



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROPUESTA Y ESTUDIO DE UNA SOLUCIÓN DE EFICIENCIA  
ENERGÉTICA EN LA ILUMINACIÓN DEL SERVICIO  
AUTÓNOMO CENTRO DE CONVENCIONES MUCUMBARILA  
(S.A.C.C. MUCUMBARILA)**

**Autor: Br. Jesús Olivo Dávila Rivas**

**MÉRIDA, OCTUBRE, 2017**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROPUESTA Y ESTUDIO DE UNA SOLUCIÓN DE EFICIENCIA  
ENERGÉTICA EN LA ILUMINACIÓN DEL SERVICIO  
AUTÓNOMO CENTRO DE CONVENCIONES MUCUMBARILA  
(S.A.C.C. MUCUMBARILA)**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero  
Electricista

**Autor:** Br. Jesús Olivo Dávila Rivas

**Tutor:** Prof. Luz Stella Moreno Martin

**MÉRIDA, OCTUBRE, 2017**

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**PROPUESTA Y ESTUDIO DE UNA SOLUCIÓN DE  
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ILUMINACIÓN DEL  
SERVICIO AUTÓNOMO CENTRO DE CONVENCIONES  
MUCUMBARILA**

**Autor:** Br. Jesús Olivo Dávila Rivas

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente Jurado.

---

Prof. Calos Nava

Jurado

---

Prof. Jesús Velazco

Jurado

---

Dra. Luz Stella Moreno

Tutora

## DEDICATORIA

A **Dios y a la Virgen** por permitirme llegar hasta esta etapa de mi carrera y poder culminarla con éxito, por haberme dado salud para lograr mis objetivos, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

A mis queridos padres: **Olivo Dávila y Marixa Rivas** fuente de inspiración, por haber sido el mejor ejemplo de lucha y esfuerzo en mi superación mediante su generosidad, por su crianza, amor, paciencia, por estar siempre conmigo. Por todo su apoyo y sus consejos. LOS AMO.

A mi hermano **Jhon Dávila**, por haberme apoyado en todo momento, por todos sus consejos, enseñanzas y brindarme todo su apoyo. Te Quiero Hermano.

A mi amor **Milanyela López**, tu apoyo durante estos años de carrera, tu cariño, tu entusiasmo, tus palabras que siempre me alentaron, fortaleciendo cada día mi espíritu hacia la meta. Gracias por existir. Te Quiero.

A mis **Seres Queridos**, que de una manera u otra hicieron posible que viviera esta experiencia académica y forjarme así una carrera profesional como medio de superación personal y legado familiar; a todos con cariño dedico esta meta lograda.

## AGRADECIMIENTO

Es momento propicio para ofrecer mi gratitud, a todas aquellas personas e instituciones que de alguna manera u otra, formaron parte de esta etapa universitaria que hoy culmina de manera satisfactoria, es por ello que:

Agradezco a **Mi Dios Todopoderoso**, fuente de inspiración y sabiduría; por despertar en mí el don de la curiosidad, por brindarme la oportunidad de vivir esta experiencia académica y la alegría de compartirla con mis semejantes.

A **Mis Padres, Olivo y Marixa**, por el apoyo incondicional, espiritual como material; ustedes han sido el pilar fundamental en el logro de esta meta.

A la **Ilustre Universidad de Los Andes**, por darme la oportunidad de vivir y compartir experiencias de aprendizaje guiados por un cuerpo docente, con calidad profesional y mística de trabajo.

Al **Profesorado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica**, gracias por comunicar sabiamente sus conocimientos y dedicar su tiempo en la orientación profesional de las nuevas generaciones de ingenieros; labor que hoy se materializa al culminar con éxito la realización del trabajo especial de grado.

A la **Tutora**, gracias por hacerme participe de sus conocimientos y experiencia profesional, empatía que hizo posible la realización satisfactoria de esta experiencia investigativa.

INFINTAS GRACIAS...

Br. Jesús Olivo Dávila Rivas. **Propuesta y Estudio de una Solución de Eficiencia Energética en la Iluminación del Servicio Autónomo Centro de Convenciones Mucumbarila (S.A.C.C. Mucumbarila)**. Universidad de Los Andes. Tutor: Dra. Luz Stella Moreno Martín. Octubre. 2017.

## Resumen

La importancia de la iluminación en cualquier espacio es algo evidente e indispensable para las personas en la realización de sus actividades diarias. Es difícil imaginar nuestra vida y nuestra sociedad sin dispositivos que proyecten luz sobre nuestro entorno. Es por ello que estos sistemas deben cumplir con ciertos requerimientos y normas para garantizar un rendimiento óptimo. En centros culturales estos sistemas de iluminación deben estar en óptimas condiciones para garantizar confort visual a los usuarios y buen desempeño laboral del personal. Por tal motivo esta investigación plantea realizar una propuesta basada en la nueva tecnología LED, como una solución de eficiencia energética en la iluminación del Centro de Convenciones Mucumbarila, ya que este tipo de iluminación permite disminuir el consumo de energía y aumentar la calidad lumínica. Mediante un estudio descriptivo de enfoque mixto, se realizó un estudio minucioso del sistema actual, a través de encuestas realizadas al personal y a los usuarios de este centro, así como también la medición de los niveles de iluminación presentes en cada área, mediante un Luxómetro de medición precisa (funciona a través de un sensor de fotocélula de luz ambiental), dando como resultado que el sistema de iluminación actual no cumple con los valores establecidos por las normas COVENIN 2249-93. Por tal motivo se realizó una propuesta basada en la implementación de la nueva tecnología LED, simulando los sectores mediante el uso del programa Dialux 5.2, teniendo de esta manera una solución de eficiencia energética, así como un menor consumo energético, económico en comparación con el diseño actual.

Descriptores: Iluminancia, LED, Índice de Eficiencia Energética, Luxómetro, Luminarias, Dialux.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

<b>CAPÍTULO</b>	<b>pp.</b>
PROBLEMÁTICA ACTUAL .....	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.1 Objetivos Generales .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 ALCANCE.....	6
1.5 LIMITACIONES .....	6
1.6 METODOLOGÍA .....	6
CAPÍTULO II .....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ.....	8
2.1.1 Naturaleza de la luz.....	8
2.1.2 Espectro electromagnético .....	8
2.1.3 Propiedades ópticas de los cuerpos .....	9
2.1.3.1 Reflexión .....	9
2.1.3.2 Refracción .....	9
2.1.3.3 Transmisión.....	10
2.1.3.4 Absorción .....	10
2.1.3.5 Difusión.....	10
2.2 VISION HUMANA .....	10
2.2.1 Capacidades visuales .....	11

2.2.1.1 Sensibilidad.....	11
2.2.1.2 Acomodación.....	11
2.2.1.3 Adaptación del ojo .....	12
2.2.1.4 Agudeza visual .....	12
2.2.1.5 Campo visual .....	12
2.2.1.6 Percepción cromática .....	13
2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN .....	13
2.3.1 El Tamaño .....	13
2.3.2 El Contraste.....	13
2.3.3 El Tiempo.....	14
2.3.4 Deslumbramiento .....	14
2.4 COLOR.....	14
2.4.1 Características cromáticas fundamentales de las Fuentes de Luz .....	15
2.4.1.1 Temperatura de color .....	15
2.4.1.2 Índice de rendimiento del color .....	16
2.5 FOTOMETRÍA.....	17
2.5.1 Luminotecnia .....	17
2.5.2 Angulo Sólido.....	17
2.5.3 Flujo Luminoso.....	17
2.5.4 Intensidad luminosa .....	18
2.5.5 Iluminancia (E) .....	18
2.5.6 Luminancia .....	19
2.5.7 Eficiencia luminosa ( $\epsilon$ ).....	19
2.5.8 Índice de Eficiencia Energética.....	19
2.6 SISTEMAS DE ALUMBRADO .....	20
2.6.1 Alumbrado General.....	20
2.6.2 Alumbrado localizado .....	21
2.6.3 Alumbrado General-Localizado.....	21
2.7 FUENTES DE LUZ.....	21
2.7.1 Fuentes de luz utilizadas en el Centro Convenciones .....	22
2.8 LUMINARIAS .....	24
2.8.1 Clasificación según su Distribución Luminosa.....	24
2.9 RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN PARA LOS CENTROS DE CONVENCIONES ..	25
2.9.1 Iluminación en sala de Conferencia.....	26
2.9.2 Iluminación en la salas de Exposiciones, Teatros y Auditorios.....	26

2.9.3 Iluminación en Restaurante.....	27
2.9.4 Iluminación en Oficinas.....	27
2.10 TIPO DE LUMINARIAS UTILIZADAS EN EL CENTROS DE CONVENCIONES.....	28
2.11 NORMA COVENIN 2249-93. ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO .....	29
CAPÍTULO III.....	31
ANÁLISIS DE ENCUESTAS.....	31
3.1 ENCUESTA DIRIGIDA A LAS PERSONAS QUE LABORAN EN EL S.A.C.C. MUCUMBARILA .....	32
3.2 Encuesta dirigida a los usuarios del S.A.C.C. Mucumbarila .....	37
CAPÍTULO IV.....	41
ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALUMBRADO ARTIFICIAL DEL CENTRO DE CONVENCIONES MUCUMBARILA .....	41
4.1 SALONES PRINCIPALES .....	42
4.1.1 Gran Salón Cuicas.....	42
4.1.2 Salones .....	44
4.1.3 Resumen del estado actual del nivel de iluminación en los Salones Principales .....	45
4.2 OFICINAS .....	45
4.2.1 Resumen del estado actual del nivel de Iluminación en Oficinas.....	46
4.3 PASILLOS, DEPÓSITOS, BAÑOS Y ESCALERAS .....	46
4.3.1 Resumen del estado actual del nivel de iluminación en Pasillos, Depósitos, Baños y Escaleras .....	47
4.4 RESTAURANTE DEL CENTRO DE CONVENCIONES (La Patana Cultural) .....	48
4.5 DEMANDA ACTUAL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	48
4.5.1 Cantidad de lámparas usadas actualmente en el Centro de Convenciones .....	50
4.5.2 Índice de Eficiencia Energética de algunas áreas del sistema actual de alumbrado del Centro de Convenciones.....	50
CAPÍTULO V.....	52
PROPUESTA DE UN NUEVO DISEÑO .....	52
DE ILUMINACIÓN EFICIENTE.....	52
5.1 SALONES PRINCIPALES .....	53
5.1.1 Gran Salón Cuicas.....	53
5.1.2 Salones Principales .....	54
5.2 OFICINAS .....	55
5.3 PASILLOS, DEPÓSITOS, BAÑOS Y ESCALERAS .....	57
5.4 RESTAURANTE.....	58
5.5 POTENCIA DEL SISTEMA PROPUESTO .....	58

5.6 ESTUDIO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL Y EL SISTEMA PROPUESTO PARA EL CENTRO DE CONVENCIONES MUCUMBARILA.....	60
CONCLUSIONES .....	64
RECOMENDACIONES .....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
APENDICES.....	67

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Pp
Tabla 2.1 Temperatura del color y apariencia.....	15
Tabla 2.2 Representación de colores según Ra.....	16
Tabla 2.3 Ra usuales para cada tipo de lámparas.....	16
Tabla 2.4 Limite de valor de eficiencia energética recomendado para Salones de Reuniones.....	20
Tabla 2.5 Requerimientos Técnicos de los Diferentes tipos de Oficinas.....	28
Tabla 2.6 Tipo de luminarias utilizadas en Centros de Convenciones.....	28
Tabla 2.7 Iluminancias recomendadas para distintas áreas del Centro de Convenciones.....	29
Tabla 3.1 Selección de respuestas de usuarios del Centro de convenciones.....	38
Tabla 4.1 Características de medición del salón cuicas.....	43
Tabla 4.2 Características de medición de los Salones.....	44
Tabla 4.3 Características de medición de las oficinas.....	45
Tabla 4.4 Características de medición de pasillos, deposito, baños y escaleras.....	47
Tabla 4.5 Características de medición del Restaurante.....	48
Tabla 4.6 Carga conectada.....	49
Tabla 4.7 Índice de Eficiencia Energética.....	51
Tabla 5.1 Características del nuevo diseño de iluminación para el gran salón cuicas.....	53
Tabla 5.2 Características del nuevo diseño de iluminación para los salones principales.....	54
Tabla 5.3 Características del nuevo diseño de iluminación para las oficinas.....	56
Tabla 5.4 Características del nuevo diseño de iluminación para pasillos, depósitos, baños.....	57
Tabla 5.5 Características del nuevo diseño de iluminación para el Restaurante.....	58
Tabla 5.6 Consumo de potencia para el sistema de iluminación propuesto.....	59
Tabla 5.7 Precio del consumo anual para el sistema actual y propuesto de iluminación del Centro de Convenciones Mucumbarila.....	60
Tabla 5.8 Precios de las luminarias que se encuentran instaladas en el Centro de Convenciones Mucumbarila.....	61
Tabla 5.9 Precios de las luminarias propuesta para el Centro de Convenciones Mucumbarila.....	62
Tabla 5.10 Índice de Eficiencia Energética del sistema actual vs propuesta de diseño.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pp
Figura 2.1 Espectro electromagnético de la luz .....	9
Figura 2.2 Campo visual horizontal.....	12
Figura 2-3 Campo visual vertical .....	13
Figura 2.4 Aproximación de la longitud de onda según el color.....	15
Figura 2.5 Distribución fotométrica de la luminaria.....	25
Figura 4.1 Gran Salón Cuicas.....	43
Figura 5.1 Propuesta del gran salón Cuicas.....	53
figura 5.2 Distribución de luminarias del Gran Salón Cuica.....	54
Figura 5.3 Curvas isolineas del Gran Salón Cuicas.....	54
Figura 5.4 Propuesta de oficina de Reuniones.....	55
Figura 5.5 Curvas isolineas y distribución de las luminarias en Oficina de Reuniones.....	56
Figura 5.6 Propuesta para los pasillos centro del Convenciones Mucumbarila .....	57
Figura 5.7 Curvas isolineas y distribución de las luminarias en Pasillos del Centro de Convenciones.....	57

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	pp.
Gráfico 3.1 Resultado de la pregunta 1 dirigida al personal.....	32
Gráfico 3.2 Resultado de la pregunta 2 dirigida al personal.....	33
Gráfico 3.3 Resultado de la pregunta 3 dirigida al personal.....	33
Gráfico 3.4 Resultados de la pregunta 4 dirigida al personal.....	34
Gráfico 3.5 Resultados de la pregunta 5 dirigida al personal.....	34
Gráfico 3.6 Resultados de la pregunta 6 dirigida al personal.....	35
Gráfico 3.7 Resultados de la pregunta 7 dirigida al personal.....	35
Gráfico 3.8 Resultados de la pregunta 8 dirigida al personal.....	36
Gráfico 3.9 Resultados de la pregunta 9 dirigida al personal.....	36
Gráfico 3.10 Resultados de la décima pregunta dirigida al personal.....	37
Gráfico 4.1 Lámparas en funcionamiento vs lámparas en mal estado.....	50

## INTRODUCCIÓN

La importancia de la iluminación en cualquier espacio es algo evidente, por muy cotidiano que parezca, es indispensable para las personas en la realización de sus actividades diarias. En los últimos años se han venido realizando avances en construcciones y estas acompañadas de grandes fuentes de iluminación que está creando grandes expectativas tanto en el entorno de lo social como en el ahorro energético, con la implementación de nuevos sistemas innovadores basados en diodos emisores de luz (LEDs).

La introducción de este nuevo modelo de iluminación solo se puede justificar si se puede obtener, al menos un menor gasto económico y los mismos o mayores niveles de iluminación. En los niveles de iluminación la tecnología LEDs ofrece una gama de productos que pueden controlar sus niveles de emisión manteniendo o inclusive aumentando sus parámetros de eficiencia.

La eficiencia energética se ha venido implementando en grandes Ciudades del mundo, tanto para reducir gastos como disminuir el impacto ambiental. En Venezuela también, se ha estado implementando este nuevo sistema de iluminación con el fin de cubrir la demanda tanto en las viviendas como en los grandes conjuntos arquitectónicos, entre ellos edificios, hoteles, centros comerciales y centros de convenciones, ya que estos por ser complejos tan grandes necesitan mayores demandas energéticas, requiriendo mayor iluminación y mayor consumo.

La iluminación de un ambiente permite al ser humano, tener confort visual al momento de realizar sus actividades. Esto se debe a la capacidad que tiene el ojo humano de adaptarse a las condiciones de la iluminación, a pesar de que más del 80% de la información que reciben las personas es visual. Es importante controlar la cantidad de luz que existe en cada espacio, ya que una baja iluminación suele ocasionar fatiga ocular, producida por el sobre esfuerzo de los músculos encargados de enfocar los objetos, esto puede ocasionar irritación, sequedad

ocular, cansancio visual, visión borrosa y dolor de cabeza. Por el contrario, un exceso de iluminación puede generar como consecuencia incomodidad, distracción visual, fatiga, y deslumbramiento.

En lo que respecta a la iluminación, en áreas de eventos sociales, se debe tomar en cuenta, un gran número de luminarias, que abarque espacios muy grandes y extensos, con características distintas a luminarias convencionales o residenciales, deben poseer mayor potencia, brillo, incandescencia, adaptables a diferentes actividades. Para esto es necesario analizar la tarea visual a desarrollar y determinar la cantidad y tipo de iluminación que proporcione el máximo rendimiento visual y que cumpla con las exigencias de seguridad y comodidad.

Cabe destacar que una buena iluminación, en centros culturales y de convenciones creados con el propósito de servir de centros sociales para la realización de diferentes actividades como conferencias, exposiciones, foros, seminarios, debe garantizar confort visual a los usuarios y buen desempeño laboral del personal, por lo tanto es importante que la iluminación del Servicio Autónomo Centro de Convenciones Mucumbarila (S.A.C.C. MUCUMBARILA) ubicado en la ciudad de Mérida, cumpla con las normas COVENIN 2249 – 93 en las cuales se especifican los niveles adecuados de iluminación que garanticen un ambiente agradable a las personas que hacen uso de este recinto, y así permitir a los trabajadores realizar sus tareas de una manera más segura logrando más rápido sus objetivos, todo esto utilizando las tecnologías disponibles, y teniendo siempre como prioridad la eficiencia de las instalaciones.

Por tal motivo esta investigación plantea realizar una propuesta basada en la nueva tecnología LED, como una solución de eficiencia energética en la iluminación de Centro de Convenciones Mucumbarila, ya que este tipo de iluminación permite disminuir el consumo de energía y aumentar la calidad lumínica.

El siguiente trabajo cuenta con 5 capítulos estructurados de la siguiente manera: comenzando por el capítulo I que se enfoca en el planteamiento de problema, la justificación

de este estudio, los objetivos, el alcance, las limitaciones de esta investigación y la metodología utilizada. Un capítulo II donde se describen las bases teóricas y bases legales que sustentan esta investigación. Posteriormente se encuentra el capítulo III, que consiste en el análisis de encuestas realizadas a usuarios y al personal que labora en este centro. Para el capítulo IV se realizó un estudio del nivel de iluminación de todo el recinto, el cual confirma la necesidad de realizar una propuesta de diseño de un nuevo sistema de iluminación. Por último un capítulo V donde se muestra el prototipo del nuevo sistema de iluminación propuesto, junto con las conclusiones y las recomendaciones necesarias para mantener el sistema en excelentes condiciones.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# CAPÍTULO I

## PROBLEMÁTICA ACTUAL

El ser humano en sociedad se ha caracterizado por mejorar la calidad de vida de los individuos. A medida que ha transcurrido el tiempo han evolucionado las ciudades y con ellas las relaciones sociales y culturales, llevándolos a la construcción de grandes centros de convenciones.

El Servicio Autónomo Centro de Convenciones Mucumbarila (S.A.C.C. Mucumbarila) posee una gran infraestructura y unas grandes instalaciones eléctricas, por lo cual, el consumo energético es alto, es por ello que se requiere una solución energética eficiente en cuanto a su iluminación.

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La experiencia demuestra que una buena iluminación resulta eficaz a la hora de mejorar la productividad y la calidad. Una buena iluminación disminuye el cansancio visual, disminuyendo los dolores de cabeza, aumentando el confort y la seguridad del trabajador, reduce el índice de errores y estimula al personal. Además, esto puede conseguirse con un ahorro energético mediante el uso de nuevas tecnologías.

La investigación que se realizó en el S.A.C.C. Mucumbarila se enfocó en la verificación del sistema de iluminación, es decir, si cumple con los requerimientos mínimos de iluminación regida por la norma COVENIN 2249-93, así como el proponer un sistema que cumpla con el índice de eficiencia energética.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La buena iluminación, es imprescindible, en todo recinto para que el proceso de intercambio de información pueda llegar a ser efectivo. En un centro de convenciones en donde las actividades a realizar son variadas, tales como: congresos, fórum, eventos corporativos, recreativos, festivos, etc., es importante proporcionar una excelente y adecuada iluminación, que se adapte a cada una de estas actividades con el máximo confort. Y más si en el diseño de la iluminación se tiene en cuenta el consumo eficiente de la energía y de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de los recursos produciendo más con menos energía. En el caso de la iluminación, la eficiencia energética, tiene como objetivo iluminar mejor consumiendo menos electricidad. Y de esta manera se reducen costos y se promueve la sostenibilidad económica, política y ambiental. Esto se logra por medio del uso de las nuevas tecnologías en el ámbito de la iluminación consiguiendo: sistemas de iluminación más eficientes, sistemas de control que permiten adaptar las necesidades lumínicas a las demandas en cada momento, permiten reducir de una forma muy importante el consumo energético de las instalaciones sin perjuicio en las prestaciones visuales de las mismas.

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Objetivos Generales**

- Analizar los sistemas de alumbrado de las diversas áreas del Centro de Convenciones.
- Analizar las prestaciones lumínicas, confort, sostenibilidad y economía de los sistemas de alumbrado usados en dichos ambiente.
- Diseñar un nuevo sistema de iluminación, que cumpla con lo estipulado en eficiencia energética en iluminación.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la eficiencia de dichos sistemas de alumbrado.

- Determinar el confort que dichos sistemas de alumbrado brindan a los usuarios.
- Definir los niveles de prestación necesarios para asegurar, en función de las características distintivas de cada recinto, un nivel de servicio adecuado.
- Determinar si en realidad los actuales sistemas de alumbrados proporcionan las condiciones de confort y calidad.

## **1.4 ALCANCE**

El propósito de este trabajo consistió en realizar una propuesta de diseño para el mejoramiento del sistema de iluminación del S.A.C.C. Mucumbarila, para que las actividades que allí se realicen en este centro tengan un máximo confort., tanto para los usuarios como el personal.

## **1.5 LIMITACIONES**

- Pocas accesibilidades a algunas oficinas que se encuentran alquiladas.
- Distorsión en las mediciones de algunas oficinas por la presencia de personas e inmobiliario que producen sombra y afectan los resultados de la medición.

## **1.6 METODOLOGÍA**

Una vez expresado el problema de investigación y planteados los objetivos que orientan el estudio, a continuación se describe la metodología, la cual incluye el enfoque y tipo de la investigación, selección de los datos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimiento y análisis de los datos.

Esta investigación está basada en un enfoque mixto que combina datos cuantitativos y cualitativos; el sustento metodológico de este enfoque se encuentra en Monje, quien indica que la investigación debe considerarse desde un sentido de totalidad que elude la polaridad entre

categorías metodológicas no enfrentadas justificando el enfoque de investigación mixto como un complemento necesario de los distintos abordajes del conocimiento (Monje, C. 2011).

Así mismo, esta investigación es de tipo descriptivo, pues busca describir los sistemas de alumbrado de las diversas áreas del Centro de Convenciones, así como las prestaciones lumínicas, confort, sostenibilidad y economía de los sistemas de alumbrado usados en dichos ambientes. Para posteriormente diseñar un nuevo sistema de iluminación, que cumpla con lo estipulado en eficiencia energética e iluminación. Al respecto, es conveniente decir que el estudio descriptivo busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernández, R. 2010).

La muestra del estudio está constituida por el sistema de alumbrado del S.A.C.C. Mucumbarila y el personal que labora en este lugar y los usuarios del mismo. Para la recolección de datos cualitativos, se empleó una encuesta estructurada dirigida al personal que labora en el S.A.C.C. Mucumbarila, se realizaron preguntas a usuarios de las instalaciones del centro de convenciones. Además de las encuestas, se realizó el estudio cuantitativo tomando una serie de mediciones mediante un luxómetro para determinar los niveles de iluminación del centro de convenciones. Una vez realizadas dichas mediciones se procedió hacer un análisis comparativo de los niveles medidos con los que establece la norma, para poder dar las recomendaciones necesarias para cada una de las áreas de dicho complejo.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

El presente capítulo es el cimiento primordial de esta investigación, se dará a conocer los aspectos y principios básicos que conforman una buena iluminación

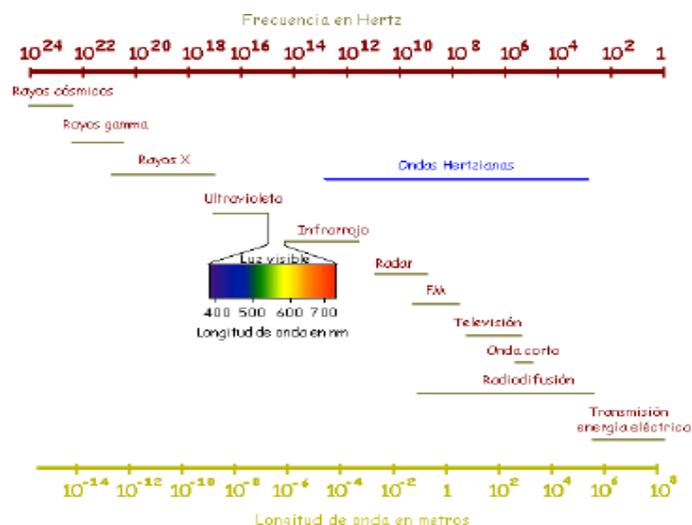
### 2.1 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ

#### 2.1.1 Naturaleza de la luz

La luz es una forma de energía radiante que parte de la radiación electromagnética, esta se transmite de un lugar a otro y puede ser apreciada por el ojo humano que al captar esta luz es capaz de producir la visión, en consecuencia es a través de ella que el ser humano se relaciona visualmente con el mundo que lo rodea. Esta energía radiante se propaga a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas con una misma velocidad y se diferencia por su longitud de onda y su frecuencia. (Ballester, L., 2016)

#### 2.1.2 Espectro electromagnético

Los límites de radiación visible varían en función del individuo, el límite inferior se sitúa normalmente entre 380 a 400nm; mientras que el límite superior está entre 760 y 780nm. El espectro visible puede dividirse a su vez en una serie de intervalos de longitud de onda, según la impresión que producen en el ojo humano. En la figura 2.1 se observa el espectro electromagnético de la luz que va desde los rayos cósmicos hasta la transmisión de energía eléctrica.



**Figura 2.1** Espectro electromagnético de la luz (tomado de: Moreno L., 2015)

### 2.1.3 Propiedades ópticas de los cuerpos

Cuando una radiación luminosa incide en un cuerpo real se provocan cinco fenómenos esenciales:

#### 2.1.3.1 Reflexión

Es la característica que se produce en medio homogéneo e isotrópico, en donde una superficie devuelve la luz que incide sobre ella (Moreno, L., 2015). Es el cambio de dirección que experimenta un rayo de luz al incidir oblicuamente sobre una superficie, y su vez produce dos efectos: uno reflejado con el mismo ángulo de incidencia y un rayo refractado que penetra al medio.

#### 2.1.3.2 Refracción

Es la modificación de la dirección de un rayo luminoso al pasar de un medio a otro de diferente densidad, pero ambos medios son homogéneos e isotrópicos (Moreno, L., 2015).

### *2.1.3.3 Transmisión*

Es la propagación de las radiaciones luminosas a través de un cuerpo transparente o traslucido y puede ser dirigida o difusa. Cuando se tienen medios de distintas densidades e incide un rayo luminoso la dirección del rayo cambia al atravesar un medio sólido, líquido o gaseoso y luego vuelve a cambiar al salir de este.

### *2.1.3.4 Absorción*

Es la energía radiante absorbida por un cuerpo, ocurre cuando la luz choca contra una superficie una parte de ella es absorbida y la otra parte es reflejada. La energía radiante reflejada es la que el ojo humano percibe como color.

### *2.1.3.5 Difusión*

Consiste en el esparcimiento del flujo luminoso en todas las direcciones del espacio, esto se debe a la superficie donde incide el rayo luminoso, esto dependerá del tipo de material que esté hecha dicha superficie.

## **2.2 VISION HUMANA**

El ojo humano es un órgano sensible muy complejo, que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. En el cerebro se realiza el proceso de reconstruir las distancias, colores, movimientos y formas de los objetos que nos rodean. La existencia de dos ojos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica. (Moreno, L., 2015).

## 2.2.1 Capacidades visuales

Los seres humanos poseen una capacidad extraordinaria para adaptarse a su ambiente y a su entorno inmediato. Para cada individuo son diferentes las capacidades visuales, en cuanto a la luz es un elemento esencial de la capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color, la perspectiva y el movimiento de los objetos que se encuentran en la vida diaria. La mayor parte de la información que se adquiere a través de los sentidos se obtiene por la vista (cerca del 80%). Dentro de las capacidades visuales se tienen:

### 2.2.1.1 Sensibilidad

Las células foto receptoras de la retina del ojo, los conos y bastoncillos, regulan los efectos visuales. El sistema de conos es el responsable de la agudeza, el detalle y de la visión en color. Los bastoncillos funcionan cuando la luz es mínima y no permiten la visión en color. Tanto los bastones y conos están conectadas con el córtex visual. Con el paso de los años se ha demostrado que el ojo humano posee tres tipos de conos, los cuales se van activar dependiendo de la longitud de onda del espectro cromático, la visión humana es capaz de distinguir el espectro cromático desde los 380 nanómetros hasta los 780 nanómetros, que van desde los ultravioletas hasta los infrarrojos, cada uno de los conos se activa para un rango de longitud de onda distinto.

### 2.2.1.2 Acomodación

Es la capacidad que tiene el ojo para enfocar objetos situados a diferentes distancias, y obtener de esta forma imágenes nítidas en la retina. El cristalino realiza esta función, varía su curvatura al efecto. Si el objeto se encuentra cerca, la curvatura del cristalino se hace mayor que cuando se encuentra lejos. La acomodación va disminuyendo al pasar de los años debido a la pérdida de elasticidad que sufre el cristalino; es lo que se conoce como presbicia o vista cansada.

### 2.2.1.3 Adaptación del ojo

Es la capacidad que posee el ojo humano de adaptarse a cambios en la iluminación del entorno, este proceso requiere un tiempo al pasar de un ambiente luminoso a uno oscuro, sin embargo es mucho más rápido cuando se pasa de ambientes oscuros a claros. La parte del ojo que se encarga de ajustar la visión es el iris, el cual se encarga de controlar la abertura o contracción de la retina.

### 2.2.1.4 Agudeza visual

Es la capacidad visual que tiene el ojo para diferenciar los detalles de los objetos, con cada individuo varia esta capacidad, para un hombre adulto la agudeza visual es de 1.6, sin embargo esta varia con la edad; es decir aumenta hasta los 15 años se estabiliza a los 45 años y disminuye a partir de esta edad. Mientras mayor iluminación exista en un espacio este proceso se realiza con mayor rapidez.

### 2.2.1.5 Campo visual

El campo visual es el espacio que distingue el ojo cuando mira hacia el frente. El cerebro recibe la información que el ojo percibe dentro de este campo visual, teniendo en cuenta su forma, sus colores y sus volúmenes. El campo visual del hombre está limitado a un ángulo de unos  $150^\circ$  en el plano horizontal y en el plano vertical  $60^\circ$  por encima del plano que pasa por los ojos y  $70^\circ$  por debajo de dicho plano.

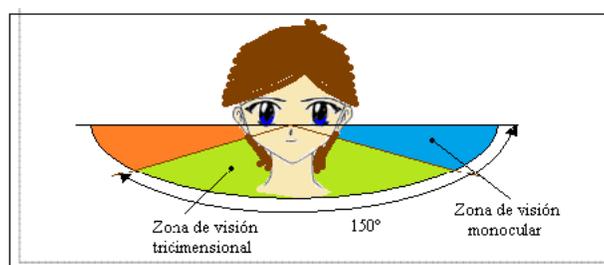
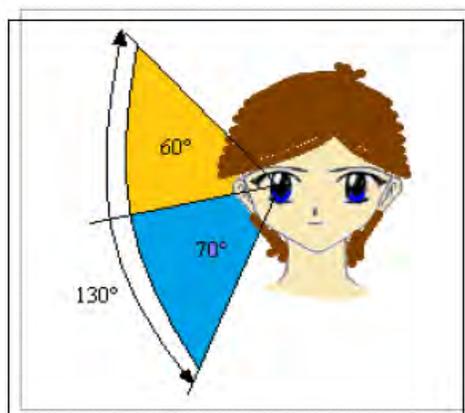


Figura 2.2 Campo visual horizontal (tomado de: Moreno, 2015)



**Figura 2.3 Campo visual vertical (tomado de: Moreno, 2015)**

#### *2.2.1.6 Percepción cromática*

Es la capacidad visual que permite diferenciar tanto formas y movimientos, como también colores (tonalidad, claridad o saturación).

## **2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN**

### **2.3.1 El Tamaño**

El tamaño aparente de un cuerpo es un factor importante para distinguir los objetos con rapidez, si el objeto es de gran tamaño y existe buena iluminación en el entorno entonces será fácil de percibir para el ojo, en caso contrario si el objeto es pequeño y el ojo no lo puede percibir comúnmente se usan lentes de aumento o un microscopio.

### **2.3.2 El Contraste**

Se produce por la diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato, el cual permite distinguir con mayor facilidad los detalles y a su vez disminuye el esfuerzo visual. Si se ubica un objeto claro dentro de un fondo oscuro su contraste será

positivo, en cambio, si se coloca un objeto oscuro dentro de un fondo claro, su contraste será negativo.

### **2.3.3 El Tiempo**

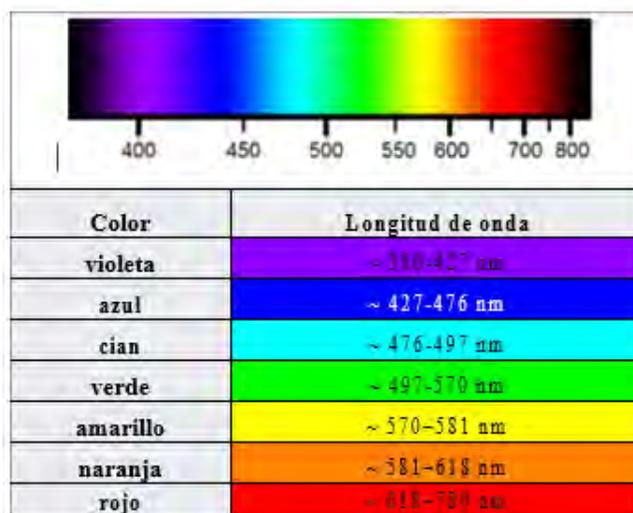
El ojo dispone de diferentes mecanismos para enfocar la imagen y transmitirla al cerebro, este proceso no es instantáneo y requiere de un cierto tiempo. Si la cantidad de luz en un ambiente posee los niveles de lux adecuados hace que este tiempo se reduzca, ya que permite al órgano visual realizar sus diferentes procesos en forma más rápida.

### **2.3.4 Deslumbramiento**

Cuando existe exceso de luminancia en el campo visual se generan brillos que afecta la visión produciendo molestias para percibir objetos, este fenómeno afecta la retina del ojo, ocasionando una enérgica reacción fotoquímica. Existen deslumbramientos fisiológicos (por ejemplo, cuando un carro circula por el canal contrario con la luz alta) y también deslumbramientos psicológicos (cuando la luz que se percibe es demasiado intensa).

## **2.4 COLOR**

El color es una experiencia visual, una impresión producida por un tono de luz en los órganos visuales, independiente de la materia colorante de la misma, es una percepción visual que se genera de la descomposición de la luz blanca natural o artificial. En la descomposición de la luz blanca se observan los siete colores espectrales: rojo, naranja, amarillo, verde, cian, azul, violeta y el color negro es la ausencia de total de colores, es la percepción de oscuridad.



**Figura 2.4** Aproximación de la longitud de onda según el color.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Color>

## 2.4.1 Características cromáticas fundamentales de las Fuentes de Luz

### 2.4.1.1 Temperatura de color

Hace referencia al color de una fuente de luz. Es la temperatura que debe alcanzar un cuerpo negro ideal para que la tonalidad de la luz emitida sea igual a la de la lámpara considerada. La temperatura de color no tiene relación directa con la denominación de color cálido y frío, aunque popularmente se relacionen estos términos. Puede señalarse que la luz natural blanca emitida por el sol con el cielo despejado, tiene una temperatura, aproximadamente de 5800 K cuando se encuentra en el cenit, y de 2000 K cuando está en el horizonte.

**Tabla 2.1** Temperatura del Color y Apariencia

Tc(K)	Apariencia de color
$T_c < 3300$	Cálida
$3300 < T_c < 5000$	Intermedia
$5000 < T_c$	Fría

### 2.4.1.2 Índice de rendimiento del color (Ra)

Cuantifica la reproducción cromática en una escala graduada de 0 a 100 en el índice de rendimiento de color, este describe como una fuente de luz hace que el color de un objeto aparezca a los ojos humanos y qué las variaciones ligeras en tonos de color son reveladas. Cuanto mayor sea el IRC o Ra, mejor es su capacidad de rendimiento de color. Según la norma DIN 5035-2 (1979), se divide los distintos niveles de rendimiento de color en 5 categorías:

**Tabla 2.2** Representación de colores según Ra

20 < Ra < 39	Deficiente
40 < Ra < 59	Muy Bajo
60 < Ra < 69	Bajo
70 < Ra < 79	intermedio
80 < Ra < 89	Bueno
90 < Ra < 100	Excelente

**Tabla 2.3** Ra usuales para cada tipo de lámparas

Fuentes Luminosas	Temperatura de Color (K)	Índice de Rendimiento de color
Cielo azul	10.000 a 30.000	85 a 100
Cielo nublado	7.000	85 a 100
Luz solar día	6.000	85 a 100
<b>Lámparas de descarga (excepto Na)</b>		
-luz día (halogenuros)	6.000	96 a 100
-Blanco neutral	3000 a 5000	70 a 84
-Blanco cálido	Menos de 3000	40 a 69
Lámpara de descarga (Na)	2.900	Menos de 40
Lámparas LED	3.300 a 6.000	80 a 95
Lámpara incandescente	2.100 a 3.200	85 a 100
Lámparas fotográficas	3.400	85 a 100
Llama de vela	1.800	40 a 69

## 2.5 FOTOMETRÍA

La Fotometría estudia la medida de la luz, como el brillo percibido por el ojo humano. La cual define herramientas de trabajo, magnitudes, gráficos y unidades luminosas; con el fin de poder realizar los cálculos de iluminación en un área de trabajo. Entre las magnitudes y unidades luminosas se tienen:

### 2.5.1 Luminotecnia

La luminotecnia es la técnica que estudia las distintas formas de producción de la luz (artificial o natural), así como su control y aplicación para fines específicos.

### 2.5.2 Angulo Sólido

Es la zona espacial que abarca una superficie cónica, mide el tamaño aparente de ese objeto proyectando una esfera de radio “r” sobre el punto donde se desea medir, asumiendo “S” como la superficie del punto de vista sobre la esfera conocida. Se calcula de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{S}{r^2} [sr] \quad (2.1)$$

Dónde:

$\omega$  = Angulo sólido

S = superficie del punto donde se desea medir sobre la esfera

r = radio de la esfera

### 2.5.3 Flujo Luminoso

Es la magnitud que mide el flujo radiante emitido dentro del espectro visible. Se mide en Lumen (Lm) y su símbolo es  $\Phi$

### 2.5.4 Intensidad luminosa

La intensidad luminosa de una fuente de luz es el cociente del flujo luminoso emitido en una dirección dada por unidad de ángulo sólido en esa dirección, su unidad es la candela (cd) y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} [cd] \quad (2.2)$$

Dónde:

I = Intensidad luminosa

$\Phi$  = Flujo luminoso expresado en Lumen

$\omega$  = Angulo sólido expresado en estereorradián

### 2.5.5 Iluminancia (E)

La iluminancia es un índice representativo de la densidad del flujo luminoso sobre una superficie, es decir, es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre la superficie, mayor será su iluminancia. Para la medida del nivel de iluminación se utiliza un luxómetro, siendo su unidad de medida lux. La iluminancia se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Phi}{S} [lx] \quad (2.3)$$

Dónde:

E = Iluminancia

$\Phi$  = Flujo luminoso expresado en lumen

S = Superficie iluminada

### 2.5.6 Luminancia

La luminancia describe el efecto entre la relación de la intensidad luminosa y la superficie proyectada sobre el plano perpendicularmente a la dirección de irradiación, vista por el ojo en una dirección determinada, su unidad de medida es candela por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) y tiene por símbolo la letra L. Esta se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} [\text{cd}/\text{m}^2] \quad (2.4)$$

Dónde:

**L** = Luminancia

**I** = Intensidad luminosa

Saparente = Superficie aparente

### 2.5.7 Eficiencia luminosa ( $\epsilon$ )

Es el rendimiento energético que presenta una lámpara, y la capacidad que posee para producir luz y transformar la energía eléctrica en energía radiante visible. La eficiencia luminosa es la relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente y el flujo energético aportado por la misma.

Su unidad es lúmen por vatio ( $\text{lm}/\text{w}$ ).

$$\epsilon = \text{Rendimiento luminoso (lumen/watios)} = \frac{\Phi}{w} \quad (2.5)$$

### 2.5.8 Índice de Eficiencia Energética

Es una exigencia que se aplica con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, y de esta manera asegurar que la instalación funciona de una

manera óptima consumiendo el mínimo de energía. No solo se trata de ahorrar energía, sino iluminar mejor consumiendo menos electricidad; y de esta manera disminuir costos y promover sostenibilidad económica y ambiental. (Moreno, L., 2015)

Su unidad de medida es  $\left[\frac{W}{m^2}\right]$  por cada 100 lx.

$$IEE = \left( \frac{\text{Potencia instalada}}{\text{Area del local}} \right) * \frac{100}{Em} \quad (2.6)$$

**Tabla 2.4** Límite máximo de valor de eficiencia energética recomendado para Salones de Reuniones Fuente: Moreno, L, 2015

<b>Zona de Actividad</b>	<b>Límite máximo de valor de eficiencia energética</b>
Administrativo en general	3
Pabellones de exposición y ferias	3
Zonas comunes en edificios no residenciales	4
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones	8
Recintos interiores no descritos en este listado	4

## 2.6 SISTEMAS DE ALUMBRADO

Un sistema de alumbrado es un conjunto de elementos, que se diseña para proporcionar una visibilidad clara a un espacio y actividades definidas. Los sistemas de alumbrado que generalmente se usan en el diseño del sistema de iluminación en centros de convenciones son los siguientes

### 2.6.1 Alumbrado General

En este sistema, las fuentes de iluminación se distribuyen uniformemente sobre todo el área iluminada. Se utiliza en zonas como oficinas, instalaciones de grandes dimensiones.

### **2.6.2 Alumbrado localizado**

Se utiliza en situaciones en donde el alumbrado general no logra satisfacer los niveles de iluminación, en zonas donde el nivel requerido es superior a 1000 lux, las áreas que requieren iluminación localizada son aquellas donde existen obstáculos en el flujo de la luz proveniente de la iluminación general o para crear efectos decorativos.

### **2.6.3 Alumbrado General-Localizado**

Es el que se obtiene de la unión del alumbrado general y localizado, se pueden controlar de manera independiente lo cual es una ventaja y contribuye con el ahorro energético

www.bdigital.ula.ve

## **2.7 FUENTES DE LUZ**

Las fuentes de luz son objetos que suelen transformar algún tipo de energía en luz. Las fuentes de luz pueden ser naturales (el Sol) o artificiales (una lámpara), una fuente de luz puede ser difusa o puntual. La difusa incide sobre los objetos desde múltiples ángulos, proporcionando una iluminación más homogénea y haciendo que las sombras sean menos nítidas cuanto más lejos esté un objeto de la superficie que oscurece. La luz puntual se origina en un punto más o menos reducido respecto al objeto que ilumina, pudiéndose hablar de una direccionalidad más o menos similar entre los rayos que emite, haciendo que las sombras que un objeto proyecta se hagan más grandes cuanto más cerca se sitúe este de la fuente de luz. (Moreno, L., 2015).

## **2.7.1 Fuentes de luz utilizadas en el Centro Convenciones**

### *2.7.1.1 Lámparas Incandescentes*

Este tipo de lámpara produce luz mediante el calentamiento eléctrico de un alambre, el filamento, el espectro que emite una lámpara incandescente es continuo y la apariencia de color de estas lámparas es cálida. Este tipo de lámpara cuenta con ciertas ventajas como es de bajo costo, baja temperatura de color, encendido instantáneo, alto índice de reproducción de color, puede regularse con un dimer, entre otros, sin embargo, tienen la desventaja de tener baja eficiencia, corta vida útil, alta sensibilidad a las variaciones de tensión, lo que afecta su eficiencia, su tiempo de vida y su flujo luminoso.

### *2.7.1.2 Lámparas Incandescentes con Halogenuro*

Este tipo de lámparas halógenas son una variante de las lámparas incandescente; posee un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (como cloro, yodo o bromo). En cuanto a su funcionamiento requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno, la apariencia de color de estas lámparas es blanca, y tienen una reproducción excelente de color (Ra) de 100 y una temperatura de 2900 K. Su eficiencia es de 20 a 25 lm/watt, la potencia abarca un amplio rango de valores que van desde los 25 hasta 48.000 W. Su vida media es igual a la vida útil y alcanza hasta las 2.000 y 5.000 horas, temperatura de color es de 4800-6500K.

### *2.7.1.3 Lámparas Fluorescentes Compactas*

Es un tipo de lámpara basadas en la tecnología de los tradicionales tubos fluorescentes convencionales, con la característica de menor tamaño y diferentes formas que con pocos cambios en la armadura de instalación puedan sustituir a las lámparas incandescentes y obtener menor consumo. La potencia para las lámparas fluorescentes compactas comprenden el rango de 5 hasta 80 W, su temperatura de color va desde 2700 hasta los 6400K. En cuanto a

su rendimiento es de 40-50 lm/watt y la vida media de las lámparas con equipo convencional es de 8.000 horas y 15.000 horas las que poseen equipo electrónico, mientras que su vida útil es de 6.000 horas con equipo convencional y de 9.000 horas las de equipo electrónico.

#### *2.7.1.4 Lámparas de Vapor de Mercurio*

A medida que se aumenta la presión del vapor de mercurio se generan más emisiones en la zona visible del espectro. En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emiten en esta zona del espectro. De esta manera se mejora las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500K con índices de rendimiento de color de 40 a 45. La potencia de estas lámparas puede variar de 50 a 1.000W. En cuanto a su vida útil media se encuentra entre los valores de 12.000 a 16.000 horas pudiendo llegar hasta las 24.000 horas.

#### *2.7.1.5 Lámparas de LED*

Son lámpara de estado sólido de diodos emisores de luz. Los LED emiten luz en longitudes de banda muy estrechas. Debido a que la luz emitida por un LED no es muy intensa, estas lámparas están compuestas por agrupaciones de LED, en mayor o menor número, según la intensidad deseada. Actualmente las lámparas de LED se pueden usar para cualquier aplicación, ya que presentan ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable bajo consumo energético, poco calor generado, arranque instantáneo, fáciles de programar, baja depreciación luminosa y operando en condiciones normales tiene larga vida útil entre 50000 y 100000 horas de vida, pero también con ciertas desventajas como problemas con altas temperaturas, necesidad de fuente de alimentación estabilizadas y precio elevado.

## 2.8 LUMINARIAS

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas, también para distribuir, filtrar o transformar el flujo luminoso emitido. Es importante la selección de la luminaria según la fuente de luz que se va a usar y que de ello depende el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios.

### 2.8.1 Clasificación según su Distribución Luminosa

Esta clasificación está basada en el porcentaje del flujo luminoso total emitido por encima o por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara.

#### 2.8.1.1 Iluminación Directa

La distribución del flujo luminoso emitido por la luminaria irradia entre un 90 al 100% por debajo del plano horizontal.

#### 2.8.1.2 Iluminación Semi-Directa

La luz irradia con respecto al plano horizontal entre un 60 al 90% del flujo de la lámpara el resto se dirige hacia el techo o paredes superiores.

#### 2.8.1.3 Iluminación Semi-Indirecta

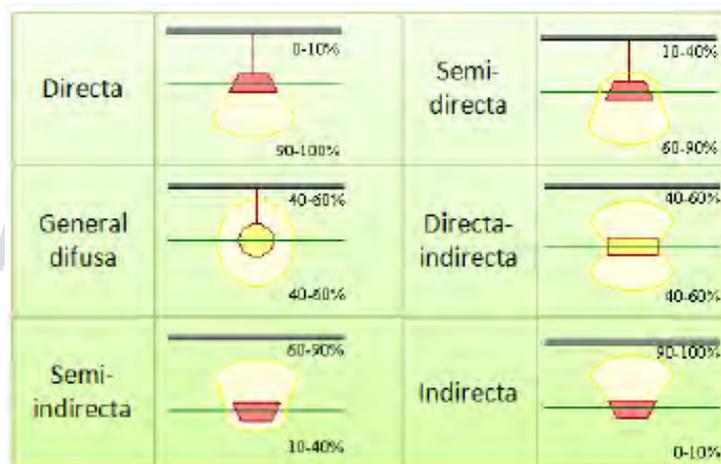
Se refiere al porcentaje de luz irradiada hacia arriba sobre el techo o paredes superiores, está entre el 60 al 90% y el resto se dirige hacia abajo.

### 2.8.1.4 Iluminación Indirecta

Es cuando la luz irradiada hacia arriba o paredes superiores es entre el 90 al 100%. Con este tipo de iluminación la fuente de luz queda oculta y la luz se dispersa al reflejarse en el techo o la pared.

### 2.8.1.5 Iluminación General Difusa

La luz irradiada por la luminaria se dirige hacia arriba sobre el techo o paredes superiores, está entre el 40% al 60% y el resto se dirige hacia abajo.



**Figura 2.5** Distribución Fotométrica de la luminaria (tomado de: Salazar, 2016)

## 2.9 RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN PARA LOS CENTROS DE CONVENCIONES

Las instalaciones de iluminación de las distintas dependencias que componen el centro de convenciones, deben estar dotadas de sistemas que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las muy variadas tareas y actividades que se desarrollan.

En los centros de convenciones se puede distinguir los siguientes grupos de actividades según el nivel de percepción que se precisa para la realización de la actividad, entre ellas se tienen: para un área con mayor nivel de iluminación se encuentra el salón de conferencias (mesa de demostración). Entre las áreas que requieren un nivel de iluminación medio se encuentran los salones de usos múltiples, restaurante, oficinas administrativas entre otros. En las áreas que se requiere un nivel de iluminación baja se encuentran los pasillos, las escaleras, los depósitos, comedores, baños, sala de espera, archivos entre otros.

### **2.9.1 Iluminación en sala de Conferencia**

Las salas de reuniones y conferencias están destinadas a la discusión y comunicación con un amplio grupo de empleados y conferencistas. Diferentes actividades requieren diferentes escenarios dentro de la misma sala de conferencias. Una solución de iluminación inteligente ofrece la posibilidad de optimizar la luz según criterios estéticos y funcionales. Estos incluyen la intensidad de la iluminación, el color de la luz y la combinación flexible de los componentes directos e indirectos de la luz. El nivel de iluminación necesario para esta sala es entre 200 lux a 500 lux.

### **2.9.2 Iluminación en la salas de Exposiciones, Teatros y Auditorios**

En estos ambientes se toma en cuenta la versatilidad del espacio, por tanto, debería tener en cualquier caso una concepción multifuncional de su iluminación, para corresponder a las diferentes condiciones de utilización. En estas áreas es importante separar la zona de acción y la zona de los oyentes; en la zona de acción se encuentra la clave en la iluminación acentuada del orador, y si se da el caso los objetos presentados o experimentos. En el área de los oyentes la iluminación sirve para la orientación y las anotaciones; durante la proyección se reduce la iluminación justo a un nivel luminoso que permita tomar notas, para ello se establece una iluminación mínima de 100 lux que garantiza el confort en la sala y que se pudiese incrementar a unos 300 lux.

### **2.9.3 Iluminación en Restaurante**

En este ambiente se debe garantizar una iluminación uniforme a lo largo de la superficie de comedor, el nivel de iluminación puede ser alto o bajo dependiendo de la atmósfera que el establecimiento desee. El área de recepción debe ser más brillante que el resto del comedor para que los clientes que caminen hacia el interior puedan ver a los anfitriones y leer el menú. Se recomienda un rango de iluminación de 300lux hasta 500lux.

### **2.9.4 Iluminación en Oficinas**

Los óptimos niveles de iluminación en estos sitios de trabajo contribuyen a un mejor rendimiento, en la actualidad las actividades que se realizan en oficinas comprenden el uso de computadoras, impresoras, fotocopiadoras, plotters, entre otros, por lo tanto se recomienda un nivel medio de iluminación. Algunas de las oficinas del centro de convenciones se pueden clasificar de la manera siguiente:

#### *2.9.4.1 Oficina tipo Colmena*

En este tipo de oficinas el trabajo es individual, antes de realizar el diseño del sistema de iluminación se debe tener en cuenta la ubicación de los puestos de trabajo para hacer una distribución correcta, es recomendado una iluminación general, general-localizado o modularizado.

#### *2.9.4.2 Oficinas tipo Celdas*

Esta oficina es utilizada por empleados que desarrollan un trabajo individual con un nivel de exigencia elevado. La iluminación recomendada es general-localizada. Es recomendable el aprovechamiento de la luz natural para así asegurar un ahorro energético.

### 2.9.4.3 Oficinas tipo Reunión

Es un tipo de oficinas extensa en la cual se pueden organizar reuniones y conferencias, ya que permiten amplia capacidad de reunión del equipo de trabajo. Para este tipo de oficinas es recomendado un estudio más detallado para poder garantizar el mejor beneficio a las necesidades de los usuarios y un mejor ahorro energético.

**Tabla 2.5** Requerimientos Técnicos de los Diferentes tipos de Oficinas del Centro de Convenciones

	<b>Colmena</b>	<b>Celda</b>	<b>Reunión</b>
<b>Nivel general (lux)</b>	500-1000	500-750	300-1000
<b>Temperatura de color (K)</b>	3000-4000	3000-4000	2700-4000
<b>Rendimiento en color</b>	Ra>80	Ra>80	Ra>80
<b>uniformidad</b>	Alta	Moderada	Moderada

## 2.10 TIPO DE LUMINARIAS UTILIZADAS EN EL CENTROS DE CONVENCIONES

Para brindar confort y comodidad en los centro de convenciones, hoy en día existen un gran número de luminarias para las distintas áreas de acuerdo a la tarea que se realice. Entre estas luminarias se tienen:

**Tabla 2.6** Tipo de luminarias utilizadas en Centros de Convenciones  
(Restaurantes, y Oficinas salas de Conferencias)

<b>TIPO DE LUMINARIA</b>	<b>INFORMACION</b>	<b>USO</b>
	Luminarias suspendidas directas e indirectas con celosías especulares y lámparas fluorescentes lineales compactas o tubos LED	Usada en la iluminación general de salas con pantallas de computador o televisión.
	Luminarias LED empotrada de techo para lámpara fluorescente compacta o LED.	Iluminación general, oficinas.
	Luminarias directas (dowlight) de empotrar para lámparas fluorescentes compactas, LED o de descarga de halogenuros metálicos	Usada en zonas representativas como áreas de entradas, cafeterías.

TIPO DE LUMINARIA	INFORMACION	USO
	Luminaria empotrable puntual de techo con fluorescentes compactos o LED.	Se utiliza en el teatro, vestíbulos, pasillos y servicios.
	Luminaria modular en suspensión, directas e indirectas para lámparas fluorescentes compactas, Led o de descarga de halogenuros metálicos	Utilizada en sala de conciertos, salas de creación y salas de conferencia.
	Luminaria en suspensión directas para lámparas fluorescentes compactas, Led o de descarga de halogenuros metálicos	Utilizada en la caja escénica del teatro y de la sala de conciertos.
	Luminaria de adosar en techo o pared con óptica especular o difusa para lámparas fluorescentes lineales, compactas o tubos LED.	Usada en iluminación de oficinas tipo club y colmena

## 2.11 NORMA COVENIN 2249-93. ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO

Esta Norma Venezolana COVENIN establece los valores de iluminancia media en servicio recomendado como iluminación normal, para la obtención de un desempeño visual eficiente, en las diversas áreas de trabajo y para tareas visuales específicas bajo condiciones de iluminación artificial. Valores mínimos de iluminación media en servicios recomendados de emergencia para evacuación, seguridad y resguardo. (COVENIN, 1993). Los niveles de iluminación usados en salones de reuniones, auditorios, oficinas, restaurante y otros servicios la Norma establecen los siguientes valores.

**Tabla 2.7** Iluminancias recomendadas para distintas áreas del Centro de Convenciones

AREA	TIPO DE ILUMINACION	ILUMINANCIA (lx)		
		Mínima	Media	máxima
Sala de conferencias	General	200	300	500
Salón de reuniones	General	100	150	200
Salón de eventos sociales	General	50	75	100

AREA	TIPO DE ILUMINACIÓN	ILUMINANCIA (lx)			
		Mínima	Media	máxima	
Auditorios exposiciones	General	200	300	500	
Oficinas generales	General	200	300	500	
Oficinas contabilidad	General	200	300	500	
	Localizada	700	1000	1500	
Sala de espera, recepción	General	100	150	200	
Restaurante:	comedores	General	150	200	300
	Cocinas	General	300	500	700
Pasillos y escaleras	General	100	150	200	
Baños	General	100	150	200	
Depósitos	General	100	150	200	

www.bdigital.ula.ve

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS DE ENCUESTAS

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos durante la aplicación y recolección de datos cualitativos. Mediante la aplicación de encuestas estructuradas con respuestas cerradas, con el fin de conocer la perspectiva que poseen los trabajadores y los usuarios del S.A.C.C. Mucumbarila, sobre de las condiciones actuales del sistema de alumbrado en ese recinto. Se aplicaron dos tipos de encuestas una dirigida al personal, y otra dirigida a las personas que hacen uso de estas instalaciones. La mayoría de los encuestados respondieron a todas las preguntas, sin embargo, una pequeña parte no lo hizo, bien sea porque no sentían la confianza para responderla y/o también por no tener conocimiento del nivel de iluminación que posee el centro de convenciones.

La población fue un dato suministrado por la oficina de recursos humanos del centro de convenciones, para conocer el número de personas a encuestar se realizó, mediante la aplicación de la ecuación 3.1.

$$n = \frac{K^2 p q N}{e^2 N + K^2 p q} \quad (3.1)$$

Dónde:

**N:** es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

**k:** es una constante que depende del nivel de confianza que se asigne.

**e:** es el error muestral deseado.

**p:** es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=q=0.5$  que es la opción más segura.

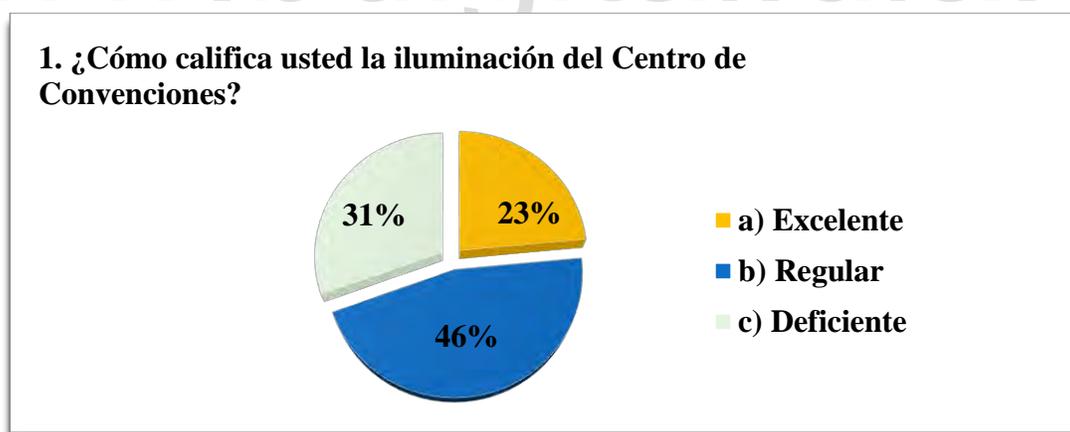
**q:** es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ .

**n:** es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

Según datos aportados por el departamento de recursos humanos del S.A.C.C. Mucumbarila, el total de personas que labora en estas instalaciones son 67 personas en horario de oficina de 8:00am a 12:00pm y de 1:00pm a 4:00pm, con un error muestral de 10%, con un nivel de confianza del 90% ( $K=1.5$ ), se tiene que la población de trabajadores a encuestar es  $n = 31$  personas. Se estima que alrededor de 600 personas al mes, hacen uso de este centro de convenciones, de igual manera con un nivel de confianza de 90% ( $K= 1.5$ ) y un error muestral de 5% se obtuvo que la población de usuarios a encuestar es de  $n = 164$  personas.

### 3.1 ENCUESTA DIRIGIDA A LAS PERSONAS QUE LABORAN EN EL S.A.C.C. MUCUMBARILA

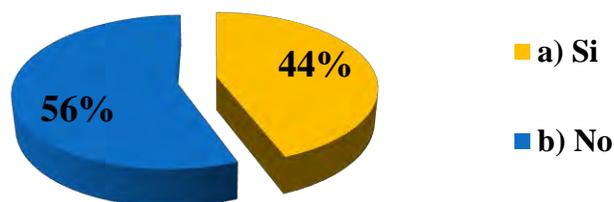
A continuación se representan y se grafican cada una de las preguntas, con sus respectivas respuestas aplicadas al personal.



**Gráfico 3.1** Resultado de la pregunta 1 dirigida al personal

Los resultados obtenidos confirman que el 46% opinan que la iluminación de las oficinas y salones del centro de convenciones es regular, ya que en algunos casos dificulta la realización de algunas actividades. Por otro lado el 31% de los trabajadores consideran que es deficiente y finalmente un 23% consideran que la iluminación es excelente en el centro de convenciones.

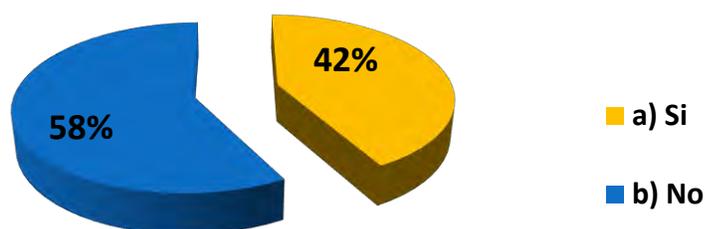
**2. ¿Cree usted que la iluminación en los pasillos y escaleras del Centro de Convenciones es suficiente para transitar por ellos sin que ocurra algún inconveniente?**



**Gráfico 3.2** Resultado de la pregunta 2 dirigida al personal

En los resultados obtenidos se aprecia, que el 56% de los trabajadores considera que no es suficiente la iluminación en los pasillos y escaleras del Centro de Convenciones, ya que en ocasiones la falta de la misma a imposibilitados algunas de las actividades en algunas de las áreas. Sin embargo, un 44% considera que la iluminación de los pasillos y escaleras si es suficiente para transitar por ellos sin que ocurra algún inconveniente.

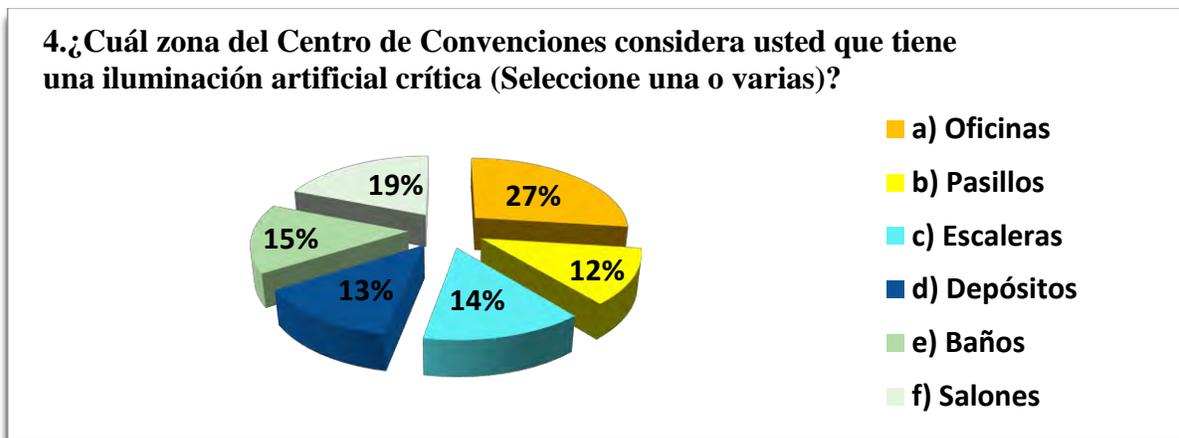
**3. ¿Considera usted que la iluminación que actualmente posee el Centro de Convenciones es suficiente para realizar cualquier tipo de evento?**



**Gráfico 3.3** Resultado de la pregunta 3 dirigida al personal

En cuanto a esta pregunta se aprecia que un 58% de los trabajadores opinan que la iluminación del centro de convenciones no es suficiente para realizar cualquier tipo de

eventos, en vista de que cada día existen más fallas en la iluminación por la falta de mantenimiento. Aunque por otro lado un 42% si consideran que la iluminación es suficiente.



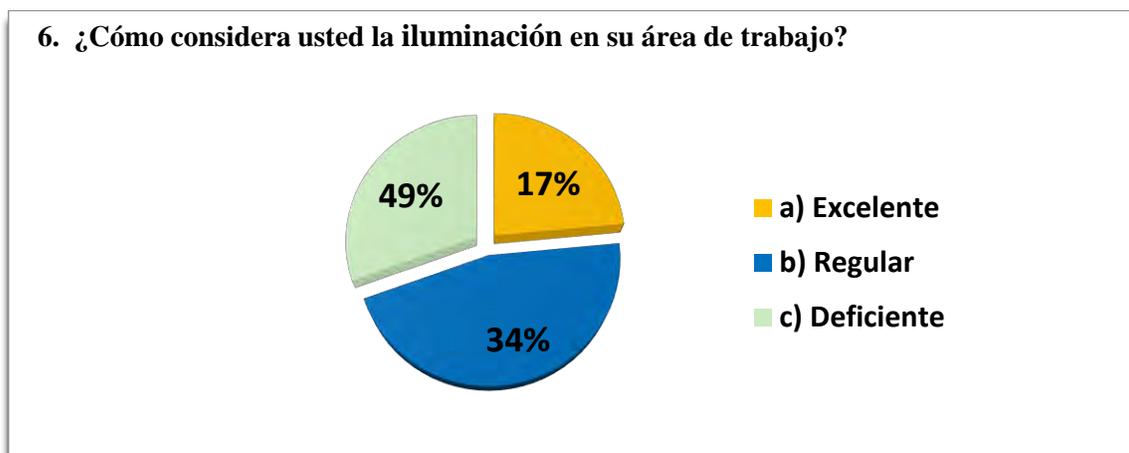
**Gráfico 3.4** Resultados de la pregunta 4 dirigida al personal

En cuanto a las zonas que el personal consideró más crítica en iluminación artificial se encuentra, en mayor porcentaje con un 27% las oficinas por falta de algunas lámparas que dificultan una buena visibilidad, con 19% se encuentran los salones de reuniones o eventos, en cuanto a la iluminación que se requiere en este tipo de áreas es considerada deficiente, el 15% considera esta falta en los baños, sin embargo un 14% opina de las escaleras y una pequeña parte consideran el depósito 13% y los pasillos con 12%.



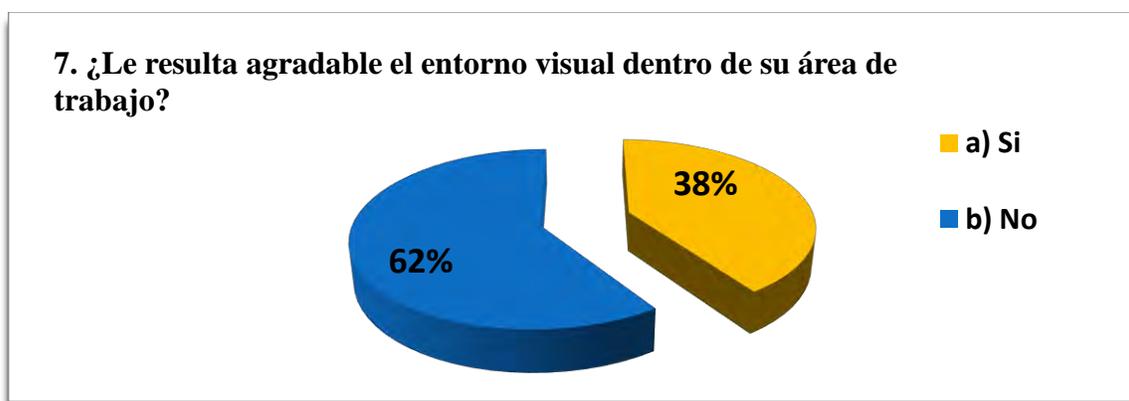
**Gráfico 3.5** Resultados de la pregunta 5 dirigida al personal

En este gráfico se demuestra que un 63% del personal que labora en el centro de convenciones no considera que se pueda utilizar luz natural para contribuir con el ahorro energético, aunque un 37% si lo consideran necesario, y muy útil, no solo en su área de trabajo sino en todas las instalaciones de este centro de convenciones.



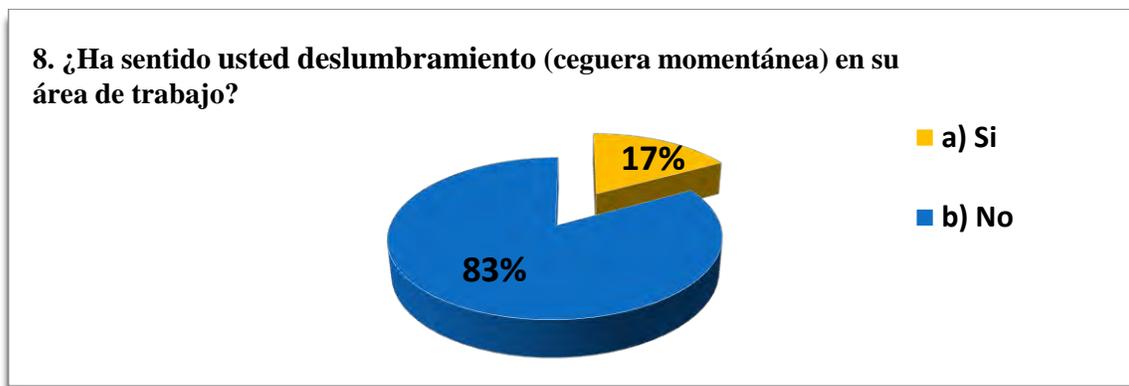
**Gráfico 3.6** Resultados de la pregunta 6 dirigida al personal

El 49% de los trabajadores opinaron que la iluminación en su área de trabajo es deficiente, puesto la iluminación implementada no brinda mayor confort a la hora de realizar sus actividades diarias de oficina y en la planificación de charlas, eventos, conferencias o foros, esta puede brindar mayores beneficios si mejora, un 34% opina que es regular, aunque una minoría de 17% opina lo contrario que es excelente.



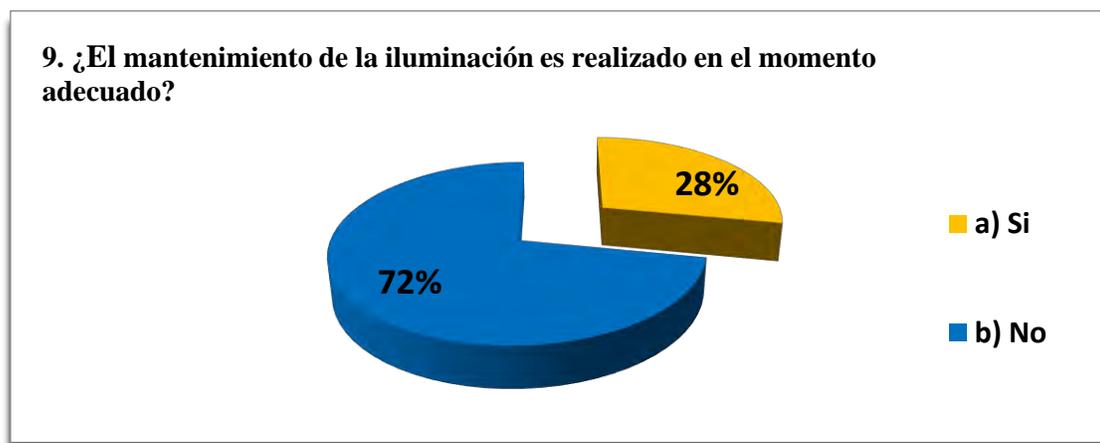
**Gráfico 3.7** Resultados de la pregunta 7 dirigida al personal

Como resultado a esta pregunta se obtuvo que el 62% de los trabajadores consideran que no es agradable su entorno visual en su área de trabajo, pues consideran que existe la falta de visibilidad, la cual podría mejorar tanto en las oficinas como en los salones principales, por ser de mayor dimensión se puede considerar que exista falta de iluminación, por otra parte un 38% apoya que si le resulta agradable su entorno visual.



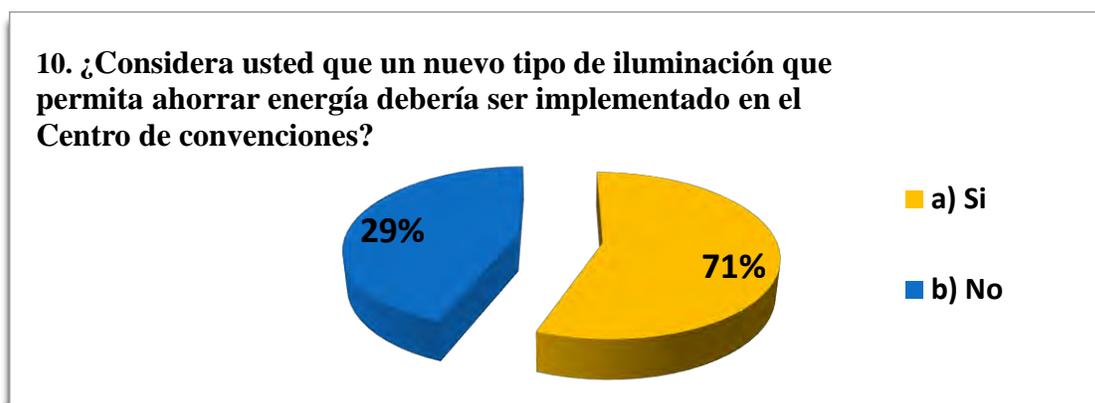
**Gráfico 3.8** Resultados de la pregunta 8 dirigida al personal

El 83% del personal encuestado, no han sentido deslumbramiento en su área de trabajo pues no han considerado que exista mayor fuente de iluminación que lo provoque, aunque un 17% lo han considerado así. Es importante diseñar ambientes de trabajo adecuados, que permitan que las personas reconozcan sin error lo que ven, en un tiempo adecuado y sin fatigarse.



**Gráfico 3.9** Resultados de la pregunta 9 dirigida al personal

En cuanto al mantenimiento que le realizan al sistema de iluminación en estas instalaciones, el 72% del personal respondió que no es realizado en el momento adecuado. Sin embargo un 28% si lo consideran. Estos mantenimientos son indispensables en cualquier lugar, ya que con ellos se podrían corregir fallas y mejorar el rendimiento del personal no solo por su mayor desempeño laboral sino también mejora su comodidad a la hora de realizar las actividades diarias.



**Gráfico 3.10** Resultados de la décima pregunta dirigida al personal

En cuanto a esta pregunta el 71% del personal respondieron que si consideran un nuevo tipo de iluminación que ayude ahorrar energía y que sea más eficiente, aunque un 29% no lo consideran así. Hoy en día gracias al avance de la tecnología existe un sistema de iluminación LED que promete ser más eficientes y con un ciclo de vida más extenso en relación a la iluminación tradicional, por esta razón, en estos ambientes de trabajo es de gran importancia implementar este sistema debido a que se necesitan diversas fuentes de iluminación para la realización de todas las actividades que se realizan en estas instalaciones.

### **3.2 Encuesta dirigida a los usuarios del S.A.C.C. Mucumbarila**

La encuesta que se aplicó a los usuarios del Centro Convenciones Mucumbarila contenía las preguntas de la tabla 3.1, donde las opiniones de la misma fueron analizadas para luego ser tabuladas.

**Tabla 3.1** Selección de respuestas de usuarios del Centro de convenciones

Pregunta	Opciones	Opinión de los encuestados
1. ¿Le resulta agradable el entorno visual dentro del Centro de Convenciones?	a) Si	a) 42%
	b) No	b) 58%
2. ¿Cómo califica usted la iluminación en el Centro de Convenciones?	a) Buena	a) 21%
	b) Regular	b) 34%
	c) Mala	c) 45%
3. ¿Cree usted que la iluminación es imprescindible para la realización de eventos, charlas, conferencias, exposiciones?	a) Si	a) 73%
	b) No	b) 27%
4. ¿Considera usted que la iluminación en los pasillos y escaleras del Centro de Convenciones es suficiente para transitar por ellos sin que ocurra ningún inconveniente?	a) Si	a) 52%
	b) No	b) 48%
5. ¿Observa usted luces encendidas en lugares donde no se requiera, es decir, que pueda ser utilizada la luz natural, para así contribuir con el ahorro energético?	a) Si	a) 24%
	b) No	b) 76%
6. ¿Considera usted que un nuevo tipo de iluminación que permita ahorrar energía debería ser implementado en el Centro de convenciones?	a) Si	a) 65%
	b) No	b) 35%
7. ¿Considera que existen zonas en donde la iluminación artificial del centro de Convenciones le cause molestias, como deslumbramiento o cansancio visual?	a) Si	a) 29%
	b) No	b) 71%
8. ¿Cree usted que al organizar un evento, la falta de iluminación pueda afectar la planificación de dicho evento?	a) Si	a) 82%
	b) No	b) 18%
9. ¿Ha observado usted ausencia de lámparas o en mal estado?	a) Si	a) 69%
	b) No	b) 31%
10. ¿Qué zonas del Centro de Convenciones considera usted que tiene una iluminación artificial crítica (Seleccione una o varias)?	a) Pasillos	a) 7%
	b) Escaleras	b) 12%
	c) Oficinas	c) 25%
	d) Salones	d) 38%
	e) Restaurante	e) 16%
	f) Baños	f) 8%
	g) Ninguna	g) 8%

En la tabla 3.1 se observa que en la pregunta 1, El 58% de los usuarios encuestados respondieron que no les resulta agradable el entorno visual de estas instalaciones, aunque un 42% opina lo contrario. Esto se puede traducir que un espacio con buena iluminación puede reflejar más comodidad a la hora de realizar cualquier tipo de actividades y al ojo humano le resulta más agradable un lugar con una buena iluminación que un lugar oscuro.

En la pregunta 2, con respecto a cómo califican los usuarios la iluminación del centro de convenciones, se encontró que el 45% opinaron que les parece mala; un 34% respondieron que les parece regular y un 21% contestaron que buena. Esta diferencia se observa ya que algunos espacios suelen verse oscuros y por ende traducirse en un mal sistema de iluminación.

Para la pregunta 3, se obtuvo como resultado que más de la mitad de los encuestados un 73% respondieron que si les parece imprescindible la iluminación para la realización de las actividades que en este centro se realizan. Sin embargo, un 27% respondieron que no es imprescindible.

Analizando la pregunta 4, el 52% de los usuarios considera que la iluminación de los pasillos y las escaleras de este centro es suficiente para transitar sin que ocurra algún inconveniente, mientras que el 48% opina que la iluminación no es suficiente. En sitios donde se reúnen gran cantidad de personas debe existir buena iluminación, tanto en los pasillos como en las escaleras, pues esto ayuda a evitar accidentes en momentos de una emergencia.

En la pregunta 5, la mayoría de los usuarios, el 76% no han observado luces encendidas en lugares donde no se requieran, pero una pequeña minoría 24% si consideran que en momentos han observado lugares donde las luces se mantienen encendidas aunque no se requieran en ese momento para el desarrollo de las actividades.

Para la pregunta 6, el 65% de los usuarios encuestados consideran que sería conveniente un nuevo tipo de iluminación en este centro de convenciones, ya que contribuiría con el ahorro de energía, sin embargo, un 35% no lo considera necesario.

Analizando la pregunta 7, de los usuarios encuestados el 71% opinan que en el centro de convenciones, no han sentido deslumbramiento a causa de la iluminación artificial. Un 29% si consideran que han sentido deslumbramiento a causa de la iluminación del lugar. En lugares como este donde se realizan diferentes eventos deben poseer buen tipo de iluminación que no cause molestias, como deslumbramiento o cansancio visual, ya que dentro de las diferentes actividades que se realizan, son charlas, foros y/o exposiciones que ameritan mayor agudeza visual para su desenvolvimiento.

En la pregunta 8, se obtuvo que el 82% de los usuarios opinaron que la falta de iluminación pueda afectar la planificación de algún evento, el no poseer una buena iluminación puede dificultar el trabajo a la hora de organizar conferencias, charlas o foros. Por otro lado un 18% opina lo contrario.

Para la pregunta 9, los usuarios encuestados, 69% respondieron que han observado ausencias de lámparas, aunque 31% no observaron ausencia de las mismas. En lugares como este se debe mantener buenos sistemas de iluminación, la falta o falla de alguno de ellos es notoria a la hora de observar alguna de las actividades que ahí se realiza.

Finalmente en la pregunta 10, de todas las zonas del Centro de Convenciones que los usuarios consideran que tienen una iluminación artificial deficiente de mayor a menor fueron: los salones con 38%, las oficinas con 25%, el restaurante 16%, los baños y las escaleras con 12%, los pasillos con 7% y ninguna con 8%.

## CAPÍTULO IV

### ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALUMBRADO ARTIFICIAL DEL CENTRO DE CONVENCIONES MUCUMBARILA

En este capítulo se especifica detalladamente el estado del sistema de iluminación artificial que poseen las instalaciones del centro de convenciones Mucumbarila.

Se utilizó, el Luxómetro como herramienta principal para realizar las mediciones de intensidad luminosa de cada uno de los espacios de estas instalaciones. Entre los datos que se tomaron incluyeron:

- Descripción general del lugar (color de pared, piso y techo), al igual que la fecha y la hora en la que se realizaron las inspecciones de estas instalaciones.
- Las medidas de iluminación en este centro valen únicamente para las condiciones existentes, es por ello que se establecen todas las condiciones ambientales y factores que puedan afectar los resultados, alguno de ellos son la posición de la luminaria, reflectancia de la luminaria y tipo de lámpara.
- Luego se encendieron las luminarias y se dejaron en funcionamiento durante 20 minutos aproximadamente, con la finalidad que las fuentes de luz cumplieran con el tiempo de encendido que posee cada una de ellas y así estabilizar el nivel de iluminación de los espacios y de esta manera tomar con el luxómetro las medidas de iluminancia.

- Se realizaron las mediciones con el Luxómetro, de cada uno de los espacios del centro de convenciones, la distancia de cada punto medido varió de acuerdo al tipo de espacio, entre 50cm a 80cm, en forma de malla, estas medidas se promediaron con el fin de obtener una mejor apreciación de la intensidad luminosa del lugar. Para ello se evitó el paso de personas en las áreas medidas para que el luxómetro realizara la medición sin ningún tipo de interferencia o sombras ajenas al lugar de trabajo; se tomó en cuenta que la posición de la fotocélula del luxómetro fuera horizontal, con una altura de 80 cm sobre el nivel del suelo.
- Finalmente se realizó la recolección de las características de todo el sistema de iluminación, tipo de luminaria, número de lámparas por luminaria, potencia instalada, potencia en uso. Los tipos de lámparas más utilizados en este centro son los fluorescentes compactos de 18W y 24W, de 4 lámparas por luminaria con una potencia de 72W y 96W por luminaria respectivamente y una temperatura de color de 6.500K, voltaje de 120V y una frecuencia de 60Hz. Se realizó el conteo de las lámparas que se encontraron en buen estado, para ello se utilizó el siguiente criterio: estabilidad del flujo luminoso, tonalidad de la luz, bordes negro en la lámpara, tiempo de encendido de la lámpara y ruido de encendido.

A continuación se presentan la descripción de todos los salones, oficinas, baños, pasillos y escalera que comprende el centro de convenciones Mucumbarila y el sistema de iluminación de cada uno de estos espacios.

## **4.1 SALONES PRINCIPALES**

### **4.1.1 Gran Salón Cuicas**

Es el salón principal del centro de convenciones, tiene una afluencia de 400 a 1500 personas, con un área total de 1316.88m<sup>2</sup>; posee las siguientes características: paredes entre marrón y beige, el piso de cerámica beige y el techo color gris. Los niveles de iluminación recomendados por la Norma COVENIN 2249-93 son: iluminancia máxima 500 lx, media 300lx, y mínima 200lx. En la figura 4.1 se puede apreciar el Gran Salon Cuicas.



**Figura 4.1** Gran Salón Cuicas

**Tabla 4.1** Características de medición del Salón Cuicas

<b>Fecha de la medición</b>	03 de junio del 2017
<b>Hora de la medición</b>	9:32 am
<b>Modelo de lámpara 2 instalado</b>	
<b>Tipo de luminaria</b>	36 luminarias de 250W
<b>Tipo de lámpara</b>	Lámpara de suspensión
<b>Número de luminarias</b>	36
<b>Número de lámparas</b>	36
<b>Número de lámparas en funcionamiento</b>	29
<b>Potencia Instalada (W)</b>	9000
<b>Potencia en uso (W)</b>	7250
<b>Modelo de lámpara 2 instalado</b>	
<b>Tipo de luminaria</b>	8 luminarias de 4 fluorescentes de 18W
<b>Número de luminarias</b>	8
<b>Número de lámparas</b>	32
<b>Número de lámparas en funcionamiento</b>	22
<b>Datos de la potencia y niveles de iluminancia registrados</b>	
<b>Potencia Instalada (W)</b>	576
<b>Potencia en uso (W)</b>	396
<b>Número de puntos medidos en total</b>	335
<b>Iluminancia máxima (lx)</b>	28

<b>Iluminancia media (lx)</b>	18
<b>Iluminancia mínima (lx)</b>	7

Al comparar los datos obtenidos en la tabla 4.1 con los valores establecidos por la Norma COVENIN 2249-93, se tiene que los niveles de iluminación del gran salón Cuicas no se encuentran dentro del rango establecido, por lo tanto se recomienda mejorar la iluminación en este ambiente.

#### 4.1.2 Salones

La presente área está conformada por todos los salones que se encuentran activos en el Centro de Convenciones Mucumbarila. En la tabla siguiente se observan las especificaciones técnicas del nivel de iluminación para cada salón.

**Tabla 4.2** Características de medición de los Salones

Salones	Hora Fecha	Área (m <sup>2</sup> )	Color de: Pared Piso Techo	Nº de luminarias	Nº de lámparas en buen estado	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Mucuchiten	9:19am 04/06/17	430.79	Blanco Beige Blanco	12 de 4 fluorescentes de 18W	17	23	200-500
Mucutirí	2:45pm 04/06/17	270.89	Azul Beige Gris	21 de 4 fluorescentes de 24W	30	245	100-200
Mucuaba	11:25am 17/06/17	102	Blanco Beige Gris	15 de 4 fluorescentes de 13W	27	37	200-500
Mucupiz	8:37am 26/06/17	420	Blanco Beige Gris	14 de 4 fluorescentes de 18W	29	24	100-200
Mucuchies	9:10am 26/06/17	229.68	Blanco Beige Gris	8 de 4 fluorescentes de 18W	17	114	200-500
Mintoy	9:10am 26/06/17	170	Verde Beige Blanco	11 de 2 fluorescentes de 18W	10	16	200-500

### 4.1.3 Resumen del estado actual del nivel de iluminación en los Salones Principales

Todos los datos que se obtuvieron para el área de salones se compararon con los datos que la norma COVENIN 2249-93 establece para cada uso de estas áreas, se puede concluir que el nivel de iluminación en los salones principales del centro de convenciones se encuentra en condiciones críticas, ya que solamente alcanza del 10% al 30% del nivel mínimo requerido para estas zonas, el cual es de 200 lux y 500 lux. Por lo que se recomienda realizar un aumento en los niveles de iluminación.

## 4.2 OFICINAS

Los valores de iluminancia recomendados por la Norma COVENIN 2249-93 para esta área de trabajo son: iluminancia mínima de 200lx, media de 300lx y máxima de 500lx.

**Tabla 4.3** Características de medición de las oficinas

Oficinas	Hora Fecha	Color de: pared Piso Techo	Nº de luminarias	Nº de lámparas en buen estado	Nº de puntos medidos	Iluminación media (lux)	Iluminación recomendada (lux)
<b>Director</b>	2:35 pm 22/06/17	Beige Cerámica Blanco	3 de 4x18w	8	24	124	200-500
<b>Administración</b>	2:47 pm 22/06/17	Beige Cerámica Blanco	2 de 4x18w	3	17	71	200-500
<b>Eventos</b>	9:38 am 12/07/17	Blanco Cerámica Blanco	2 de 4x18w	4	20	36	200-500
<b>Secretaria</b>	9:45am 12/07/17	Blanco Cerámica Blanco	2 de 4x18w	3	20	21	200-500
<b>Asistente</b>	10:15 am 12/07/17	Blanco Cerámica Blanco	1 de 4x18w	2	12	18	200-500
<b>Jefe de recursos humanos</b>	10:30 am 12/07/20 17	Blanco Cerámica Blanco	2 de 4x18w	3	21	51	200-500

Oficinas	Hora Fecha	Color de: pared Piso Techo	Nº de luminarias	Nº de lámparas en buen estado	Nº de puntos medidos	Iluminación media (lux)	Iluminación recomendada (lux)
<b>Archivero</b>	10:43 am 12/07/17	Blanco Cerámica Gris	4 de 4x18w	7	45	33	200-500
<b>Contador</b>	11:03 am 12/07/17	Blanco Cerámica Gris	2 de 4x18w	4	22	37	200-500
<b>Sala de espera</b>	11:28 am 12/07/17	Blanco Cerámica Gris	2 de 4x18w	5	23	40	200-500

#### 4.2.1 Resumen del estado actual del nivel de Iluminación en Oficinas

Como resultado de la medición lumínica de las oficinas ubicadas en el centro de convenciones, se encontró que la mayoría no cumple con el nivel mínimo de luminancia recomendado por la norma COVENIN 2249-93, debido a que la distribución de las luminarias no es uniforme, razón por la cual se recomienda una mejor distribución como también aumentar estos niveles de iluminación para alcanzar el nivel medio recomendado, ya que las personas que laboran en este lugar realizan actividades de lectura, escritura, uso de computadoras, por lo tanto, un nivel de iluminación bajo afectará el rendimiento de las personas que laboran en estas áreas día a día.

#### 4.3 PASILLOS, DEPÓSITOS, BAÑOS Y ESCALERAS

Se procedió a medir el nivel de iluminación en pasillos, depósitos, baños y escaleras que conforman el centro de convenciones y que tanto el personal como los usuarios hacen uso de ellos obteniendo como resultado los siguientes valores:

**Tabla 4.4** Características de medición de pasillos, depósito, baños y escaleras

zonas	Hora Fecha	Color de: pared Piso Techo	N° de luminarias	N° de lámparas en buen estado	N° de puntos medidos	Iluminación media (lux)	Iluminación recomendada (lux)
<b>Pasillos Planta baja</b>	9:13 am 18/07/2017	Blanco Cerámica Gris	49 de 4x24w	39	217	87	100-200
<b>Pasillo Planta alta</b>	9:27 am 18/07/2017	Blanco Cerámica Gris	24 de 4x18w	23	134	103	100-200
<b>Depósito 1</b>	9:55 am 18/07/2017	Blanco Cerámica Gris	6 de 4x18w	15	79	37	100-200
<b>Deposito 2</b>	10:20 am 18/07/2017	Blanco Cerámica Gris	4 de 4x18w	12	50	95	100-200
<b>Baños planta baja damas</b>	2:20pm 25/07/2017	Blanco Cerámica Gris	2 de 4x18w	3	23	46	100-200
<b>Baños planta baja caballero</b>	2:40pm 25/07/2017	Blanco Cerámica Gris	2 de 4x18w	2	14	59	100-200
<b>Baños planta alta</b>	3:00pm 25/07/2017	Blanco Cerámica Gris	1 de 1x18w	1	11	17	100-200
<b>Pasillo- Escaleras</b>	3:00pm 25/07/2017	Blanco Cerámica Gris	14 de 1x22w	8	36	89	100-200

#### 4.3.1 Resumen del estado actual del nivel de iluminación en Pasillos, Depósitos, Baños y Escaleras

De los valores que se presentaron con respecto a los niveles de iluminación que se midieron en los pasillos, se encontró que poseen una buena iluminación a pesar de que existen lámparas en mal estado; en cuanto a los depósitos, baños y escaleras están por debajo de los recomendados por la Norma COVENIN 2249-93, cabe destacar que dichos valores se obtuvieron durante el día y, dentro de estos espacios existen zonas donde entra de manera natural la luz solar. En la noche estos niveles de iluminación artificial son bastante críticos por lo que es necesario cambiar dichas lámparas para mantener una buena iluminación durante la noche.

#### 4.4 RESTAURANTE DEL CENTRO DE CONVENCIONES (La Patana Cultural)

**Tabla 4.5** Características de medición del Restaurante

zonas	Hora Fecha	Color de: pared Piso Techo	Nº de luminarias	Nº de lámparas en buen estado	Nº de puntos medidos	Iluminación media (lux)	Iluminación recomendada (lux)
<b>Comedor</b>	1:20 pm 24/07/2017	Marrón Cerámica Gris	14x60w	14	67	65	100-200
<b>Cocina</b>	1:45 pm 24/07/2017	Blanco Cerámica Gris	4 de 4x13w	11	46	97	300-700

##### 4.4.1 Resumen del estado actual del nivel de Iluminación del Restaurante

El Restaurante del Centro de Convenciones cuenta con luminarias que están distribuidas de manera general en todo el espacio. Los valores de iluminancia recomendados por la NORMA COVENIN 2249-93 para el área del comedor es: iluminancia máxima 300lx, media 200lx, y mínima 150lx. Al realizar las mediciones de iluminancia se obtuvo que el comedor no posee el valor medio de iluminancia recomendado por la norma. Para el área de la cocina la norma recomienda para este ambiente los siguientes niveles de iluminancia: máxima 700lx, media 500lx, y mínima 300lx. En la tabla 4.5 se observa que el nivel de iluminación medio no supera el mínimo requerido que establece la norma.

#### 4.5 DEMANDA ACTUAL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Para conocer la demanda actual de la iluminación del Centro de Convenciones se realizó la suma de las potencias de cada una de las lámparas instaladas. A continuación en la tabla 4.19, se muestra la carga conectada de todo el sistema de iluminación del centro de convenciones Mucumbarila.

**Tabla 4.6** Carga conectada

Lámpara	Cantidad	Potencia (unidad) [W]	Potencia total [W]
Luminaria de 250w	36	250	9000
Fluorescente compacto Corpoelec 18w	144	18	2592
Fluorescente compacto Fermetal 24w	280	24	6720
Fluorescente compacto Duralux 13w	76	13	988
Fluorescente compacto Daylight 18w	114	18	2052
Fluorescente compacto Gp 23w	14	22	308
Incandescente 60w	14	60	840
			22500

Para determinar la demanda máxima se procedió a la aplicación de la siguiente ecuación:

$$D_{max} = F_{dem} * \text{Carga conectada} \quad (4.1)$$

$F_{dem}$  = Factor de demanda

Carga conectada = Luminarias

Usando la ecuación 4.1 con un factor de demanda del 100% determinado por el código eléctrico nacional (CEN) para cargas de iluminación, se obtiene:

$$D_{max} (W) = 1 * 22500 = 22500 W$$

Para conseguir el valor de la demanda actual de la potencia aparente en voltio-amperios (VA) se considera un factor de potencia ( $\cos\phi$ ) de 0.9 y aplicando la ecuación (4.2), se consigue:

$$D_{max}(VA) = \frac{D_{max}(w)}{\cos\phi} \quad (4.2)$$

$$D_{max}(VA) = \frac{22500}{0.9} = 25000VA$$

#### 4.5.1 Cantidad de lámparas usadas actualmente en el Centro de Convenciones



**Gráfico 4.1** Lámparas en funcionamiento vs lámparas en mal estado

En el gráfico 4.1 se puede apreciar que el 70% de las lámparas instaladas en el centro de convenciones Mucumbarila están en funcionamiento; sin embargo, un 30% se encuentra en mal estado bien sea por falta de mantenimiento o ausencia de las lámparas, a pesar que no es muy elevado este porcentaje de lámparas en mal estado, es notorio en este lugar por el tipo de actividades que se realizan. Por eso es importante realizar una nueva propuesta de alumbrado, que permita ahorrar energía y garantice una mejor iluminación en la planificación de cualquier tipo de evento.

#### 4.5.2 Índice de Eficiencia Energética de algunas áreas del sistema actual de alumbrado del Centro de Convenciones

A continuación, se presentan los valores del Índice de Eficiencia Energética calculados mediante la ecuación (2.6). El valor máximo del límite de valor de eficiencia energética recomendado para salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones (8), pabellones de exposición y ferias (3), oficinas en general (3), zonas comunes en edificios no residenciales (4).

**Tabla 4.7** Índice de Eficiencia Energética

<b>Lugar</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Potencia Instalada (W)</b>	<b>Potencia en uso (W)</b>	<b>IEE (W/m<sup>2</sup>) instalado</b>	<b>IEE (W/m<sup>2</sup>) En uso</b>
Salón Cuicas	1316,88	9576	7646	7,28	5,80
Salón Mucuchiten	430,79	864	486	2,00	1,13
Salón Mucutirí	270,89	2016	720	7,43	2,65
Salón Mucuaba	102	780	351	7,64	3,44
Salón Mucupiz	420	1008	580	2,40	1,38
Director	20	216	144	10.8	7.20
Administración	35	144	54	4.11	1.54
Eventos	15	144	72	9.60	4.80
Secretaria	12	144	54	12	4.50
Asistente	9.5	72	36	7.57	3.79
Jefe de recursos humanos	12	144	54	9.60	4.80
Archivero	15	288	126	19.20	8.40
Contador	12	144	72	12	4.50
Sala de espera	60	144	90	2.40	1.50
Pasillos Planta baja	790,58	4704	936	5.95	1.28
Pasillo Planta alta	860.45	1728	414	2.00	0.48
Baños planta baja damas	20	144	54	7.20	2.70
Baños planta baja caballero	20	144	36	7.20	1.8
Baños planta alta	9.50	18	18	1.89	1.89
Pasillo-Escaleras	30	308	176	10.26	5.86

## CAPÍTULO V

# PROPUESTA DE UN NUEVO DISEÑO DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

En el siguiente capítulo se presenta una propuesta de iluminación eficiente en base al uso de la nueva tecnología LED, que contribuye con el ahorro energético; esta propuesta se encuentra basada en los niveles de iluminación recomendados por la NORMA COVENIN 2249-93, y se adaptan a las necesidades del centro de convenciones.

Para la realización de esta propuesta se utilizó el programa de cálculo de iluminación Dialux evo 5.2, el cual permite realizar simulaciones en 3D del alumbrado tanto de interior como exterior, permitiendo ingresar características de cada espacio establecidas por el usuario (colores y texturas en paredes, techo, suelo y factor de mantenimiento de las luminarias) esto permite hacer comparaciones con el sistema de iluminación existente.

Además del uso de Dialux para el diseño del nuevo sistema de iluminación se realizó un estudio del índice de eficiencia energética, el cual se calculó mediante el uso de la ecuación (2.6) para cada uno de los sectores de este centro de convenciones, los resultados obtenidos se compararon con los valores recomendados por la Norma para centros de convenciones. Finalmente se realizó un estudio del consumo del nuevo sistema de iluminación propuesto con respecto a la potencia consumida del sistema actual.

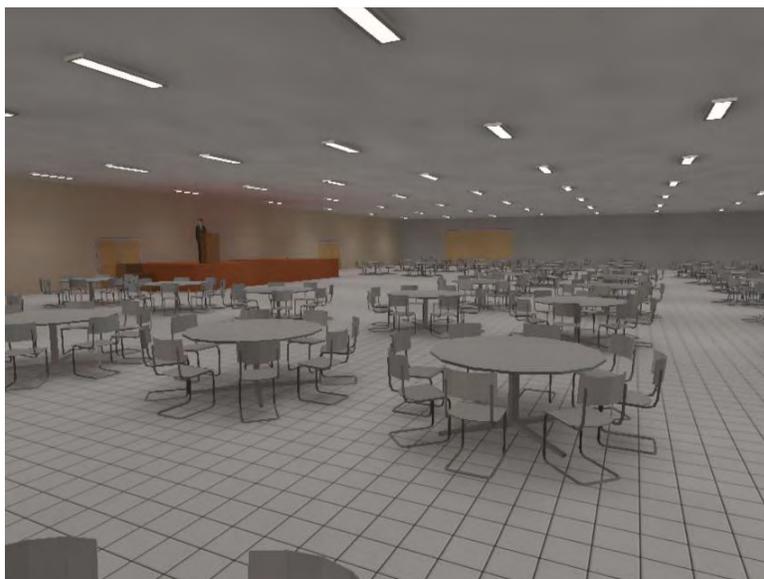
## 5.1 SALONES PRINCIPALES

### 5.1.1 Gran Salón Cuicas

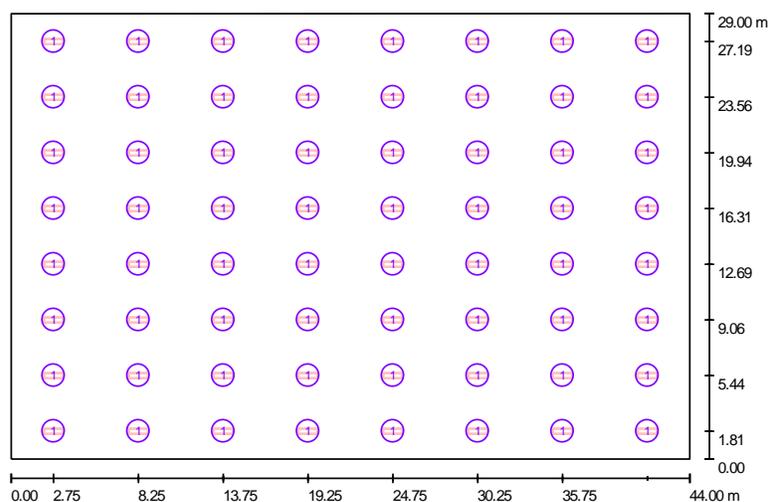
En el diseño del Gran salón Cuicas se usaron luminarias de alto rendimiento marca Philips SmartFrom BCS460, con flujo luminoso de lámparas de 3700 lm, rendimiento lumínico de 97.2 lm/W, temperatura de color 3000 K, índice de reproducción de color de 100 y una potencia de 41 W. Estas luminarias permiten integrar controles de iluminación, con el fin de adecuar la intensidad luminosa de los salones a cualquier tipo de eventos, sin importar que la luz impida realizar cualquier tipo de actividad; esto permite un mejor uso de los espacios de este centro obteniendo un ahorro adicional de energía.

**Tabla 5.1** Características del nuevo diseño de iluminación para el Gran Salón Cuicas

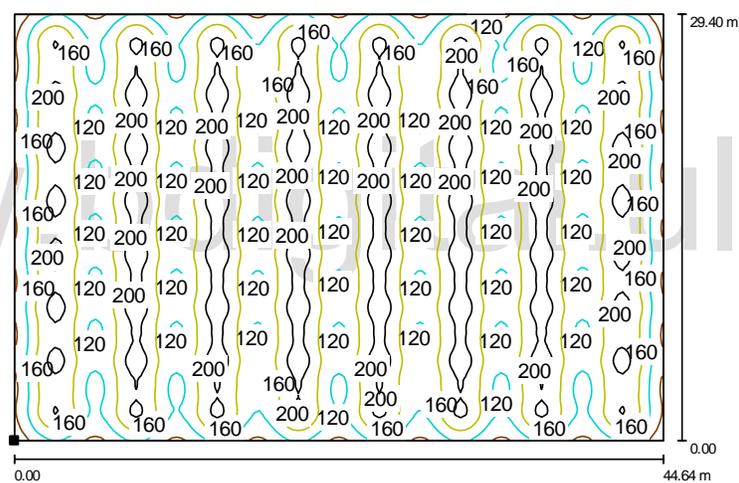
Tipo de luminaria	Philips SmartFrom BCS460
Número de luminarias	64
Potencia (W)	41
Potencia total (W)	2624
IEE (W/m <sup>2</sup> )	1.85
Iluminancia media (lx)	217
Iluminancia recomendada (lx)	200-500



**Figura 5.1** Propuesta del Gran Salón Cuicas



**Figura 5.2** Distribución de luminarias del Gran Salón Cuicas



**Figura 5.3** Curvas isolineas del Gran Salón Cuicas

### 5.1.2 Salones Principales

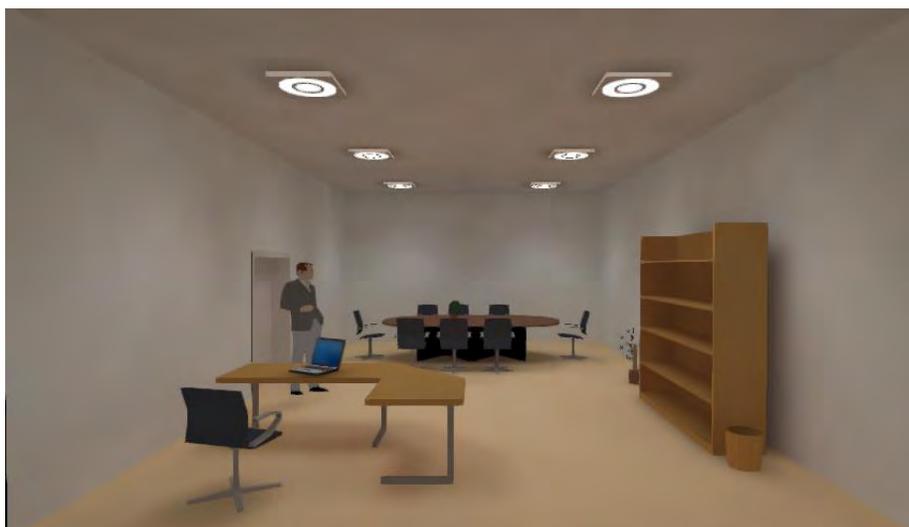
**Tabla 5.2** Características del nuevo diseño de iluminación para los Salones principales

Salón	Tipo de luminaria	Nº de lámparas	IEE (W/m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	Iluminancia Media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
<b>Mucuchiten</b>	Philips Lighting RC660B W60160	39	2.45	1482	290	200-500
<b>Mucutirí</b>	Philips SmartFrom BCS460	36	2.47	1476	289	200-500

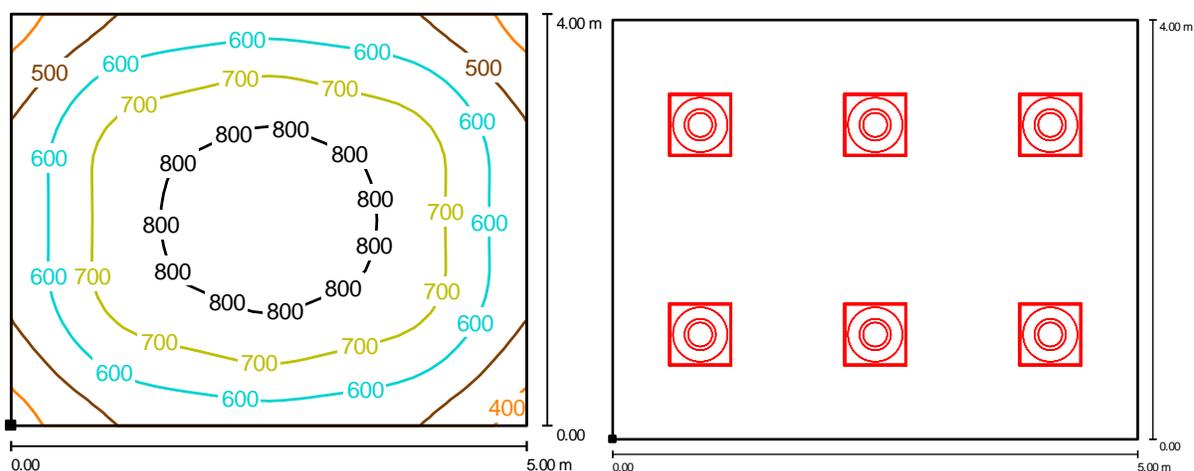
Salón	Tipo de luminaria	N <sup>ro</sup> de lámparas	IEE (W/m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	Iluminancia Media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
<b>Mucuaba</b>	Philips SmartFrom BCS460	8	2.42	164	246	200-500
<b>Mucuchies</b>	Philips Lighting RC660B W60160	12	2.01	456	200	200-500
<b>Mintoy</b>	Philips SmartFrom BCS460	10	3.98	410	241	200-500
<b>Mucupiz</b>	Philips SmartFrom BCS460	32	2.27	1312	270	200-500

## 5.2 OFICINAS

Para el diseño del sistema de iluminación de las oficinas se utilizó luminarias marca Philips, con flujo luminoso de 3400 lm y temperatura de color de 6500 K, índice de reproducción de color de 100 y una potencia de 38 W. Este tipo de lámparas es ideal para este espacio, ya que ofrece uniformidad y confort que permite al personal realizar cualquier trabajo sin sentir fatiga visual, deslumbramiento o efectos estroboscópicos.



**Figura 5.4** Propuesta de Oficina de Reuniones



a) Curvas isocandadas de oficina de reuniones      b) Distribución de las luminarias

**Figura 5.5** Curvas isocandadas y distribución de las luminarias en Oficina de Reuniones

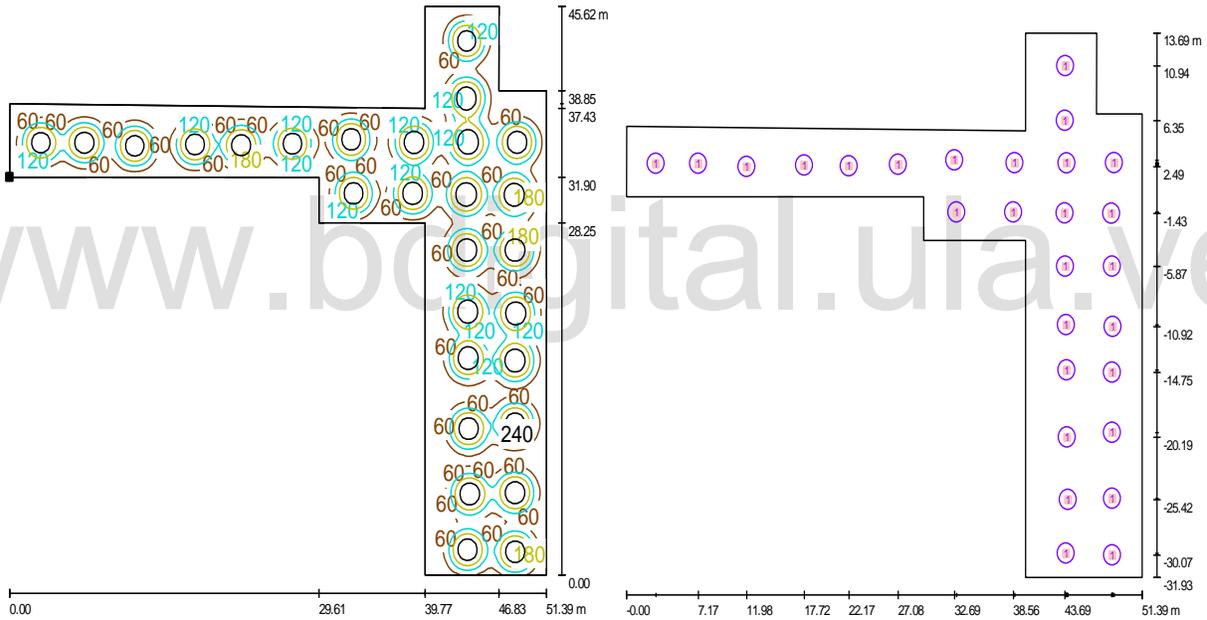
**Tabla 5.3** Características del nuevo diseño de iluminación para las oficinas

Oficina	Tipo de luminaria	Nº de lámparas	IEE (W/m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	Iluminancia Media (lx)	Iluminancia Recomendada (lx)
Director	Philips lighting BBS560	6	3.78	204	359	200-500
Administrador	Philips RC120B W60L60	4	1.11	124	383	200-500
Eventos	Philips RC120B W60L60	4	1,35	124	319	200-500
Secretaria	Philips RC120B W60L60	2	1,34	62	395	200-500
Jefe de recursos humanos	Philips RC120B W60L60	3	1.14	93	340	200-500
Archivero	Philips RC120B W60L60	2	1.19	62	317	200-500
Cobranza	Philips RC120B W60L60	1	1.72	31	318	200-500
Contador	Philips RC120B W60L60	1	1.78	31	302	200-500
Sala de espera	Philips RC120B W60L60	2	2.05	62	335	200-500

### 5.3 PASILLOS, DEPÓSITOS, BAÑOS Y ESCALERAS



Figura 5.6 Propuesta para los pasillos del Centro de Convenciones Mucumbarila



a) Curvas isolienas del pasillo principal      b) Distribución de las luminarias del pasillo principal

Figura 5.7 Curvas isocónicas y distribución de las luminarias en Pasillos del Centro de Convenciones

Tabla 5.4 Características del nuevo diseño de iluminación para Pasillos, Depósitos, Baños

Zonas	Tipo de luminaria	Nº de lámparas	IEE (W/m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	Iluminancia Media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Pasillos Panta Baja	Philips RC120B W60L601xLED27 S/830 PSD AR- PC 2700lm 23.5W	25	2.75	587.5	162	100-200

Zonas	Tipo de luminaria	Nº de lámparas	IEE (W/m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	Iluminancia Media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Depósitos	Philips RC120B W60L601xLED27 S/830 PSD AR-PC 2700lm 23.5W	8	3.63	188	154	100-200
Baños	Philips RC120B W60L601xLED27 S/830 PSD AR-PC 2700lm 23.5W	2	2.31	47	128	100-200
Pasillo-Escaleras	Philips RC120B W60L601xLED27 S/830 PSD AR-PC 2700lm 23.5W	7	1.76	164.5	159	100-200

## 5.4 RESTAURANTE

**Tabla 5.5** Características del nuevo diseño de iluminación para el Restaurante

zonas	Tipo de luminaria	Nº de lámparas	IEE (W/m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	Iluminancia Media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Comedor	Philips D1651x LED10S/830 1250lm 11.6W	8	4.57	92.8	176	150-300
Cocina	Philips FBS120 1xPL-R/4P17W HF_840 1250 lm, 20W	6	3.66	120	387	300-700

## 5.5 POTENCIA DEL SISTEMA PROPUESTO

A continuación se muestra la potencia de cada una de las lámparas instaladas en el sistema de iluminación propuesto, utilizando la tecnología LED; la cual permite ahorrar energía. En la Tabla 5.7 se observa que la potencia total del nuevo diseño de iluminación utilizando la tecnología LED es menor que la potencia que consume el sistema de iluminación actual (tabla 4.6) del Centro de Convenciones.

**Tabla 5.6** Consumo de potencia para el Sistema de Iluminación Propuesto

Tipo de lámpara	Cantidad de lámparas instaladas	Potencia (W) por lámparas	Potencia total (W)
Philips RC660B W60L60 1xLED35S/840 3500 lm	41	41	1681
Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	25	34	850
Philips RC120B W60L601xLED27S/830 2700lm 23.5W	42	23.5	987
Philips BCS460W33L1241Xled48/830 3700lm 41.0W	150	41	6150
Philips FBS120 1xPL- R/4P17W HF_840 1250 lm, 20W	6	20	120
Philips D1651xLED10S/830 1250lm 11.6W	8	11.6	92.8
		Total	9880.8

El cálculo de la demanda del sistema propuesto se realizó mediante la ecuación 4.1 obteniendo:

$$D_{\text{propuesta}} = 1 * 9880.8 = 9880.8 \text{ W}$$

En VA se usa la ecuación 4.2 con un factor de potencia de 0.90:

$$D_{\text{max}}(VA) = \frac{9880.8}{0.90} = 10,978.66 \text{ VA}$$

Se obtuvo que el nuevo diseño de iluminación posee una potencia de 10,978.66VA mientras que el sistema actual tiene una potencia más elevada de 25000VA. Resultando beneficioso este diseño propuesto, ya que reduce en un 44% la potencia consumida.

## 5.6 ESTUDIO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL Y EL SISTEMA PROPUESTO PARA EL CENTRO DE CONVENCIONES MUCUMBARILA

Luego de obtener la potencia y calcular la demanda de ambos sistemas, se realizó un cálculo de los costos anuales, usando como referencia para el sistema actual el propuesto en la Gaceta Oficial Nro. 37.415 del 03 de abril de 2002, en la cual incluye para la demanda mayor a 10,000KVA un costo por consumo de 28.36 BsF/kWh asumiendo que el sistema tiene un uso de 24h/día (8760 h/año).

El costo por consumo anual de ambos sistemas se calculó utilizando como referencia el dólar DICOM de la última subasta realizada el 15 de agosto del presente año con un monto de 3345 BsF por dólar, obteniendo un precio por consumo de 0.0084\$/KWh.

**Tabla 5.7** Precio del consumo anual para el sistema actual y propuesto de iluminación del Centro de Convenciones Mucumbarila

Sistema de Iluminación	Demanda Máxima (W)	Uso de la energía del local (h/año)	Consumo anual (KWh)	Precio por consumo (\$/KWh)	Precio anual por consumo (\$)
Actual	22500	8760	195,523.200	0.0084	1,642.394
Propuesto	9880.8	8760	87,432.808	0.0084	734.435

En la tabla 5.7 se aprecia que la demanda del sistema propuesto es menor que la del sistema actual; por otro lado se estima que el precio anual por consumo de energía de esta propuesta, basada en la implementación de la tecnología LED, será un 44% más bajo que el del sistema de iluminación utilizado actualmente. El costo es un 44% más bajo. Al comparar estos cálculos se obtiene que la propuesta del nuevo diseño de iluminación para el Centro de Convenciones Mucumbarila sea factible, ya que proporciona un gran ahorro tanto en los costos anuales como en el consumo de potencia. Para complementar esta propuesta, y lograr que sea eficiente, se incluye el análisis de los costos de las luminarias utilizadas en el diseño, en comparación con las del sistema actual, a través del método del costo anual uniforme

equivalente (CAUE), que se basa en la evaluación económica de propuestas de costos, reflejando su viabilidad. Para calcular el CAUE se utiliza la siguiente ecuación:

$$CAUE = \text{Costo inicial } (A/P, i, n) + \text{Costo anual} \quad (5.1)$$

Dónde:

Costo inicial: es el costo total de todas las luminarias instaladas en el sector

Costo anual: es el precio por consumo anual de energía obtenido en la tabla 5.8 respectivamente

$$(A/P, i, n) = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5.2)$$

A continuación, en la siguiente tabla se presentan los costos de las luminarias utilizadas en el sistema actual.

**Tabla 5.8** Precios de las luminarias que se encuentran instaladas en el Centro de Convenciones Mucumbarila

Tipo de lámpara	Cantidad Instalada	Precio de la unidad (\$)	Precio total (\$)
Ahorrador fluorescente de 13W	76	18.60	1413.6
Ahorrador fluorescente de 18W	248	23.50	5828
Ahorrador fluorescente de 22W	14	25.67	359.38
Ahorrador fluorescente de 24W	280	28.53	7988.4
Incandescente de 60W	14	1.78	24.92
Halogenuros 250w	36	11.28	406.08
		Total	15995.46

Al realizar el cálculo del costo anual uniforme equivalente (CAUE), se empleó una tasa activa referencial del 24%, fijada por el Banco Central de Venezuela, para calcular el tiempo de funcionamiento de las lámparas instaladas se toma en cuenta que poseen una vida útil de 13000 horas, y su tiempo de trabajo es variado aproximadamente 24 horas al día, los 365 días del año (8760 h/año), una lámpara puede durar 1.48 años (aproximando = 2 años), en la siguiente ecuación se obtiene el factor  $(\frac{A}{P}, i, n)$  del sistema actual :

$$\left(\frac{A}{P}, i, n\right)_{\text{sistema actual}} = \frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 0.24 * \frac{(1+0.24)^2}{(1+0.24)^2} - 1 = 0.686429$$

$$CAUE_{\text{sistema actual}} = (15995.46 * 0.686429) + 1,642.394 = \$12,622.14.$$

A continuación, en la siguiente tabla se presentan los costos de las luminarias utilizadas en el sistema propuesto.

**Tabla 5.9** Precios de las luminarias propuesta para el Centro de Convenciones Mucumbarila

Tipo de lámpara	Cantidad Instalada	Precio de la unidad (\$)	Precio total (\$)
Philips RC660B W60L60 1xLED35S/840 3500 lm	41	129.76	5320.16
Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	25	61.10	1527.5
Philips RC120B W60L60 1xLED27S/830 2700lm 23.5W	42	74.43	3126.06
Philips BCS460W33L1241Xled48/830 3700lm 41.0W	150	107,25	16087.5
Philips FBS120 1xPL- R/4P17W HF_840 1250 lm, 20W	6	98.75	592.5
Philips D1651xLED10S/830 1250lm 11.6W	8	65.56	524.48
		Total	27178.2

En la propuesta realizada, la vida útil de las lámparas LED es de aproximadamente 50000 horas, 5.7 años (aproximado = 6 años), obteniéndose como resultado:

$$\left(\frac{A}{P}, i, n\right)_{\text{propuesta diseño}} = \frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 0.24 * \frac{(1+0.24)^6}{(1+0.24)^6 - 1} = 0.331074$$

$$CAUE_{\text{propuesta diseño}} = (27178.2 * 0.331074) + 734.435 = \$9,732.43$$

$$CAUE_{\text{sistema actual}} > CAUE_{\text{propuesta diseño}}$$

A través del cálculo estas ecuaciones se obtiene que el costo anual de la propuesta del sistema de iluminación LED es menor que el costo del sistema actual, por lo tanto se considera

viable, tanto en el análisis económico como en el ahorro de energía, debido a que las lámparas LED poseen una potencia menor de consumo, pero a su vez la potencia lumínica que proyecta es mucho mayor, así como su vida útil.

A continuación, se presenta una tabla comparativa sobre los valores del índice de eficiencia energética del sistema actual y la propuesta de diseño del sistema de iluminación:

**Tabla 5.10** Índice de Eficiencia Energética del sistema actual vs propuesta de diseño

<b>Lugar</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>IEE (W/m<sup>2</sup>) Instalada</b>	<b>IEE (W/m<sup>2</sup>) En uso</b>	<b>IEE (W/m<sup>2</sup>) Diseño</b>
<b>Salón Cuicas</b>	1316,88	7,28	5,80	1.85
<b>Salón Mucuchiten</b>	430,79	2,00	1,13	2.45
<b>Salón Mucutirí</b>	270,89	7,43	2,65	2.47
<b>Salón Mucuaba</b>	102	7,64	3,44	3.42
<b>Salón Mucupiz</b>	420	2,40	1,38	2.27
<b>Director</b>	20	10.8	7.20	2.78
<b>Administración</b>	35	4.11	1.54	1.11
<b>Eventos</b>	15	9.60	4.80	1,35
<b>Secretaría</b>	12	12	4.50	1,34
<b>Asistente</b>	9.5	7.57	3.79	1.14
<b>Jefe de recursos humanos</b>	12	9.60	4.80	1.19
<b>Archivero</b>	15	19.20	8.40	1.72
<b>Contador</b>	12	12	4.50	1.78
<b>Sala de espera</b>	60	2.40	1.50	2.05
<b>Pasillos Planta baja</b>	790,58	5.95	1.28	2.75
<b>Baños planta baja damas</b>	20	7.20	2.70	2.31

Se puede observar que el valor del índice de eficiencia energética del sistema actual no se encuentra dentro del valor límite sugerido en la tabla 2.4. En cambio el diseño de iluminación propuesto, está dentro de los valores recomendados, demostrándose una optimización del índice de eficiencia energética en el nuevo sistema, resultando ser un proyecto viable, factible y eficiente para ser desarrollado.

## CONCLUSIONES

Con base en los objetivos planteados, respecto a la elaboración de una propuesta, de un nuevo sistema de iluminación para el Centro de Convenciones Mucumbarila, basado en el uso de las nuevas tecnologías LED, se puede concluir:

El sistema de iluminación actual en este centro no cumplía con los valores mínimos establecidos por la Norma COVENIN, además el costo anual de energía es elevado y el reemplazo de las lámparas no es el adecuado.

Por tanto se propuso la implementación de un nuevo sistema de iluminación basado en la nueva tecnología LED, el cual en su inversión inicial es elevado con respecto a la lámpara fluorescente compacta, pero a futuro se presenta un ahorro en los costos de montaje debido a la diferencia de horas de vida útil entre las dos lámparas, así como también contribuye al ahorro por consumo de energía eléctrica.

Mientras que el sistema propuesto resulta ser viable, ya que garantiza uniformidad en la iluminación que el sistema actual, se puede decir que es mucho más eficiente debido a que tiene mayor cobertura de la demanda a un menor presupuesto anual, es versátil por lo que permite controlar el nivel de iluminación dependiendo del tipo de actividad que se realiza y a su vez contribuye con el ahorro energético, ya que la vida útil de las lámparas es hasta 4 veces mayor que un fluorescente común.

## RECOMENDACIONES

Ya que en los resultados obtenidos se tiene que este diseño es viable, se recomienda la ejecución de este nuevo sistema, que permita mejorar la iluminación de este espacio para el desenvolvimiento de las diversas actividades que se realizan en el Centro de Convenciones Mucumbarila.

En los salones de este centro se puede implementar un controlador de intensidad luminosa para iluminación LED, ya que las lámparas propuestas son regulables, así se puede brindar distintos tipos de ambientes de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

En algunas áreas del centro de convenciones, usan luz natural, por lo que se recomienda, apagar las luminarias que se encuentren en algunas áreas, para contribuir en la prolongación de la vida útil de la misma.

Se recomienda usar sensores de movimiento que ofrecen todas las opciones posibles para controlar la iluminación de una forma energéticamente eficiente e inteligente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ballester, L. (2016) Material elaborado a partir de recopilación de información solo con fines docentes. Mérida, Venezuela.
2. Calvo, I. (2010). El color es luz. Chile. Disponible en línea: <http://www.proyectacolor.cl/teoriade-los-colores/el-color-es-luz/>.
3. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2002). Gaceta Oficial Nro. 37.415.
4. Moreno, L. (2015). Luminotecnia: El arte de la correcta iluminación. 2da edición. Mérida, Venezuela.
5. NORMAS COVENIN 2249-91 (1993). “Iluminancia en tareas y áreas de trabajo”.
6. Revista ARQHYS. 2012, 12. Iluminación en auditorios. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 09, 2017, de <http://www.arqhys.com/articulos/iluminacion-auditorios.html>.  
Fuente: <http://www.arqhys.com/articulos/iluminacion-auditorios.html>
7. Suncar, A. (2011). Temperatura de color. Santo Domingo, República Dominicana. Disponible en línea: <https://climacusticaparaarquitectos.wordpress.com/2011/06/01/temperatura-de-colorcirculo-cromatico-anna-suncar-09-0267/>.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**APENDICES**



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Encuesta**

Esta encuesta va dirigida al personal que labora en el Centro de Convenciones Mucumbarila, con la finalidad de recolectar información sobre la percepción de la iluminación que poseen las personas que trabajan en dicho centro para posteriormente elaborar una propuesta de eficiencia energética para el Centro de Convenciones.

1. ¿Cómo califica usted la iluminación del Centro de Convenciones?

- a) Excelente                      b) Regular                      c) Deficiente

2. ¿Cree usted que la iluminación en los pasillos y escaleras del Centro de Convenciones es suficiente para transitar por ellos sin que ocurra algún inconveniente?

- a) Si                      b) No

3. ¿Considera usted que la iluminación que actualmente posee el Centro de Convenciones es suficiente para realizar cualquier tipo de evento?

- a) Si                      b) No

4. ¿Cuál zona del Centro de Convenciones considera usted que tiene una iluminación artificial crítica (Seleccione una o varias)?

- a) Oficinas      b) Pasillos      c) Escaleras      d) Depósitos      e) Baños      f) Salones

5. ¿Observa usted luces encendidas en lugares donde no se requiera, es decir, que pueda ser utilizada la luz natural, para así contribuir con el ahorro energético?

- a) Si                      b) No

6. ¿Cómo considera usted la iluminación en su área de trabajo?

- a) Buena                      b) Regular                      c) Mala





