

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.

Escuela Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental.



Proyecto de graduación para optar al grado de bachillerato

*“Propuesta de diseño de un sistema de iluminación de bajo consumo energético para la empresa British American Tobacco Caribbean & Central America”.*

Realizado por: Mariela Acuña Acosta

Profesor asesor: Jorge Chávez Arce

Asesor industrial: Yahaira Porras Rodríguez

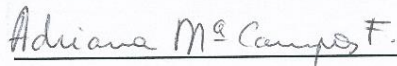
Diciembre, 2015

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

---

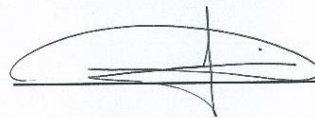
Proyecto de graduación defendido públicamente ante el tribunal examinador integrado por los profesores Ing. Adriana Campos Fumero, Ing. Esteban Arias Monge, como requisito para optar al grado de Bachiller en Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del trabajo desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor Jorge Cháves Arce.



Ing. Adriana Campos Fumero

Profesor evaluador



Ing. Esteban Arias Monge

Profesor evaluador

\_\_\_\_\_

Ing. Jorge Cháves Arce

Profesor Asesor



Mariela Acuña Acosta

Estudiante

**Cartago, 08 de diciembre de 2015**

## AGRDECIMIENTO

---

A Dios por dejarme llegar hasta aquí, que me mantuvo con salud y entusiasmo para cumplir mis objetivos.

Especial agradecimiento a mi familia que durante todos los años de universidad fueron parte importante de mi vida. A mi papá, pilar fundamental en el proceso, él que siempre me mantuvo motivada y me demostró la pasión con la que se vive la carrera de Seguridad Laboral. Mi mamá adorada que siempre me apoyó y ayudó en todo lo estaba a su alcance, que pasaba la noche en vela conmigo aun teniendo que ir a trabajar y finalmente a mi hermano que a pesar de no ser ingeniero me enseñó a ser mejor persona.

A mis amigos de la universidad que sin ellos hubiera sido imposible seguir adelante, tantos momentos vividos que nunca se van a olvidar. En especial Brayan, Nati y Ale, amigos que llevo en el corazón para siempre con los cuales lleve a cabo este proceso

Mi agradecimiento a Yahaira Porras, mi asesora en la empresa, por toda la colaboración y paciencia que tuvo durante el proceso.

Muchas Gracias a todos

## DEDICATORIA

---

A mis padres y hermano que  
me ayudaron a salir adelante siempre.

## RESUMEN

---

El proyecto se desarrolla en la empresa *British American Tobacco Caribbean & Central America*; La empresa distribuye cigarrillos a lo largo de todo el país; entre ellos, lo más conocidos son: kool y Viceroy.

El proyecto nace por la necesidad de buscar una alternativa de solución que disminuya el consumo energético de los sistemas de iluminación, además de aportar los niveles (lux) requeridos para el trabajo en oficinas.

Para la realización del proyecto se plantearon diferentes herramientas de análisis de la información; las cuales son explicadas más adelante, esto con el fin de poder llegar a plantear una solución a los problemas de la empresa.

En cuanto a la situación actual de la empresa, se encontró que los niveles de iluminación siguen por debajo de la norma nacional, excepto el sector de Planning Hub. Por otro lado se determinó cuáles eran los efectos a la salud más importantes y se encontraron: dolores de cabeza, fatiga en los ojos y dolores a nivel de espalda. Finalmente, el consumo energético del sistema de iluminación es categorizado como alto.

Finalmente con la utilización del Software Dialux se llevó a cabo el diseño de una propuesta de un sistema de iluminación, con la cual se redujo teóricamente el consumo energético en un 73% y además homogenizó la iluminación en el área de oficinas.

**Palabras clave:** oficinas, iluminación, salud, consumo energético.

## Índice General

RESUMEN.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE CUADROS.....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
ABREVIATURAS.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
A. Identificación de la empresa.....	13
1. Visión.....	13
2. Misión.....	13
3. Antecedentes históricos.....	13
4. Ubicación Geográfica .....	14
5. Organización .....	14
6. Número de empleados.....	16
7. Tipo de producto .....	16
8. Mercado .....	16
9. Proceso productivo.....	16
B. Descripción del problema.....	17
C. Justificación .....	18
D. Objetivos .....	20

1.	Objetivo general.....	20
2.	Objetivos Específicos.....	20
E.	Alcance y Limitaciones.....	21
1.	Alcance .....	21
2.	Limitaciones.....	21
II.	MARCO TEÓRICO.....	22
III.	METODOLOGÍA.....	27
A.	Tipo de Investigación .....	27
B.	Fuentes de Información .....	27
C.	Población y muestra.....	27
D.	Operacionalización de variables.....	30
E.	Descripción de instrumentos de investigación .....	33
F.	Plan de Análisis.....	35
G.	Presupuesto.....	37
IV.	ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL.....	38
I.	Generalidades.....	38
1-	Población trabajadora .....	38
2-	Características del sistema de iluminación .....	39
3-	Características del entorno .....	42
II.	Condiciones que propician una inadecuada iluminación .....	42
III.	Caracterización de los niveles de iluminación.....	46
1.	Niveles de iluminación en el edificio Sucursal .....	46
2.	Niveles de iluminación en el edificio Bass.....	47

IV. Percepción visual de los trabajadores con respecto a la iluminación.....	51
V. Efectos a la salud presentes en los colaboradores relacionados a la iluminación. ....	52
VI. Consumo energético del sistema de iluminación actual .....	55
V. Conclusiones del análisis de situación actual .....	56
VI. Recomendaciones.....	57
VII. Alternativa de solución.....	58
VIII. Conclusiones de la alternativa de solución.....	73
IX. Recomendaciones de la alternativa de solución.....	74
IX. Bibliografía .....	75
V. Apéndices .....	80
VI. Anexos .....	90



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Organigrama de EHS .....	15
Figura 3.1. Plan de Análisis .....	35
Figura 4.1. Diagrama de Ishikawa .....	43
Figura 7.1. Distribución luminosa en Sucursal .....	662
Figura 7.2. Distribución luminosa en Bass 2 .....	64
Figura 7.3. Distribución luminosa en Planning Hub .....	66
Figura 7.4 Distribución luminosa en Bass 1 .....	67
Figura 7.5 Distribución de las curvas fotométricas en el área de sucursal .....	68

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Número de muestra por edificio .....	28
Cuadro 3.2 Operacionalización del primer objetivo .....	30
Cuadro 3.3 Operacionalización del segundo objetivo .....	31
Cuadro 3.4 Operacionalización del tercer objetivo .....	332
Cuadro 3.5. Presupuesto del proyecto en colones .....	37
Cuadro 4.1. Porcentaje de la población trabajadora por sexo según los edificios Bass y Sucursal.....	38
Cuadro 4.2: Rango de edades de los trabajadores en BATCCA .....	38
Cuadro 4.3. Características de luminarias en espiral en edificio Sucursal .....	40
Cuadro 4.4. Características de luminarias fluorescentes en edificio Sucursal .....	40
Cuadro 4.5. Características de luminarias en la sección Bass 1 .....	40
Cuadro 4.6. Características de luminarias en la sección Bass 2 .....	41
Cuadro 4.7. Características de luminarias en la sección Plannig Hub .....	41
Cuadro 4.8. Niveles promedio de iluminación en Sucursal .....	46
Cuadro 4.9. Niveles promedio de iluminación en sector Bass 1 .....	47
Cuadro 4.10. Niveles promedio de iluminación en sector Bass 2.....	48
Cuadro 4.11. Niveles promedio de iluminación en sector Plannihg Hub .....	58
Cuadro 7.1. Cantidad de luminarias recomendadas por sector .....	58
Cuadro 7.2. Número de luminarias recomendadas por Dialux .....	60
Cuadro 7.3 Costo aproximado de compra .....	61
Cuadro 7. 4. Medición de distancias de las luminarias en los diferentes sectores evaluados.....	68
Cuadro 7.5. Consumo energético de la propuesta de iluminación por áreas.....	70
Cuadro 7.6 Costo aproximado de la inversión del sistema de iluminación por sector ....	70

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Estudio estadístico con la prueba Tukey .....	50
Gráfico 4.2. Percepción de requerimiento de iluminación en zona de trabajo.....	51
Gráfico 4.3. Cantidad de trabajadores que presentan efectos a la salud .....	552
Gráfico 4.4. Cantidad de personas según edad que presentaron efectos a la salud .....	54
Gráfico 4.5. Padecimientos en diferentes sectores del cuerpo por rango de edades .....	55

## ABREVIATURAS

---

**EHS:** por sus siglas en inglés Environmental, Health and Safety, es decir Ambiente, Salud y Seguridad.

**BATCCA:** British American Tobacco Caribbean & Central America

## I. INTRODUCCIÓN

---

### A. Identificación de la empresa

#### 1. Visión

*“Alcanzar el liderazgo de la industria del tabaco a nivel mundial, no sólo en volumen y valor, sino también en la calidad de nuestro negocio. Para ser líderes de la industria tenemos que seguir demostrando que somos un grupo de tabaco responsable, con gente sobresaliente, marcas y producto de calidad superior”* (Recursos Humanos BATCCA, 2015).

#### 2. Misión

*“Ser el Grupo de compañías tabacaleras líder en Centroamérica y el Caribe, a través de ventajas competitivas sostenibles en una organización efectiva y eficiente”* (Recursos Humanos BATCCA, 2015).

#### 3. Antecedentes históricos

British American Tobacco, fue fundada en 1902 en Brasil, es el resultado de la integración de dos unidades de negocio del Grupo, British American Tobacco Centroamérica y British American Tobacco Área del Caribe, que se unieron con el objetivo de maximizar sus ventajas competitivas, consolidar la calidad en los procesos y la satisfacción al cliente.

La empresa es un grupo tabacalero líder, en la fabricación de cigarrillos, puritos, tabaco de liar y tabaco para pipa, con 44 fábricas de cigarrillos en 39 países.

En el 2001, British American Tobacco Centroamérica, estaba integrado por Republic Tobacco Company de Costa Rica, Tabacalera Nicaragüense de Nicaragua, Tabacalera Hondureña, Cigarrería Morazán de El Salvador, Tabacalera Nacional de Guatemala y Tabacalera Istmeña de Panamá. Posteriormente se incluyó República Dominicana como una nueva sucursal y en 2003, la compañía implementó un nuevo proceso de integración; esta vez entre British American Tobacco Centroamérica y British American Tobacco Área del Caribe para formar un nuevo “cluster”, para formar “British American Tobacco Caribbean & Central América (BATCCA)”, de ahí el nombre de la empresa actual.

#### 4. Ubicación Geográfica

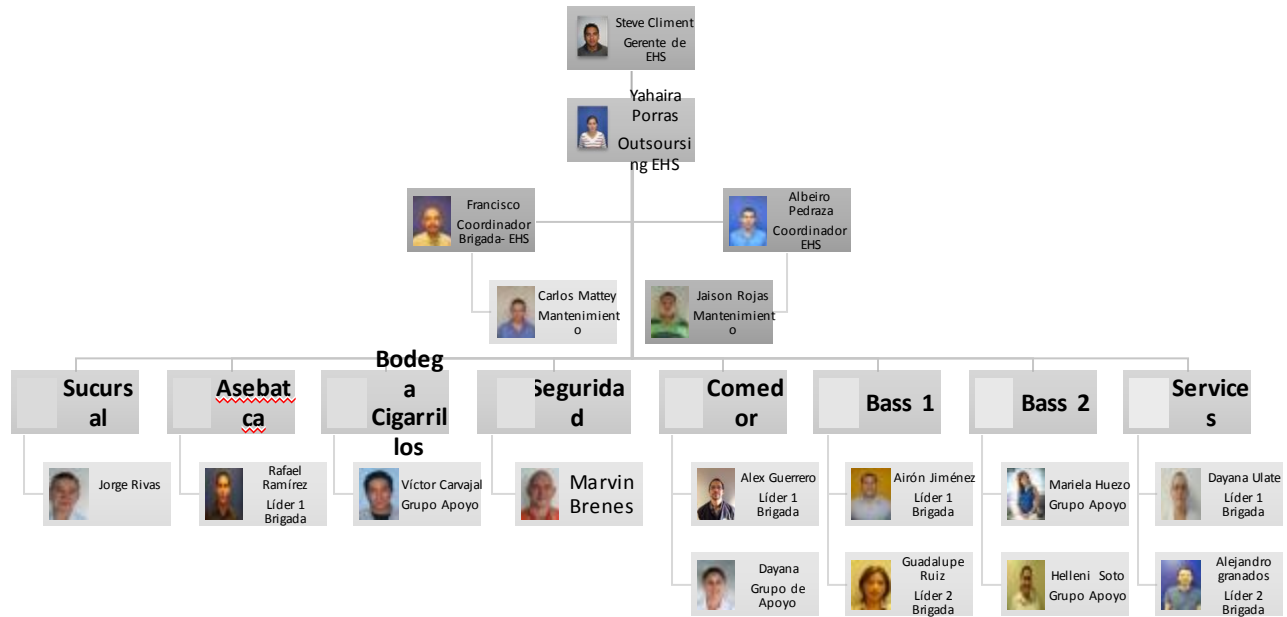
British American Tobacco Caribbean & Central América (BATCCA), se encuentra ubicada en la provincia de Heredia 375 metros al Este del Puente de la Firestone en Llorente de Flores.

#### 5. Organización

A continuación se presenta un organigrama de la empresa y seguidamente el organigrama de la función de Salud y Seguridad.

Es importante mencionar que el departamento de EHS, le reporta directamente a la presidencia de la empresa.

Figura 1.1. Organigrama de EHS



Fuente: EHS, BATCCA

## 6. Número de empleados

La empresa cuenta con 349 empleados. En su mayoría son administrativos, los cuales poseen un horario de 8 a.m. a 5 p.m. También existen bodegueros, los cuales trabajan en dos turnos, uno de 7 a.m.- 2 p.m. y el otro de 2 p.m. - 8 p.m.

## 7. Tipo de producto

Actualmente la empresa distribuye más de 200 marcas de cigarrillos a lo largo del país. Entre los cigarrillos más conocidos se encuentran, Kool, Viceroy, Dunhill, Kent, Lucky Strike y Pall Mall.

## 8. Mercado

Actualmente British American Tobacco Caribbean & Central America Costa Rica, dirige sus productos a supermercados, pulperías, panaderías, hoteles, casinos y licorerías.

## 9. Proceso productivo

BATCCA, como se mencionó anteriormente, es parte de una casa matriz ubicada en Brasil. Los cigarrillos comercializados por BATCCA, se fabrican en Honduras, Chile, México entre otros países. En el país, el proceso consiste en almacenar las cajas y posteriormente distribuir las a lo largo y ancho del país.



## B. Descripción del problema

Desde el 2013, el departamento de *Ambiente, salud y seguridad* (EHS), viene realizando estudios de las condiciones de iluminación en los puestos de trabajo en oficinas. El estudio más actualizado se realizó en febrero del 2015.

EHS tomó como referencia la norma INTE 31-08-06-00 “Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo” para el trabajo en oficinas y se logró demostrar que los niveles de iluminación eran deficientes, ya que éstos oscilaban entre 63 luxes y 273 luxes, muy por debajo de lo estipulado en la normativa de referencia; la cual recomienda para labores de oficinas 500 lux.

### C. Justificación

El hombre a lo largo de su vida realiza una gran cantidad de actividades; el trabajo, es la que ocupa mayor parte de tiempo y espacio (Renao Robledo, 2007). Por lo tanto, esta actividad, necesita que se realice en condiciones óptimas para inducir a la seguridad, el confort, la productividad, disminuir la fatiga, tasa de errores y accidentes de trabajo; elevando la cantidad y la calidad del mismo. La iluminación es uno de los factores ambientales de carácter micro climático que tiene como principal finalidad el facilitar la visualización de los objetos; de modo que el trabajo se pueda realizar en unas condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad (Renao Robledo, 2007).

Para poder asegurar que se presenten condiciones aceptables para trabajar; algunos experimentos han demostrado, que los seres humanos son más productivos cuando la visión se le hace más fácil. Si en el lugar de trabajo la visión se dificulta, toda la capacidad visual que se utiliza, se desperdicia y todos los recursos de la reserva visual, son usados tratando de concentrarse en la tarea. Cuando la iluminación mejora, hace que la tarea visual se vuelva más fácil, por lo tanto la mayoría de los recursos visuales son utilizados en trabajo útil y solo una pequeña cantidad de reservas se gasta en trabajo inútil tales como, en el movimiento de los ojos y de enfoque (Westerkamp, 2013).

Por otro lado está claro que para laborar, los niveles de iluminación deben de estar acordes a las labores a realizar, sin embargo, el rendimiento visual real de una persona depende no sólo de la calidad de la iluminación sino también de sus propias “habilidades visuales” y su estado de salud. Por lo que la edad es un criterio importante, ya que los requisitos que debe cumplir la iluminación aumentan con la edad (Van Bommel, 2004).

Específicamente para trabajos en oficinas, las labores que se deben realizar, requieren de una adecuada iluminación; lo que significa, niveles aceptables de iluminación natural y obstrucción de la radiación solar directa sobre los puestos de trabajo. Si en el diseño, no se contemplan las estrategias anteriormente mencionadas, conducirá al usuario al empleo de la iluminación artificial, por ende, un aumento en el consumo energético y en el peor de los casos; cuando no exista ningún tipo de iluminación, se forzarán la tarea visual, con las siguientes consecuencias físicas en el individuo, tales como, fatiga, disminución en el rendimiento intelectual y en el aprendizaje, entre otras (Gonzalo, G. et al 2001).

Es importante rescatar que en BATCCA, la totalidad de las áreas que contemplan este proyecto son trabajo de oficinas, por lo tanto, la mayoría del trabajo requerido implica esfuerzos visuales, tareas de lectura, transcripciones, entre otras; por lo que una iluminación adecuada puede hacer la diferencia entre una empresa segura, productiva y una de bajo rendimiento y con alta incidencia de enfermedades tanto físicas como psicológicas (Cañedo Andalia, Rubio Rodríguez, Guerrero Pupo, Cutiño Rodríguez, & Fernández Díaz, 2006). Asimismo, si las malas condiciones de iluminación se mantienen, obligarían a las personas a adoptar posturas inadecuadas desde el punto de vista ergonómico, teniendo como consecuencia, problemas músculo esqueléticos (OIT, 2012). Aunado a esto, el laborar cuarenta y cinco horas a la semana en malas condiciones en puestos de oficinas en general, puede empeorar la salud de los trabajadores y es importante mencionar que estas condiciones de iluminación, pueden variar (empeorando la situación), debido a condiciones meteorológicas presentes en el momento; ya que en época lluviosa, el día se puede tornar más oscuro.

## D. Objetivos

### 1. Objetivo general

Proponer un diseño de un sistema de iluminación que permita cumplir con los requerimientos de iluminación en los puestos de trabajo de acuerdo con la normativa nacional vigente y a la vez permita hacer un uso racional de la energía eléctrica en la empresa.

### 2. Objetivos Específicos

- Evaluar los sistemas de iluminación en las diferentes áreas de estudio.
- Determinar los síntomas que poseen los colaboradores en el área de estudio, con relación a los niveles de iluminación presentes
- Diseñar una propuesta de un sistema de iluminación de bajo consumo energético para BATCCA.

## E. Alcance y Limitaciones

### 1. Alcance

El proyecto pretende generar una alternativa de solución a los sistemas de iluminación actuales de la empresa BATCCA, que represente una mejora en las condiciones de trabajo y calidad de vida de los trabajadores(as). Asimismo, que el nuevo diseño disminuya el consumo energético y cumpla con los requerimientos mínimos de la normativa nacional.

Este estudio permitirá a BATCCA tener conocimiento sobre la situación actual de las condiciones de iluminación presentes en las oficinas, el consumo energético de los sistemas de iluminación y finalmente, los síntomas y dolencias que llegan a presentar los colaboradores que pueden relacionarse con los niveles de iluminación presentes en la empresa.

### 2. Limitaciones

Para la realización del proyecto se presenta el inconveniente de que en todo momento se debe de estar acompañado de la asesora y ella tiene cosas que realizar en su jornada laboral, por lo tanto, si se presentan vacaciones, salidas por incapacidades o reuniones muy extendidas, no se puede realizar lo necesario para finalizar con el proyecto.

## II. MARCO TEÓRICO

---

Los trabajadores se exponen al riesgo a lo largo de sus jornadas de trabajo, alguno de los cuales se pueden mencionar son: los riesgos físicos, químicos, biológicos, de seguridad, entre otros. (Martín, De las Heras, & Izquierdo, 2009). Entre los riesgos higiénicos físicos se encuentran: el ruido, condiciones termohigrométricas, vibraciones, iluminación, radiaciones (ionizantes y no ionizantes) (Portal de la Seguridad, la prevención y la Salud Ocupacional de Chile, 2015).

En el caso de la iluminación en la industria, ésta tiene como objetivo proporcionar una visibilidad eficiente y confortable así como a la vez generar y mantener ambientes laborales seguros (Hernández, 2005). Cada lugar de trabajo tiene sus propias necesidades de iluminación en cuanto a calidad, seguridad, costos y tipo de iluminación necesaria para el trabajo a efectuar en las instalaciones; por lo tanto, las necesidades de la tarea y/o el trabajador se deben de adaptar al entorno y no viceversa; logrando así resultados positivos como lo es: alta eficiencia, buen ambiente laboral, entre otras. Asimismo para lograr adaptar el entorno a la tarea es importante conocer las necesidades de cada persona, para poder realizar una evaluación del panorama completo en el cual el trabajador se desarrollará (Herranz & Noya, 2009).

Durante los últimos años reducir gastos y ser amigable con el ambiente han sido temas fundamentales para las industrias (Rosa & Villareal, 2009), por lo que se han preocupado no solo por implementar sistemas de iluminación que brinden los niveles adecuados para cada tarea a realizar, sino también diseñar sistemas que sean de bajo consumo energético. Gracias al avance en la tecnología se han desarrollado sistemas que prometen proporcionar iluminación de gran calidad óptica con un bajo consumo de energía (Bisquert, 2006). La preocupación de industrias por disminuir el consumo energético va de la mano con lograr que los trabajadores se desempeñen en un buen lugar de trabajo, por lo tanto, se debe contemplar la existencia de un equilibrio entre la cantidad, la calidad y la estabilidad de la luz, evitándose reflejos, parpadeos y contrastes excesivos y garantizando una distribución uniforme de la iluminación, acorde a las exigencias visuales de la tarea realizada; siendo así que se presenta un confort visual (Martín, De las Heras, & Izquierdo, 2009).

## **Niveles de iluminación y sus conceptos**

Con el fin de entender los conceptos de iluminación, es preciso conocer que debe de existir una fuente luminosa y un cuerpo a iluminar, para hablar de iluminación (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo., 1998), por lo que es necesario entender que las magnitudes que definen la iluminación son las siguientes:

- Flujo luminoso: cantidad de energía luminosa irradiada por una fuente en cada segundo, es decir la potencia de la energía luminosa radiada por la fuente (eficiencia energética). Unidad: lumen (lm)
- Intensidad luminosa: es una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido estereoradián. Unidad: candela (cd).
- Iluminancia o nivel de iluminación: flujo de un lumen que recibe una superficie de un metro cuadrado. Unidad: lux. (lx).
- Luminancia: intensidad de una candela por unidad de superficie. Unidad: candela por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>).
- Factor de reflexión: Se define como la relación entre el flujo luminoso reflejado por una superficie (luminancia), entre el flujo luminoso incidente (Flujo reflejado/Flujo incidente).

## **Fuentes de iluminación**

Las necesidades lumínicas en todo lugar de trabajo depende de tres características: primero, la naturaleza de la tarea; existen tareas donde la exigencia visual es mayor que en otros, cada tipo de trabajo requiere unas condiciones de iluminación específicas desde trabajos que solo necesitan iluminación natural hasta trabajos de más precisión (Gallego, M; Márquez, P; Milán, V; Moreno, V; Vida , F; y otros, 2006). Segundo, la agudeza visual del trabajador y finalmente las condiciones ambientales en las que se realiza el trabajo, considerando el tipo de fuente de luz (natural o artificial), el tipo de luminaria, la ubicación y la limpieza de las lámparas, así como el fondo visual para ejecutar la tarea (Sibaja R. , 2002).

De acuerdo al Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, existen diferentes fuentes de iluminación: la natural que es la que procede del sol y la artificial, que se genera a partir de lámparas o por descargas alimentadas por energía eléctrica. Además entre los tipos de iluminación se encuentran:

-General: alumbrado diseñado para iluminar una área sin considerar necesidades especiales

-Localizada: alumbrado diseñado para proporcionar iluminación en lugares de trabajo donde se requiera mucha precisión.

Para la realización de labores en cualquier industria se recomienda que exista un equilibrio entre la iluminación natural y la artificial; la iluminación natural es la mejor desde el punto de vista fisiológico, por su composición espectral y también la más económica; pero presenta una gran inestabilidad debido a la hora del día, tiempo atmosférico o estación del año (Alvarez, 2009); por lo que se llega a implementar o utilizar iluminación de tipo artificial, la cual es suministrada por unas fuentes luminosas, llamadas lámparas. En cuanto a la variación de lámparas en el mercado, de acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo, existen diferentes tipos: lámparas incandescentes, lámparas halógenas de tungsteno, lámparas halógenas de tungsteno de baja tensión, lámparas fluorescentes de tamaño reducido, lámparas fluorescentes tubulares, lámparas de inducción, lámparas de mercurio de alta presión, lámparas de haluro metálico, lámparas de sodio de baja presión y finalmente lámparas de sodio de alta presión.

### **Efectos de una iluminación deficiente en las personas**

Si la iluminación en los centros de trabajo es ineficiente o inadecuada, puede llegar a provocar en el trabajador problemas como: fatiga nerviosa, ocular y muscular, y consecuente la disminución de la producción, calidad de los trabajos y finalmente desencadenar en accidentes laborales. Asimismo si se combina una inadecuada iluminación con pasar horas frente al computador, los males se incrementan y se podrían presentar males como resequead en el ojo, fatiga mental y ocular, debido a que la frecuencia del parpadeo disminuye al estar frente al computador.

Otros de los problemas a considerar cuando se habla de iluminación son los efectos en la radiación y los caloríficos, debido a que las fuentes luminosas no solo emiten radiaciones



visibles, sino también, emiten radiaciones en otras gamas del espectro electromagnético (Bovea, 2013).

Estudios en psicología han demostrado que una inadecuada iluminación, causa efectos adversos en las individuos como ansiedad, tristeza, irritabilidad, somnolencia y desmotivación (Bommel, 2014).

### **Sistemas de iluminación**

Los sistemas de iluminación en años anteriores utilizaban niveles mayores de los recomendados para que los trabajadores laboraran con mayor eficiencia y comodidad (Frier & Frier, 1986). Debido, a que las fuentes de luz en aquel entonces no eran tan eficientes como las que se hallan disponibles en la actualidad (Moreno, Díaz, Guzmán, & Pérez, 1999).

Actualmente comercios e industrias buscan sistemas de iluminación de menor consumo; lo que se define como aquel sistema que además de satisfacer necesidades visuales, crea ambientes saludables, seguros y confortables, haciendo que el usuario este rodeado de una atmósfera agradable y haciendo un uso racional de la energía para contribuir a disminuir el consumo energético, impacto ecológico y ambiental del que tanto se habla hoy en día; todo esto por supuesto dentro de un cuadro de costos real y sensato (Raitelli, 2010).

### **Método de cavidad zonal**

Es un método que se utiliza para aplicaciones interiores y toma en consideración el efecto que tiene la interreflectancia sobre el nivel de iluminancia (Holophone, 2009). Además el método permite determinar el número y tipo de luminarias o lámparas que se necesitan para proveer un nivel de iluminación adecuado tomando en cuenta la reflexión efectiva de la cavidad, el coeficiente de utilización, el factor de depreciación de la lámpara y el la depreciación debida al polvo.

El método tiene como fundamento que cada área está compuesta de tres diferentes cavidades o zonas:

- La cavidad del local: se define como el espacio que existe entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior del luminario (Konz, 2000).
- La cavidad del techo: es el área que comprende el espacio entre el luminario y el techo (Konz, 2000).

- La cavidad del piso: corresponde al espacio que existe entre el plano de trabajo y la superficie del piso, o bien, el nivel donde se realiza la tarea específica, si la superficie iluminada es el piso la cavidad del piso será igual a cero (Konz, 2000) .

### **Racionalización de la energía**

El fin general de los estos sistemas en las diferentes industrias es garantizar un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de energía pero sin afectar el confort, la productividad y la calidad de producción y obtener beneficios económicos, sociales y ambientales (Vargas, 2010).

Si bien es conocido, la inversión inicial de estos sistemas no es baja, sin embargo, estos costos son recompensados a lo largo del tiempo, debido a que el mantenimiento se le brinda es bajo, la reducción del gasto energético es significativa y finalmente, la vida útil es sumamente larga (Romancio, 2014).

Actualmente la iluminación con diodos (LED), es la solución con respecto a reducir el consumo energético, ya que, los diodos no poseen filamento de tungsteno como las bombillas, por ello son más resistentes a golpes y no dependen del filamento; además el rendimiento de que los LED aprovechan hasta el 90% de la energía (Erenovable.com, 2014).

### **Sistemas de iluminación eficientes**

Se considera que un sistema de iluminación es eficiente cuando: brinda los niveles de iluminación requeridos de acuerdo a las necesidades de las tareas realizadas, su consumo energético es bajo (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2006). Además cabe recalcar que un sistema eficiente trae consigo ventajas medioambientales, ya que se disminuyen las emisiones de sustancias nocivas a las personas y ambiente; por lo tanto, al disminuir el consumo energético disminuirá las emisiones generadas por consumo eléctrico, ayudando a muchas empresas que buscan disminuir la contaminación que se genera al ambiente (Philips, 2011).

### III. METODOLOGÍA

---

#### A. Tipo de Investigación

El presente proyecto es una investigación del tipo aplicada y descriptiva (Sampieri, 2003).

Se dice aplicado ya que el fin del estudio es resolver un problema para brindar soluciones y al mismo tiempo descriptivo porque busca especificar características de un sistema, en este caso el del iluminación.

#### B. Fuentes de Información

##### ➤ Fuentes Primarias

- Libros
- Reglamentos
- Criterio de expertos
- Normas
- Estudios de iluminación en la empresa
- Proyectos de graduación

##### ➤ Fuentes Secundarias

- Bases de datos (e-libro, ebrary, knovel)
- Catálogos
- NTP
- Sitios web (OIT, INSHT)

#### C. Población y muestra

Como se menciona anteriormente la población de la empresa es de 349 personas. La empresa cuenta con 3 edificios llamados: “*Sucursal*”, “*Bass*” y “*Services*”, sin embargo las mediciones y cuestionarios se realizan en los primeros dos mencionado anteriormente; los

cuales cuentan con 60 y 181 colaboradores respectivamente. Es importante aclarar que en edificio llamado Bass, este está seccionado en tres partes; uno que le llaman “Bass 1” el cual se encarga de recursos humanos Costa Rica así como la parte de inventarios, otro llamado “Bass 2” que realiza labores de ventas en Centroamerica y finalmente “Plannig Hub” que es la parte de recursos humanos para Centroameria y el Caribe.

Para la aplicación de cuestionarios y puntos de medición, se aplicó de acuerdo al número de muestra obtenido a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2pq}{(N - 1)e^2 + Z^2pq}$$

Donde cada una de las variables son:

N: población total de trabajadores en el área

Z: Nivel de confianza asignado, en este caso de 95%, para un Z: 1.96

p: 0.5

q: 0.5

e : Probabilidad de error, para este caso un 20%

Cuadro 3.1 Número de muestra por edificio

Sucursal	Bass
18	21

Fuente: Elaboración propia

La empresa cuenta con jornada diurna, por lo tanto las mediciones y cuestionarios se aplican se realizan durante horas de oficinas y que la asesora industrial pueda estar presente.

Para los puntos de mediciones se establecieron dos días, el primer día fue el 9 de septiembre y el segundo fue el 10 de septiembre ambos del mismo año 2015, esto de acuerdo a la disponibilidad de las partes y el préstamo del equipo de medición.

Las mediciones de iluminación, cuestionarios y reflectancia se realizaron en los puestos de trabajo seleccionados de acuerdo al número de muestra, tomando 10 mediciones (una medición cada 10 segundos) por puesto, los cuales fueron tomados en diferentes periodos de la jornada: en la mañana una hora después de empezadas las labores y para dar tiempo a que se estabilizaran las luminarias, otra antes de la hora de almuerzo y finalmente en la tarde a las

3pm una hora antes de finalizar labores. En cuanto a la metodología, se planteó un muestreo aleatorio, sin embargo el muestreo termino siendo un muestreo a conveniencia ya que en ocasiones las personas no se encontraban en los puestos para realizar los cuestionarios o no estaban anuentes a colaborar para la toma de mediciones.

Para la determinación de los niveles de iluminación se utilizó un luxómetro propiedad de una empresa privada, Marca: Hanger; Modelo: EC1, el cual se colocó en el punto del puesto de trabajo donde el trabajador realiza sus labores, tal forma que el equipo de medición quede en el plano de trabajo.

## D. Operacionalización de variables

Objetivo 1. Evaluar los sistemas de iluminación en las áreas de estudio.

Cuadro 3.2 Operacionalización del primer objetivo

Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramienta
Sistemas de iluminación en las áreas de estudio.	Acciones desarrolladas para valorar que el sistema de iluminación brinde los niveles de iluminación requeridos en el puesto de trabajo de acuerdo con la normativa nacional.	-Niveles de iluminación en los puestos de trabajo. -Consumo energético	-Metodología de evaluaciones puntual en el puesto según la norma INTE 31-08-06-14 -Método de para el cálculo de consumo energético del ICE
		-Porcentaje de personas que consideran el sistema de iluminación insuficiente.	-Cuestionario , sobre la percepción de los trabajadores de los sistemas de iluminación basado en el ISHT

Fuente: Elaboración propia

Objetivo 2. Determinar los síntomas que poseen los colaboradores en el área de estudio, con relación a los niveles de iluminación presentes.

Cuadro 3.3 Operacionalización del segundo objetivo

Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas
Síntomas de los colaboradores que laboran en el área de oficinas.	Un síntoma es un aviso de que la salud puede estar amenazada, por lo general de manera externa.	-Cantidad de personas que presentan molestias por parte del cuerpo -Tipo de molestias que se presentan con mayor frecuencia.	-Cuestionario de signos y síntomas, basado en el INSHT con respecto a la iluminación presente -Cuestionario de Cornell

Fuente: Elaboración propia

Objetivo 3. Diseñar una propuesta de un sistema de iluminación de bajo consumo energético para BATCCA.

Cuadro 3.4 Operacionalización del tercer objetivo

Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramienta
Propuesta de un sistema de iluminación de bajo consumo energético para BATCCA.	Es aquel sistema utilizado para iluminar una superficie de trabajo de manera homogénea, de acuerdo a las labores realizadas para crear un ambiente confortable, además que este implique un bajo consumo de energía para la empresa.	-Niveles de iluminación previstos. -Costo de consumo energético de la alternativa de solución	-Método cavidad Zonal - Software Dialux -Método para el cálculo de consumo energético del ICE

Fuente: Elaboración propia



## E. Descripción de instrumentos de investigación

### 1. Metodología de evaluación puntual de iluminación

Es un método cuantitativo para la evaluación de los niveles de iluminación en un punto, permite valorar el nivel de iluminación, para tal metodología se toma como referencia la norma INTE 31-08-06-14, la cual toma en consideración si existen turnos de trabajo, influencia de iluminación natural y artificial. Esta metodología consta en hacer 3 sesiones de 10 mediciones en tres diferentes horas del horario de trabajo, una en horas tempranas iniciando la jornada, otra en la mitad del turno y finalmente una terminando la jornada de trabajo. Además se evalúa la reflectancia de los puestos seleccionados haciendo dos mediciones, la primera colocando el sensor de cara a la superficie y la otra con el sensor orientado en sentido contrario, para finalmente obtener el valor de reflectancia

### 2. Método para el cálculo de consumo energético

Consisten en fórmulas matemáticas que toman en cuenta diferentes variables como: la potencia y el tiempo de utilización de la fuente luminosa. La fórmula es tomada del ICE para el cálculo, el cual ayudará a calcular el consumo energético del sistema de iluminación. Inicialmente el método pretende determinar cuántos kWh se consumen, la cual se calcula de la siguiente manera:  $((\text{potencia eléctrica (W)} * \text{tiempo de uso (h)} * 30) / 1000) * \text{número de equipos}$ , y así se obtienen los kWh/mes. Después si se requiere conocer el monto de dinero de los kWh consumidos, se requieren adicionar, el monto del alumbrado público y el 5% del impuesto de ventas, para finalmente sumar los datos y se obtiene el monto total consumido (Instituto Costarricense de Electricidad, 2015).

### 3. Método Cavidad Zonal

El método permitirá realizar el cálculo del número de luminarias requeridas en los puestos de trabajo. El método asume que el área de trabajo está conformada por tres cavidades: la cavidad del techo que es el espacio entre la luminaria colgante y el techo, la cavidad del local que es el espacio entre la superficie del plano de trabajo y la luminaria y por último la cavidad del piso, que considera el espacio entre la superficie del plano de trabajo y el piso. Para el desarrollo del método se utilizan los parámetros de la reflexión efectiva de la cavidad, el coeficiente de utilización, el factor de depreciación de la lámpara y la depreciación debida al polvo (Ver anexo 1).

### 4. Software Dialux

Esta herramienta permite realizar proyecciones de las distribuciones de la iluminación con base en el sistema diseñado y recomendado como propuesta de solución. Este software permite realizar diseños de instalaciones de iluminación; además, visualizar en gráficos tridimensionales los diagramas de la distribución luminosa de las luminarias utilizadas, representando gráficamente por medio de colores y líneas los niveles de iluminancia en la edificación.

#### **5. Cuestionario sobre la percepción de los trabajadores de los sistemas de iluminación**

El cuestionario es una evaluación del sistema de iluminación que se encuentra en el lugar de trabajo. Se aplica con el fin de conocer cuál es la visión de cada uno de los trabajadores sobre el desempeño actual de los sistemas de iluminación. La percepción de los trabajadores es importante porque permite interrelacionar los factores ambientales de la empresa con el desempeño del sistema de iluminación (Ver apéndice: 1).

#### **6. Cuestionario de signos y síntomas.**

Es una herramienta que consiste en una serie de preguntas, acerca de aquellos signos y síntomas que presentan los trabajadores con respecto al sistema de iluminación presente. En el cuestionario se muestran los principales signos y síntomas relacionados con la exposición a una inadecuada iluminación (Ver apéndice 2).

#### **7. Cuestionario de Cornell**

Este cuestionario, indica las dolencias que puede llegar a presentar el trabajar en su puesto de trabajo, específicamente es utilizado para labores de oficina. En él se indica cual es la zona donde prevalece el dolor, con qué frecuencia le ha dolido y si ha interferido con la realización de sus labores (Ver apéndice 3).

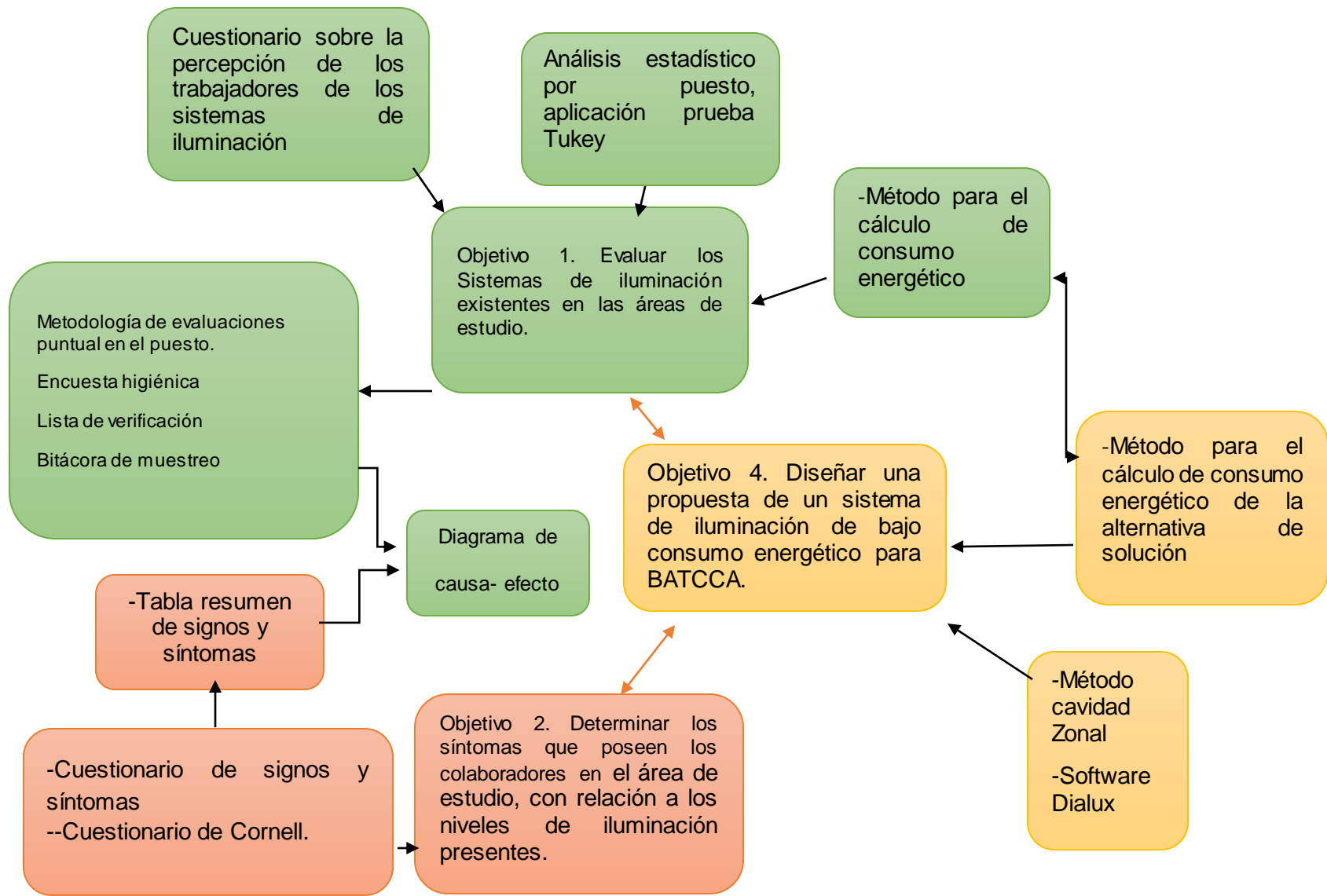
## F. Plan de Análisis

El plan de análisis del proyecto muestra como los objetivos y las diferentes herramientas son alimentadas para poder llegar a su realización secuencial; igualmente, cómo la información de un objetivo es indispensable para lograr alcanzar el siguiente; con el fin de cumplir el último de los objetivos, que en este caso se refiere, al de la propuesta de diseño de un sistema de iluminación.

El plan también permite visualizar la orientación de los objetivos y cómo éstos en la fase de diagnóstico, brindan los insumos requeridos para la fase de diseño del proyecto, de la cual resulta lo que se desea lograr con el objetivo general.

La siguiente figura muestra el plan de análisis:

Figura 3.1. Plan de Análisis



Fuente: Elaboración propia

## G. Presupuesto

A continuación se muestra una tabla en la que se indica el costo económico del presente proyecto en colones.

Cuadro 3.5. Presupuesto del proyecto en colones

<b>Objeto</b>	<b>Cantidad de unidades</b>	<b>Valor por unidad</b>	<b>Costo</b>
<b>Transporte</b>	5	2000/día	10.000
<b>Alimentación (desayuno y almuerzo)</b>	5	5.150,00/almuerzo	25.750
<b>Equipos de medición</b>	1	5000/hora	120.000
<b>Copias</b>	210	20/copia	4200
<b>Profesor asesor</b>	32	3200/hora	102.400
<b>Asesor industrial</b>	5	14.280/día	71.400.5
<b>Total</b>			333750.5

Fuente: Elaboración propia

## IV. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

### I. Generalidades

El estudio contempló dos edificios llamados BASS y Sucursal los cuales cuentan con 60 y 181 trabajadores respectivamente, en estos se realizan solamente labores de oficina.

#### 1- Población trabajadora

Dentro de la población trabajadora evaluada, la mayor parte de esta se conforma por mujeres. Las características de la población trabajadora se muestran en el cuadro a continuación.

Cuadro 4.1. Porcentaje de la población trabajadora por sexo según los edificios Bass y Sucursal

Sexo	Bass 1	Bass 2	Plannig Hub	Sucursal
Femenino	73%	60%	100%	17%
Masculino	27%	40%	0%	83%

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla anterior, la mayoría de la población evaluada es femenina, sin embargo no es por mucho que supera a la femenina. Es importante mencionar que en la sección “plannig hub” no existió población masculina evaluada para ser cuantificada ya que no existió disponibilidad.

El siguiente cuadro muestra lo relacionado con los rangos de edad de la población evaluada:

Cuadro 4.2: Rango de edades de los trabajadores en BATCCA

RANGO DE EDADES	BASS 1	BASS 2	PLANNIG HUB	SUCURSAL
19-23	3	-	-	3
24-28	5	2	3	3
29-33	3	-	1	7
34-38	-	2	-	1
39-43	-	1	-	-
44-48	-	-	1	2
49-53	-	-	-	1
59-63	-	-	-	1
<b>TOTAL GENREAL</b>		21		18

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se resalta el hecho de que la población mayormente evaluada fueron personas con edades menores a 38 años, las cuales representan un 84.6%, sin embargo existe un 15.4% de personas que superan los 38 años de edad y podrían llegar a necesitar requerimientos visuales mayores.

## 2- Características del sistema de iluminación

El sistema de iluminación en BATCCA es muy diverso y cambiante según edificio. En el edificio llamado “*Sucursal*”, existen lámparas compactas fluorescentes, las cuales se encuentran agrupadas en conjuntos de tres por luminaria, además poseen bombillas en forma de espiral. En el edificio llamado Bass existen 3 tipos de luminarias; en la sección “*Bass 1*” existe iluminación de tipo led, en “*Bass 2*” y “*Plannig hub*” existen fluorescentes, 2 por luminaria.

El sistema de iluminación actual es totalmente manual, es decir sin sensores de movimiento; además el sistema de iluminación permanece en funcionamiento toda la jornada laboral, es decir 9 horas.

Las luminarias en el área “*Sucursal*” cuentan con las siguientes especificaciones.

Para los fluorescentes en espiral:

Cuadro 4.3. Características de luminarias en espiral en edificio Sucursal

Características	Especificaciones
<b>Marca</b>	Sylvania
<b>Modelo</b>	Spiral P35043-33
<b>Voltaje</b>	120V
<b>Potencia</b>	15W
<b>Lúmenes</b>	900lm
<b>Vida útil</b>	8000horas
<b>Índice de producción cromática</b>	80
<b>Temperatura de color</b>	6500K
<b>Diámetro</b>	45mm
<b>Longitud</b>	127mm

Fuente: Sylvania, 2015

Además de los fluorescentes en espiral, poseen fluorescentes compactos, los cuales presentan las siguientes especificaciones.

Cuadro 4.4. Características de luminarias fluorescentes en edificio Sucursal

Características	Especificaciones
<b>Marca</b>	Sylvania
<b>Modelo</b>	Octron ECO FO 31T8
<b>Potencia</b>	31W
<b>Vida útil</b>	20.000 horas
<b>Lúmenes promedio</b>	2725lm
<b>Temperatura de color</b>	3000K
<b>Índice de producción cromática</b>	82
<b>Largo (pulg)</b>	4"
<b>Diámetro (pulg)</b>	1"

Fuente: Sylvania, 2015

En la sección Bass 1 con iluminación led, las especificaciones son las siguientes :

Cuadro 4.5. Características de luminarias en la sección Bass 1

Características	Especificaciones
<b>Marca</b>	Spark
<b>Modelo</b>	SPL-T83HU
<b>Voltaje</b>	277v
<b>Potencia</b>	18W
<b>Lúmenes</b>	1800lm
<b>Vida útil</b>	>50,000horas
<b>Eficiencia</b>	85%
<b>Índice de producción cromática</b>	>75



<b>Temperatura de color</b>	Blanco cálido: 3000K; blanco puro: 4500K; blanco frío: 5700K
<b>Degradación después de 3000 horas</b>	<2%
<b>Frecuencia</b>	50-60hz
<b>Dimensiones (mm)</b>	1.2m x $\phi$ 30
<b>Tamaño (mm)</b>	1247*214*197 mm

Fuente: Shenzhen Spark, 2015

En Bass 2 y en algunas partes de Bass 1, la iluminación es con fluorescentes y se presentan las especificaciones a continuación:

**Cuadro 4.6. Características de luminarias en la sección Bass 2**

Características	Especificaciones
<b>Marca</b>	Sylvania
<b>Modelo</b>	Octron ECO FO 32T8
<b>Potencia</b>	32W
<b>Vida útil</b>	30.000 horas
<b>Lúmenes promedio</b>	2802lm
<b>Temperatura de color</b>	3000K
<b>Índice de producción cromática</b>	85
<b>Largo (pulg)</b>	4''
<b>Diámetro (pulg)</b>	1''

Fuente: Sylvania, 2015

En Plannig Hub, de igual manera la iluminación es fluorescente y se presentan las especificaciones en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4.7. Características de luminarias en la sección Plannig Hub**

Características	Especificaciones
<b>Marca</b>	Osram
<b>Modelo</b>	T5 FQ
<b>Potencia</b>	54W
<b>Voltaje</b>	230V
<b>Vida útil</b>	24000horas
<b>Lúmenes/watt</b>	76lm/w
<b>Lúmenes promedio</b>	4100L
<b>Temperatura de color</b>	6500k
<b>Índice de producción cromática</b>	83
<b>Largo</b>	1149 mm
<b>Diámetro</b>	16mm

Fuente: Osram, 2015

Al ser tan diversas las características técnicas de luminarias en los diferentes sectores, el consumo energético se ve afectado por la potencia de las luminarias, por lo tanto la eficiencia del sistema varía en los diferentes sectores.

### 3- Características del entorno

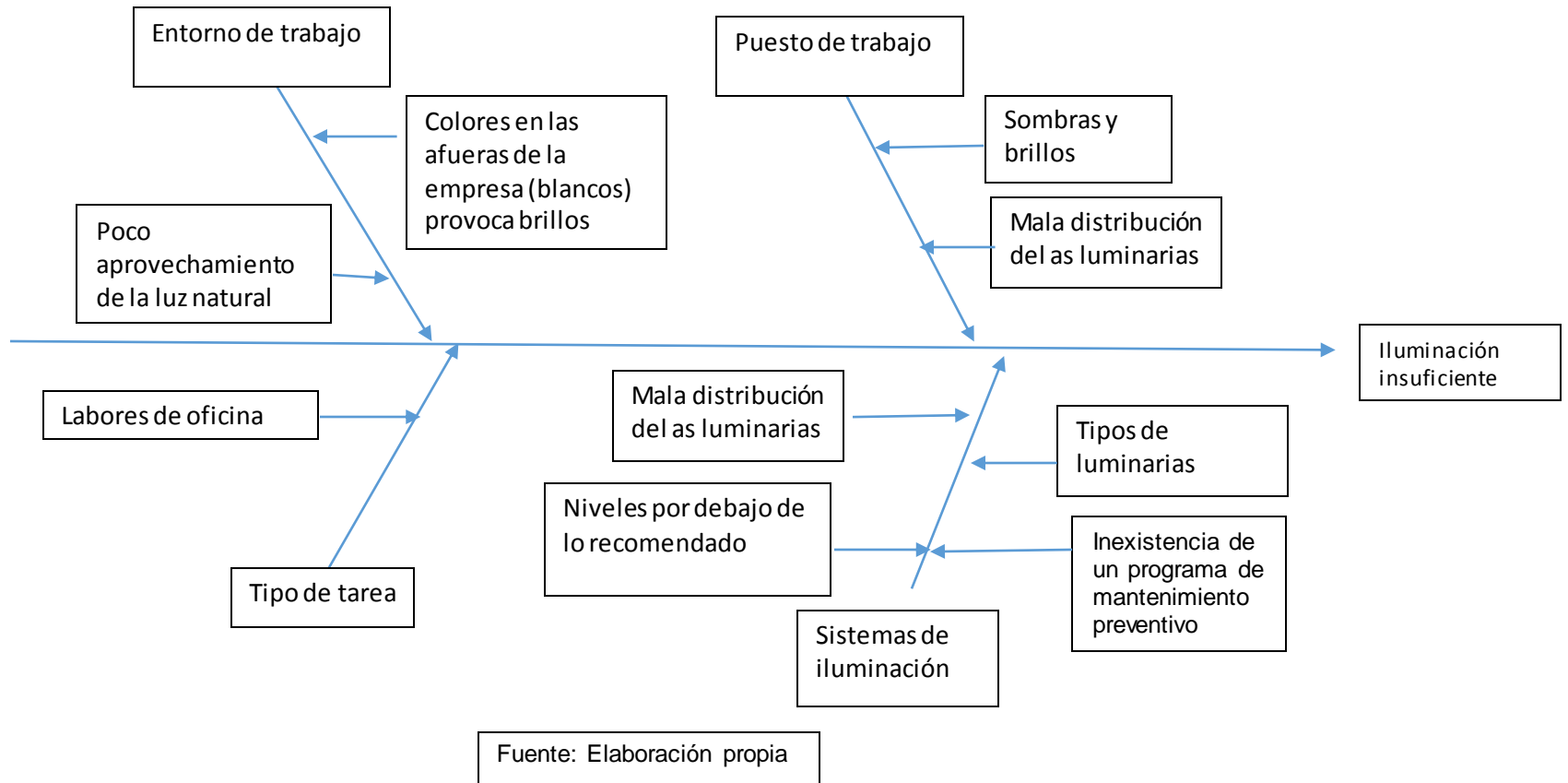
El edificio llamado "Sucursal" posee paredes de gypson y concreto pintados de color blanco; los techos poseen un "techo falso" de escayola, el piso posee una alfombra color gris y finalmente existen ventanas de vidrio en un solo sector del edificio. Los cubículos poseen escritorios color café y paredes color azul, además justo encima de las computadoras hay un mueble color gris para guardar documentos. En el edificio Bass, las características son un poco diferentes. En la sección Bass 1 y Bass 2, las características son las mismas, con cubículos de trabajo blancos, el material de las paredes de concreto es de color blanco, con un techo falso de escayola y alfombra gris para el piso del edificio, también los conductos de aire están expuestos y son de color gris. En Planing Hub, está seccionado con paredes de gypson de un color verde muy tenue, los cubículos son iguales que los anteriormente mencionados, sin embargo las características del piso y techo cambian. El techo viene siendo de un techo falso metálico de color blanco, y el piso con alfombra de colores verdes y café y finalmente los conductos de aire son de color amarillo. En este sector no existen ventanas, por lo tanto no hay aprovechamiento de la luz natural.

La iluminación general es de color blanco y presente durante las 9 horas de trabajo. En los sectores donde hay ventanas existen unos parasoles, los cuales se utilizan cuando existen deslumbramientos; Estos se encuentran en buen estado sin embargo al utilizarlos, la luz natural no es aprovechada.

## II. Condiciones que propician una inadecuada iluminación

Gracias a la aplicación de una encuesta higiénica, lista de verificación, cuestionarios y mediciones de iluminación, se logró determinar algunos factores que propician una inadecuada iluminación. Estos factores son analizados mediante un diagrama causa y efecto, para conocer cuáles son los problemas de mayor influencia con respecto al trabajador y la iluminación.

Figura 4.1. Diagrama de Ishikawa



Como se muestra en la figura anterior, el diagrama de causa-efecto permite visualizar claramente las causas y sus subcausas que posee el sistema de iluminación en la empresa; estas se describen a continuación:

#### Colores en las afueras de la empresa (blancos) provoca brillos.

En los alrededores de BATCCA colinda la empresa Fruta Internacional, y esta con sus grandes refrigeradores de almacenamiento de color blanco, provocan que la luz que incide en las paredes, se crea un destello, el cual deslumbra a los trabajadores que se encuentran cerca, de igual manera sucede con los otros trabajadores que tienen el parqueo a la par del edificio, cuando la luz incide en los automóviles crea un reflejo muy fuerte de la luz, lo que dificulta realizar labores de oficina y por lo tanto los trabajadores prefieren utilizar los parasoles para evitar esos deslumbramientos.

#### Poco aprovechamiento de la luz natural

En general en la empresa, el aprovechamiento de luz natural es poca, ya en los sectores donde hay ventanas existen unos parasoles, los cuales la mayoría del tiempo son utilizados para evitar brillos molestos debido al reflejo de la luz, por lo tanto tapando la luz solar, sin embargo, si existiera un reacomodo de los puestos de trabajo se aprovecharía la iluminación natural. En Planning hub la iluminación natural es nula, sin tragaluces ni ventanas alrededor, por lo que las personas en esa zona no perciben ni tienen noción de que es lo que sucede afuera.

En la empresa, la iluminación permanece encendida durante todo el día aunque haya sol; entonces esto hace que el consumo energético de la empresa sea mayor, pudiendo reducirlo.

#### Sombras y brillos

Existen algunos puestos de trabajo que tuvieron problemas debido a sombras proyectadas en su puesto de trabajo por su cuerpo, esto debido a la mala distribución de las luminarias, las cuales se encontraban justo detrás de los trabajadores y no les permitía observar bien su zona de trabajo, haciendo que exista una mayor exigencia visual en los trabajadores.

Con respecto a los brillos molestos, estos se presentaban más entre las 11 am y 2 pm ya que es cuando los rayos del sol se encuentran paralelos a las superficies, afectando particularmente a las personas que se encontraban más cercanas a las ventanas, sin embargo cuando el brillo es demasiado se soluciona haciendo uso de los parasoles.

#### Niveles por encima de lo recomendado

Para el trabajo de oficinas, la normativa nacional estipula que los niveles de iluminación mínimos deben de ser 500lux, sin embargo en estudios realizados por la empresa anteriormente sacan a relucir que los niveles en ciertos sectores son menores a los 100lux y ahora con las nuevas mediciones se confirman los bajos niveles de iluminación. Esta sección se explicara con en detalle más adelante.

#### Inexistencia de un programa de mantenimiento preventivo

Durante la realización del proyecto, se encontraron 25 luminarias en mal estado, las cuales ya llevaban más de 2 semanas de haber sido reportadas y sin embargo no se les había hecho el cambio; esto se debe a que no existe un programa de mantenimiento preventivo ya que se entrevistó al encargado de mantenimiento de la empresa y este mencionó que no existía. Cuando se presenta una avería en alguna lámpara se trata de cambiarla rápidamente, o cuando se exige por otros departamentos, sin embargo en la empresa existen problemas mayores los cuales tienen una mayor prioridad y por consecuente se atienden primero.

#### Tipo de luminarias

Las luminarias presentes no proporcionan los lúmenes necesarios en las áreas de trabajo, además los diversos tipos de luminarias poseen potencias distintas lo que también hace que el consumo energético se eleve.

#### Mala distribución de las luminarias

El sistema de iluminación existió antes de saber cuánta gente se iba a disponer en los diferentes sectores, además los cubículos se dispusieron sin tomar en cuenta la ubicación de las luminarias. Por lo tanto existen zonas donde personas generan sombras en su plano de trabajo, otras que se molestan por que no poseen buenos niveles de iluminación, entre otros.

#### Labores de oficina

De acuerdo a la norma INTE, la labor de oficina necesita 500 luxes y los niveles actuales se encuentran por debajo de la norma, por lo tanto se puede decir que los trabajadores se encuentran en un ambiente inadecuado para trabajar y podrían estar forzando sus ojos para realizar lecturas de documentos, utilización de computadora entre otros.

### III. Caracterización de los niveles de iluminación.

Las mediciones de los niveles de iluminación se realizaron dos días (9 y 10 de septiembre del 2015), estas mediciones se realizaron en cada puesto de trabajo en el edificio Sucursal y Bass, tomando en total 30 mediciones por puesto, 10 mediciones en el periodo de la mañana (9 am), 10 a medio día (11 am) y 10 más en el periodo de la tarde (3 pm). Cabe aclarar que las mediciones en el edificio Sucursal y el sector de Panning Hub se realizaron el día 1 y el sector Bass1 y Bass 2 el día número 2.

La normativa escogida como referencia para determina el nivel de iluminación recomendado según el tipo de tarea desarrollada en cada uno de los puestos de trabajo fue la nacional, es decir INTECO, la cual establece 500 lux para tareas de oficina.

El primer día que se realizaron las mediciones se caracterizó por mantener una condición soleada, sin embargo a medio día se presentó una pequeña lluvia y se puso un poco nublado. Para el segundo día, se presentaron fuertes lluvias durante toda la mayoría de la jornada, solamente en horas de la tarde (3 pm) salió el sol y cesó la lluvia.

#### 1. Niveles de iluminación en el edificio Sucursal

A continuación se presentan los promedios de los 18 puestos muestreados en el edificio Sucursal:

Cuadro 4.8. Niveles promedio de iluminación en Sucursal

PUESTO	MAÑANA	MEDIO DÍA	TARDE
	Promedio (lux)	Promedio (lux)	Promedio (lux)
1	120.8	109.8	124.6
2	203.1	208.3	167.7
3	288.6	285.8	286.6
4	480.8	662.6	295.8
5	179.9	186.1	159.4
6	185.2	212.7	181.4
7	199.2	198.7	169.2
8	237.6	265.2	251.8
9	138.5	116.9	114.2
10	139.5	131.5	93.9
11	171.7	191.7	115.7
12	455.9	622.0	166.1
13	254.5	247.8	249.2
14	455.6	450.8	419.8
15	344.8	367.1	197.6
16	66.0	63.7	93.3
17	166.4	150.8	180.3
18	177.7	196.1	200.9

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, en la todos los puestos exceptuando los puestos 4 y 12, los niveles de iluminación no superan los niveles mínimos de la norma (500lux) y esto se debe a que esos puestos eran los únicos que se encontraban justo a la par de la ventana, por lo tanto la influencia de la luz natural ese día fue mayor a medio día, ya que se encontraba soleado. De igual manera los demás puestos de trabajo, los niveles de iluminación son bastante bajos con respecto a la norma y esto se debe a que primero no existe influencia de iluminación natural y segundo que el mueble que poseen justo encima de su plano de trabajo no permite que lleguen mayores niveles de iluminación.

## 2. Niveles de iluminación en el edificio Bass

Como se mencionó anteriormente, el edificio Bass se divide en sectores dependiendo de las operaciones a realizar; por lo tanto se va a dividir en Bass 1, Bass 2 y Plannig Hub.

De igual manera que el Sucursal, se realizaron mediciones en 21 puestos, en 3 diferentes horas de la jornada.

Cuadro 4.9. Niveles promedio de iluminación en sector Bass 1

PUESTO	MAÑANA	MEDIO DÍA	TARDE
	Promedio (lux)	Promedio (lux)	Promedio (lux)
1	273.2	296	295.3
2	273.8	277.7	268.8
3	397.7	302.6	409.1
4	267.2	405.1	302.9
5	242.9	282.8	271.2
6	238.1	249.2	253.8
7	279.4	286.1	304.5
8	188.5	197.4	192.3
9	278.0	266.0	288.7
10	244.6	259.0	227.8
11	238.9	254.4	238.9

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro anterior en el sector Bass 1, ningún puesto se encuentra cerca de lo recomendado por la norma (500lux). Lo que influye en esos bajos niveles de iluminación se le adjudican a varios factores: primero en este sector los parasoles el día de la medición estuvieron cerrados, haciendo que la entrada de luz natural disminuyera, aunque y cuando ese día se presentaba nublado; segundo la iluminación general se encuentra muy distante del plano de trabajo y tercero la posición del sistema de iluminación, el cual se encuentra distribuido de tal manera que recorra de lado a lado el edificio en dos hileras, lo cual dificulta a personas que no se encuentren bajo esas hileras la iluminación, por lo que los colaboradores se deben adaptar al entorno y no viceversa.

A continuación se presentan los niveles promedio del sector Bass 2, de igual manera existieron 3 diferentes tiempos para la toma de datos.



Cuadro 4.10. Niveles promedio de iluminación en sector Bass 2

PUESTO	MAÑANA	MEDIO DÍA	TARDE
	Promedio (lux)	Promedio (lux)	Promedio (lux)
1	385.8	408.1	413.5
2	399.7	294.6	236
3	284.7	363.0	336.2
4	650.8	885.6	645.7
5	358.9	384.8	373.1

Fuente: Elaboración propia

En Bass 2, los niveles de iluminación se encuentran por debajo de la norma igualmente, sin embargo en el puesto 4 se encontraba a la par de la ventana y no se utilizaba el parasol por lo tanto recibía mucha influencia de luz natural. Como se observa los niveles de iluminación en este sector son un poco más altos que en Bass 1; se resalta el hecho de que en este sector los fluorescentes son diferentes a los Bass 1, por lo que puede influir en los niveles de iluminación.

En el cuadro 4.11 se presentan los niveles promedio del sector Plannig Hub, de igual manera existieron 3 diferentes tiempos para la toma de datos.

Cuadro 4.11. Niveles promedio de iluminación en sector Plannig Hub

PUESTO	MAÑANA	MEDIO DÍA	TARDE
	Promedio (lux)	Promedio (lux)	Promedio (lux)
1	440.3	451.9	459.8
2	512.2	524.3	493.8
3	596.2	637.1	500.5
4	594.1	726.6	622.6
5	605.1	659.4	553.1

Fuente: Elaboración propia

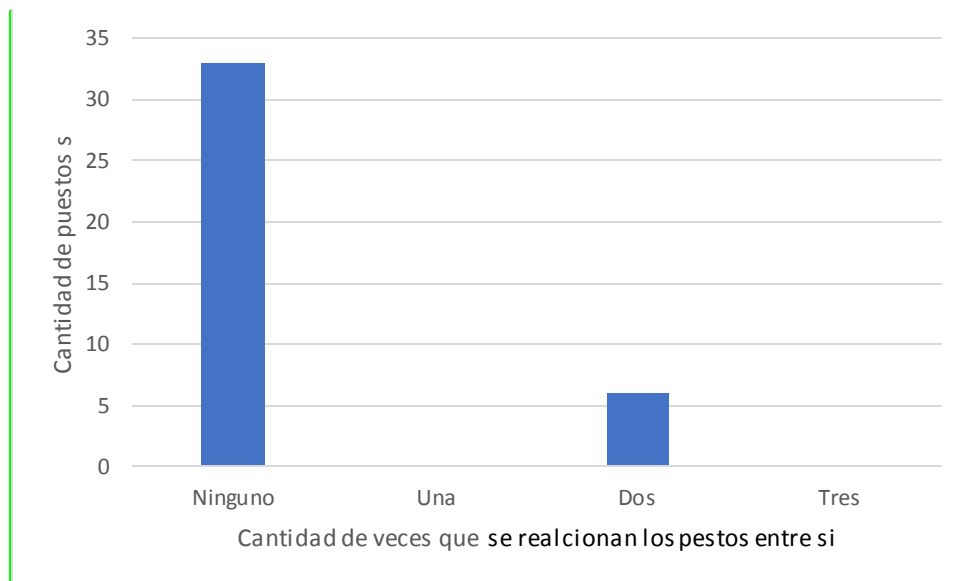
En este sector fue donde se encontraron los niveles de iluminación más elevados y donde las personas presentaban mayores molestias debido al calor generado por las luminarias y los brillos molestos en sus zonas de trabajo. En este sector las luminarias que se utilizan tienen mayor potencia y se calientan conforme el tiempo de utilización, lo que quiere decir que si las luces en horas de almuerzo (que la gente sale a comer) las dejan encendidas,

a su regreso las luminarias se encontraban más calientes. Asimismo los lúmenes que dan este tipo de luminarias, son muchísimos más elevados que en los demás edificios y sectores, de ahí los niveles elevados.

En cuanto a los niveles de reflectancia que se presentan en los diferentes puestos de trabajo se determinó que los niveles cumplen en un 88% en planos de trabajo y un 52.9% reflectancia de paredes, sin embargo en esto no significa que no existan brillos en los puestos de trabajo ya que depende de la posición del cuerpo o ángulo de inclinación. Se desglosan los niveles de reflectancia por puesto en el apéndice 4.

Finalmente, se realizó un análisis estadístico a la cual se le aplicó la prueba de Tukey por puesto evaluado, con el fin de observar si existía relación entre las diferentes horas de mediciones, a continuación se observa una grafico resumen de ese análisis

Gráfico 4.1. Estudio estadístico con prueba Tukey



Fuente: Elaboración propia

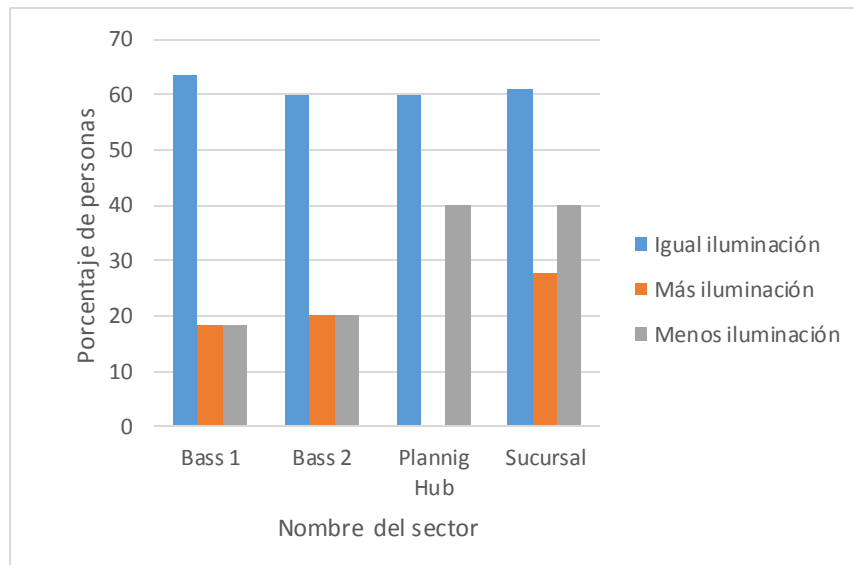
Con base en el análisis estadístico, se observa que de los 39 puestos evaluados, solamente 6 puestos presentan datos estadísticamente igual y en 33 puestos no, por lo tanto, esto significa que en cada momento de la jornada las condiciones y requerimientos de iluminación son diferentes. Finalmente no existe una jornada crítica para la cual se recomiende diseñar un sistema de iluminación.

#### IV. Percepción visual de los trabajadores con respecto a la iluminación

Dentro de los principales resultados se obtuvo que el 87% de la población evaluada consideran que la iluminación natural no es suficiente para realizar las labores y un 100% de la población evaluada consideran que sin iluminación artificial simplemente no se puede trabajar. Por lo tanto al siempre tener que encender las luminarias durante toda la jornada laboral y durante todos los años de laborar en Costa Rica, el consumo eléctrico será significativo.

Por otro lado en el siguiente gráfico se muestra la percepción de las personas con respecto a los niveles de iluminación presentes en las zonas de trabajo. Aun sabiendo que los niveles de iluminación son bajos (con respecto a la norma) en todos los sectores menos en Plannig Hub, la mayoría de las personas consideran que en su plano de trabajo no es necesaria más iluminación y esto se puede observar en el siguiente gráfico.

Gráfico 4.2. Percepción de requerimiento de iluminación en zona de trabajo.



Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el gráfico anterior, en términos generales las personas se muestran conformes con la iluminación que poseen en su zona de trabajo, sin embargo, estas personas no le dan importancia al riesgo que representa a la salud, ya que al no existir los niveles mínimos recomendados de iluminación se comprometen partes del cuerpo como lo es

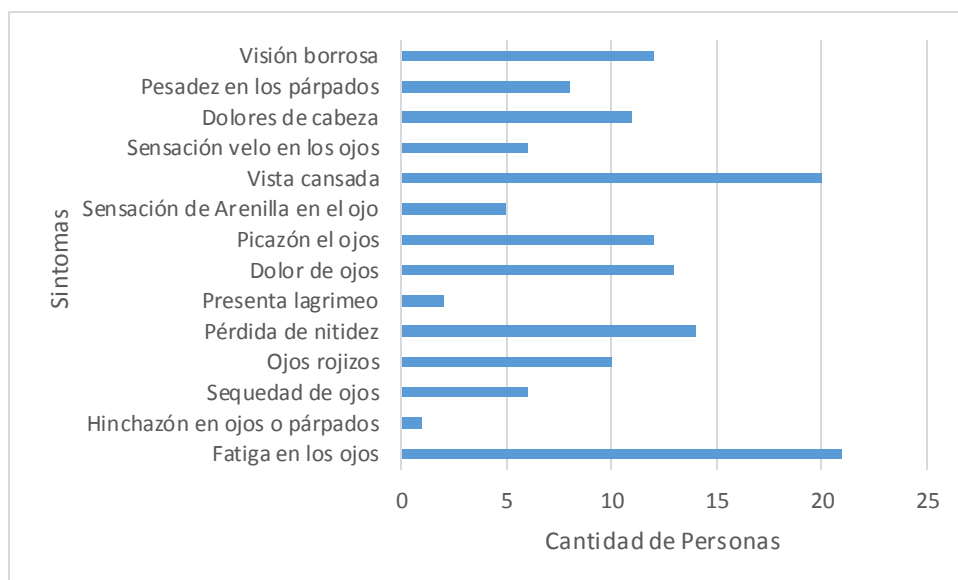
el cuello de la persona principalmente, al tratar de acercarse más a la computadora o documentos. Por otro lado, en Planning Hub, donde se registraron los niveles de iluminación más altos, una cantidad considerable de personas opina que es necesario reducir la luminancia en la zona y ninguna opina que necesita mayor niveles.

#### V. Efectos a la salud presentes en los colaboradores relacionados a la iluminación.

Uno de los objetivos del proyecto, es determinar los síntomas y efectos a la salud que llegan a presentar los colaboradores en sus zonas de trabajo; para ello se aplicaron dos cuestionarios uno relacionado con síntomas debido a una posible iluminación inadecuada y otro a dolencias. En los cuestionarios inicialmente se trató de identificar qué porcentaje de la población encuestada presentaban al menos uno de los efectos a la salud que se tomaron en cuenta al realizar la encuesta. El resultado obtenido fue de un 87% de la población evaluada dijo presentar problemas.

Se identificaron los efectos a la salud que más dicen manifestar la población evaluada y se determinó que la fatiga en los ojos es la que se da con mayor frecuencia en los trabajadores. En el siguiente gráfico se muestran la cantidad de personas que presentan problemas con respecto a los diferentes síntomas.

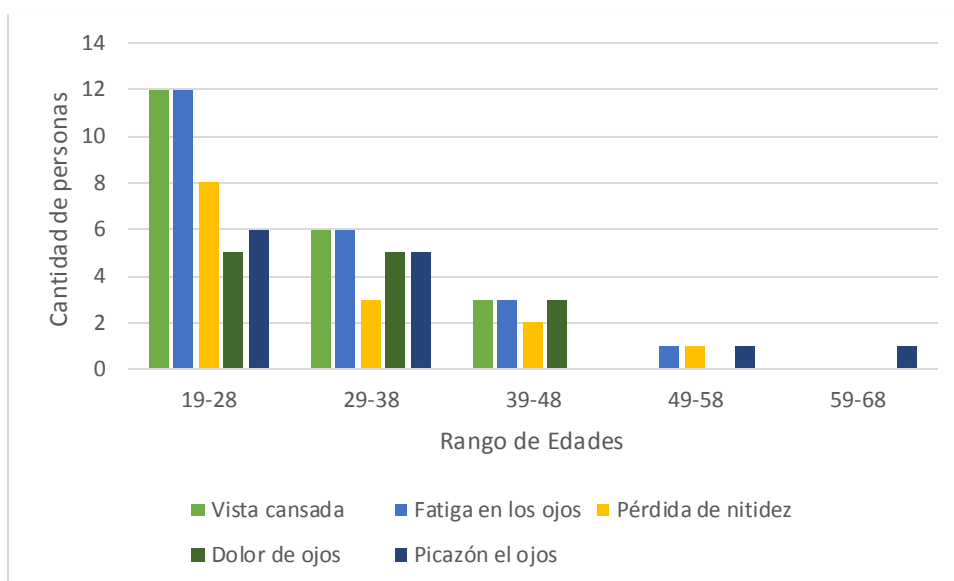
Gráfico 4.3. Cantidad de trabajadores que presentan efectos a la salud



Fuente: Elaboración propia

Efectos mayormente presentes en la población evaluada fueron la vista cansada, fatiga en los ojos, pérdida de nitidez, dolor de ojos y picazón en ojos, como se muestra en el gráfico anterior. Esos síntomas suelen estar más estrechamente relacionados con el déficit de iluminación en los lugares de trabajo (Chavarría, 2007). Asimismo, se determinó el número de personas que presentaron efectos a la salud según la edad.

Gráfico 4.4. Cantidad de personas según edad que presentaron efectos a la salud



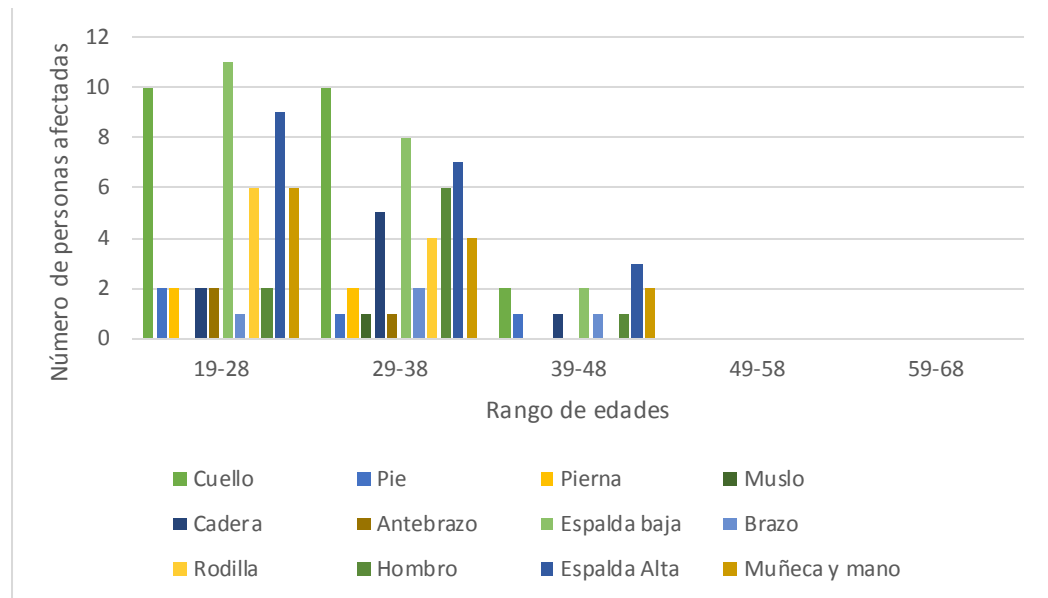
Fuente: Elaboración propia

De los efectos que mayormente se presentaron en la población evaluada, la más afectada fue la más joven entre edades de 19 a 18 años. Como se mencionó anteriormente los requerimientos visuales aumentan con la edad, sin embargo la población de mayor edad no presenta mayor número de problemas, pero se puede decir, que si las personas a tan poca edad ya presentan afectaciones a la salud, en el futuro cabe la posibilidad de que los síntomas empeoren si continúan las situaciones actuales.

Por otro lado, se determinaron las dolencias presentes durante la jornada de trabajo en oficinas; dolencias que interferían con la realización de labores y como resultados más

relevantes se encontraron problemas en lo que contempla la columna vertebral, como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 4.5. Padecimientos en diferentes sectores del cuerpo por rango de edades



Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior demuestra nuevamente que edades menores a 39 años son las más afectadas a problemas en los diferentes sectores del cuerpo; específicamente padecimientos en cuello, espalda baja y espalda alta. En edades mayores a 49 se observa una población muy sana la cual dice no manifestar problemas de salud. Entre edades de 39 y 48 años se observa que es la población que presenta mayores dolencias en cuerpo. Estas dolencias se pueden presentar debido a que en los planos de trabajo se producen sombras y brillos, por lo tanto el trabajador debe de adoptar posturas más alejadas o más cercanas a su computadora, sin embargo no se puede aseverar. Por otro lado, el 100% de la población manifestó que las dolencias que presentaban en ningún momento interferían con sus actividades diarias, es decir la intensidad del dolor no era excesiva como para parar labores.

Finalmente en este estudio, se debe de aclarar que los efectos a la salud identificados pueden estar influenciadas debido a las características del sistema de iluminación presente en las diferentes áreas, sin embargo se deben de realizar estudios más profundizados (ergonómicos y personales) para determinar si realmente es el sistemas de iluminación el que hace que aparezcan tales efectos en las personas.

## VI. Consumo energético del sistema de iluminación actual

Para determinar el consumo energético se consideró el número de lámparas, la potencia de cada lámpara y las horas de uso. Se consideraron los diferentes tipos de luminarias existentes en los dos edificios evaluados. Se obtuvo un consumo anual 56619 kWh , lo que representa 7.077.675.2 colones anuales en el sistema de iluminación (Ver apéndice 5). Ese consumo se considera alto para las tarifas del ICE y se debe a la cantidad de luminarias y diferentes características, horas de uso que posee la empresa y potencias de las luminarias ya que entre mayor potencia tenga una luminaria, mayor será el consumo energético. El sector que presentó un mayor consumo en la empresa fue el de Plannig hub, considerando que es donde las luminarias tienen una mayor potencia, la que dispara el consumo eléctrico.

## V. Conclusiones del análisis de situación actual

---

- Los Sistemas de Iluminación que actualmente se encuentran en los edificios estudiados, no están ofreciendo la cantidad de luz necesaria para desarrollar las tareas, de acuerdo a la normativa nacional.
- De la información obtenida de los cuestionarios de salud, se determinó que la población trabajadora presenta mayormente problemas a nivel de ojos y columna vertebral (cuello, espalda alta y baja) que podrían estar relacionados al sistema de iluminación, sin embargo, son necesarios más estudios con respecto a las causas que podrían estarlos generando efectos a la salud.
- Actualmente la utilización de diversos tipos de luminarias en diferentes los sectores, hace que se presente un consumo muy variado en toda la empresa, ya que las luminarias utilizadas poseen rendimientos luminosos diversos (relación entre potencia consumida y energía luminosa producida), lo cual afecta el consumo eléctrico.
- Un 100% de las personas evaluadas considera que la iluminación artificial es indispensable para realizar sus labores.



## VI. Recomendaciones

- Reemplazar las luminarias que se encuentran en mal estado o quemadas lo más pronto posible
- Realizar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de iluminación
- Redistribuir las posiciones de las luminarias, con el fin de homogenizar los niveles de iluminación en los diferentes sectores de la empresa. Asimismo se debe de tomar en cuenta la posición y puesto del trabajador para evitar que se presenten sombras o brillos molestos. Por lo tanto acomodar el entorno al trabajador y no viceversa.
- Buscar varias alternativas de sistema de iluminación de menos consumo energético unificando el tipo de luminaria con menor potencia (W) y que además mejoren las condiciones laborales de las personas, sustituyendo las lámparas fluorescentes existentes por lámparas que generen menos calor y brinden mayores niveles de luminancia.
- Para mejorar la incidencia de la luz en Sucursal, se recomienda quitar el mueble que poseen aéreo y bajar el nivel de los cubículos, para mayores niveles de iluminación.
- Llevar un control de las personas jóvenes que desde tempranas edades ya poseen problemas de salud.
- Realizar estudios más específicos (ergonómico, personales, ambientales, inspecciones de mobiliario entre otras) en el área de oficinas para determinar si los efectos presentados se pueden adjudicar realmente a los niveles de iluminación.
- Sustituir las luminarias que existen en Plannig Hub, por luminarias que no se calienten conforme las horas de uso, además de cambiarlas por unas que no tengan tan altas potencias ya que dispara el consumo eléctrico.
- Realizar estudios de cargas eléctricas en los edificios estudiados para determinar si las nuevas exigencias del sistema de iluminación propuesto puede soportarse con el sistema actual o bien deben de realizar modificaciones.

## VII. Alternativa de solución

---

La alternativa de solución se basa en sustituir, redistribución de luminarias y homogenizar las luminarias existentes por unas luminarias marca *Green Ray Led T5 B series de 18 Watts* que cuentan con una eficiencia del 130%, la cual posee una menor potencia que las luminarias existentes, lo que ayuda a disminuir el consumo energético de la empresa.

### 1) Aplicación del Método de Cavidad Zonal

El método de cavidad zonal contempla ciertos parámetros, los cuales se mencionaron en el marco teórico. Este método ayuda a calcular el número de fuentes luminosas, necesarias para que se presente una cantidad luminosa específica de acuerdo a las labores realizadas, se puede observar la memoria de cálculo en un sector en el apéndice 6.

Tomando en cuenta las características del local y de las luminarias, se calculó el número de luminarias necesarias en cada área de BATCCA

Cuadro 7.1. Cantidad de luminarias recomendadas por sector

<b>Sector</b>	<b>Numero de fuentes luminosas existentes</b>	<b>Número de fuentes luminosas recomendadas</b>
<b>Sucursal</b>	122	90
<b>Bass 1</b>	105	531
<b>Bass 2</b>	44	113
<b>Planning Hub</b>	32	79

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro anterior, la cantidad de fuentes luminosas son muchísimas más de las que ya existen en las diferentes áreas, sin embargo, este número de fuentes luminosas se ve modificado por el software Dialux. El cálculo del método de cavidad zonal se realizó para tener una referencia y ser tomada como base a la hora de posicionar las luminarias con la ayuda del software.

### 2) Consumo energético a partir del método de cavidad zonal

Actualmente el sistema de iluminación consume alrededor de 56619 kWh por año, lo que se considera alto, sin embargo con la implementación de un nuevo tipo de luminarias y

de acuerdo al cálculo teórico de luminarias necesarias para alcanzar niveles de iluminación requeridos, el consumo energético anual sería de 7902.36kW/h, lo cual representa 13.381.828.3, colones anuales para el sistema de iluminación (ver apéndice 7).

### 3) Tecnología “Led”

La selección de iluminación tipo led es la nueva alternativa para alcanzar eficiencia en los sistemas de iluminación (Green Peace, 2008). La tecnología led posee mayores horas de vida útil (>50.000h), lo que representa aproximadamente 9 veces más que las luminarias fluorescente, además se dice que el led es hasta en un 70% más eficiente que los fluorescentes, por lo tanto el mantenimiento es mínimo, por otro lado es amigable con el ambiente ya que no contienen mercurio en su interior y no producen radiación UV y finalmente este tipo de tecnología produce mucho menos calor que las luces fluorescentes o incandescentes (Green Ray, 2015).

### 4) Frecuencia de mantenimiento

La frecuencia mantenimiento del sistema de iluminación va a depender de características del ambiente donde se encuentre este, de la vida útil y el uso de balastro o no. Batcca se categoriza como un lugar “limpio”, es decir un lugar donde no se genera polvo y es muy difícil que existan partículas suspendidas en el ambiente (por lo venos visibles), por lo tanto la adherencia de partículas es muy poca.

Al implementar este tipo de luminarias, la vida útil de la misma es mucho mayor a todas las luminarias que se encuentran actualmente. La nueva luminaria posee una vida útil mayor a las 50.000h, además este tipo no necesita uso de balastro, por lo tanto el requerimiento de mantenimiento disminuye.

### 5) Software Dialux

Gracias al método de cavidad zonal, se logró determinar el número de luminarias recomendadas teóricamente para lograr alcanzar los niveles de iluminación requeridos para el trabajo en oficinas, sin embargo el software utilizado de iluminación, Dialux, es un instrumento que recrea la mayor parte de las condiciones presentes de los diferentes locales, y distribuye de manera “inteligente” y homogénea las luminarias, además esta herramienta permite utilizar realmente la cantidad de luminarias requeridas en el lugar de trabajo. Cabe destacar que el mobiliario es muy parecido al que se encuentra en Batcca, sin embargo no es exactamente el

utilizado, se escogió de acuerdo a los accesorios que posee el software y se presenta a modo de ilustración (Ver apéndice 8).

De acuerdo a la nueva distribución propuesta por el programa, la cantidad de luminarias se reduce cierto porcentaje por sector evaluado, entonces en el siguiente cuadro se pueden observar realmente cuantas luminarias se utilizaron para el diseño propuesto.

Cuadro 7.2. Número de luminarias recomendadas por Dialux

<b>Sector</b>	<b>Número de fuentes luminosas propuestas</b>
<b>Sucursal</b>	48
<b>Bass 1</b>	108
<b>Bass 2</b>	25
<b>Plannig Hub</b>	36

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro anterior, el número de luminarias disminuye considerablemente para los sectores de Batcca, haciéndolo más rentable al bolsillo.

#### 6) Costo de luminarias y lámparas tipo led

Actualmente la tecnología Led es muy reciente y por lo tanto algo costosa, sin embargo se considera una inversión, ya que a lo largo de los años se recupera la inversión.

Para la adquisición, el presupuesto debe de ser alto ya que se deben de cambiar todas las luminarias de la empresa (sector oficinas). En el cuadro siguiente se observa el desglose de cálculo.

Cuadro 7.3 Costo aproximado de compra

<b>Costo por compra de lámparas</b>		
<b>Green Ray 18 W</b>	Cantidad de lámparas	Costo
<b>¢15.000</b>	434	<b>¢6.510.000</b>
<b>Costo por compra de luminaria</b>		
<b>Costo de luminaria</b>	Cantidad necesarias	Costo
<b>¢45.000</b>	217	<b>¢9.765.000</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se observa del cuadro anterior, el costo aproximado de compra es de 16 millones de colones para el nuevo sistema de iluminación.

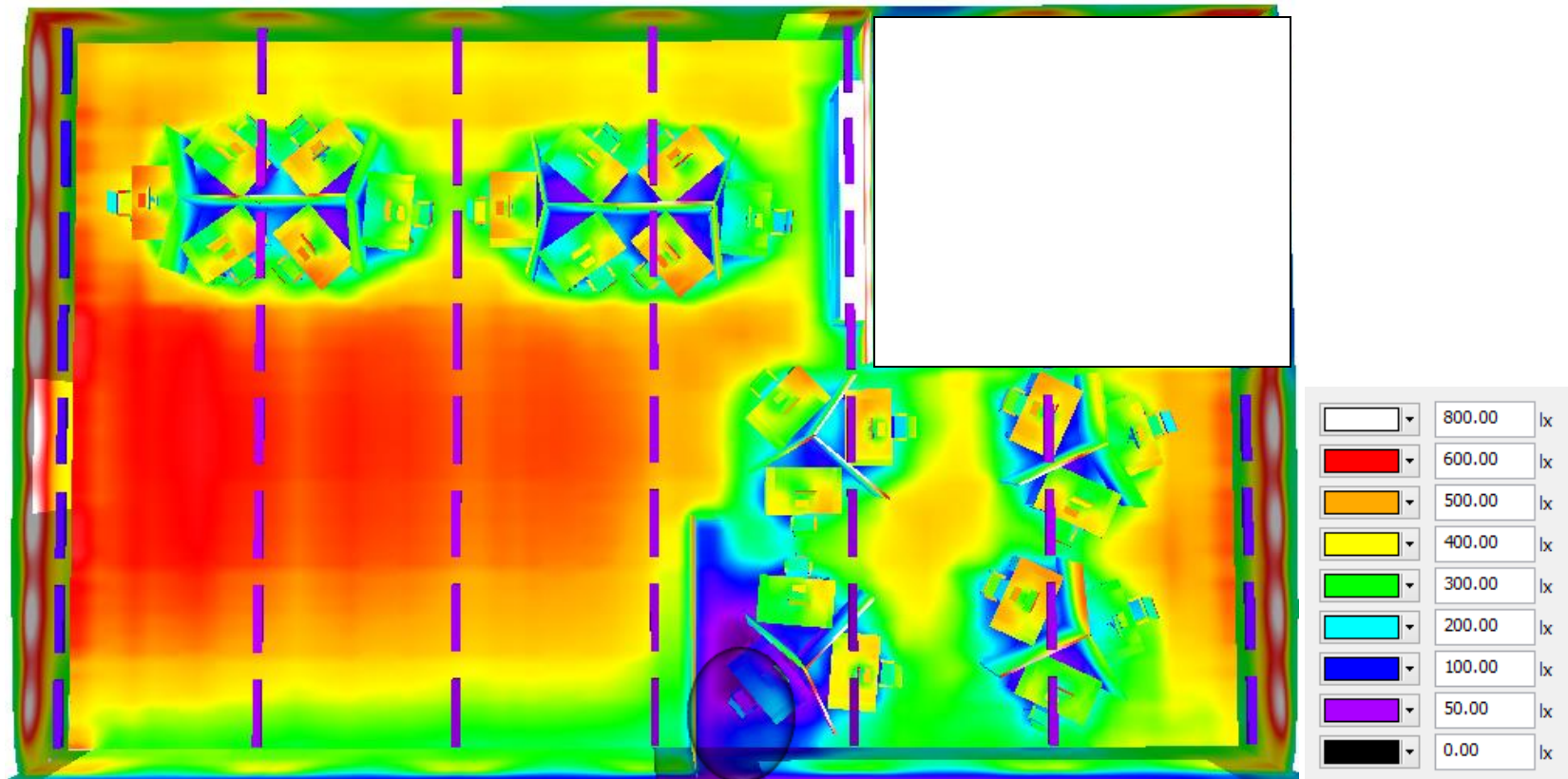
#### 7) Distribución luminosa en Batcca

El software Dialux proporciona los niveles de iluminación (en lux) los cuales se proyectan en las diferentes partes de las oficinas. Se trató de homogenizar la iluminación que se proyecta en el plano de trabajo para que logre cumplir con los requerimientos de la norma y asegure un ambiente óptimo para trabajar.

Los colores que se deben de proyectar mayormente en los planos de trabajo son los colores entre el amarillo y el rojo.

Seguidamente en la siguiente figura se muestra el flujo luminoso que llega al plano en el edificio “Sucursal “

Figura 7.1. Distribución luminosa en Sucursal

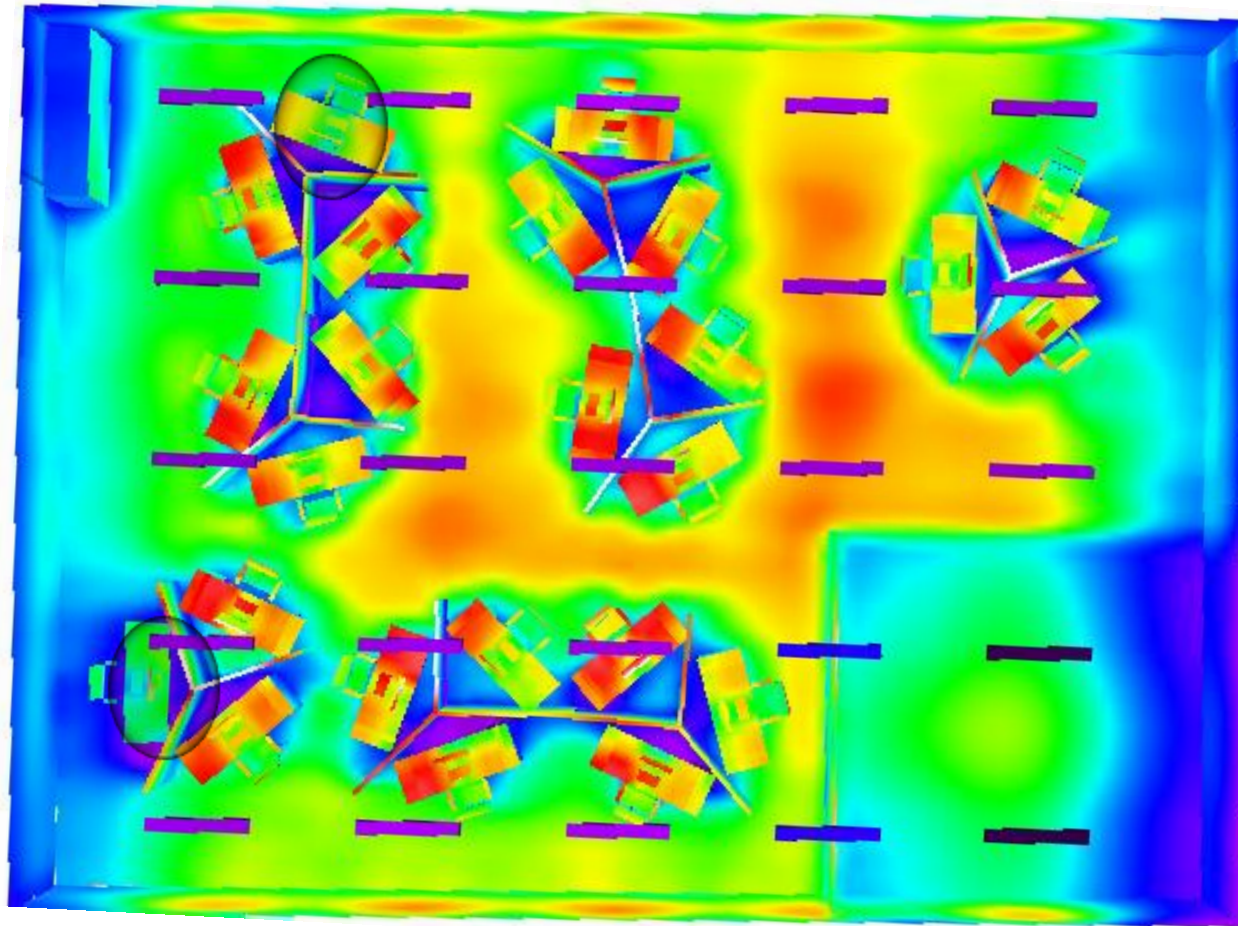


Fuente: Elaboración propia

Gracias a la figura anterior, se observa que el flujo luminoso en la planta es relativamente homogéneo, sin embargo existe un puesto el cual se encuentra (ubicado en la figura) muy por debajo de los 500 lux, pero este puesto tiene una ventana a la derecha, por lo tanto existe la influencia de la luz natural en ese puesto y el programa utilizado no lo considera, por lo tanto el flujo luminoso que llega a ese puesto es mayor.

En el sector de Bass 2 la distribución es la siguiente:

Figura 7.2. Distribución luminosa en Bass 2



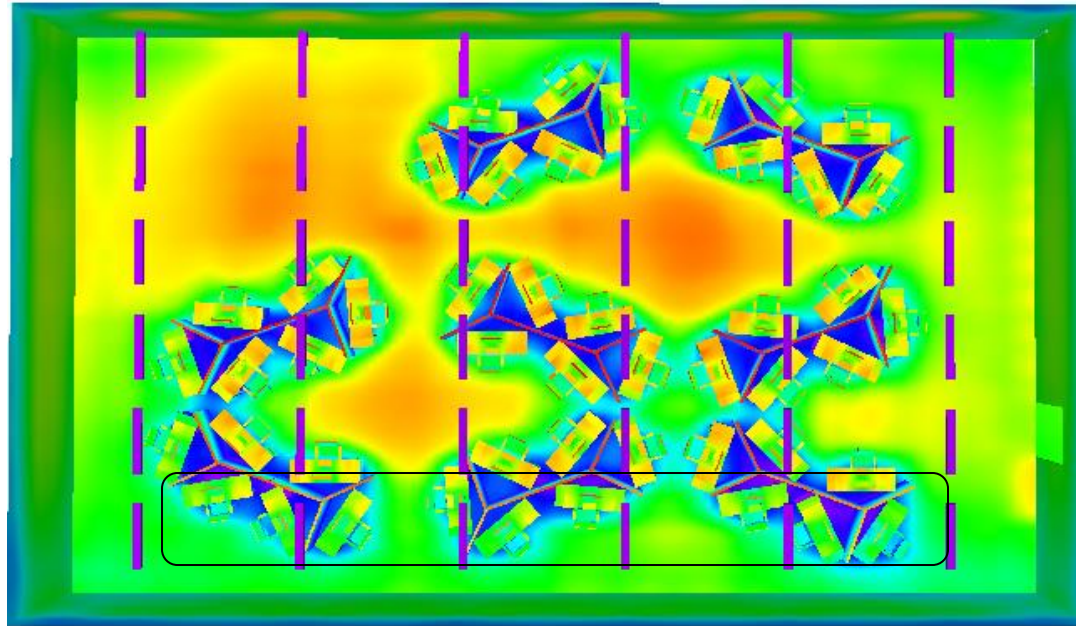
Fuente: Elaboración propia



Al observar la figura anterior, se muestra que solamente 2 puestos de trabajo se encontrarían en situación desfavorable con respecto a la norma, sin embargo como se mencionó anteriormente en este sector existen ventanas, en los alrededores del área, por lo tanto los niveles de iluminación en esos puestos es mayor gracias a la influencia de la luz natural. En términos generales, la iluminación se encuentra aceptable ya que cumple con los requerimientos mínimos de la norma.

En el sector de Planning Hub, la distribución quedo de la siguiente manera:

Figura 7.3. Distribución luminosa en Planning Hub

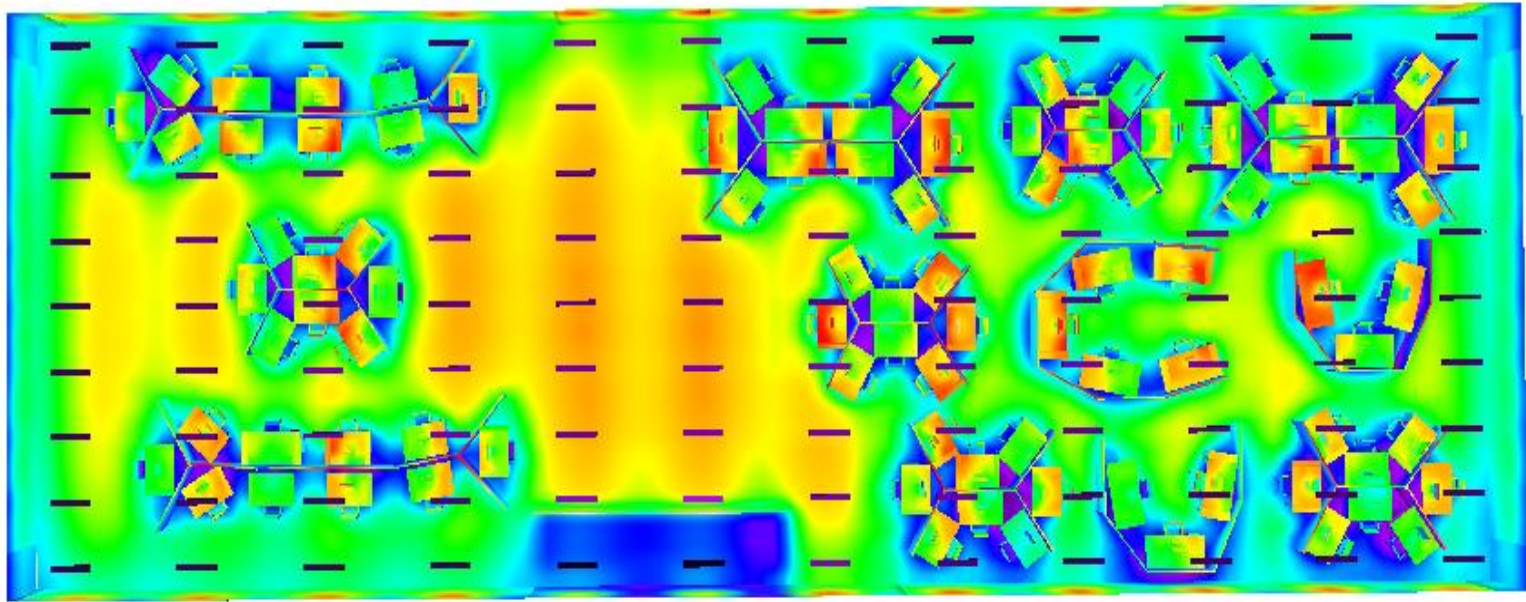


Fuente: Elaboración propia

En este sector, existen puesto los cuales no llegan a cumplir con los 500 luxes, sin embargo al distribuir las luminarias de esa manera, los demás puestos mejoran su calidad de iluminación y se crea una distribución más homogénea en este sector.

Finalmente a continuación se presenta la distribución luminosa en Bass 1

Figura 7.4 Distribución luminosa en Bass 1



Fuente: Elaboración propia

En este sector al abarcar un área tan grande la cantidad de luminarias es mayor a las otras áreas, por lo tanto en este sector es donde el consumo energético es más elevado, por otro lado de igual manera los alrededores de la planta están rodeados por ventanas, por lo que el aporte a los puestos de trabajo que se encuentran más cerca a las mismas es mayor.

#### 8) Distribución de las luminarias

Gracias a la utilización del software se distribuyeron las luminarias de manera uniforme, a continuación se presenta un cuadro resumen en cuanto a la ubicación de las luminarias.

Cuadro 7. 4. Medición de distancias de las luminarias en los diferentes sectores evaluados

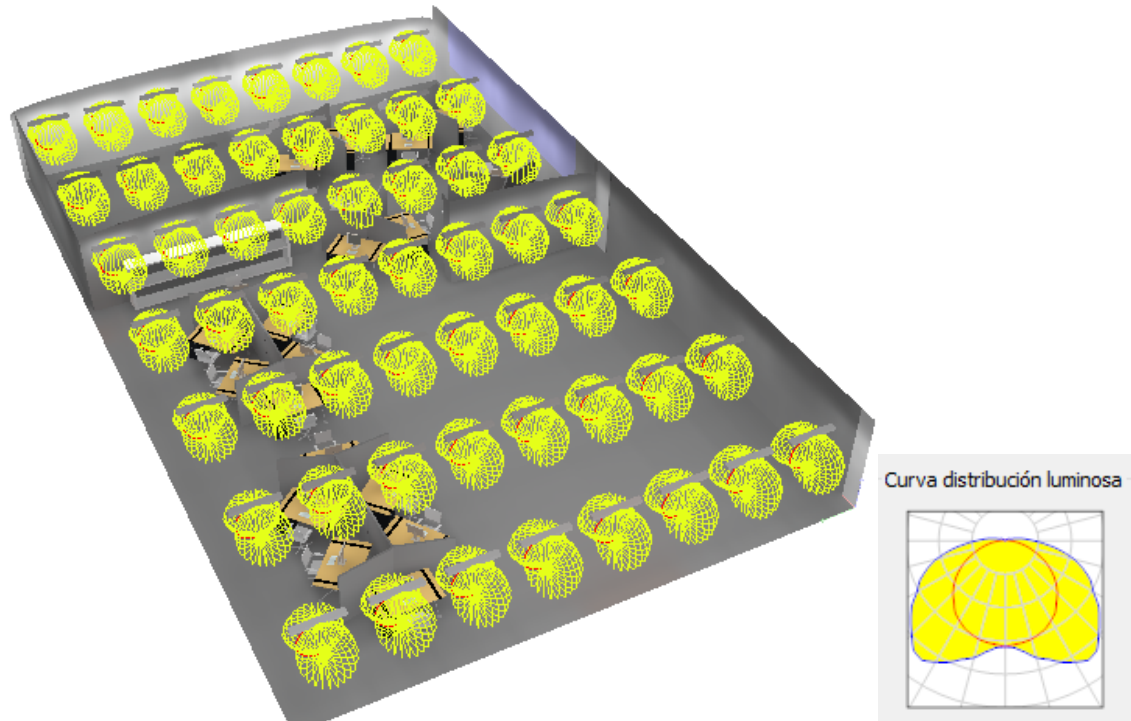
Sector	Distancia Máxima de Separación (m)	Distancia de separación entre luminarias y paredes (m)	Altura de montaje de las luminarias (m)
Sucursal	4.5	0.7	0.5
Bass 1	3.6	1.5	0
Bass 2	1.4	1,9	0
Plannig hub	3.4	2.6	0.5

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el cuadro anterior las mediciones de distancias son cambiantes ya que se tomaron en cuenta los puestos de trabajo y dimensiones del local, para lograr obtener puestos de trabajo con niveles de iluminación mínimos requeridos por la norma.

Asimismo se escogió una luminaria que tuviera una curva fotométrica que abarcara mayor área marca Havells Sylvania de 2x32, la cual se observa en la siguiente figura

Figura 7.5 Distribución de las curvas fotométricas en el área de sucursal



Fuente: Elaboración propia

La escogencia de una luminaria con una curva fotométrica mayor, ayuda a que no haya que implementar mayor número de fuentes luminosas, por lo tanto, al no traslaparse las curvas el aprovechamiento es mayor y no hay desperdicio y los requerimientos lumínicos en el plano de trabajo se cumplen.

#### 9) Consumo energético con ayuda de propuesta de Dialux

Debido a que el número de luminarias se adaptaron a los diferentes locales, se recalculó el consumo energético que posee esta nueva propuesta de sistema de iluminación. En el siguiente cuadro se logra apreciar el consumo.

Cuadro 7.5. Consumo energético de la propuesta de iluminación por áreas.

Sector	Consumo energético (KWh/mes)	Ahorro con respecto al consumo actual (% mes)
Sucursal	466.56	60
Bass 1	243	74
Bass 2	1049.76	21
Plannig Hub	349.92	25
Consumo energético anual del sistema (kWh/año)	Costo anual en colones	Ahorro con respecto al consumo actual (% anual)
25310.88	3293488.3	73

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se ve reflejado el consumo energético del sistema de iluminación propuesto y se observa que gracias a la nueva distribución de luminarias que se alcanzó con la ayuda del software, el consumo disminuye un 73%, por lo que al implementar esta propuesta disminuirá el gasto en colones.

#### 10) Recuperación de la inversión

Con el fin de conocer en cuanto tiempo se recupera la inversión inicial a realizar en cada sector de la empresa, se utilizó una fórmula financiera que consiste en calcular el retorno de la inversión (RI), es decir en cuanto tiempo se recupera lo invertido. La fórmula consiste en conocer la inversión inicial a realizar y dividirla entre el ahorro anual, para finalmente obtener los años que se dura recuperando la inversión. (Mcbride, 2015)

Cuadro 7.6 Costo aproximado de la inversión del sistema de iluminación por sector

Vida útil de luminarias	Años de vida útil de las luminarias			Estimación de vida útil	
>50.000 horas	5 años y 8 meses			5 años y 5 meses	
Sector	Compra luminarias	Compra de luminarias	Costo de instalación	Posibles reparaciones	Total
Sucursal	₡1.440.000	₡2.160.000	₡ 135.744	₡ 50.000	₡3.785.744
	Costo actual del sistema		Costo del consumo energético del nuevo diseño		Ahorro anual
	₡988.655		₡768.910		₡219.744

	Año 1	COP 4.554.655			
	Año 2	COP 4.095.164			
	Año 3	COP 3,865,418			
	Año 4	COP 3,635,673.54			
	Año 5	COP 3,405,928.20			
	Año 5 y 5 meses	Adquisición de nuevas luminarias			
	RI	16.48 años			
Bass 1	Compra luminarias	Compra de luminarias	Costo de instalación	Posibles reparaciones	Total
	COP 3.240.000	COP 4.860.000	COP 305.424	COP 100.000	COP 8.505.424
	Costo actual del sistema		Costo del consumo energético del nuevo diseño		Ahorro anual
	COP 2,069,388.50		COP 1,748,162.02		COP 321,226.49
	Año 1	COP 9,932,359.53			
	Año 2	COP 9,611,133.04			
	Año 3	COP 9,289,906.55			
	Año 4	COP 8,968,680.06			
	Año 5	COP 8,647,453.58			
	Año 5 y 5 meses	Adquisición de nuevas luminarias			
RI	26.48 años				
Bass 2	Compra luminarias	Compra de luminarias	Costo de instalación	Posibles reparaciones	Total
	COP 750.000	COP 1.125.000	COP 70.700	COP 50.000	COP 1.995.700
	Costo actual del sistema		Costo del consumo energético del nuevo diseño		Ahorro anual
	COP 1,782,499.39		COP 393,531.30		COP 1,388,968.09
	Año 1	COP 1,000,263.21			
	Año 5 y 5 meses	Adquisición de nuevas luminarias			
	RI	1.44 años			

Plannig Hub	Compra luminarias	Compra de luminarias	Costo de instalación	Posibles reparaciones	Total
	₡1.080.000	₡1.620.000	₡ 101808	₡ 50.000	₡2.851.808
	Costo actual del sistema		Costo del consumo energético del nuevo diseño		Ahorro anual
	₡2,227,131.07		₡573,060.67		₡1,654,070.40
	Año 1	₡ 1,770,798.27			
	Año 2	₡ 1,197,737.60			
	Año 3	₡ 624,676.93			
	Año 5 y 5 meses	Adquisición de nuevas luminarias			
	RI	1.72 años			

Fuente: Elaboración propia

El anterior cuadro muestra el tiempo aproximado si se llegara a dar la inversión de compra e instalación del sistema de iluminación. Se puede observar que en los sectores Bass 2 y Planning Hub, la inversión se recupera de manera muy rápida, mientras que en los otros sectores se demuestra lo contrario. Por lo tanto se puede afirmar que sería mucho más rentable iniciar la implementación del nuevo sistema de iluminación en los sectores anteriormente mencionados.



## VIII. Conclusiones de la alternativa de solución

---

- La nueva propuesta (utilizando Dialux) disminuye en un 73.31% el número de luminarias requeridas en los diferentes locales, disminuyó considerablemente con respecto al número de luminarias que se planteó por el método de cavidad zonal.
- La iluminación en la propuesta queda más uniforme en todas las áreas evaluadas, sin embargo existen puestos los cuales tienen aportes de iluminación natural y el aporte de iluminación es mayor.
- La tecnología led ayuda a reducir el consumo energético en un 73% con respecto al que se tiene en la empresa, además de ser amigable con el ambiente y proporciona los niveles necesarios para el trabajo en oficinas.

## IX. Recomendaciones de la alternativa de solución

---

- En el edificio sucursal, el mueble que se encuentra aéreo se debe de remover para que lleguen los niveles de iluminación sean los propuestos.
- En los diferentes sectores y edificios de Batcca se recomienda reorganizar los puestos de trabajo de manera que queden más uniformes, así se disminuyen la cantidad de luminarias a utilizar.
- En los puestos en los que la iluminación no es mayor a 500 lux, la propuesta de iluminación localizada es una alternativa para aumentar los niveles de iluminación con una bombilla led marca Sylvania Toledo GLS A 60 , localizada por encima de su puesto de trabajo y sería utilizada cuando el trabajador lo considere necesario.
- En cuanto al mantenimiento se recomienda hacer una exhaustiva revisión por lo menos una vez al año del sistema de iluminación.

## IX. Bibliografía

- Alvarez, J. (2009). *Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la Formación del Especialista* (10 ed.). (L. Nova, Ed.) España. Obtenido de [https://books.google.co.cr/books?id=KOoQjcw2ZZUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=KOoQjcw2ZZUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Bisquert, J. (2006). *Eficiencia y ahorro energético en iluminación natural y artificial*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/624/A-7.pdf?sequence=7>
- Bommel, M. (2014). *La iluminación en el trabajo: Efectos visuales y biológicos*. Obtenido de [http://www.lighting.philips.com/pwc\\_li/es\\_es/connect/tools\\_literature/assets/pdfs/Iluminaci%C3%B3n%20en%20el%20trabajo%20Efectos%20visuales%20y%20biol%C3%B3gicos.pdf](http://www.lighting.philips.com/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Iluminaci%C3%B3n%20en%20el%20trabajo%20Efectos%20visuales%20y%20biol%C3%B3gicos.pdf)
- Bovea, E. M. (2013). *Manuela de Seguridad e Higiene Industrial para la formación en ingeniería*. (U. J. Publucacions, Ed.) España. Obtenido de <http://www.ebrary.com>
- Cañedo Andalia, R., Rubio Rodríguez, S., Guerrero Pupo, J., Cutiño Rodríguez, M., & Fernández Díaz, D. (2006). *Calidad y trabajo. Algunas consideraciones sobre el ambiente laboral de la oficina*. Obtenido de Scielo: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352006000400005&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352006000400005&script=sci_arttext)
- Chavarría, R. (2007). *La iluminación en el puesto de trabajo*. (I. N. Trabajo, Editor) Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/ErgaFP/2007/eragafp58.pdf>
- Cruz, J., & Garnica, G. (Enero de 2007). *Ergonomía*. (ECO E, Ed.) Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24086/2/resena2.pdf>
- Díez, F. M. (2009). *Higiene Industrial: Manual para la formación de especialista*. España: Lex Nova.
- Erenovable.com. (11 de diciembre de 2014). *Iluminación de exteriores*. Obtenido de Erenovable.com: <http://erenovable.com/reduccion-del-consumo-electrico-con-leds/>
- Floría, P., R., A. G., & M., D. G. (2006). *Manual para el técnico en prevención Laboral* (2 Edición ed.). (F. Confemental, Ed.) Madrid: FC Editorial. Obtenido de [https://books.google.co.cr/books?id=SQaWMoVCj7wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=SQaWMoVCj7wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Frier, J., & Frier, M. (1986). *Sistemas de iluminación Industrial*. (S. Limusa, Ed.) Obtenido de [http://www.esimez.ipn.mx/OfertaEducativa/Documents/ingenieria\\_electrica/optativas\\_2/sistemas\\_iluminacion.pdf](http://www.esimez.ipn.mx/OfertaEducativa/Documents/ingenieria_electrica/optativas_2/sistemas_iluminacion.pdf)

- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2006). *Guía Técnica de Iluminación eficiente*. (I. N. Trabajo, Editor) Obtenido de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>
- Gallego, M; Márquez, P; Milán, V; Moreno, V; Vida, F; y otros. (2006). *Manual para la formación en Prevención de Riesgos Laborales*. España: Lex Nova. Obtenido de <http://www.ciss.es/publico/demos/2008038.pdf>
- García Sanz, M. P. (s.f.). *Iluminación en los puestos de Trabajo; criterios para su evaluación y su acondicionamiento*. Obtenido de <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>
- García, R. (2008). *Manual de Prevención de Riesgos laborales para no iniciados* (2 Edición ed.). (C. Universitario, Ed.) San Vicente, España. Obtenido de [https://books.google.co.cr/books?id=Uz3v8cvL17MC&printsec=frontcover&dq=Garcia:+Manual+de+Prevenci%C3%B3n+de+Riesgos+Laborales+para+no+iniciados&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Garcia%3A%20Manual%20de%20Prevenci%C3%B3n%20de%20Riesgos%20Laborales%20para](https://books.google.co.cr/books?id=Uz3v8cvL17MC&printsec=frontcover&dq=Garcia:+Manual+de+Prevenci%C3%B3n+de+Riesgos+Laborales+para+no+iniciados&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Garcia%3A%20Manual%20de%20Prevenci%C3%B3n%20de%20Riesgos%20Laborales%20para)
- Green Peace. (2008). *LED: Diodos Emisores de la Luz Información de la Tecnología*. Obtenido de Green Peace: <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2008/4/leds.pdf>
- Green Ray. (2015). *Why LED*. Obtenido de Green Ray: <http://greenrayled.com/>
- Hernández, A. (2005). *Seguridad e Higiene Industrial*. (Limusa, Ed.) México: Noriega. Obtenido de [https://books.google.co.cr/books?id=Eo\\_kObpifcMC&printsec=frontcover&dq=Hern%C3%A1ndez,+A.+%282005%29.+Seguridad+e+Higiene+Industrial&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Hern%C3%A1ndez%2C%20A.%20%282005%29.%20Seguridad%20e%20Higiene%20Industrial&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=Eo_kObpifcMC&printsec=frontcover&dq=Hern%C3%A1ndez,+A.+%282005%29.+Seguridad+e+Higiene+Industrial&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Hern%C3%A1ndez%2C%20A.%20%282005%29.%20Seguridad%20e%20Higiene%20Industrial&f=false)
- Herranz, M., & Noya, R. (Diciembre de 2009). *Adaptación de puestos de Trabajo*. (CEAPAT, Ed.) Obtenido de <http://www.ceapat.org/InterPresent2/groups/imserso/documents/binario/adaptacionpuetra.pdf>
- Holophone. (2009). The fundamentals of lighting. Obtenido de [http://www.holophane.com/education/fund\\_pdf/HL-862.pdf](http://www.holophane.com/education/fund_pdf/HL-862.pdf)
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2015). *Ahorro en la Industria*. Obtenido de Grupo ICE: [http://www.grupoice.com/wps/portal/gice/elect\\_hub/Ahorro%20de%20Electricidad/Ciente%20residencial/Calcule%20el%20consumo%20de%20electricidad/#.VgBUDJehtqM](http://www.grupoice.com/wps/portal/gice/elect_hub/Ahorro%20de%20Electricidad/Ciente%20residencial/Calcule%20el%20consumo%20de%20electricidad/#.VgBUDJehtqM)

- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2000). *INTE 31-08-06-00. Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo*. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. San José: INTECO. Obtenido de <http://higieneindustrialyambiente.com/userfiles/INTE2031-08-06-00iluminacion.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo. (1998). *NTP 211: Iluminación en los centros de trabajo*. Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_211.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_211.pdf)
- Konz, S. (2000). *Diseño de Sistemas de Trabajo*. México: LIMUSA, S.A.
- Lava Oliva, R. (2008). *Interiorismo*. España: Vértice.
- Mancera, F., Mancera, R., & Mancera, R. (2012). *Seguridad e Higiene Industrial: gestión de riesgos*. (Alfaomega, Ed.) México. Obtenido de <http://www.ebrary.com>
- Martín, A., De las Heras, M., & Izquierdo, M. (Diciembre de 2009). *EXPOSICIÓN LABORAL A AGENTES FÍSICOS* (1 Edición ed.). Madrid: CCOO de Madrid. Obtenido de [http://www.cancerceroeneltrabajo.ccoo.es/comunes/recursos/99924/pub44637\\_Exposicion\\_laboral\\_a\\_agentes\\_fisicos.pdf](http://www.cancerceroeneltrabajo.ccoo.es/comunes/recursos/99924/pub44637_Exposicion_laboral_a_agentes_fisicos.pdf)
- Mcbride, C. (2015). *Cómo calcular el retorno de la inversión*. Obtenido de [http://www.ehowenespanol.com/calcular-retorno-inversion-como\\_106776/](http://www.ehowenespanol.com/calcular-retorno-inversion-como_106776/)
- Moreno, J., Díaz, A., Guzmán, S., & Pérez, B. (1999). *Utilización racional de los sistemas de iluminación*. Obtenido de <http://www.ceads.org.ar/casos/2001/Edenor%20-%20Argurelec%203.PDF>
- Organización Internacional del Trabajo. (s.f.). Capítulo 46. Iluminación. España. Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/46.pdf>
- Philips. (2011). *Eficiencia energética en la iluminación*. Obtenido de <http://www.fenercom.com/pages/pdf/informacion/ponencias/Eficiencia-energetica-en-iluminacion-industrial-PHILIPS-JornadaIndustria2011.pdf>
- Portal de la Seguridad, la prevención y la Salud Ocupacional de Chile. (2015). *Exposición Laboral a Agentes Físicos*. Obtenido de [http://www.paritarios.cl/especial\\_exposicion\\_agentes\\_fisicos.htm](http://www.paritarios.cl/especial_exposicion_agentes_fisicos.htm)
- Quesada, M. d., & Villa, W. (2007). *Estudio del Trabajo*. Colombia: ITM.

- Raitelli, M. (2010). *Diseño de la Iluminación de Interiores*. Obtenido de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>
- Rena Robledo, F. (2007). *Riesgos Físicos II: iluminación*. (ECO E, Ed.) Madrid. Obtenido de [www.ebrary.com](http://www.ebrary.com)
- Romancio, P. (2014). *Iluminación Eficiente*. Obtenido de <http://sudesco.com/wp-content/uploads/2014/07/Iluminacion-Eficiente.pdf>
- Rosa, M., & Villareal, M. (2009). *Responsabilidad Social y Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.ccee.edu.uy/investigacion/lineas/etica/Responsabilidad%20Social%20y%20Medio%20Ambiente.%20El%20Rol%20del%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20Estado.pdf>
- Sampieri, R. e. (2003). *Metodología de la Investigación* (5 Edición ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Sanz, J. A., & García, O. (s.f.). *Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en los puestos de trabajo*. Madrid: INSHT. Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Aplicaciones/ficherosCuestionarios/CUEST%20C003%20LUMINACION.PDF>
- Sibaja, R. (2002). *Salud y Seguridad en el Trabajo*. (EUNED, Ed.) San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Tejado, M., Rodríguez, B., & Redondo, A. (s.f.). *Riesgos Ergonómicos de Seguridad e Higiene de los puestos de Trabajo de los celadores*. Chile: Lulu. Obtenido de <https://books.google.co.cr/books?id=4QeXAAQBAJ&pg=PA5&dq=Riesgos+Ergon%C3%B3micos+de+Seguridad+e+Higiene+de+los+puestos+de+Trabajo+de+los+celadores&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiJ68fBqN7JAhVLMYKHXIAAnkQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Riesgos%20Ergon%C3%B3micos%20de%20Se>
- Van Bommel, I. W. (2004). *La iluminación en el trabajo: Efectos visuales y biológicos*. Obtenido de [http://www.lighting.philips.es/pwc\\_li/es\\_es/connect/tools\\_literature/assets/pdfs/Iluminaci%C3%B3n%20en%20el%20trabajo%20Efectos%20visuales%20y%20biol%C3%B3gicos.pdf](http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Iluminaci%C3%B3n%20en%20el%20trabajo%20Efectos%20visuales%20y%20biol%C3%B3gicos.pdf)
- Vargas, R. (2010). *Nuevas Tecnologías para Sistemas de Iluminación y sus Medios de Control*. Obtenido de [http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f\\_duitama/pregrado/eduindustrial/documentos/PRESENTACION\\_URE\\_EN\\_ILUMINACION.ppt.pdf](http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_duitama/pregrado/eduindustrial/documentos/PRESENTACION_URE_EN_ILUMINACION.ppt.pdf)
- Westerkamp, T. A. (2013). How Proper Lighting Affects Work Productivity. Obtenido de <http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00TTXT22/maintenance-managers/how-proper-lighting-affects>

## V. Apéndices

### Apéndice 1. Cuestionario sobre la percepción de los trabajadores de los sistemas de iluminación

Instrucciones: Lea atentamente cada pregunta y respuestas. Marque con una “x” la opción que usted considere correcta.

Cuestionario sobre la percepción de los trabajadores de los sistemas de iluminación	
Hora de aplicación del cuestionario: Nombre del edificio: Número del puesto de trabajo (exclusivo del evaluador): Condiciones meteorológicas (soleado/nublado/lloviznando/lluvioso/otros):	
Nombre de la persona evaluada:	
1. ¿Cómo considera el espacio del ambiente donde normalmente desarrolla sus labores?	Amplio ( ) Mediano ( ) Pequeño ( )
2. ¿Cómo caracteriza la iluminación del área de trabajo?	Excesiva ( ) Buena ( ) Regular ( ) Mala ( )
3. ¿Considera usted que con sólo utilizar la luz natural sería suficiente para realizar sus labores?	Si ( ) No ( )
4. ¿Considera usted que la utilización de luz artificial es necesaria?	Si ( ) No ( )

<p>5. Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo y desarrollar más fácilmente su trabajo, preferiría:</p>	<p>Más iluminación ( ) Igual ( ) Menos Iluminación ( )</p>
<p>6. ¿Considera usted que existen reflejos en su puesto de trabajo?</p>	<p>Si ( ) No ( )</p>
<p>7. Señale con cual (es) de estas afirmaciones está usted de acuerdo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tengo que forzar mucho mi vista para poder realizar mi trabajo ( )</li> <li>- Las luces producen brillos o reflejos en mi puesto de trabajo ( )</li> <li>- La luz de algunas lámparas o ventanas me da directamente en la cara ( )</li> <li>- Cuando realizo mis labores se me dificulta visualizar letras, colores, números ( )</li> <li>- Existen sombras molestas en mi puesto de trabajo ( )</li> <li>-Hago sombra con mi cuerpo ( )</li> <li>- Los colores de las mesas, bandas u otras superficies de trabajo dificultan realizar mi labor ( )</li> </ul>	
<p>8. ¿Cuáles mejoras considera usted que podrían existir en su puesto de trabajo?</p>	

Fuente: Elaboración propia, basada en el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

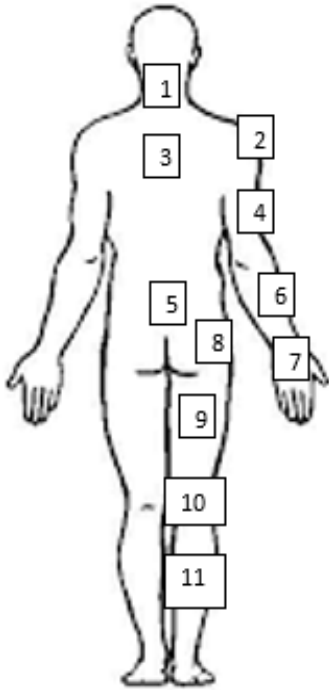


Apéndice 2. Cuestionario de signos y síntomas

<b>Cuestionario de signos y síntomas</b>		
Fecha:		
Nombre del edificio:		
Nombre de la persona:		
Horario de trabajo:		
Sexo: F ( ) M( )	Edad laboral:	Antigüedad en el puesto:
Edad:		
<b>Signos y Síntomas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Presenta fatiga en los ojos		
Presenta visión borrosa		
Posee una sensación de tener un velo en los ojos		
Presenta vista cansada		
Presenta picazón el ojos		
Presenta ojos rojizos		
Presenta pesadez en los párpados		
Presenta dolores de cabeza		
Presenta lagrimeo		
Sequedad de ojos		
Hinchazón el ojos o párpados		
Existe sensación de arenilla en el ojo		
Pérdida de nitidez		
Dolor de ojos		

Fuente: Elaboración propia

Apendice 3. Cuestionario de Cornell



Cornell University, 1994

	En la última semana trabajada con qué frecuencia sintió dolor, molestia o incomodidad					Si ha experimentado dolor ¿qué tan intenso ha sido?			Si ha tenido dolor, éste ha interferido con su capacidad para trabajar		
	Nunca	1-2/sem	2-3/sem	1/día	Varias al día	Leve	Moderado	Excesivo	No	Poco	Mucho
1-Cuello (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2-Hombro (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3-Espalda alta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-Brazo (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5-Espalda baja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6-Antebrazo (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7-Muñeca y mano (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8-Cadera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9-Muslo (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10-Rodilla (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11-Pierna (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12-Pie (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Apéndice 4. Niveles de reflectancia en los diferentes sectores de Batcca.

Cuadro. 4.1 Niveles de reflectancia en el edificio de Sucursal

<b>Puesto</b>	<b>Nivel de reflectancia del plano de trabajo en %</b>	<b>Estado</b>	<b>Nivel de reflectancia de la pared en %</b>	<b>Estado</b>
1	6.3	Cumple	120.6	No cumple
2	13.2	Cumple	26.8	Cumple
3	86.1	No cumple	9.6	Cumple
4	47.4	Cumple	66.2	No cumple
5	9.9	Cumple	22.3	Cumple
6	10.4	Cumple	10.8	Cumple
7	8.1	Cumple	54.0	Cumple
8	10.5	Cumple	12.7	Cumple
9	10.0	Cumple	7.3	Cumple
10	12.8	Cumple	54.1	Cumple
11	12.0	Cumple	12.9	Cumple
12	13.1	Cumple	9.1	Cumple
13	25.3	Cumple	20.7	Cumple
14	0	ND	0.0	ND
15	0	ND	0.0	ND
16	5.1	Cumple	35.1	Cumple
17	11.9	Cumple	25.0	Cumple
18	15.2	Cumple	35.5	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Cuadro. 4.2 Niveles de reflectancia en el sector Bass 2

<b>Puesto</b>	<b>Nivel de reflectancia del plano en %</b>	<b>Estado</b>	<b>Nivel de reflectancia de la pared en %</b>	<b>Estado</b>
1	29.5	Cumple	88.9	No cumple
2	30.7	Cumple	88.0	No cumple
3	37.7	Cumple	87.0	No cumple
4	35.2	Cumple	60.7	No cumple
5	37.6	Cumple	78.8	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Cuadro. 4.3 Niveles de reflectancia en el sector Panning Hub

<b>Puesto</b>	<b>Nivel de reflectancia del plano de trabajo en %</b>	<b>Estado</b>	<b>Nivel de reflectancia de la pared en %</b>	<b>Estado</b>
<b>1</b>	41.5	Cumple	103.7	No Cumple
<b>2</b>	91.2	No cumple	128.3	No Cumple
<b>3</b>	44.7	Cumple	99.6	No Cumple
<b>4</b>	40.7	Cumple	80.8	No Cumple
<b>5</b>	24.0	Cumple	38.5	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Cuadro. 4.4 Niveles de reflectancia en el sector Bass 1

<b>Puesto</b>	<b>Nivel de reflectancia del plano de trabajo en %</b>	<b>Estado</b>	<b>Nivel de reflectancia de la pared en %</b>	<b>Estado</b>
<b>1</b>	33.5	Cumple	82.1	No cumple
<b>2</b>	31.0	Cumple	83.3	No cumple
<b>3</b>	29.5	Cumple	43.2	Cumple
<b>4</b>	52.3	No cumple	44.7	Cumple
<b>5</b>	40.9	Cumple	96.7	No cumple
<b>6</b>	51.6	No cumple	28.5	Cumple
<b>7</b>	37.0	Cumple	31.5	Cumple
<b>8</b>	45.3	Cumple	46.7	Cumple
<b>9</b>	39.5	Cumple	56.3	Cumple
<b>10</b>	40.0	Cumple	71.4	No cumple
<b>11</b>	30.0	Cumple	82.2	No cumple

Apéndice 5. Consumo energético de las luminarias en Sucursal y Bass

Cuadro 5.1 Consumo energético edificio Sucursal, luminaria tipo espiral

NÚMERO DE LUMINARIAS	POTENCIA ELECTRICA (W)	HORAS DE USO (H)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/MES)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/ANUAL)	AREA CUBIERTA (M <sup>2</sup> )	COSTO ANUAL (COLONES)
41	15	9	166.06	1992.6	212.82	128.767

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.2 Consumo energético edificio Sucursal, luminaria Fluorescente largo

NÚMERO DE LUMINARIAS	POTENCIA ELECTRICA (W)	HORAS DE USO (H)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/MES)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/ANUAL)	AREA CUBIERTA (M <sup>2</sup> )	COSTO ANUAL (COLONES)
72	31	9	602.64	7231.68	212.82	859.888

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.3. Consumo energético Bass con led, sector Bass1

NÚMERO DE LUMINARIAS	POTENCIA ELECTRICA (W)	HORAS DE USO (H)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/MES)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/ANUAL)	AREA CUBIERTA (M <sup>2</sup> )	COSTO ANUAL (COLONES)
162	18	9	787.32	9447.84	850	1.176.152

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.4. Consumo energético Bass con Fluorescente, sector Bass1

NÚMERO DE LUMINARIAS	POTENCIA ELECTRICA (W)	HORAS DE USO (H)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/MES)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/ANUAL)	AREA CUBIERTA (M <sup>2</sup> )	COSTO ANUAL (COLONES)
72	32	9	622.08	7464.96	850	893.236

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.5. Consumo energético Bass, sector Bass2

NÚMERO DE LUMINARIAS	POTENCIA ELECTRICA (W)	HORAS DE USO (H)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/MES)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/ANUAL)	AREA CUBIERTA (M <sup>2</sup> )	COSTO ANUAL (COLONES)
132	32	9	1140.48	13685.76	327.05	1.782.499


Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.6. Consumo energético Bass, sector Plannig Hub

NÚMERO DE LUMINARIAS	POTENCIA ELECTRICA (W)	HORAS DE USO (H)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/MES)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/ANUAL)	AREA CUBIERTA (M <sup>2</sup> )	COSTO ANUAL (COLONES)
96	54	9	1399.68	16796.16	378.54	2.227.131

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 6. Muestra del cálculo de cavidad zonal

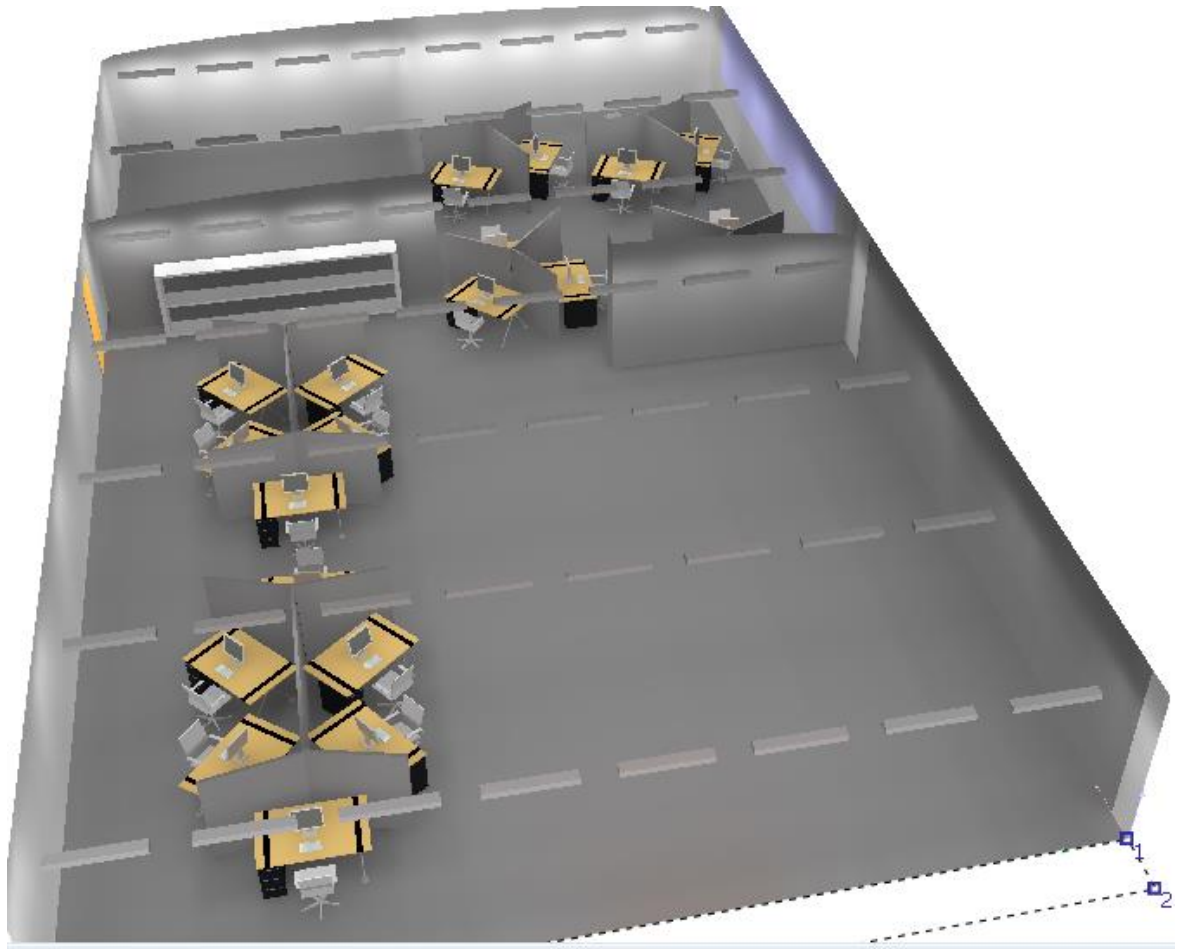
Sector: Bass 2		<b>Nivel de Iluminación Recomendado:</b> 500 lux		<b>Tipo de Tarea Visual:</b> Oficina	
<b>Características de las Cavidades</b>					
<b>Cavidad</b>		<b>Altura (m)</b>		<b>Relación</b>	
Techo		0		0	
Local		1.85		0.73	
Piso		0.75		0.29	
<b>Reflectancias de las superficies y Reflectancias Efectivas de Cavidades</b>					
<b>Reflectancia de superficies (%)</b>			<b>Reflectancias efectivas (%)</b>		
Techo	80	Techo	80		
Local	80	Piso	28		
Piso	30				
<b>Características de Lámparas</b>					
					
<b>Marca:</b> Green Ray			<b>Modelo:</b> GR-T5-4188		
<b>Potencia:</b> 18 W			<b>Lúmenes:</b> 1170 lm		
<b>Coefficiente de Utilización:</b> 0.9					
<b>Factor de Depreciación por polvo (LLD):</b> 20%					
<b>Factor de Depreciación por Lúmenes (LDD):</b> 95%					
<b>Grado de Acumulación de Polvo:</b> Limpio					
<b>Número de Fuentes Requeridas</b>					
$N_1 = \frac{\text{Nivel de iluminación} \times \text{área} \times \text{CU} \times \text{LLD} \times \text{LDD}}{\text{lúmenes}} \times n_1$				113	

Apéndice 7. Consumo energético de luminarias led marca Green Ray de 18W, por método de cavidad zonal

<i>Número de luminarias</i>	<i>Potencia eléctrica (W)</i>	<i>Horas de uso (h)</i>	<i>Consumo energético (kWh/mes)</i>	<i>Consumo energético (kWh/año)</i>	<i>Costo anual en colones</i>
1626	18	9	7902.36	94828.32	13.381.828. 3



Apéndice 8. Vista lateral de las oficinas en edificio “Sucursal”



Fuente: Elaboración propia

## VI. Anexos

---

### Anexo 1: .Método de cavidades zonales

Se basa en la siguiente fórmula:

$$I \cdot (A) = CU (LLD) (LDD) (N1) (N2) (L)$$

Donde:

**I**= Iluminación requerida en lux.

**A**= Área iluminada.

**CU**= El coeficiente de utilización.

**LLD**= La depreciación de la lámpara en lúmenes.

**LDD**= La depreciación de la lámpara por suciedad.

**N1**= Número de fuentes luminosas.

**N2**= Número de lámparas por fuente luminosa.

**L**= Lúmenes por lámpara