una fuente. Se crean uniendo puntos de coincidencia entre distintas intensidades luminosas emitidas en todas las direcciones en el espacio, formando un sólido fotométrico. Posteriormente, se realiza una intersección entre dicho sólido y los planos para crear las curvas fotométricas. Con estas curvas se puede determinar la intensidad luminosa en cualquier dimensión.

La CIE realiza una clasificación de las luminarias según la distribución del flujo luminoso, obtenido mediante las curvas fotométricas hacia los hemisferios inferior y superior, respectivamente. Se adjunta en el anexo 1.

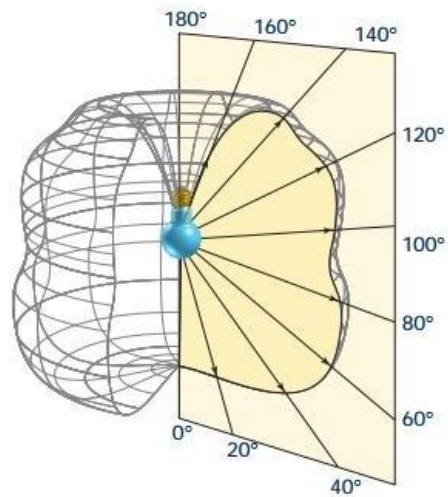


Figura 6. Sólido fotométrico de una lámpara incandescente.

Fuente: INDALUX

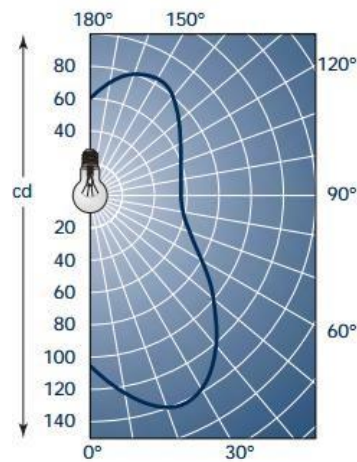


Figura 7. Curva fotométrica de una lámpara incandescente.

Fuente: INDALUX

Temperatura de color

Se utiliza para indicar el color de una fuente de luz comparada con el color de un cuerpo negro ideal. Por lo tanto, no es una medida de temperatura, sino del color que presenta una fuente de luz. Una lámpara con un color blanco cálido o amarillento tiene una temperatura de color baja

(2700 a 3000 K), mientras que las de blanco frío o algo azulado presentan valores de hasta 4500 K. Finalmente, existen las llamadas “daylight” o luz del día con valores mayores a 5000 K (Gómez, Sanhueza & Díaz, 2012).

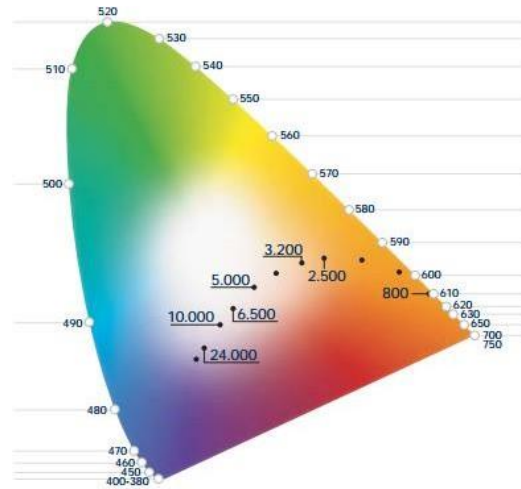


Figura 8. Curva de temperatura de color

Fuente: INDALUX

Deslumbramiento

El deslumbramiento es un fenómeno negativo para las lámparas que consiste en la pérdida momentánea de la visión al generarse un resplandor muy intenso. Puede incluir desde una sensación de molestia hasta la pérdida total de la visión en el momento de la exposición a la luz. Es por esto que las luminarias deben ser orientadas apropiadamente y el diseñador de los proyectos de iluminación debe tener en cuenta los ángulos y las curvas fotométricas de las mismas, para evitar que este efecto se presente (Gómez et al., 2012). En la siguiente imagen se observa que una distribución lumínica debe tomar en cuenta un ángulo de 65° o menor para evitar este fenómeno:



Figura 9. Direcciones de flujos lumínicos para una lámpara.

Fuente: OPCC

Gestión de Consumo Energético

Con el paso del tiempo la energía se convierte en un tema importante a nivel mundial, por lo que se enfocan esfuerzos para cada vez realizar procesos con menor gasto energético, así como equipos de menor consumo. Sin embargo, la industria a través del tiempo se ha caracterizado por el uso inapropiado de la energía.

Según (Chanto, 2005) “gerenciar la eficiencia energética tiene como objetivo final, lograr la máxima reducción de los consumos energéticos, con la tecnología actual de la compañía y posteriormente realizar cambios a tecnologías eficientes en la medida de que estos sean rentables de acuerdo con las expectativas financieras de la empresa. Lograr este objetivo de forma continua y que sea sostenible en largo plazo, requiere de organizar un sistema de gestión, cambio de hábitos y cultura energética.”

En Costa Rica, la Gestión de consumo energético está vinculada con la norma ISO 50001, la cual tiene como propósito establecer sistemas y procesos que logren mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia, uso y consumo de energía. (ISO, 2011)

Norma Internacional ISO 50001

Es una Normativa Internacional desarrollada por ISO (Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización), esta norma tiene como objetivo principal mejorar los sistemas de gestión energética, la seguridad y utilización de la energía con un enfoque racional. Lo que pretende esta norma es brindar a las organizaciones como plantas industriales, instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales encuentren en ella los requisitos para los sistemas de gestión de energía.

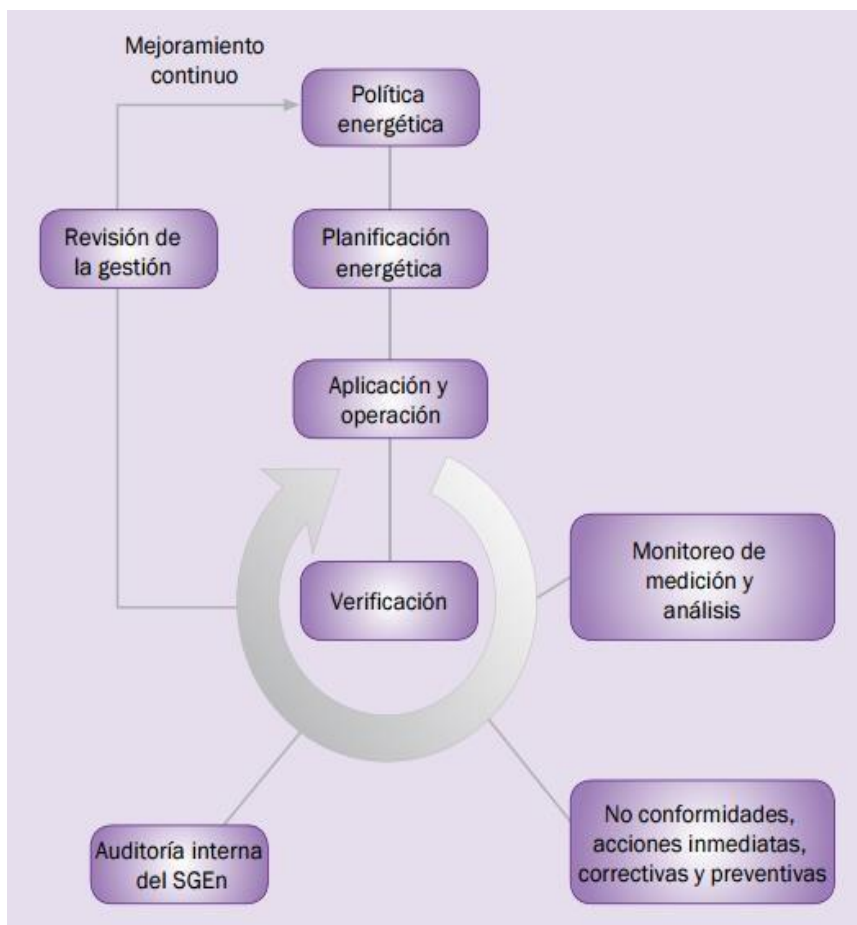


Figura. 10 Modelo del Sistema de gestión de la energía

Fuente: (ISO, 2011)

Luxómetro

Un luxómetro conocido también como lux-metro o light meter, es un dispositivo de medición de la luminancia real y no subjetiva del ambiente, la unidad de medida es el lux.

El principio de funcionamiento de este dispositivo se basa en una célula foto- eléctrica la cual capta la luz del área que se quiere realizar la medición y la convierte en impulsos eléctricos los cuales serán mostrados en la pantalla del dispositivo

Iluminación LED

LED es un acrónimo en inglés (light-emitting diode), lo cual quiere decir en español diodo emisor de luz, por lo que una luminaria o lámpara LED usa estos dispositivos como fuente lumínica. Actualmente, sus aplicaciones van desde alumbrado público, comercial, residencial y decorativo. El uso de esta tecnología para iluminación tiene importantes ventajas como lo son el ahorro energético, arranque instantáneo y mayor vida útil entre otras.

Lámpara de halogenuros metálicos

Presenta un funcionamiento similar a la de descarga de mercurio, pero con diferencia en sus componentes internos. Utiliza argón y criptón en un tubo de cuarzo, inmerso en varios halogenuros que aumentan la eficiencia de la lámpara. La duración se ve reducida, pues utiliza un filamento para su funcionamiento (Universidad de Navarra, s.f.).

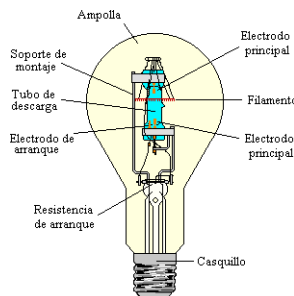


Figura 11. Lámpara de halogenuros metálicos

Normativa

La Comisión Internacional de la Iluminación

Conocida por la sigla CIE, de su nombre en francés *Commission internationale de l'éclairage*, es la autoridad internacional en luz, iluminación, color y espacios de color. La cual tiene establecidos comités técnicos para desarrollar programas de actualización para los siguientes aspectos:

1. Visión y Color.
2. Medida de Luz y Radiación.
3. Ambiente Interior y Diseño de Iluminación.
4. Iluminación y Señalización para el Transporte.
5. Iluminación Exterior y otras aplicaciones.
6. Fotobiología y Fotoquímica.
7. Tecnología de la Imagen.

INTECO

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, es el Ente Nacional de Normalización, según la Ley N° 8279 del año 2002. Organización de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es “desarrollar la normalización del país con el soporte de los servicios de evaluación de la conformidad y productos relacionados a nivel nacional e internacional, con un equipo humano competente, con credibilidad e independencia”. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

Esta norma INTE/ISO 8995-12016 fue aprobada por la Comisión Nacional de Normalización de INTECO en la fecha del 2016-04-15.

ISO-45001: Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, en donde se establecen los niveles adecuados de iluminación y confort visual.

Método de lúmenes

Es una herramienta de cálculo que nos ayuda a determinar el número de lámparas a usarse en un espacio arquitectónico. Conocido también como sistema general o método del factor de utilización, este método se utiliza para calcular el nivel medio de iluminación en una instalación de alumbrado; y se usa en todos aquellos espacios arquitectónicos donde se deba utilizar una iluminación general y uniforme, principalmente en vestíbulos, salones de clase, áreas de trabajo secretarial, bibliotecas y, en general, todo aquel proyecto donde se requiere fijar la vista del usuario para realizar una actividad específica.

Fórmulas del método de los lúmenes

Para la correcta realización de este método, es necesario saber previamente las dimensiones del local y establecer la lámpara y luminaria por utilizar, debido a que estos son datos necesarios para determinar el número de luminarias. Castilla y otros (s.f.), citando a Blanca y Aguilar (1995), indican las siguientes fórmulas:

Cálculo del flujo luminoso total necesario

La fórmula que se emplea es la siguiente:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} \quad (1)$$

Dónde:

E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)

ϕ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en lúmenes)

S = superficie por iluminar (en m²)

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (C_U) y de mantenimiento (C_m), que se definen a continuación:

C_u = Coeficiente de utilización: es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.

C_m = Coeficiente de mantenimiento: es el cociente que indica el grado de contaminación de una luminaria.

Para edificaciones con disposición de altura elevada, se debe de considerar la altura de suspensión de la luminaria, la cual debe de ser empleada con la siguiente tabla, de acuerdo al tipo de iluminación:

Tabla 2

Altura de suspensión de las luminarias en locales de altura elevada.

Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (H - h')$	Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (H - h')$
Locales con iluminación indirecta	$d' = \frac{1}{5} \cdot (H - h')$	$h = \frac{3}{4} \cdot (H - h')$

Fuente: Método de los Lúmenes

Tabla 3

Cálculo del índice del local

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)}$

Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + h') \cdot (a + b)}$
--	--

Fuente: Método de los Lúmenes

Cálculo de los coeficientes de reflexión.

La reflexión de la luz depende el tipo de material o superficie en el que incide. Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado.

En la siguiente tabla podemos ver el valor de correspondiente:

Tabla 4

Ejemplos de coeficientes de reflexión

PINTURA/COLOR	COEF. REFL.	MATERIAL	COEF. REFL.
blanco	0.70- 0.85	mortero claro	0.35- 0.55
techo acústico blanco (según orificios)	0.50- 0.65	mortero oscuro	0.20- 0.30
gris claro	0.40- 0.50	hormigón claro	0.30- 0.50

gris oscuro	0.10- 0.20	hormigón oscuro	0.15- 0.25
negro	0.03- 0.07	arenisca clara	0.30- 0.40
crema, amarillo claro	0.50- 0.75	arenisca oscura	0.15- 0.25
marrón claro	0.30- 0.40	ladrillo claro	0.30- 0.40
marrón oscuro	0.10- 0.20	ladrillo oscuro	0.15- 0.25
rosa	0.45- 0.55	mármol blanco	0.60- 0.70
rojo claro	0.30- 0.50	granito	0.15- 0.25
rojo oscuro	0.10- 0.20	madera clara	0.30- 0.50
verde claro	0.45- 0.65	madera oscura	0.10- 0.25
verde oscuro	0.10- 0.20	espejo de vidrio plateado	0.80- 0.90

azul claro	0.40- 0.55	aluminio mate	0.55- 0.60
azul oscuro	0.05- 0.15	aluminio anodizado y abrillantado	0.80- 0.85
		acero pulido	0.55- 0.65

Fuente: Método de los Lúmenes

Coefficiente de mantenimiento (Cm) o conservación de la instalación

Este coeficiente hace referencia a la influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria. Dependerá, por consiguiente, del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

Para determinarlo, suponiendo una limpieza periódica anual, puedes tomar los siguientes valores:

Tabla 5

Cálculo del coeficiente de mantenimiento

Ambiente	Coefficiente de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: Método de los Lúmenes

Cálculo del número de luminarias

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad (2)$$

Dónde:

NL = número de luminarias (el valor de NL se redondea por exceso)

Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local

Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

Emplazamiento de luminarias

Una vez has calculado el número mínimo de luminarias necesarias, se procede a distribuirlas, es decir, averiguar la distancia a la que deben ser instaladas para obtener una iluminación uniforme.

De esta manera, tenemos que el número de filas de luminarias a lo ancho del local se calcula por medio de:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total} \cdot a}{b}} \quad (3)$$

Y, que el número de columnas a lo largo del local se calcula por medio de:

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{b}{a} \right) \quad (4)$$

a = ancho del local (en m)

b = largo del local (en m)

Comprobación de los resultados

Esta fórmula permite evaluar el resultado en base a tablas o normas. Se utilizarán los valores de la norma INTECO INTE/ISO 8995-1: 2016. García y Boix (s.f.) dictan la fórmula siguiente:

$$E_m = \frac{NL \cdot n \cdot \Phi L \cdot Cu \cdot Cm}{S} \quad (5)$$

Por último, queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

DIALux

DIALux es un software gratuito diseñado para la creación de proyectos de iluminación. Permite documentar los resultados obtenidos por medio de visualizaciones fotorrealistas, e incluye librerías de todos los fabricantes líderes a nivel mundial. Toma como base los datos CAD de otros programas arquitectónicos, trabaja con ellos y los devuelve al programa original. Permite también la utilización de modelos 3D obtenidos de internet. Realiza el cálculo energético de los sistemas de iluminación para asegurar el cumplimiento de las normativas vigentes a nivel nacional e internacional.

Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP)

La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) es la entidad pública encargada de aplicar la normativa jurídica para regular y controlar la calidad de todos los

servicios públicos en el país. Fue creada en octubre de 1996, mediante la aprobación de Ley No. 7593, por parte de la Asamblea Legislativa.

La ARESEP surge como una transformación del anterior Servicio Nacional de Electricidad (SNE), que inicialmente se encargó de la nacionalización eléctrica y esta, con la creación del ICE, se convirtió en la entidad que concesionaba y supervisaba la concesión de los servicios públicos.

En la actualidad la ARESEP regula lo referente al servicio eléctrico, de telecomunicaciones, de agua, de combustibles fósiles, transporte público, entre otros. Dentro de las principales funciones otorgadas por la Ley No. 7593, destacan (Rodríguez, 2000, p. 7):

- Velar por el balance entre las necesidades de los usuarios y los intereses de las empresas prestatarias.
- El otorgamiento de concesiones para la generación privada.
- La contraloría contable, financiera y técnica de las empresas prestatarias.
- La regulación de los servicios públicos asignados.
- Procurar la protección del ambiente.
- La fijación de precios y tarifas con base en los criterios de equidad social, sostenibilidad ambiental, conservación de energía y eficacia económica.

La organización superior de la ARESEP está conformada por una Junta Directiva de cinco miembros, de los cuales uno, quien preside, es el Regulador General.

Dada la problemática energética a nivel de electricidad que existe actualmente en el país, el tema de la generación a pequeña escala y a baja tensión ha adquirido mucha relevancia.

Es por esto, que la ARESEP ha promovido un marco regulatorio que regirá con respecto al desarrollo, a la operación técnica y al acceso al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en las actividades de generación, transmisión y distribución, en aras de la satisfacción de la demanda nacional de energía eléctrica, bajo criterios de calidad, continuidad, confiabilidad y oportunidad del suministro eléctrico.

Dicha regulación permitirá el intercambio energético entre abonados y distribuidores, lo cual ayudará a disminuir el faltante eléctrico y se espera que tenga una repercusión directa en las tarifas y las facturas de los usuarios.

Disposiciones Generales:

1. Cargo por demanda.

La demanda por facturar será la potencia más alta registrada para cualquier intervalo de quince minutos del mes a facturar y del periodo horario correspondiente.

2. Cargo mínimo por facturar.

En cada tarifa se cobrará como mínimo una suma mensual equivalente a los primeros 30 KWh, en los casos que el cliente consuma los 30 KWh o menos.

3. Definición de horario.

3.1 Período punta:

Se define como período punta al comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas y entre las 17:31 y las 20:00 horas. La demanda por facturar será la máxima potencia, registrada durante el mes, exceptuando la registrada los sábados y domingos.

3.2 Período valle:

Se define como período valle al comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas y entre las 12:31 y las 17:30 horas. La demanda por facturar será la máxima potencia, registrada durante el mes.

3.3 Período nocturno:

Se define como período nocturno al comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente. La demanda por facturar será la máxima potencia, registrada durante el mes.

Valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto o Valor Presente Neto son términos que se proceden de la expresión inglesa Net Present Value. El acrónimo es NPV en inglés y VAN en español.

Es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia.

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos). El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado.

La tasa de interés con la que se descuenta el flujo neto proyectado es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima esperada, por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el BNA (beneficio neto actualizado), es decir un VAN negativo, es porque no se ha satisfecho dicha tasa. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a cero) es porque se ha cumplido dicha tasa, y cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN positivo), es porque se ha cumplido con dicha tasa y, además, se ha generado un beneficio adicional.

La tasa de descuento a considerar para el cálculo del VAN puede ser:

- La tasa de interés de los préstamos, en caso de que la inversión se financie con préstamos.
- La tasa de retorno de las inversiones alternativas, en el caso de que la inversión se financie con recursos propios.
- Una combinación de las tasas de interés de los préstamos y la tasa de rentabilidad de las inversiones alternativas.

Basta entonces con hallar el VAN de un proyecto de inversión para saber si dicho proyecto es viable o no. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más

rentable entre varias opciones de inversión. Incluso si se nos ofrece comprar nuestro negocio, con el VAN podemos determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de los que ganaríamos al no venderlo.

La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera. La fórmula que permite calcular el valor actual neto se muestra en la ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (6)$$

Donde:

V_t = representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 = es el valor del desembolso inicial de la inversión. n = es el número de períodos considerado.

k = es el tipo de interés.

Si el proyecto no tiene riesgo se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro sin riesgo específico.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, k pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que está proporcionando el proyecto.

Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, que a la tasa de descuento elegida generará beneficios
- $VAN = 0$: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, por lo que su realización en principio es indiferente
- $VAN < 0$: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

El valor actual neto es muy importante para la valoración de inversiones en activos fijos, a

pesar de sus limitaciones en considerar circunstancias imprevistas o excepcionales de mercado. Si su valor es mayor a cero el proyecto es rentable, considerándose el valor mínimo de rendimiento para la inversión.

Una empresa suele comparar diferentes alternativas para comprobar si un proyecto le conviene o no. Normalmente la alternativa con el VAN más alto suele ser la mejor para la entidad; pero no siempre tiene que ser así. Hay ocasiones en las que una empresa elige un proyecto con un VAN más bajo debido a diversas razones, como podrían ser la imagen que le aportará a la empresa, por motivos estratégicos o por otros motivos que en ese momento interesen a dicha entidad.

Puede considerarse también la interpretación del VAN en función de la creación de valor para la empresa:

- Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto crea valor
- Si el VAN de un proyecto es negativo, el proyecto destruye valor
- Si el VAN de un proyecto es cero, el proyecto no crea ni destruye valor.

Tasa interna de retorno (TIR)

TIR (tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) de una inversión sea igual a cero ($VAN = 0$).

El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente (valor actual), aplicando una tasa de descuento. Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor (tasa de descuento), y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR. mayor. Si la TIR es igual a la tasa de descuento, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no. Si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto debe rechazarse.

La TIR. es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto, por lo cual cuando se

hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos. Una gran inversión con una TIR. baja puede tener un VAN superior a un proyecto con una inversión pequeña con una TIR. elevada.

Ecuación de tasa interna de retorno:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (7)$$

Donde:

FT son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$) n es el número de periodos determinados

El criterio de selección será el siguiente:

- a) Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso la tasa de rendimiento interno que se obtiene es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida para la inversión
- b) Si $TIR = k$, se estaría en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era iguala cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables
- c) Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que se le pide a la inversión.

La TIR es muy útil para evaluar proyectos de inversión ya que indica la rentabilidad de dichoproyecto. Sin embargo, tiene algunos inconvenientes:

- a) Hipótesis de reinversión de los flujos intermedios de caja: supone que los flujos netos de caja positivos son reinvertidos a “ r ” y que los flujos netos de caja negativos son financiados a “ r ”

- b) La inconsistencia de la TIR: no garantiza asignar una rentabilidad a todos los proyectos de inversión y existen soluciones (resultados) matemáticas que no tienen sentido económico:
- Proyectos con varias r reales y positivas
 - Proyectos con ninguna r con sentido económico.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la Investigación

El Dr. Roberto Hernández, Carlos Fernández y Pilar Baptista, (2014) en su libro “Metodología de la investigación”, (p.4) menciona y expone los tipos de enfoque: cuantitativo de investigación, cualitativo de investigación y enfoque mixto de la investigación el cual incluye ambos enfoques.

En este proyecto se utilizará el enfoque cuantitativo no experimental, ya que, se realizara recolección de datos para probar los planteamientos, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas y probar teorías en el área designada.

Este trabajo busca alcanzar los objetivos de una manera sistemática estableciendo los pasos a seguir de manera eficaz para así establecer los métodos y diseños más eficientes para generar ahorro en el consumo eléctrico y una mejora en eficiencia energética para las Bodegas El Lago.

Método de la investigación

Como señala Kerlinger (1979, p. 116). “La investigación no experimental o ex-post-facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”. De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad.

En el caso del proyecto presente, va a ser de tipo de diseño no experimental transversal, esto porque el proyecto se enfoca en una propuesta de mejora energética en iluminación, en un espacio de tiempo y la relación entre variables, sin manipularlas, sino que se va a realizar mediante el estudio técnico y las recomendaciones del fabricante.

Fuentes de información

En la elaboración de este proyecto se utilizaron mayormente las fuentes primarias, se obtuvo información documentada a partir de publicaciones, medios electrónicos, documentos de distintas universidades y empresas dedicados a instalaciones, venta de equipos y proyectos de mejora, ensayos, tesis, antologías, revistas que brindaron la información necesaria para realizar cálculos, analizar datos y comprobar las conclusiones.

Variables o unidades de análisis.

Para determinar las variables se muestra a continuación la Tabla que se compone de 5 columnas; objetivo, variable, conceptual, la columna operacional y los instrumentos para la recolección de los datos.

En la Tabla 6, se presentan los objetivos específicos que se desarrollaron en el capítulo I, del proyecto, en la primera columna se va a detallar cada objetivo, para desglosarlo en las subsiguientes.

Tabla 6

Descripción de variables o unidades de análisis.

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Realizar el levantamiento de las condiciones existentes en los equipos de iluminación y su estado.	Bodegas El Lago.	Evaluación de las luminarias existentes y su estado.	Cantidad de luminarias instaladas.	Por medio del levantamiento de la bodega, donde se detallan las condiciones actuales.	Se utilizará un medidor laser y un programa de diseño.
Evaluar si la iluminación existente, cumple con la Norma INTE/ISO 8995-1:2016.	Norma INTECO	La distribución y las luminarias, la iluminancia y la capacidad unificada de deslumbramiento según Apéndice B.	Validación del cumplimiento de la normativa.	Analizar los datos del levantamiento contra la normativa, definir si hay anomalías y generar supuestos.	Se realizarán mediciones con luxómetro.

Plantear el rediseño de la iluminación existente, por nuevas tecnologías con mejores prestaciones energéticas	Luminarias	Se realizará la selección de las luminarias, de acuerdo al requerimiento.	Brindar propuestas que satisfagan los alcances con el requerimiento	Utilizar proveedores de luminarias a nivel local, que posean los elementos requeridos.	Por medio de las curvas fotométricas y las fichas técnicas.
Validar el apego del requerimiento de diseño de acuerdo a la normativa local.	Norma INTECO	La distribución y las luminarias, la iluminancia y la capacidad unificada de deslumbramiento según Apéndice B.	Mediante la verificación exitosa del rediseño y la efectividad de la propuesta.	Ejecución de cálculos teóricos propios y validación de resultados.	Método de lúmenes y Norma INTE/ISO 8995-1:2016.
Calcular el consumo eléctrico en iluminación y la tarifa local.	Consumo KWh	Se realizará la medición de la demanda energética en (KWh) que consume el espacio analizado y en un periodo mensual.	Consiste en la cantidad de energía entregada, en un espacio de tiempo definido.	Se realizara el análisis de la facturación por consumo eléctrico, en el circuito de iluminación.	Medidor de consumo eléctrico por circuito ramal durante el tiempo.
Realizar el estudio de factibilidad y a	Productos cotizados	Calcular el costo de la inversión	Cálculos realizados con el fin de	Comparación de cotizaciones y	Por medio de la memoria de cálculo

su vez el valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)			analizar, con respecto al costo de inversión, si es viable financieramente implementar un proyecto.	calcular el retorno de la inversión, si se utiliza el monto destinado a facturación eléctrica como monto mensual.	correspondiente.
---	--	--	---	---	------------------

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Instrumentos

Según Roberto Hernández, Carlos Fernández y Pilar Baptista, (2014) (p.251-253) cita algunos métodos de recolección de datos como lo son:

Análisis de contenido cuantitativo

Es una técnica para estudiar cualquier tipo de comunicación de una manera “objetiva” y sistemática, que cuantifica los mensajes o contenidos en categorías y subcategorías, y los somete a análisis estadístico.

Observación

Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías. Útil, por ejemplo, para analizar conflictos familiares, eventos masivos (como la violencia en los estadios de fútbol), la aceptación-rechazo de un producto en un supermercado, el comportamiento de personas con capacidades mentales distintas, la adaptación de operarios a una nueva maquinaria, etc. Haynes (1978) menciona que es el método más utilizado por quienes se orientan conductualmente.

Instrumentos mecánicos o electrónicos

Sistemas de medición por aparatos, como el detector de mentiras o polígrafo, que considera la respuesta galvánica de la piel (en investigaciones sobre crímenes); la medición electrónica de distancias, etcétera.

Para este desarrollo, se utilizarán elementos para realizar el levantamiento del edificio.

Instrumentos y procedimientos específicos propios de cada disciplina

En todas las áreas de estudio se han generado valiosos métodos para recolectar datos sobre variables específicas.

Se emplearán instrumentos para determinar cumplimiento de normativa y consumo eléctrico.

Proceso para la recolección y análisis de datos

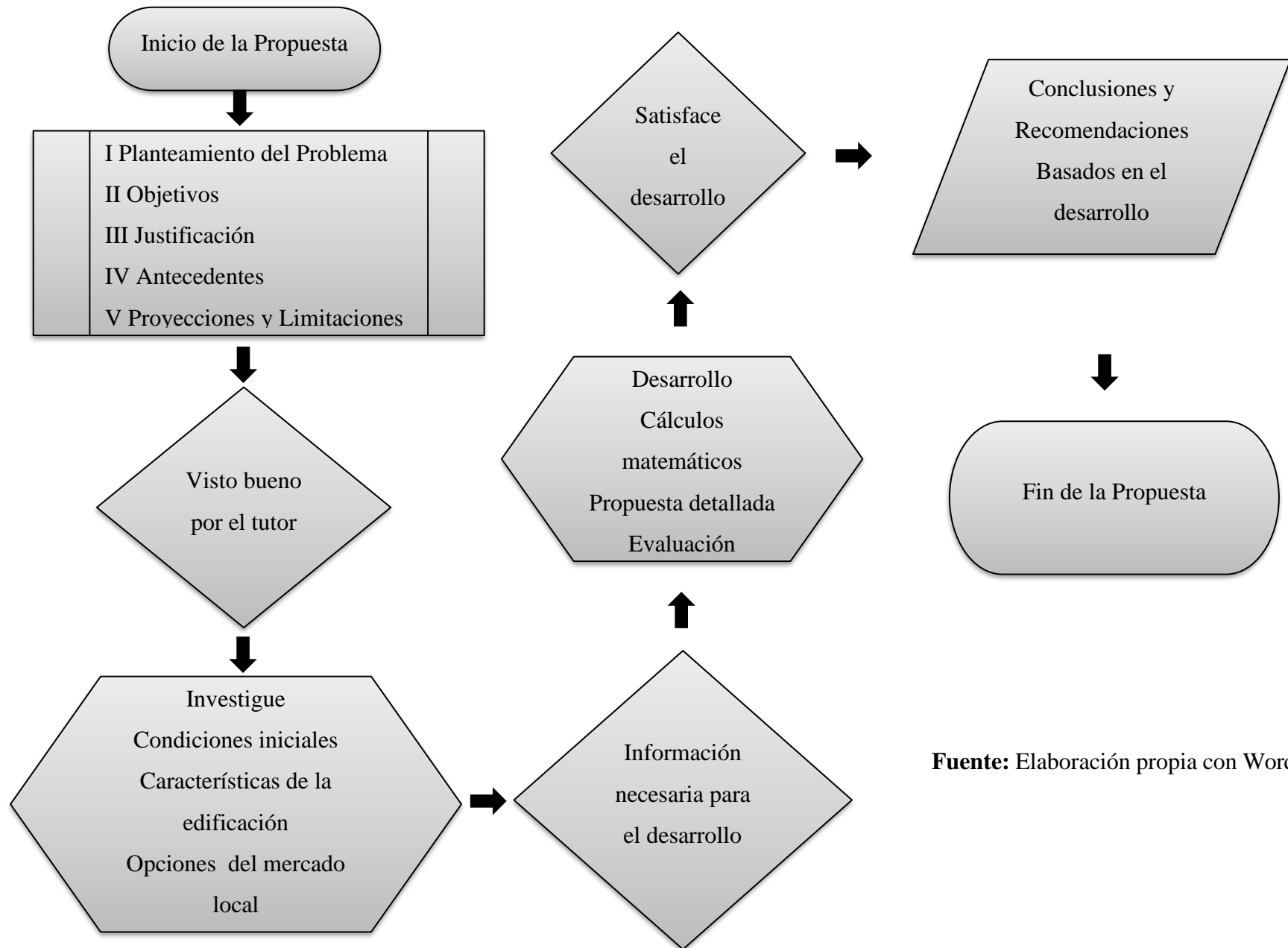
Las fuentes primarias son documentos que incluyen resultados de los estudios que se vinculan con el tema en estudio y se caracterizan por ser de primera mano; o sea, es la información obtenida directamente por quien la produjo (Hernández, 2014).

Para este caso, se utilizará la fuente primaria, esto debido a que los datos se van a recopilar directamente de los fabricantes de luminarias, desarrollo de análisis técnico en áreas mecánicas y eléctricas por medio de interpretación, mediciones y comparación.

Se generan una serie de tareas que van en paralelo al desarrollo de la propuesta:

- Se consultará directamente al dueño del espacio físico a desarrollar la propuesta.
- Se revisará del espacio físico para la elaboración de un croquis simple durante una visita, para posteriormente realizar el levantamiento correspondiente.
- Se investigará sobre el proveedor de servicio de facturación eléctrica.
- Se investigará en libros de modelos financieros, el método de cálculo del retorno de la inversión, utilizando las fórmulas y realizando los cálculos necesarios para analizar las cotizaciones.
- Tomando en cuenta la metodología de esta tesis se empleará herramientas de análisis de datos como hojas de Microsoft Excel.

Figura 12. Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia con Word.

Etapa I: Planteamiento del problema

Esta sección, busca generar la idea central, de lo que se pretende desarrollar, se plantean los objetivos, alcances y limitaciones para llegar a las recomendaciones y conclusiones del proyecto.

Etapa II: Investigación

Se debe de realizar la descripción de la situación actual, a su vez, realizó una sectorización, del consumo eléctrico en iluminación de la bodega de materiales.

Se realiza la recolección de datos técnicos del tipo de luminaria instalada.

El método de verificación de acuerdo a la normativa local en el espacio definido para las bodegas de materiales.

Se realizó una búsqueda de información a través de libros, tesis, catálogos y revistas como se mencionó en el proceso de recolección y análisis de datos.

Etapa III. Desarrollo

Para la etapa de desarrollo se delimito el área de análisis, realizando el levantamiento de la bodega en AutoCAD, se realizó la medición del flujo luminoso existente, se realiza la verificación con respecto al método de lúmenes y la normativa nacional.

Se genera un planteamiento de rediseño, que incluye selección, distribución y evaluación energética, que permita una mejora en la luminancia y el rendimiento luminoso.

Con la recolección puntual del consumo eléctrico de la iluminación en el ramal de alimentación de las luminarias instaladas, generando un promedio de acuerdo a la utilización del área y el consumo de este ramal eléctrico.

Se realizó el estudio de factibilidad y se unifica el trabajo desarrollado para la siguiente etapa.

Etapa IV: Conclusión

Una vez finalizada la etapa de desarrollo y análisis de resultados se generaran las conclusiones y recomendaciones pertinentes para entregar la propuesta pertinente al cliente y la

posibilidad de ejecución de la misma.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACION

Descripción del problema

En el Condominio Industrial Condopark, ubicado en Santa Ana, en el sector Oeste del condominio, se encuentra un grupo de bodegas cuya razón comercial es el de Bodegas del Lago. El desarrollo de la propuesta será en la bodega #7 de este complejo, esta bodega cuenta con un área de 1116 m², posee destinado para el almacenaje de materiales 852 m² aproximadamente, en el área restante, estarían ubicados un taller de servicio técnico, oficinas, un área común y una batería de baño.

El espacio destinado a almacenamiento, cuenta con un total de 5 pasillos con “racks” dispuestos para almacenamiento, en los cuales el flujo luminoso no es el más adecuado, por lo tanto, se analizará la posibilidad de un cambio en las luminarias en búsqueda de una mejora en eficiencia energética, así como en el sistema eléctrico en general. El análisis de estas medidas se hará únicamente desde el punto de vista técnico, tomando en cuenta que el análisis de viabilidad financiera se realizará en el capítulo 6 del presente documento.

El principal objetivo es cambiar las lámparas de 485 W de descarga de mercurio, pues presentan una eficiencia muy baja con un consumo energético alto. En su lugar se piensa instalar luminarias LED, las cuales presentan las siguientes ventajas:

- Mayor rendimiento lumen/watt.
- Mayor vida útil
- Mayores opciones de temperatura de color y distribución de curva fotométrica
- Contribuye a la disminución del impacto ambiental al no contener gases contaminantes.
- Mayor resistencia mecánica.

Puesto que, no se cuenta con una distribución de luminarias adecuada y presenta áreas

con iluminación casi inexistente, lo cual es un tema importante para brindar una posible solución.

Medición de las consecuencias

Al ser una empresa que se dedica al alquiler de bodegas para diferentes clientes, brindando un servicio integral en área física, seguridad, mantenimiento de edificio, costo por facturación eléctrica, etc. Debe de velar por satisfacer las necesidades de sus arrendatarios, adecuando sus instalaciones a las necesidades de los clientes y con oportunidades de mejora en la eficiencia de su consumo eléctrico por concepto de iluminación.

De ser factible el desarrollo del proyecto, se estaría generando una mejora puntual en el área de almacenaje, además de tener un impacto positivo para en el costo del consumo eléctrico asociado a la iluminación del lugar, por lo tanto, sería beneficioso para el arrendador en primera instancia y luego del concluido el periodo de retorno de inversión, para el arrendatario.

Análisis de las causas

Dentro de las posibles causas podemos enumerar las siguientes:

- Incremento en el requerimiento de iluminación por crecimiento de las necesidades del cliente, por lo cual sugiere un análisis de la instalación existente.
- El avance de la tecnología ofrece una mejora en la eficiencia de los componentes eléctricos, brindando elementos con mejores prestaciones en el aprovechamiento de la energía.
- El tener equipos con eficiencias bajas, genera un inadecuado aprovechamiento de la energía.

Estos serían los principales elementos que intervienen en la problemática del lugar.

De acuerdo con el primer objetivo planteado se realizó el levantamiento existente como lo describo a continuación:

Debido al faltante de información, se realizó el plano del lugar y se generó una separación por áreas.

El área total, se puede separar en 3 espacios independientes, los cuales se definieron de la siguiente manera: área de almacenamiento de materiales (Apéndice 6) taller y oficinas (Apéndice 7) áreas comunes (Apéndice 8).



Figura 13. Imagen de acceso Área de Almacenamiento Bodega # 7 El lago

Fuente: Elaboración propia.

La propuesta a desarrollar sería en el área de almacenamiento de materiales (Apéndice 6), este sería el plano correspondiente a las áreas.

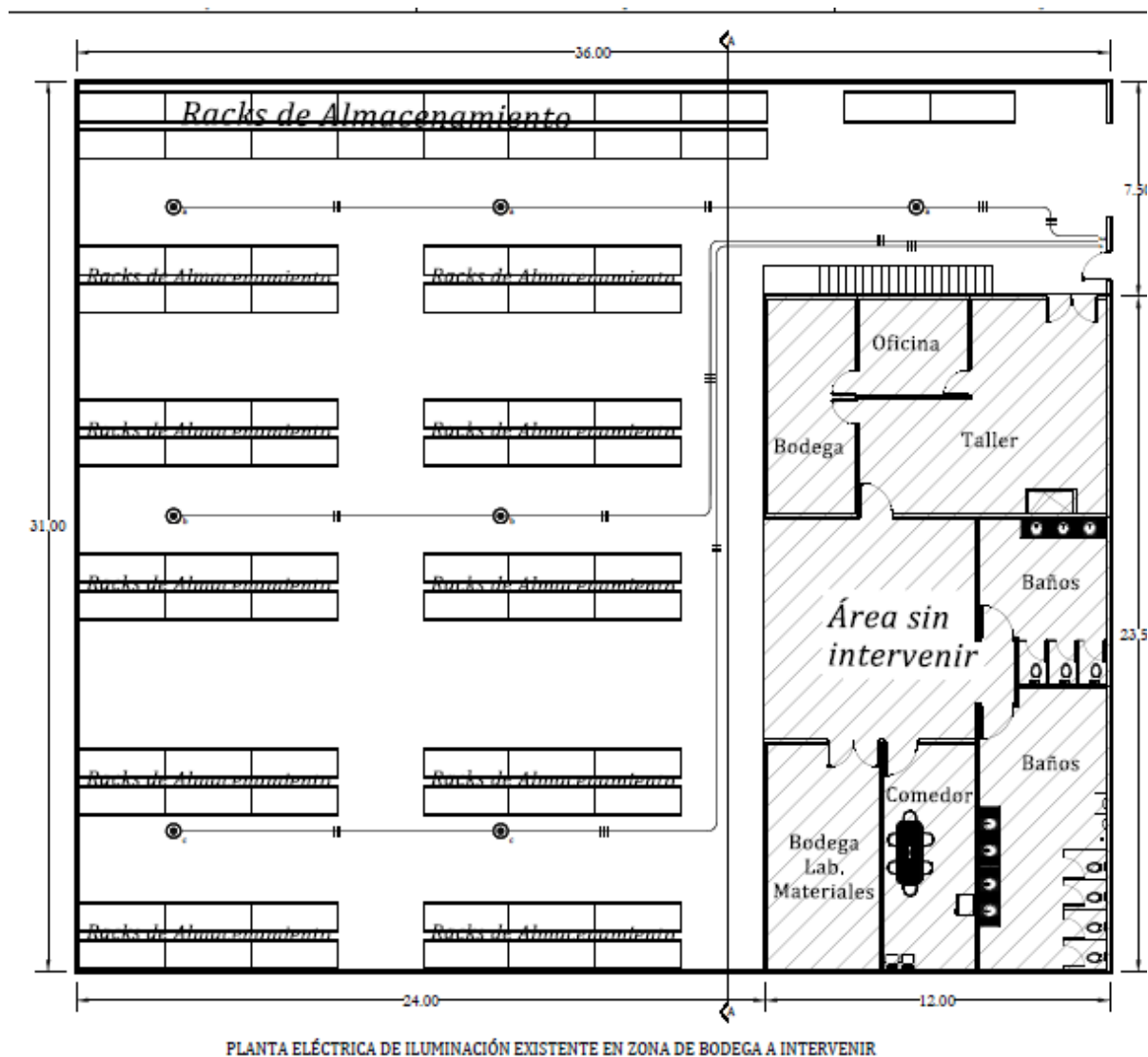


Figura 14. Plano de bodega # 7 El lago

Fuente: Elaboración propia con AutoCAD.

La bodega principal cuenta con un circuito de iluminación general de 7 luminarias Sylvania modelo 2522 metalarc, con una potencia de 485 Watts de consumo (figura 14), de las cuales, solamente se encuentran 6 luminarias físicamente en funcionamiento. En el apéndice 4 se detalla la ficha técnica de la luminaria instalada actualmente.



Figura 15. Luminaria Sylvania 2522
Fuente: Catalogo de Sylvania 2007-2008.

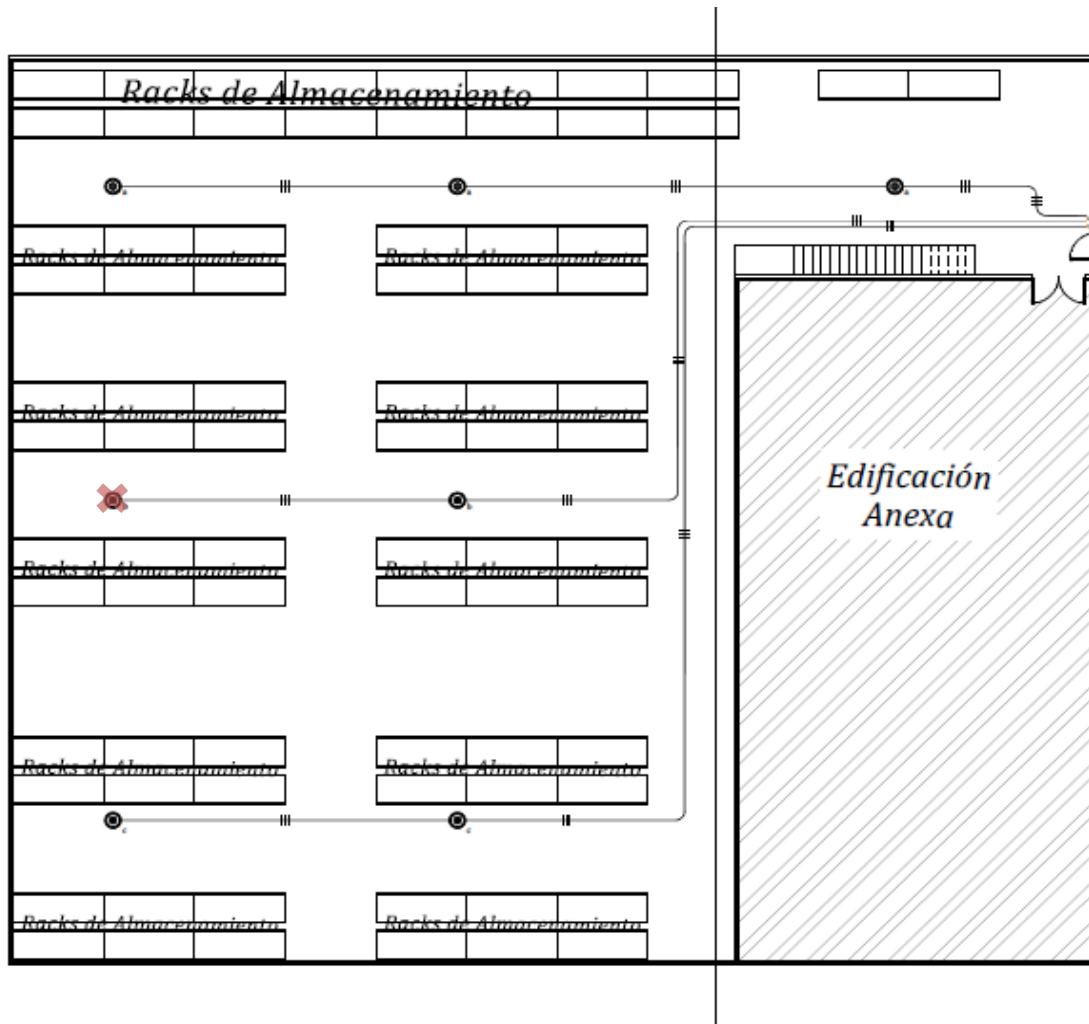


Figura 16. Área de almacenamiento de materiales
Fuente: Elaboración propia con AutoCAD.



Figura 17. Interruptores de Luminarias

Fuente: Elaboración propia

Las luminarias de esta sección son controladas por 3 interruptores de palanca, los cuales se encargan de realizar la apertura o cierre del circuito de forma manual.

Una vez evaluadas las condiciones actuales, se ejecuta una verificación por medio de un luxómetro STEREN HER-408.

Las mediciones se realizaron de forma perpendicular a las luminarias y tomando en cuenta el plano de trabajo respectivo, al ser un área de tránsito común, entre vehículos de transporte de carga y personas, se realizaron a una altura de 60 cm del suelo.



Figura 18. Luxómetro STEREN HER-408

Fuente: Elaboración propia

A continuación se detallan las mediciones en el área a desarrollar y sus valores en luxes, de color azul están representadas las luminarias que cumplen con la normativa, de color verde las que están entre un rango de 50 ~ 99.9 (incumplimiento) y en rojo las de 0 ~ 50 (incumplimiento).

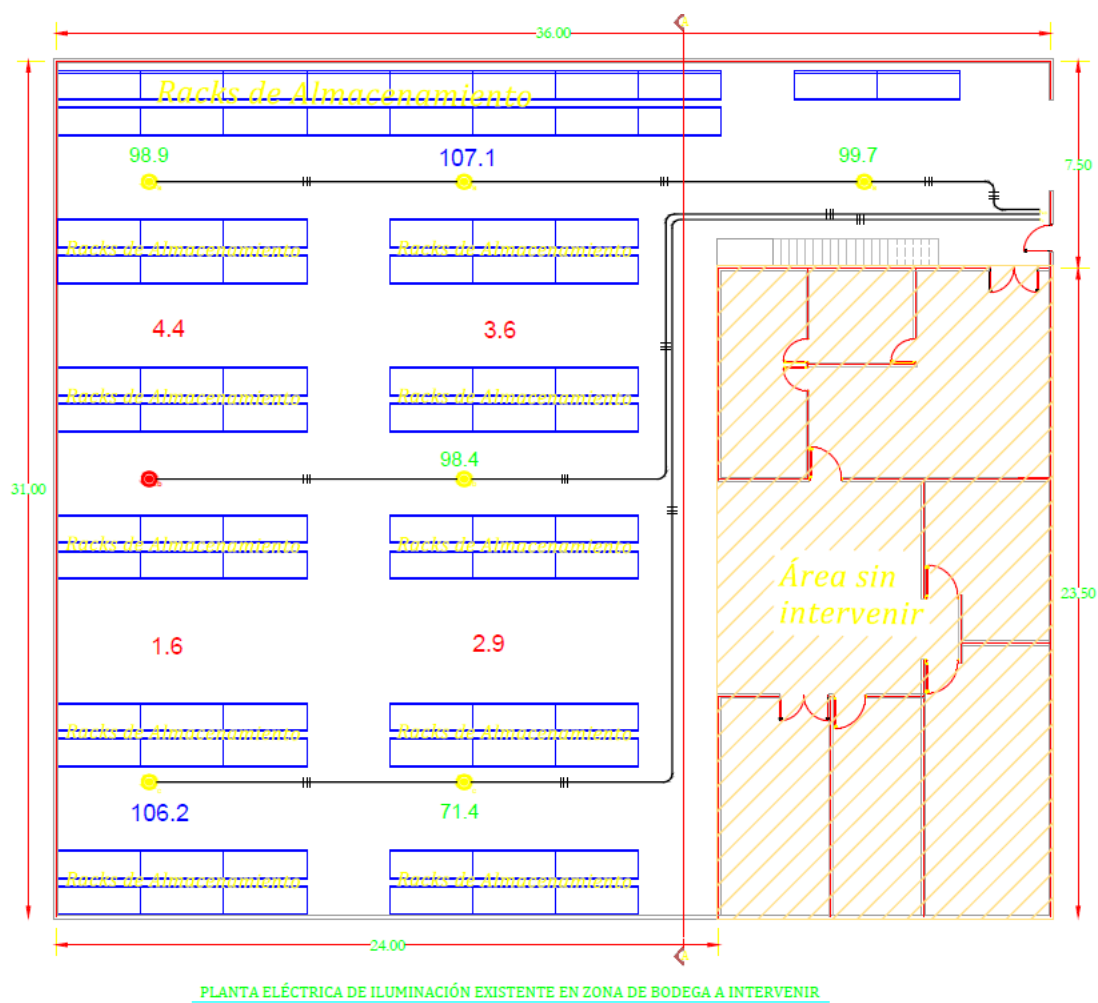


Figura 19. Valores de Flujo Luminoso

Fuente: Elaboración propia con AutoCAD.

En el apéndice 9, se detallan las mediciones realizadas en las 3 áreas, el instrumento utilizado para la medición es un luxómetro STEREN HER-408.

Basándome en la Norma INTE/ISO 8995-12016, se realiza el proceso de medición de la iluminancia en cada una de las secciones:

Tabla 7

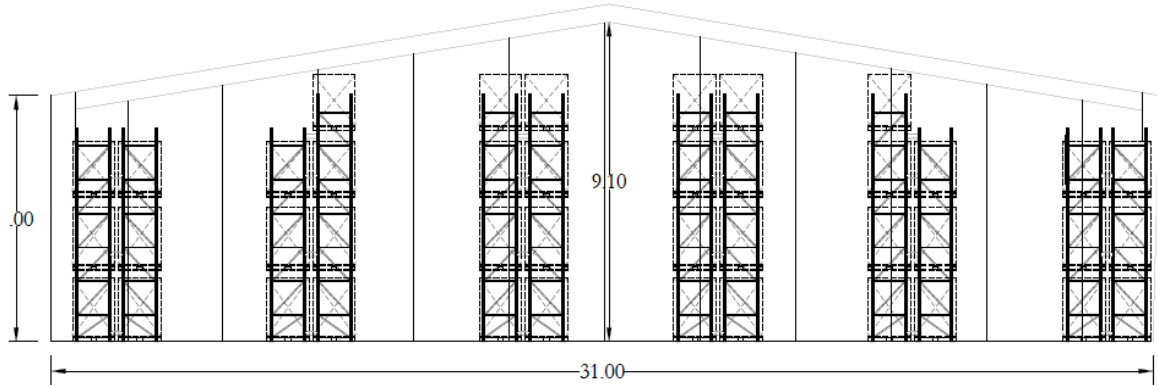
Definición de zonas y detalle de medición con instrumento.

ZONA	VALOR MEDIDO	VALOR NORMADO	CONDICIÓN
1 <i>Zona a desarrollar</i>	Solamente 2 luminarias superan los 100 lux, el área posee zonas con valores inferiores a los 10 lx.	100	Incumplimiento
2	55.8	200	Incumplimiento
3	45.4	200	Incumplimiento

Fuente: Elaboración propia con Word.

De acuerdo a la Norma INTE/ISO 8995-12016, no se estarían alcanzando los valores adecuados, por lo tanto, se realizará un rediseño del sistema de iluminación del área 1.

Por las dimensiones (altura) del área de almacenamiento, se debe de realizar la selección de la luminaria a proponer, con los estándares correspondientes para la aplicación deseada, para esto se utilizaran para la propuesta y el desarrollo del análisis la luminaria Sylvania 402 Luxem LED y la Phillips SmartBright Highbay, cuyas fichas técnicas se pueden apreciar en el Apéndice 10 y Apéndice 11 respectivamente.



ELEVACIÓN ARQUITECTÓNICA EN ZONA DE BODEGA A INTERVENIR

Figura 20. Vista frontal, zona de almacenamiento de materiales

Fuente: Elaboración propia con AutoCAD.



Figura 20. Fotografía interna, zona de almacenamiento de materiales

Fuente: Elaboración propia

Consumo energético en la zona #1

A continuación, se presentan los datos de consumo energético de la zona #1, de acuerdo a la recolección de datos en el ramal de alimentación pertinente.

La tarifa del complejo de bodegas es tarifa comercial, por lo que solo toma en cuenta la demanda máxima del mes y no los períodos punta, valle y nocturno, como solamente se estaría realizando el análisis y el desarrollo en esta zona.

Para poder realizar el cálculo de consumo de las condiciones actuales, se realizó de la siguiente manera:

En el grupo de tableros eléctricos de la bodega, se identifica, ubica el tablero y el circuito ramal al que pertenecen las luminarias de esta zona.



Figura 21. Tablero de distribución eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Con el apoyo de un instrumento de medición marca FLUKE modelo 289, se realiza la verificación del consumo, en Amperios, del circuito ramal al que se encuentran alimentadas las luminarias.

Se debe de aislar la fase del circuito, colocar la pinza en el instrumento, seleccionando la escala correcta, se enciende el instrumento y se realiza la selección del tiempo de medición y se inicia el grabado de los datos, luego de cerrar el circuito de iluminación y así verificar la curva de consumo, posteriormente estos datos serán trasladados a potencia para el cálculo económico.



Figura 22. Instrumento de medición

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron mediciones de consumo durante 6 h, 3 h y 1h, las curvas presentaron un comportamiento similar, debido a que es la misma carga de consumo.

De acuerdo a la ficha técnica de la luminaria instalada, Sylvania modelo 2522, la cual cuenta con un consumo de 485 W por lámpara (Apéndice 4) se realiza la siguiente relación:

$$P = V \cdot I \quad \text{De la cual obtenemos} \quad I = \frac{P}{V} \quad (6)$$

Por lo tanto, 6 luminarias instaladas multiplicado por el valor de potencia 485W

obtenemos un total de 2910 W de potencia, por lo tanto podemos obtener el valor de intensidad de corriente dividiendo el valor la potencia entre el voltaje de del tablero, el cual es de 220 VAC.

El valor de acuerdo a los datos teóricos es de 13.23A, en la figura 23, se puede apreciar la curva de consumo eléctrico del circuito de iluminación. La escala de la pinza corresponde a 1A:1mA.



Figura 23. Curvas de consumo del circuito de alimentación de luminarias

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla donde se totaliza la potencia bajo la tecnología fluorescente, de la siguiente manera:

Tabla 8

Consumo energía eléctrica zona 1

Descripción del recinto	Cantidad de luminarias	Tipo de luminaria	Potencia (Watt)	Total de potencia (Watt)
Almacén	6	Metalarc	450	2910

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Para conseguir el nivel de iluminación apropiado en la zona 1, se aplicará el método de los lúmenes o método del factor de utilización, en este apartado, se muestra el procedimiento:

Del área total = 1116 m², se debe de sustraer 282 m² los cuales corresponden a las áreas no evaluadas, por ende el área de análisis es de 834 m².

Tabla 9

Escenario 1 por método de lúmenes

Ancho (a) : 31 [m]	Iluminancia requerida (E): 100 lx	Coeficientes de reflexión: Techo: 0.5 Pared: 0.35 Suelo: 0.20
Largo (b) : 36 [m]	Luminaria propuesta: Luxen 402	
Altura a luminaria (h) : 7 [m]	Flujo luminoso por luminaria (Φ_L): 10000 lm	
Altura de local: 9 [m]	Factor de mantenimiento (fm) : 0.6	

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Por tratarse de un local con altura elevada se utiliza la fórmula de la tabla 2 de locales con iluminación directa, semidirecta y difusa.

$$h = \frac{4}{5} \cdot (9.1 - 0.6) = 6.8 \approx 7$$

Con todos estos datos, se calcula el índice de local de la siguiente manera por ser iluminación directa:

$$k = \frac{834}{7 \cdot (31+36)} = 1.78$$

Según la teoría de iluminación, se va a tomar un factor de 0.5 para el coeficiente de reflexión, para el método de los lúmenes, debido a que la mayoría de estantes son de colores oscuros y las luminarias que están suspendidas, por lo tanto la curvatura de iluminación es amplia y de ahí, la toma de decisión,

Y se toma la decisión de utilizar un Factor de mantenimiento de 0,6 debido a la altura de instalación de las luminarias.

Posteriormente, colocamos los datos para el cálculo del Flujo Luminoso total requerido:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

$E_m = 100$ de acuerdo a INTE/ISO 8995-1:2016 (p 18) ver apéndice 2.

$S = 834$ Área en m^2 de zona 1.

$C_u = 0,5$

$C_m = 0.6$ de acuerdo a grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. (ambiente sucio)

$$\Phi_T = 278000 \text{ lúmenes}$$

Seguidamente, se determina el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel de iluminación con la siguiente expresión:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

Φ_T = de la ecuación anterior.

$$\Phi_L = 10000$$

$$NL = 7 \text{ luminarias}$$

Tabla 10

Escenario 2 por método de lúmenes

Ancho (a) : 31 [m]	Iluminancia requerida (E): 100 lx	Coeficientes de reflexión: Techo: 0.5 Pared: 0.35 Suelo: 0.20
Largo (b) : 36 [m]	Luminaria propuesta: Luxen 402	
Altura a luminaria (h) : 7 [m]	Flujo luminoso por luminaria (Φ_L): 17000 lm	
Altura de local: 9 [m]	Factor de mantenimiento (fm) : 0.6	

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Por tratarse de las mismas condiciones físicas del local y el área a evaluar, se emplearan los valores obtenidos en las ecuaciones

Seguidamente, se determina el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel de iluminación con la siguiente expresión:

$$NL = \frac{\Phi T}{n \cdot \Phi L}$$

ΦT = de la ecuación anterior.

ΦL = 17000

NL = 4 luminarias

Tabla 11

Escenario 3 por método de lúmenes

Ancho (a) : 31 [m]	Iluminancia requerida (E): 100 lx	Coeficientes de reflexión: Techo: 0.5 Pared: 0.35 Suelo: 0.20
Largo (b): 36 [m]	Luminaria propuesta: SmartBright	
Altura a luminaria (h): 7 [m]	Flujo luminoso por luminaria (Φ_L): 28000 lm	
Altura de local: 9 [m]	Factor de mantenimiento (fm) : 0.6	

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Por tratarse de las mismas condiciones físicas del local y el área a evaluar, se emplearan los valores obtenidos en las ecuaciones

Seguidamente, se determina el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel

de iluminación con la siguiente expresión:

$$NL = \frac{\Phi T}{n \cdot \Phi L}$$

ΦT = de la ecuación anterior.

ΦL = 28000

NL = 10 luminarias

Para realizar la comprobación, pertinente y evaluar si los valores seleccionados cumplen con la Iluminancia media requerida por el área evaluada de acuerdo con la normativa, se puede utilizar la a continuación (fórmula 5)

$$Em = \frac{NL \cdot n \cdot \Phi L \cdot Cu \cdot Cm}{S}$$

Teniendo en consideración este valor, se ejecutará una simulación en el software DIALUX para comparar los resultados obtenidos en las alternativas.

Tabla 12

Comparativa en cantidad de luminarias

Luminaria	Cantidad Método Lúmenes	Cantidad DIALux	% de variación
Sylvania Luxem 402 (80 W)	7	11	36
Sylvania Luxem 402 (160 W)	5	11	54
Phillips SmartBright	10	11	10

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

En el caso de la luminaria Sylvania luxem 402, esta posee 4 lámparas por luminaria, debido a esto los valores obtenidos por el método de los lúmenes en la ecuación 2, corresponden a una cantidad de luminarias muy baja, con respecto al área en la cual se desarrolla el análisis. Además, el tipo de aposento analizado, cuenta con unos racks de almacenamiento los cuales limitan la iluminancia.

En la figura 24, podemos apreciar el fenómeno descrito anteriormente.

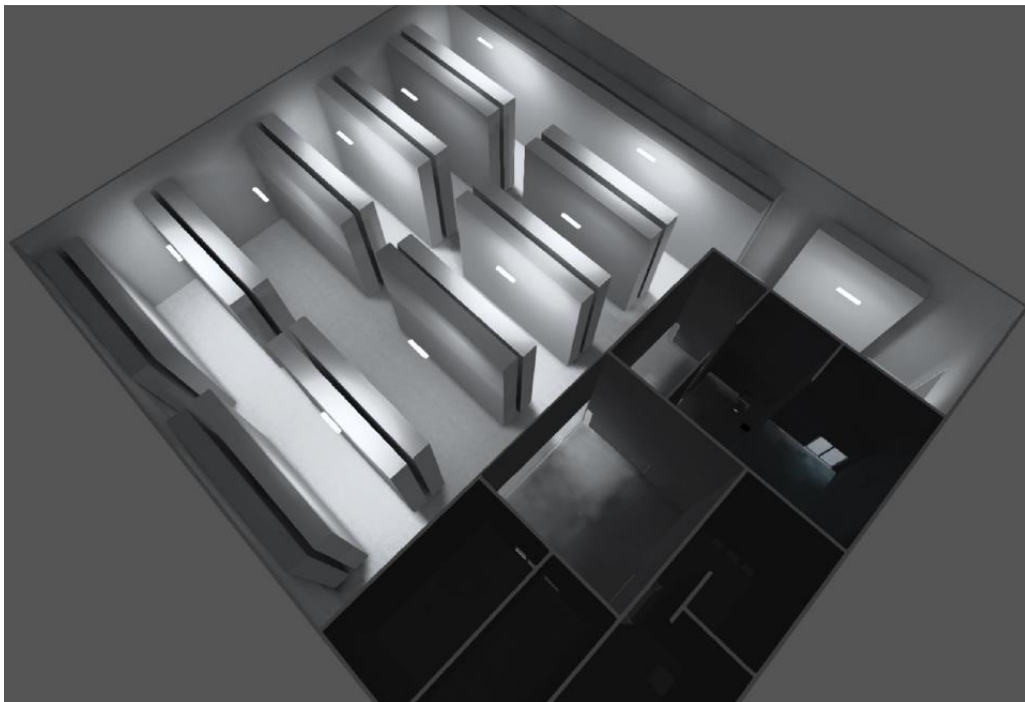


Figura 24. Imagen de Levantamiento en DIALux Bodega # 7 El lago

Fuente: Elaboración propia.

Como se logra corroborar en el área a analizar con una luminaria de 1 sola lámpara (escenario 3) se observa una variación del 10 por ciento, entre el método de los lúmenes y el software DIALux, la cual para efectos de este trabajo se considera despreciable. Por lo tanto se logra evidenciar que la corrida del software DIALux está muy cerca de la realidad del método de los lúmenes, por lo tanto de aquí en adelante vamos a analizar los datos obtenidos

con el software DIALux.

El consumo de la bodega #7 supera el bloque de los 3000 KW/h, por lo tanto, para los cálculos económicos se va utilizar a 60,87 colones, de acuerdo última modificación del costo de la energía publicado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

Además se utilizarán los datos generados en la tabla 8 de este capítulo, para determinar el consumo por concepto de iluminación de esta área. En la tabla 8 se estimó la potencia instalada en Watts, sin embargo, el costo de energía se contabiliza en kWh (Kilowatt-hora), que equivale a la energía consumida por una potencia de 1 kilovatio en 1 hora, razón por la cual se debe de multiplicar la potencia instalada por la cantidad de horas de trabajo o que permanecen encendidas las luminarias.

Basado en lo anterior, se estimó que las luminarias encienden un total de seis horas durante el día, contemplando una media de veintiséis días al mes, puesto que, la utilización de la bodega comprende de lunes a sábado únicamente.

A continuación se presentan estos datos en forma de tabla:

Tabla 13

Costo de la energía mensual y anual sistema actual

Sistema Actual Metalacr				
Potencia en watts	Días de uso	Horas	Potencia al mes KW/h	Costo energía
2910	27	6	471.42	¢28,695.34
2910	24	6	419.04	¢25,506.96
2910	26	6	453.96	¢27,632.55
2910	26	6	453.96	¢27,632.55
2910	26	6	453.96	¢27,632.55
2910	26	6	453.96	¢27,632.55
2910	27	6	471.42	¢28,695.34
2910	26	6	453.96	¢27,632.55
2910	26	6	453.96	¢27,632.55

2910	27	6	471.42	€28,695.34
2910	25	6	436.5	€26,569.76
2910	27	6	471.42	€28,695.34
			Costo Anual	€332,653.33

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

De acuerdo con la tabla anterior, se estima el costo mensual cercano a los €28,000 que se debe cancelar por concepto de la utilización de la iluminación existente, y de una proyección de €332,653.33 anualmente.

Desarrollo del rediseño de iluminación, mediante el software DIALux

De acuerdo al planteamiento y los datos de la tabla 12, se ejecutaron 3 posibles escenarios, en los cuales se buscó mantener una estrecha relación entre los siguientes conceptos asociados a los objetivos de la propuesta:

1. La luminaria propuesta, debe de cumplir con las características adecuadas para el área a desarrollar.
2. Debe de aportar una mejora en el aspecto de la eficiencia energética, asociada a vida útil y consumo eléctrico.
3. Cumplir con los requisitos de iluminación de la Norma INTE/ISO 8995-1:2016, con el mínimo de luminarias posibles para una propuesta factible y atractiva.

Continuando con lo expresado anteriormente, se realizó el siguiente desarrollo, en el primer escenario se utilizó la Luxem 402 (80 W) de Sylvania.

En la tabla 14 se puede observar el cumplimiento el segundo concepto descrito anteriormente.

Tabla 14

Costo de la energía mensual y anual propuesta

Escenario 1 Luxem				
Potencia en watts	Días de uso	Horas	Potencia al mes KW/h	Costo energía
880	27	6	142.56	¢8,677.63
880	24	6	126.72	¢7,713.45
880	26	6	137.28	¢8,356.23
880	26	6	137.28	¢8,356.23
880	26	6	137.28	¢8,356.23
880	26	6	137.28	¢8,356.23
880	27	6	142.56	¢8,677.63
880	26	6	137.28	¢8,356.23
880	26	6	137.28	¢8,356.23
880	27	6	142.56	¢8,677.63
880	25	6	132	¢8,034.84
880	27	6	142.56	¢8,677.63
			Costo Anual	¢100,596.20

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Pero, lastimosamente con las 11 luminarias, no se obtenía en ciertas áreas, el valor requerido por la Norma INTE/ISO 8995-1:2016.

Seguidamente, se realizó el siguiente desarrollo, en el segundo escenario se utilizó la Luxem 402 (160 W) de Sylvania.

En la tabla 15 se puede observar el cumplimiento el segundo concepto descrito anteriormente.

Tabla 15*Costo de la energía mensual y anual propuesta*

<i>Escenario 2 Luxem</i>				
Potencia en watts	Días de uso	Horas	Potencia al mes KW/h	Costo energía
1760	27	6	285.12	€17,355.25
1760	24	6	253.44	€15,426.89
1760	26	6	274.56	€16,712.47
1760	26	6	274.56	€16,712.47
1760	26	6	274.56	€16,712.47
1760	26	6	274.56	€16,712.47
1760	26	6	274.56	€16,712.47
1760	27	6	285.12	€17,355.25
1760	26	6	274.56	€16,712.47
1760	26	6	274.56	€16,712.47
1760	27	6	285.12	€17,355.25
1760	25	6	264	€16,069.68
1760	27	6	285.12	€17,355.25
			Costo Anual	€201,192.39

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

En las figuras 25 y 26, se puede observar, un resumen de los niveles de iluminación alcanzados con las luminarias propuestas, superando el valor de iluminancia requerido por la Norma INTE/ISO 8995-1:2016.

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Zona 1 Bodega de Almacen

Resumen

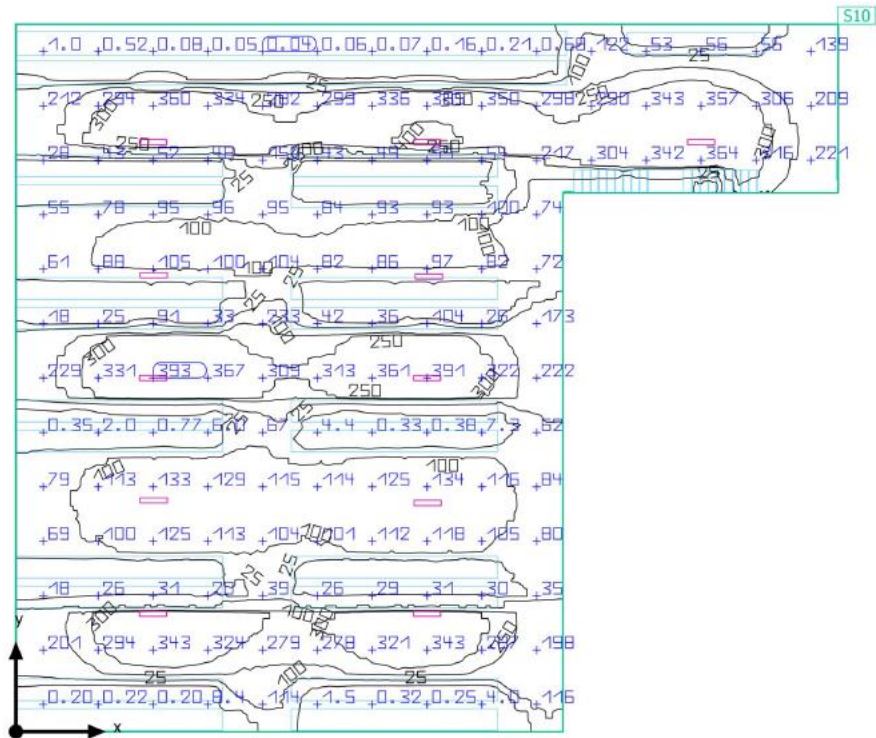


Figura 25. Imagen del desarrollo en DIALux Bodega # 7 El lago

Fuente: Elaboración propia en DIALux.

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Zona 1 Bodega de Almacen

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	136 lx	≥ 100 lx	✓	S10
	g_1	0.00	-	-	S10
Valores de consumo	Consumo	[570 - 660] kWh/a	máx. 28850 kWh/a	✓	
Potencia específica de conexión	Local	4.85 W/m ²	-	-	
		3.56 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Almacén de estantes (alto), Frente de estanterías altas

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
25	FEILO	UL402 48 4 17000L160WR H5K DIF#5	De Colgar/ Iluminacion General	160.0 W	17074 lm	106.7 lm/W

Figura 26. Imagen del desarrollo en DIALux Bodega # 7 El lago**Fuente:** Elaboración propia en DIALux.

Para finalizar, se realizó el siguiente desarrollo, en el tercer escenario se utilizó la SmartBright Highbay 120 (200 W) de Phillips.

En la tabla 16 se puede observar el cumplimiento el segundo concepto descrito anteriormente.

Tabla 16

Costo de la energía mensual y anual sistema propuesto

Escenario 3 SmartBright				
Potencia en watts	Días de uso	Horas	Potencia al mes KW/h	Costo energía
2200	27	6	356.4	¢21,694.07
2200	24	6	316.8	¢19,283.62
2200	26	6	343.2	¢20,890.58
2200	26	6	343.2	¢20,890.58
2200	26	6	343.2	¢20,890.58
2200	26	6	343.2	¢20,890.58
2200	27	6	356.4	¢21,694.07
2200	26	6	343.2	¢20,890.58
2200	26	6	343.2	¢20,890.58
2200	27	6	356.4	¢21,694.07
2200	25	6	330	¢20,087.10
2200	27	6	356.4	¢21,694.07
Costo Anual				¢251,490.49

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

En las figuras 27 y 28, se puede observar, un resumen de los niveles de iluminación alcanzados con las luminarias propuestas, superando el valor de iluminancia requerido por la Norma INTE/ISO 8995-1:2016.

Proyecto Bodegas El Lago #7

DIALux

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Zona 1 Bodega de Almacen

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	181 lx	≥ 100 lx	✓	S10
	g_1	0.000	-	-	S10
Valores de consumo	Consumo	[620 - 710] kWh/a	máx. 28850 kWh/a	✓	
Potencia específica de conexión	Local	5.22 W/m ²	-	-	
		2.88 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Almacén de estantes (alto), Frente de estanterías altas

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
25	PHILIPS		BY121P G4 PSU 1 xLED250S/840 WB	200.0 W	28000 lm	140.3 lm/W

Figura 28. Imagen del desarrollo en DIALux Bodega # 7 El lago**Fuente:** Elaboración propia en DIALux.

Comparación entre las propuestas de luminarias

Tabla 17

Consumo y costo de la energía anual del área desarrollada

Sistema de iluminación actual		Propuesta con tecnología LED Sylvania		Propuesta con tecnología LED Phillips	
Consumo de energía anual (kWh)	Costo anual por consumo de energía	Consumo de energía anual (kWh)	Costo anual por consumo de energía	Consumo de energía anual (kWh)	Costo anual por consumo de energía
5464.98	€332,653.33	3305.28	€201,192.39	4131.6	€251,490.49

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

En la tabla 16, se presentan unificadas las 2 opciones propuestas, contra las condiciones actuales en el edificio, consiste en el resultado de sumar los kilowatt-hora mensuales, el detalle se puede apreciar en las tablas 12, 14 y 15 respectivamente.

Además, se puede evidenciar que el ambas propuestas generarían, un beneficio económico, ya que el consumo eléctrico se reduciría notablemente, dejando de facturar cerca de 5464.98 KWh anuales, lo que representa reducir el consumo eléctrico y el gasto económico en aproximadamente un 24% en la propuesta que demuestra un ahorro menor (Phillips) y un atractivo 40% en la otra opción (Sylvania)

Estimación económica

Para el desarrollo de este proyecto, la inversión inicial consta de tres factores:

1. Inversión en materiales para la instalación de circuitos en los lugares donde se requiera.
2. Costo de mano de obra para el cambio e instalación de luminarias.
3. Inversión en la compra de las luminarias.

Para el primer punto, podemos observar en la tabla 18, se estaría contemplando un monto de ₡77500 por concepto de materiales faltantes, ya que para las actividades de mantenimiento que se desarrollan en Bodegas el Lago poseen una bodega propia.

Tabla 18

Materiales necesarios para la implementación de luminarias.

Material	Precio unitario (₡)	Cantidad	Total (₡)
Tubería 3/4 EMT	5500	10 unidades	55000
Uniones 3/4 UL	400	10 unidades	4000
Conector 3/4	300	10 unidades	3000
Conector roscado 3M	7500		7500
Curva 3/4 UL	1000	8 unidades	8000
TOTAL			₡ 77500

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

El complejo de bodegas posee su propio personal de mantenimiento, por lo tanto, se estaría despreciando el rubro de mano de obra, por la razón antes descrita.

Para la adquisición de las luminarias, se realizó una solicitud de cotización la cual se

detalla a continuación:

Tabla 19

Costo de las luminarias de los escenarios propuestos por distribuidor.

Marca	Modelo	Costo de luminaria nueva (C\$)	Cantidad de Luminarias requeridas	Total
Sylvania 160W	402 Luxem LED	C\$153245	11	C\$1685695
Phillips	SmartBright Highbay BY321P	C\$155940	11	C\$1715340

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Solamente de la tabla anterior, se estaría seleccionando 1 de las 2 opciones de luminaria. Se muestran ambos escenarios, por si hay deseo de seleccionar otro modelo de luminaria, distinto a la propuesta que se plantee, tomando en cuenta otras consideraciones como afinidad de marca, tamaño o método de instalación entre otras.

Para el resto del análisis, y puesto que son luminarias de costo similares, se estaría haciendo referencia al cambio de lámpara de descarga de mercurio por luminaria LED de 160 W.

Proyección de aumento de tarifa eléctrica

Se realizó un análisis sobre el aumento de precio por kWh para la tarifa de comercios, servicios e industrias T-CO de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, el cual está basado en un documento de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP).

A continuación, se presenta la tabla19 con la tabulación de los precios desde el año 2018 al 2021 y su comportamiento por cuatrimestre:

Tabla 20*Evaluación del incremento del costo de la energía eléctrica*

TARIFA COMERCIOS, SERVICIOS E INDUSTRIAS T-CO CNFL	AÑOS			
	2018	2019	2020	2021
MES				
enero	73.16	64.22	78.74	66.2
febrero	73.16	64.22	78.74	66.2
marzo	73.16	64.22	78.74	66.2
abril	72.58	73.03	78.74	66.69
mayo	72.58	73.03	78.74	67.31
junio	72.58	75.26	78.74	63.29
julio	74	75.26	77.22	63.29
agosto	74	75.26	77.29	63.29
septiembre	74	75.26	77.29	63.29
octubre	73.12	76.59	73.72	60.87
noviembre	73.12	76.59	73.72	60.87
diciembre	73.12	76.59	73.72	60.87
Incremento %	-0.7	19.3	-6.8	-8.8

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Si bien es cierto que hay una solicitud de incremento en la tarifa para el próximo año (Delfino, 2021) dado que, este año y el 2020 no presentaron incrementos evaluados en la tabla 20, además dada la situación de la pandemia por COVID-19, para efectos de este trabajo, debido a que la tendencia es a la baja, poder determinar un factor de corrección, se determino mantener el monto del costo de la energía en 60.87 KW/h, no se estaría considerando un incremento, proyectado en el análisis.

Tabla 21*Resumen de análisis de inversión*

Cantidad de luminarias requeridas	11
Tipo	Descarga de mercurio
Consumo	485
Costo	0
Tipo Luminaria nueva	LED
Consumo luminaria nueva	160
Uso	Interior
<u>Costo (IVI)</u>	€153245
CÁLCULO DEL AHORRO	
Costo de compra	€1685695
Disminución de potencia	40%
Costo por instalación	€77500
Total ahorro mensual	€22955
Tiempo de retorno de inversión	6
Años de ganancia	18

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.**Análisis de retorno de inversión****Tabla 22***Flujos de efectivo para cambio de luminaria propuesta*

Año	Inversión	Ahorro	Balance Total	Valor presente
0	-€1,763,195.00	-€1,763,195.00	-€1,763,195.00	-€1,763,195.00
1	€0.00	€275,460.94	€1,487,734.06	€1,403,522.70
2	€0.00	€275,460.94	€1,212,273.12	€1,078,918.76
3	€0.00	€251,460.94	€960,812.18	€806,716.44
4	€0.00	€251,460.94	€709,351.24	€561,872.62
5	€0.00	€239,460.94	€469,890.30	€351,129.37

6	∅0.00	∅239,460.94	∅230,429.36	∅162,443.61
			VAN	∅2,395,872.19
			TIR	13.05%
			ROI	6.70
7	∅0.00	∅239,460.94	-∅9,031.58	-∅6,006.52
8	∅0.00	∅239,460.94	-∅248,492.52	-∅155,907.28
9	∅0.00	∅227,460.94	-∅475,953.46	-∅281,716.12
10	∅0.00	∅227,460.94	-∅703,414.40	-∅392,782.93
11	∅0.00	∅227,460.94	-∅930,875.34	-∅490,373.52
12	∅0.00	∅227,460.94	-∅1,158,336.28	-∅575,657.64
13	∅0.00	∅215,460.94	-∅1,373,797.22	
14	∅0.00	∅215,460.94	-∅1,589,258.16	
15	∅0.00	∅215,460.94	-∅1,804,719.10	
16	∅0.00	∅215,460.94	-∅2,020,180.04	
17	∅0.00	∅215,460.94	-∅2,235,640.98	
18	∅0.00	∅215,460.94	-∅2,451,101.92	
19	∅0.00	∅203,460.94	-∅2,654,562.86	
20	∅0.00	∅203,460.94	-∅2,858,023.80	
21	∅0.00	∅203,460.94	-∅3,061,484.74	
22	∅0.00	∅203,460.94	-∅3,264,945.68	
23	∅0.00	∅203,460.94	-∅3,468,406.62	
24	∅0.00	∅203,460.94	-∅3,671,867.56	

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Como se puede observar en la tabla 21, en el valor del ahorro mensual por ∅22955, se compone por costo de reducción de potencia ∅10955 y el costo de horas de mantenimiento mensual, empleadas en el área evaluada, ∅12000.

El monto de mantenimiento corresponde a 6h mensuales con un valor de ∅2000/h las cuales se distribuyen en las semanas del mes.

En la tabla 23, se puede observar el detalle del monto de ahorro indicado en la tabla 22.

Tabla 23

Detalle del ahorro en consumo y horas mantenimiento anuales

Diferencia de Consumo	Horas Mantenimiento	Total Ahorro Anual
€131460.94	€144000 (6 h mensuales)	€275,460.94
€131460.94	€24000 (1 h mensuales)	€251,460.94
€131460.94	€36000 (1.5 h mensuales)	€239,460.94
€131460.94	€48000 (2 h mensuales)	€227,460.94
€131460.94	€60000 (2.5 h mensuales)	€215,460.94
€131460.94	€72000 (3 h mensuales)	€203,460.94

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Como se puede observar en las tablas anteriores, los resultados son muy efectivos para esta sustitución, obteniéndose un VAN y un ROI positivos, así como un buen porcentaje de TIR.

El Valor Actual Neto de los flujos de ahorro anuales se obtuvo utilizando la fórmula VNA de Excel y se aplicó a los flujos de los periodos estimados y considerando además la inversión inicial. La tasa de descuento utilizada es de un 6 %

La Tasa Interna de Retorno se determinó aplicando la fórmula TIR de Excel a los flujos de ahorro anuales proyectados.

Como se muestra en la tabla 22, durante los primeros seis años, se estaría pagando la

inversión de las luminarias LED, y a partir del año 7 se obtendría un ahorro.

Dichos resultados permiten llegar a la conclusión de que la sustitución también es viable desde el punto de vista económico, por lo que debería ser tomada en cuenta para implementación, considerando también su viabilidad desde el punto de vista técnico.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tal como se indica en el objetivo número 1, se procedió a realizar el levantamiento del estado actual de las luminarias en bodegas el Lago (bodega # 7), en la figura 16 ubicada en el capítulo IV, se detalla tanto el área analizada como la cantidad de luminarias instaladas.

El área de almacenamiento de materiales cuenta con 7 luminarias Sylvania modelo 2522 con una potencia de 485 W y alimentación de 220 VAC, las cuales se ven representadas en la figura 15 y su ficha técnica respectiva, en el anexo 4 de este trabajo.

Mediante el levantamiento realizado en el área seleccionada, se apreciaron luminarias dañadas, en condiciones de limpieza inadecuadas y con opciones de mejora por medio de ahorro energético.

Para poder determinar si la iluminación del recinto se encontraba dentro del cumplimiento de la Norma INTE/ISO 8995-1:2016, se realizaron mediciones con el apoyo de un Luxómetro (STEREN HER-408) como se representa en la figura 18 y el Apéndice 9, posterior a esta medición, quedo demostrado que no se alcanza los valores mínimos de iluminancia con respecto al tipo de área y las actividades que se desarrollan, como se indica en el apéndice 2, además, en la figura 19 se representa la evaluación al área respectiva y la razón por la cual se llegó a la conclusión anterior.

Una vez, realizado el estudio de la comparación, de los métodos de iluminación, se determinó la necesidad de emplear una luminaria que posea prestaciones para el montaje en altura, de acuerdo a la oferta del mercado nacional, se plantean 2 opciones que cumplen con el valor de iluminancia mantenida, requerida por la normativa.

Los niveles de iluminación, uniformidad y deslumbramiento se encuentran dentro de parámetros aceptados por la normativa nacional vigente de acuerdo al método de lúmenes y el software, el cual facilita la proyección y la apreciación de la entrega de la información y favorece a los tiempos de análisis.

Una de ellas seria, la 402 Luxem de Sylvania, dando una iluminancia mantenida de 136 luxes, como se puede observar en la figura 26 y la Highball de Phillips, dando una iluminancia mantenida de 181 luxes, la cual se puede observar en la figura 28.

Se realizó el rediseño seleccionando la opción de Sylvania, puesto que, presenta un consumo eléctrico menor, en comparación con la Phillips, por esta razón aportara mejores resultados para el retorno de la inversión, como se puede observar en la tabla 17 contrastado con el sistema actual.

Así como podemos observar, en la página 97, en la tabla 17, del costo y consumo de la energía anual, después de realizar la verificación de los consumos eléctricos correspondientes a la iluminación, se determinó que el costo de facturación es de 5464.98 KW/h, a la tarifa actual de 60,87 serían ₡332,653.33 al año, aproximadamente, implementando la propuesta de migración de tecnología, se logra determinar en la tabla 20, una reducción de un 40% , dicho valor, representa un costo a la tarifa actual de ₡10955 mensual.

Debido a los factores asociados al tipo de luminaria instalada y el área asociada ejemplificada en la figura 16 (bodega de materiales) con el cambio de luminarias y la colocación de 4 luminarias, para abarcar todas las áreas correspondientes, se obtendría un aumento de eficiencia de un 38%.

Para finalizar, luego del desarrollo de análisis financiero, como se puede observar en la tabla 22 (pág. 101) que, de la implantación del proyecto, tendrá una tasa interna de retorno (TIR) positiva y de un 13,05 %, además, de acuerdo con el esquema y a la aplicación del concepto de retorno sobre inversión, a partir del año número 6, estaría cubierta la inversión inicial y el resto de la vida útil de las luminarias propuestas sería el valor de ahorro.

Se invita, a evaluar el desarrollo de este análisis, como un plan de mejora real, el cual podría ser continuado en las áreas que no fueron evaluadas a profundidad y que, presentan incumplimiento de la normativa descrito en la tabla 7.

Se recomienda replicar el desarrollo en las demás áreas de almacenamiento de materiales del complejo, realizando al ajuste de espacio físico, de acuerdo con el dimensionamiento de cada bodega.

Para un próximo alcance de este trabajo, se recomienda incluir el estudio de los sistemas de iluminación de emergencia, basados en la NFPA 101 Código de Seguridad Humana.

Debido a la situación actual del país, asociado a la pandemia COVID -19, no hay un panorama claro con respecto a los incrementos en costo de la energía. Si se presentan incrementos en los años futuros, se recomienda agregar dichos incrementos al análisis financiero y por ende, el retorno sobre inversión sería en un tiempo menor, incrementando los años de ahorro.

Con el constante avance de la tecnología, se recomienda que otros investigadores, realicen el análisis con luminarias de otra tecnología o considerando modificaciones estructurales para incrementar la eficiencia del rediseño.

La investigación y lectura de los temas afines a ésta tesis fueron de vital importancia, por lo que, gracias a ésta tesis se ha logrado un aprendizaje.

Todo lo anterior hace que el objetivo principal de ésta tesis es el de brindar una propuesta sobre eficiencia energética en una bodega de materias primas, que satisfaga la necesidad de iluminación de acuerdo a las pautas de diseño correspondientes en Costa Rica.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Descripción

El proyecto pretende crear una mejora en la iluminación de un área de trabajo y poder replicar con éxito en las demás bodegas del complejo.

Como parte del diagnóstico se obtuvo el consumo energético del área designada y se hizo una visita técnica al lugar donde se pudo tomar las mediciones del área principal a la posible intervención.

Por medio de la información que se obtuvo en el diagnóstico, se determinó que el sistema de iluminación no cumple con la normativa nacional (Norma INTE/ISO 8995-1:2016)

Por medio del análisis de resultado en el capítulo V se determina que hay oportunidad de mejorar el aprovechamiento de la energía y por ende la eficiencia energética.

Propuesta de implementación del diseño

Debido a la ausencia de luminarias en algunas áreas de la bodega de almacenamiento, realizar el levantamiento de materiales para proformar los elementos que se requieran para estas nuevas luminarias, una vez este paso este desarrollado, comparar contra los materiales disponibles para ser lo más eficiente posible.

Definir el sí se empleará la luminaria desarrollada en el análisis o si por condiciones físicas o de otra índole, deciden la otra opción, que también cumple con características, tomando a cuenta que el retorno de la inversión sería de mayor tiempo y por ende los años de ahorro también se verían afectados.

Coordinar con el personal operativo y de mantenimiento el cronograma de trabajo para no perjudicar ninguna unidad de negocio.

Con el incremento de 4 luminarias y la migración a una tecnología con mejores prestaciones en eficiencia y vida útil, como lo es el LED, con una inversión de ¢1,763,195.00 estarían obteniendo una disminución de potencia instalada de un 40 %, además, que si por

dinámica de la compañía de facturación eléctrica, se aprueban incrementos en la energía, este valor tendría un incremento.

O bien, si la necesidad de utilización del circuito de iluminación incrementa, la migración de luminarias, brindaría mejores prestaciones.

Por las horas de utilización de los circuitos, se proyecta una vida útil de 24 años (50000 h), una tasa interna de retorno (TIR) de 13.05% y un periodo de recuperación de inversión de 6 años.

REFERENCIAS

BOE (Boletín Especial del Estado). 2012. Documento Básico DB-HE “Ahorro de Energía” (en línea). España. Núm 209. Sec I. 67179- 67181 p. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/09/12/pdfs/BOE-A-2013-9511.pdf>

FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid), ES. 2015. Guía sobre tecnología LED en el alumbrado (en línea). Consultado el 1 Jun 2015. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf>

Chanto, F. J. (2005). Gestión energética y los programas de uso eficiente de la energía para la Industria. San José, Costa Rica.

ISO. (2011). Gana el desafío de la energía con ISO 50001. ISO, 1-13. Obtenido de http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf

Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (s.f.). Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes. E.T.S. Arquitectura.

Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, Normativa técnica nacional. Recuperado de: <https://aresep.go.cr/normativa/1392-normativa-tecnica-nacional>

Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago. (2020). Tarifas vigentes. Recuperado de: <https://www.jasec.go.cr/contactenos/>

Puga Muñoz M. (s.f.). Fundamentos básicos de finanzas, VAN y TIR. Recuperado de: http://accioneduca.org/admin/archivos/clases/material/valor-actual-neto-y-tasa-interna-de-retorno-van-y-tir_1563977885.pdf

Ezquerro, G.; Gandolfo, M.; Ramos, A.; Urraca I.; 2001. Guía técnica de la eficiencia energética en iluminación. Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético y Comité español de Iluminación . Madrid. Ed. Marzo 2001. Pag 75

MINAE, 2011. VI Plan Nacional de Energía 2012-2030. (en línea). San José, CR. Consultado el 2 Oct 2014. Disponible en: http://www.dse.go.cr/es/03publicaciones/01PoliticaEnerg/Vl_Plan_Nacional_de_Energia_2012-2030.pdf. Pdf Diciembre 2011

Martínez, E. I. y Mora, O. A. (2018). Cálculo del número de luminarias para un espacio arquitectónico por el método de lúmenes. *Unidades de Apoyo para el Aprendizaje*. CUAED/Facultad de Arquitectura-UNAM

Romero, J., & Quintana, C. (s.f.). *Unidades y Conceptos de Iluminación*. Departamento de Ingeniería Eléctrica, ULPGC. Recuperado de: http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/11/11748/Tema_02.pdf

Martínez Z., A. (2012). *Magnitudes luminosas*. Universidad del País Vasco. Recuperado de: http://www.ehu.es/alfredomartinezargote/tema_4_archivos/luminotecnia/05%20Magnitudes%20luminosas.pdf

Gómez, F., Sanhueza, P., & Díaz, J. (2012, Julio). *Guía Práctica de Iluminación de Exteriores*. Retrieved from OPCC. OTPC: http://www.iac.es/adjuntos/otpc/opcc-otpc_guia.pdf

Universidad de Navarra. (s.f.). Tipos de lámparas. Recuperado de: http://www.unav.es/ted/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm

<https://www.cnfl.go.cr/servicios-electricos-para-inmuebles/tarifas-vigentes/tarifa-comercios-y-servicios-t-co>

https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/campanas-industriales/coreline-campana-g4/911401578651_EU/product

<https://delfino.cr/2021/10/ice-solicita-aumento-del-20-por-ciento-a-la-tarifa-de-electricidad-para-el-2022>

Apéndices

Apéndice 1. Imagen aérea de la ubicación del lugar a desarrollar la propuesta.



Fuente: Google Maps

Apéndice 2. Imagen de Tabla Norma INTE/ISO 8995-1:2016 (p 18)

LISTADO DE INTERIORES (AREAS), TAREAS O ACTIVIDADES CON ESPECIFICACION DE LA ILUMINANCIA, LA LIMITACION DEL DESLUMBRAMIENTO Y LA CALIDAD DE COLOR

Tipo de interior, tarea o actividad	E_m lux	CUD_L	R_a	Observaciones
1. AREAS GENERALES DE EDIFICACIONES				
Vestíbulos de entrada	100	22	60	
Salas de estar	200	22	80	
Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	En las salidas y entradas proporcionar una zona de transición y evitar cambios súbitos
Escaleras, escaleras mecánicas y bandas transportadoras (de personas)	150	25	40	
Rampas/zonas de carga	150	25	40	
Comedores	200	22	80	
Áreas de descanso	100	22	80	
Salas para ejercicios físicos	300	22	80	
Guardarropas, cuartos de aseo, baños, tocadores	200	25	80	
Enfermerías	500	19	80	
Sala de atención médica	500	16	90	T_{cp} 4 000 k, como mínimo
Cuartos técnicos (industrias), cuartos de equipos eléctricos	200	25	60	
Cuarto de correspondencia, tablero de interruptores	500	19	80	
Almacén, cuartos de mercancías, almacén refrigerado	100	25	60	200 lux si están ocupados continuamente
Áreas de despacho, embalaje, manipulación	300	25	60	
Estación de control	150	22	60	200 lux si están ocupados continuamente

Fuente INTE/ISO 8995-1:2016

Apéndice 3. Imagen de Tabla Potencia- Flujo luminoso

Tipo de fuente luminosa	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)
Vela de cera		10
Lámpara incandescente	40	430
	100	1300
	300	5000
Lámpara Fluorescente compacta	7	400
	9	600
Lámpara Fluorescente tubular	20	1030
	40	2600
	65	4100
Lámpara de Vapor de Mercurio	250	13500
	400	23000
	700	42000
Lámpara de Mercurio Halogenado	250	18000
	400	24000
	100	80000
Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión	250	25000
	400	47000
	1000	120000
Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión	55	8000
	135	22500
	180	33000
Lámparas Led	1.3	50
	5	250
	9	550
	18	1600
	30	2600

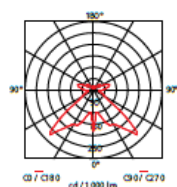
Fuente: INDALUX - Bibliografía

Apéndice 4. Luminaria instalada Catalogo de Sylvania 2007-2008

CATÁLOGO 2007

59

2516 / 2522 / 2525



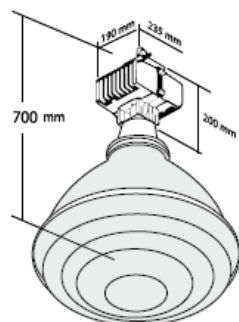
2522-1-400MET C DIF

Diseñadas para iluminación general en aplicaciones comerciales e industriales. Cuentan con refractor acrílico prismático de 16, 22 o 25 pulgadas. Opcionalmente se supe difusor acrílico prismático tipo bandeja. Puede ser suplida con control auxiliar de reencendido instantáneo.

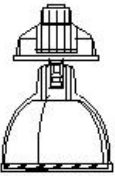

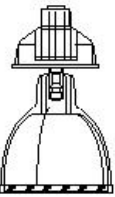

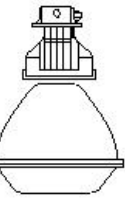
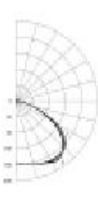



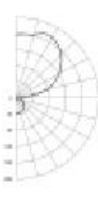
N° Catálogo	Consumo Watts	Tipo de Bulbo
LUMINARIAS DE METALARC		
2516-1-175MET-240V	210	MP175/BU
2516-1-250MET-240V	295	MP250/BU
2516-1-400MET-240V	485	M400/U
2522-1-175MET-240V	210	MP175/BU
2522-1-250MET-240V	295	MP250/BU
2522-1-360MET-240V	414	MS360/SS/BU
2522-1-400MET-240V	485	M400/U
2525-1-250MET-240V	295	MP250/BU
2525-1-320MET-240V	368	MS320/PS/BU
2525-1-360MET-240V	414	MS360/SS/BU
2525-1-400MET-240V	485	M400/U
LUMINARIAS DE SODIO		
2516-1-150HPS-240V	188	LU150/55
2516-1-250HPS-240V	295	LU250
2522-1-150HPS-240V	188	LU150/55
2522-1-250HPS-240V	295	LU250
2522-1-400HPS-240V	457	LU400

Voltajes disponibles:

120V, 208V, 240V, 277V o cuadrivoltaje



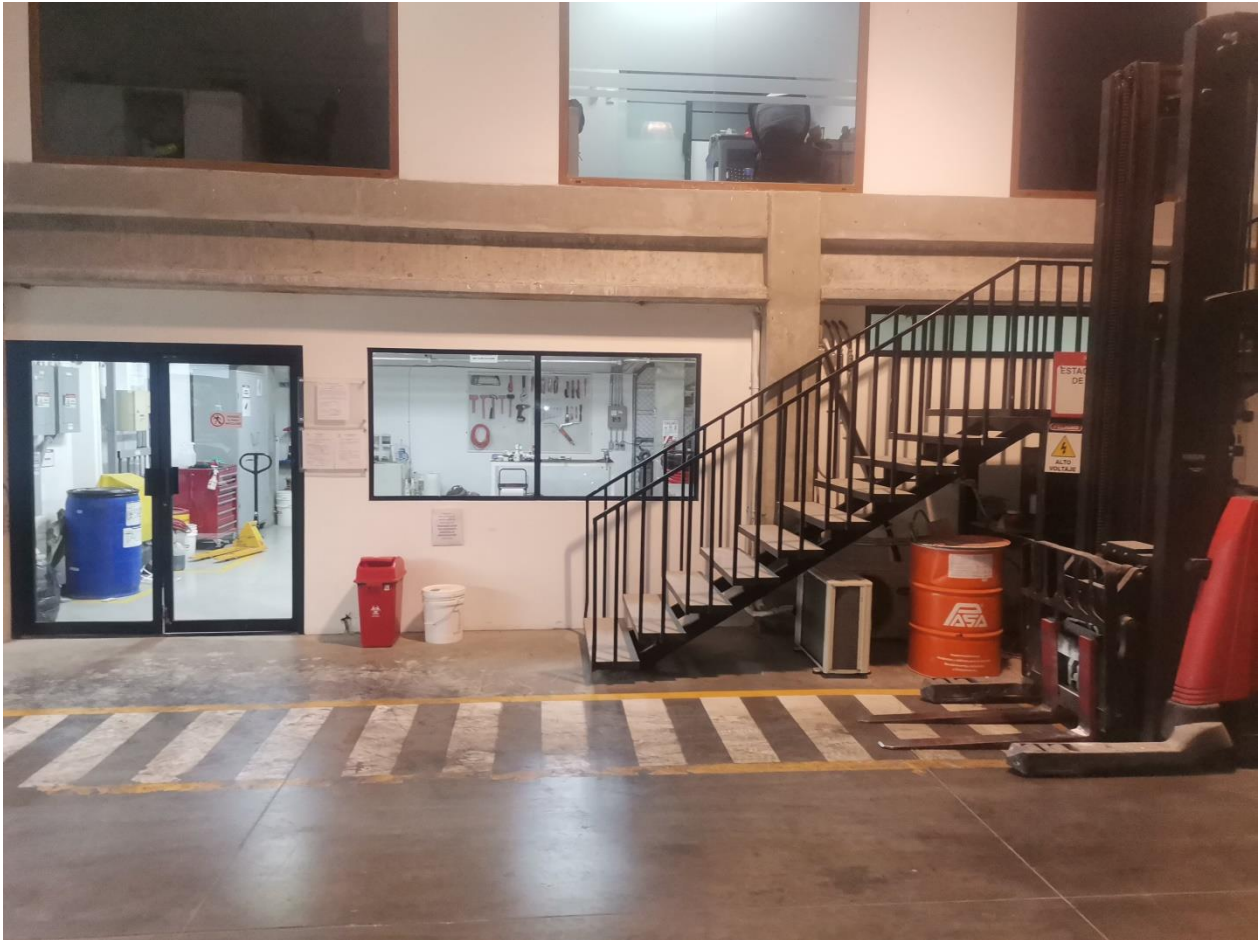
Apéndice 5. Tablas del Coeficiente de utilización IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) pag.413

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution	$\rho_{cc} \rightarrow$			$\rho_w \rightarrow$			$\rho_{cc} \rightarrow$			$\rho_w \rightarrow$			$\rho_{cc} \rightarrow$			$\rho_w \rightarrow$		
		80			70			50			30			10			0		
		70	50	30	70	50	30	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
		RCR ↓						Lamp = M400/C/U						SC (along, across, 45°) = 1.3, 1.3, 1.2					
		EFF = 59%						% DN = 77.9%						% UP = 22.1%					
16		0	0.67	0.67	0.67	0.64	0.64	0.64	0.58	0.58	0.58	0.53	0.53	0.53	0.48	0.48	0.48	0.46	
		1	0.62	0.59	0.57	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50	0.49	0.48	0.46	0.45	0.43	0.43	0.42	0.40	
		2	0.57	0.53	0.50	0.55	0.51	0.48	0.47	0.45	0.43	0.43	0.41	0.40	0.40	0.38	0.37	0.35	
		3	0.53	0.48	0.44	0.51	0.46	0.43	0.43	0.40	0.37	0.40	0.37	0.35	0.36	0.35	0.33	0.31	
		4	0.50	0.44	0.39	0.47	0.42	0.38	0.39	0.36	0.33	0.36	0.34	0.32	0.34	0.32	0.30	0.28	
		5	0.46	0.40	0.35	0.44	0.38	0.34	0.36	0.33	0.30	0.33	0.31	0.28	0.31	0.29	0.27	0.26	
		6	0.43	0.37	0.32	0.41	0.35	0.31	0.33	0.30	0.27	0.31	0.28	0.26	0.29	0.27	0.25	0.23	
		7	0.40	0.34	0.29	0.39	0.33	0.28	0.31	0.27	0.25	0.29	0.26	0.24	0.27	0.24	0.23	0.21	
		8	0.38	0.31	0.27	0.36	0.30	0.26	0.28	0.25	0.22	0.27	0.24	0.22	0.25	0.23	0.21	0.20	
		9	0.36	0.29	0.24	0.34	0.28	0.24	0.26	0.23	0.21	0.25	0.22	0.20	0.23	0.21	0.19	0.18	
		10	0.33	0.27	0.23	0.32	0.26	0.22	0.24	0.21	0.19	0.23	0.20	0.18	0.22	0.19	0.18	0.17	
High bay, open prismatic reflector, medium		EFF = 61.5%						% DN = 83.7%						% UP = 16.3%					
17		0	0.71	0.71	0.71	0.68	0.68	0.68	0.63	0.63	0.63	0.58	0.58	0.58	0.54	0.54	0.54	0.51	
		1	0.65	0.62	0.59	0.62	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47	0.46	0.45	0.43	
		2	0.59	0.55	0.51	0.57	0.53	0.49	0.49	0.46	0.43	0.45	0.43	0.41	0.42	0.40	0.39	0.37	
		3	0.54	0.48	0.44	0.52	0.47	0.42	0.43	0.40	0.37	0.40	0.38	0.35	0.38	0.35	0.33	0.32	
		4	0.50	0.43	0.38	0.48	0.42	0.37	0.39	0.35	0.32	0.36	0.33	0.30	0.34	0.31	0.29	0.27	
		5	0.46	0.38	0.33	0.44	0.37	0.32	0.35	0.31	0.27	0.32	0.29	0.26	0.30	0.27	0.25	0.24	
		6	0.42	0.34	0.29	0.40	0.33	0.28	0.31	0.27	0.24	0.29	0.26	0.23	0.27	0.24	0.22	0.21	
		7	0.39	0.31	0.26	0.37	0.30	0.25	0.28	0.24	0.21	0.27	0.23	0.20	0.25	0.22	0.19	0.18	
		8	0.36	0.28	0.23	0.35	0.27	0.22	0.26	0.21	0.18	0.24	0.20	0.18	0.23	0.19	0.17	0.16	
		9	0.34	0.25	0.21	0.32	0.25	0.20	0.23	0.19	0.16	0.22	0.18	0.16	0.21	0.18	0.15	0.14	
		10	0.31	0.23	0.19	0.30	0.23	0.18	0.21	0.17	0.15	0.20	0.17	0.14	0.19	0.16	0.14	0.12	
High bay, open prismatic reflector, wide		EFF = 72.5%						% DN = 97.8%						% UP = 2.2%					
18		0	0.86	0.86	0.86	0.84	0.84	0.84	0.80	0.80	0.80	0.76	0.76	0.76	0.73	0.73	0.73	0.71	
		1	0.78	0.75	0.71	0.76	0.73	0.70	0.69	0.67	0.65	0.66	0.64	0.63	0.63	0.62	0.60	0.59	
		2	0.71	0.65	0.60	0.69	0.63	0.59	0.60	0.56	0.53	0.58	0.54	0.52	0.55	0.53	0.50	0.49	
		3	0.64	0.56	0.50	0.62	0.55	0.50	0.53	0.48	0.44	0.51	0.46	0.43	0.48	0.45	0.42	0.40	
		4	0.59	0.50	0.43	0.57	0.49	0.42	0.47	0.41	0.37	0.45	0.40	0.36	0.43	0.39	0.36	0.34	
		5	0.54	0.44	0.37	0.52	0.43	0.37	0.41	0.36	0.32	0.40	0.35	0.31	0.38	0.34	0.31	0.29	
		6	0.49	0.39	0.33	0.48	0.39	0.32	0.37	0.31	0.27	0.36	0.31	0.27	0.34	0.30	0.26	0.25	
		7	0.46	0.35	0.29	0.44	0.35	0.28	0.33	0.28	0.24	0.32	0.27	0.23	0.31	0.27	0.23	0.22	
		8	0.42	0.32	0.26	0.41	0.31	0.25	0.30	0.25	0.21	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.19	
		9	0.39	0.29	0.23	0.38	0.29	0.23	0.28	0.22	0.19	0.27	0.22	0.18	0.26	0.22	0.18	0.17	
		10	0.37	0.27	0.21	0.36	0.26	0.21	0.26	0.20	0.17	0.25	0.20	0.17	0.24	0.20	0.16	0.15	
Low bay with drop lens, narrow		EFF = 75.3%						% DN = 8.1						% UP = 91.9					
19		0	0.73	0.73	0.73	0.63	0.63	0.63	0.45	0.45	0.45	0.29	0.29	0.29	0.13	0.13	0.13	0.06	
		1	0.66	0.63	0.60	0.57	0.55	0.52	0.39	0.38	0.36	0.25	0.24	0.23	0.11	0.11	0.11	0.05	
		2	0.60	0.55	0.51	0.52	0.48	0.44	0.34	0.32	0.30	0.21	0.20	0.19	0.10	0.09	0.09	0.04	
		3	0.55	0.48	0.43	0.47	0.42	0.37	0.30	0.27	0.25	0.19	0.17	0.16	0.09	0.08	0.07	0.03	
		4	0.50	0.42	0.37	0.43	0.37	0.32	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.08	0.07	0.06	0.02	
		5	0.46	0.37	0.32	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.18	0.15	0.13	0.11	0.07	0.06	0.05	0.02	
		6	0.42	0.33	0.28	0.36	0.29	0.24	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.06	0.05	0.05	0.02	
		7	0.39	0.30	0.24	0.33	0.26	0.21	0.19	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.05	0.05	0.04	0.02	
		8	0.36	0.27	0.21	0.31	0.23	0.19	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	
		9	0.33	0.24	0.19	0.28	0.21	0.17	0.15	0.12	0.10	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	
		10	0.31	0.22	0.17	0.26	0.19	0.15	0.14	0.11	0.09	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	
Glowing suspended bowl, MH		EFF = 81.5%						% DN = 15.3						% UP = 84.7					
20		0	0.81	0.81	0.81	0.71	0.71	0.71	0.52	0.52	0.52	0.35	0.35	0.35	0.20	0.20	0.20	0.13	
		1	0.73	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.45	0.43	0.42	0.30	0.29	0.28	0.17	0.16	0.16	0.10	
		2	0.66	0.60	0.55	0.58	0.53	0.49	0.39	0.36	0.34	0.26	0.25	0.23	0.15	0.14	0.13	0.08	
		3	0.60	0.53	0.47	0.53	0.46	0.42	0.34	0.31	0.29	0.23	0.21	0.20	0.13	0.12	0.11	0.06	
		4	0.55	0.47	0.40	0.48	0.41	0.36	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.17	0.11	0.10	0.09	0.05	
		5	0.50	0.41	0.35	0.44	0.36	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.10	0.09	0.08	0.05	
		6	0.46	0.37	0.30	0.40	0.32	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.09	0.08	0.07	0.04	
		7	0.42	0.33	0.27	0.37	0.29	0.24	0.22	0.18	0.15	0.15	0.12	0.11	0.08	0.07	0.06	0.04	
		8	0.39	0.30	0.24	0.34	0.26	0.21	0.20	0.16	0.13	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	
		9	0.36	0.27	0.21	0.32	0.24	0.19	0.18	0.14	0.12	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	
		10	0.34	0.25	0.19	0.30	0.22	0.17	0.16	0.13	0.11	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	
Glowing suspended bowl, CFL		Lamp = (4) FT39*						SC (along, across, 45°) = 1.3, 1.3, 1.5											

Apéndice 6. Imágenes ilustrativas del área de almacenamiento.



Apéndice 7. Imágenes ilustrativas del área de taller y oficinas.



Apéndice 8. Imágenes ilustrativas de áreas comunes (batería de baños y salón)



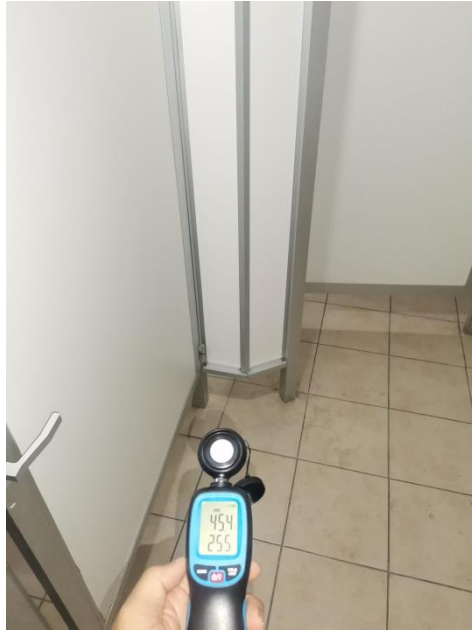
Apéndice 9. Imágenes medición de luxómetro por áreas.

Área 1 (Bodega de almacenamiento)



Área 2 (Taller y Oficina)



Área 3 (Área común)

Apéndice 10. Ficha técnica de luminaria propuesta.

Manufacturados / Manufactured / Industrial / Industrial



402 Luxem LED



Características / Characteristics

Luminaria LED con salida luminosa dirigida por medio de su reflector facetado, para aplicaciones comerciales e industriales.

LED Fixture with light output directed by the faceted reflector, for commercial and industrial applications.

Recomendada para aplicaciones en alturas diversas según la necesidad y configuración, de 8 a 12 metros según se requiera.

Recommended for applications with different heights according to the needs and configurations, of 8 to 12 meters as required.

Puede utilizar difusor transparente o prismático.

It can use transparent or prismatic diffuser.
Temperatura de color 5000K.
Color temperature 5000K.

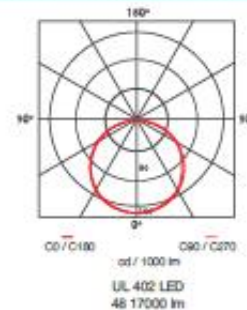


Dimensiones generales / General dimensions



Dimensión Nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)
48" (4 módulos)	1182	226	49
48" (6 módulos)	1182	408	49
48" (8 módulos)	1182	320	49
96" (8 Módulos)	2320	226	50

Curva Fotométrica / Photometric Curve



Accesorios / Accessories

Código/Code	Descripción/Description
P08804-36	Accesorio Systemart High Bay Universal 705-725-402

Información técnica / Technical information

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS										
Modelo	Dimensión Nominal	Cantidad de Módulos	Potencia	Flujo Luminoso	Difusor	Instalación	Temp. de color	Eficacia	Código	
Model	Nominal Dimension	Quantity of Modules	Power	Luminous Flux	Diffuser	Installation	Color temp.	Efficacy	Base Code	Con batería
										With battery
402 LUXEM LED	48"	4	80 W	10000 lm	Transparente	Colgar	5000 K	>110	P04957-36	P08573-36
	48"	4	160 W	17000 lm	Transparente		5000 K	>110	P03831-21	
	48"	6	110 W	13000 lm	Transparente		5000 K	>110	P04565-36	P08574-36
	48"	6	180 W	24000 lm	Transparente		5000 K	>110	P02862-36	
	48"	8	235 W	30000 lm	Transparente		5000 K	>110	P03832-21	
	96"	8	100 W	12000 lm	Transparente		5000 K	>110	P07008-36	



Apéndice 11. Ficha técnica de luminaria propuesta.

SmartBright Highbay 120-277V (BY321P)



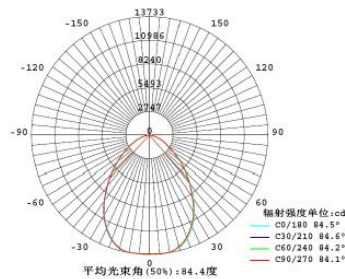
General industry application: Factories, warehouses, distribution centers
Other high ceiling indoor applications: Gymnasiums, indoor sports arenas, retail, airports

	Launch window: Q2 2021		BMC: North Latam
Signify Requested Spec	100W	150W	200W
Lumen Output (lm)	14000	21000	28000
System Power (W)	100	150	200
System efficacy (lm/W)	140	140	140
CCT	4000K (NW), 6500K (CW)		
CRI	>80		
Color consistency	<5 SDCM		
IP/IK rating	IP65/IK07		
Classification	Class I		
Operation Temperature	-20°C to +45°C (Ta35°C)		
Surge protection	4kV		
Lifetime (hours)	50.000 h (Calculated L70B50) @35°C		
Optic	WB		
Input Voltage	120-277V~, 50/60 Hz		
Mounting / Installation	Suspended (Hook included in the box), Bracket (acc.)		
Warranty	5 years		
Certificate	CB/RETILAP		
THD	THD <30%		



Key features:

- Wide choices: 100W to 200W
- Robust aluminum die-casting housing with breather provides IP65/IK07 protection
- Installation and application flexibilities
 - Hook and Bracket mounting possible
- Accurate light, CRI>80
- 140 lm/W
- 50k hours lifetime



Apéndice 12. Costo de Tarifa correspondiente a la zona a desarrollar.

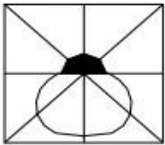
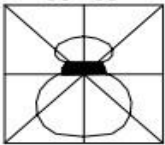
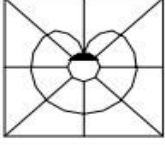
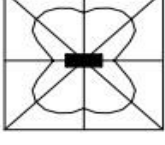
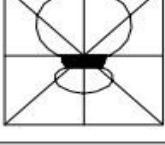
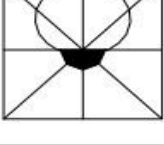
Rigen a partir del jueves 01 de octubre del 2021, publicadas en el Alcance n°195 de la Gaceta n°187 del del 29 de setiembre del 2021.

(Tarifa Incluye Costo Variable de Generación CVG)

Tarifa Comercios y Servicios T-CO	
Bloques de consumo	
Consumo menor o igual a 3.000 kWh cada kWh	¢101,10
Por consumo de energía	
Bloque de 0 a 3.000 kWh Cargo fijo	¢182.610,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢60,87
Cargo por potencia	
Bloque de 0 a 8 kW Cargo fijo	¢81.160,80
Bloque mayor a 8 kW cada kW	¢10.145,10

Anexos

Anexo 1. Clasificación CIE de luminarias por su distribución del flujo luminoso

Tipo de luminaria	Distribución del flujo por hemisferios % superior % inferior	Características
Directa	$\frac{0 - 10}{90 - 100}$ 	Alta eficiencia energética. Posibilita buena uniformidad y balance de claridades en el campo visual. Con distribución concentrada puede requerir alumbrado suplementario para aumentar la iluminancia en superficies verticales. El cieloraso o la cavidad sobre el plano de montaje pueden resultar poco iluminados. En general requiere control de luminancias para minimizar deslumbramiento (directo y reflejado).
Semi-directa	$\frac{10 - 40}{60 - 90}$ 	Similares a tipo directo pero con menor eficiencia energética. Reduce el contraste de luminancias con el cieloraso. La luz reflejada (difusa) suaviza sombras y mejora las relaciones de claridad. No deben instalarse demasiado cerca del cieloraso para evitar áreas de alta luminancia que podrían resultar distractivas, perturbadoras y afectar la estética del ambiente.
Difusa	$\frac{40 - 60}{40 - 60}$ 	Combinadas entre tipos directa y semi-directa pero con menor eficiencia energética. Produce buenas relaciones de claridad y suavizado de sombras. Puede ocasionar deslumbramiento (directo y reflejado) aunque su efecto es compensado por la componente reflejada (difusa). Requiere altas reflectancias de paredes y cieloraso.
Directa-indirecta	$\frac{40 - 60}{40 - 60}$ 	Es un caso especial del tipo difusa pero con una eficiencia energética un poco mayor. Estas luminarias emiten poco flujo en ángulos próximos a la horizontal lo cuál reduce las luminancias en la zona de deslumbramiento directo.
Semi-indirecta	$\frac{60 - 90}{10 - 40}$ 	Similares al tipo semi-directo pero con menor eficiencia energética. Las superficies del local deben tener alta reflectancia. La baja componente directa reduce las luminancias deslumbrantes y el contraste de claridades con el cieloraso.
Indirecta	$\frac{90 - 100}{0 - 10}$ 	Elimina virtualmente las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado pero tiene baja eficiencia energética. Requiere altas reflectancias de paredes y cieloraso y un adecuado programa de mantenimiento de artefactos y superficies. Hay que cuidar el balance de luminancias con el cieloraso.

Anexo 2. Solicitud de incremento en la tarifa eléctrica

DELFINO

El **Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)** presentó ante la **Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (Aresep)** la solicitud de fijación ordinaria para el servicio eléctrico solicitando un ajuste de **20,16%** a la tarifa de su Sistema de Distribución que empezaría a regir a partir de enero de 2022.

Según informaron desde el ICE, la solicitud responde a la aplicación de la metodología tarifaria vigente, que obliga al ICE a incluir los ajustes a las liquidaciones de gastos para 2019 y 2020, el impacto de la pandemia de COVID-19 y el efecto de la disminución tarifaria aprobada para 2021.

Dato D+: En 2021 la Aresep **le aplicó una rebaja del 14% a las tarifas del ICE.**

Si la Aresep le aprueba la solicitud de aumento al ICE, esto implicaría, por ejemplo, que un consumo residencial de 250 kilovatios mensuales pasaría de pagar ₡19.874 a pagar ₡23.894 a partir de enero del próximo año.

Desde el ICE aseguraron que uno de los eventos que se incluyen en la liquidación de 2020 y se refleja en esta solicitud de aumento, es el impacto de la pandemia por COVID-19, que desde el ICE aseguran no fue considerada al momento de aprobar la solicitud de tarifas de ese año, pero que implicó ingresos no percibidos para el Instituto por ₡24.700 millones y que se busca compensar con la tarifa para 2022.

Adicionalmente, el ICE señaló que la rebaja aprobada por la Aresep para 2021 excluyó gastos de operación y mantenimiento del Instituto por ₡118.000 millones y que ahora están incluyéndolos en esta solicitud de aumento. La rebaja que aplicó Aresep para las tarifas de este año había sido apelada por el Instituto, sin embargo, no se logró revertir el rebajo.

El monto final de ajuste en el precio para el próximo año deberá ser determinado por Aresep en los próximos meses.

Anexo 3. Cotización de Luminaria Luxem



Suplidora Alajuela FM, Ltda.
 Céd. Jurídica: 3-102-390063
 Teléfono: (506) 2430-9010 Fax: (506) 2296-1558
 150 Sur de la iglesia La Agonía, Alajuela
 Apartado: 212-1017, San José 2000
 E-mail: info.alajuela@gdiez.com
 www.gdiez.com

Fecha: **21-09-2021**

Cotización

CO-0003913999

Vendedor

Steven Lara Alarcón

Orden:

Cliente: **Bodegas El LAGO**
 Dirección: **Santa Ana**
 Teléfono: - Fax: -
 Observaciones:

Cuenta
10001

Código	Descripción	Cant.	Precio Colones	Total Colones
01	1053608 LAMP SYL UL 402 LUX 80W 10000L 5K R H D5 120-277V	1.00	157,178.00	157,178.00
01	1052016 LAMP SYL UL 402 LUXEM LED 4SMD2 192 92L	1.00	135,615.00	135,615.00

Vigencia de la oferta: **Tres días**

~~Tiempo de Entrega:~~

Forma de Pago:

Subtotal: **292,793.00**

~~Descuento:~~ **0.00**


Imp. Venta: **38,063.09**

Total: **330,856.09**

Hecho por: **SLARA**

1. Los tiempos de entrega indicados son salvo venta previa y están sujetos a cambio sin previo aviso. 2. Los productos a solicitar se facturan y despachan una vez confirmada su existencia. 3. No se recibirán devoluciones por productos de pedido especial, ~~tampoco en cortes de cables o en tubería flexible.~~
 4. Esta propuesta fue realizada bajo nuestra mejor interpretación de la información suministrada en las especificaciones, planos y/o cualquier otra información suministrada por el cliente y puede estar sujeta a modificaciones que pueden resultar en un ajuste de los precios. 5. Por favor revise la información incluida en este documento y documentos adjuntos para los equipos cotizados, cualquier equipo que no esté en este documento NO está incluido en nuestra propuesta.

Anexo 4. Cotización de Luminaria Highbay

		Fecha: 04-10-2021		
		Cotización CO-0003914426		
Suplidora Alajuela FM, Ltda. Ced. Juridica: 3-102-390063 Telefono: (506) 2430-9010 Fax: (506) 2296-1558 150 Sur de la Iglesia La Agonia, Alajuela Apartado: 212-1017, San José 2000 E-mail: info.alajuela@gdiez.com www.gdiez.com		Vendedor Steven Lara Alarcón Orden:		
Cliente: Bodegas El LAGO Dirección: Santa Ana Teléfono: - Fax: - Observaciones: -		Cuenta 10001		
Código	Descripción	Cant.	Precio Colones	Total Colones
01	LAMP PHILL LED 200W BY321P HIGHBAY	1.00	138,000.00	138,000.00
Vigencia de la oferta: Tres días Tiempo de Entrega: Forma de Pago:		Subtotal: 138,000.00 Descuento: 0.00 Imp. Venta: 17,940.00 Total: 155,940.00		
Hecho por: SLARA 1. Los tiempos de entrega indicados son salvo venta previa y están sujetos a cambio sin previo aviso. 2. Los productos a solicitar se facturan y despachan una vez confirmada su existencia. 3. No se recibirán devoluciones por productos de pedido especial, tampoco en cortes de cables o en tubería flexible. 4. Esta propuesta fue realizada bajo nuestra mejor interpretación de la Información suministrada en las especificaciones, planos y/o cualquier otra información suministrada por el cliente y puede estar sujeta a modificaciones que pueden resultar en un ajuste de los precios. 5. Por favor revise la información incluida en este documento y documentos adjuntos para los equipos cotizados, cualquier equipo que no esté en este documento NO está incluido en nuestra propuesta.				
1				