



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

**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO
EXISTENTES EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE MÉRIDA**

Br. Yaymis X. Segovia M.

Mérida, Julio, 2009

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

**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO
EXISTENTES EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE MÉRIDA**

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

Br. Yaymis X. Segovia M.
Tutor: Prof. Luz Stella Moreno M.
Asesor: Ing. Lino Rodríguez.

Mérida, Julio, 2009

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO
EXISTENTES EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE MÉRIDA**

Br. Yaymis X. Segovia M.

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. Marisol Dávila C.
C.I. 10.107.821

Prof. Lelis N. Ballester
C.I. 13.098.939

Prof. Luz S. Moreno M.
C.I. 10.715.525

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, cuando más lo necesitamos, y por hacer palpable su amor a través de cada uno de los que nos rodea, por haberme permitido llegar hasta este punto. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más, y por haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A ti Madre Yanina Mesa.

Por haberme educado, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Gracias, por el amor que siempre me has brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad y por el valor mostrado para salir adelante. Gracias por darme la vida. Te amo mami.

A ti Padre Miguel Segovia.

Agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, y por su amor.

A mis Hermanos Yanier y Yaxire.

Por que siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad. Muchas Gracias.

A mi novia, tú por que siempre has estado conmigo en las buenas y en las malas, dándome tu apoyo incondicional, por mantenerte allí, paciente a lo largo de toda la carrera, por tu confianza y tu amor. Gracias por quererme tanto, eso siempre me ha ayudado. Te amo mi vida.

A mis Familiares.

Gracias a todos que directamente me impulsaron para llegar hasta este lugar, a todos mis familiares que me resulta muy difícil poder nombrarlos en tan poco espacio, sin embargo, Dios me los bendiga.

A todas aquellas personas que me apoyan, que siempre están conmigo en las buenas y en las malas; y no solamente a los que me apoyan, sino también para todo aquel que se pueda beneficiar de este trabajo. Está hecho con todo mi amor y toda mi dedicación, lo cual produce una gran satisfacción en poder servir a quien así lo requiera.

YAYMIS SEGOVIA

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, porque de una u otra forma estuvo levantándome de los tropiezos en mi carrera.

A **mi Familia**, que con su amor y comprensión, fueron una fuerte fuente de apoyo.

A **la ilustre Universidad de Los Andes** por haberme concedido todos los instrumentos y nociones necesarias para mi progreso académico.

A **la empresa CADAFE**, en especial al Técnico León y al Ingeniero Lino Rodríguez, por ayudarme y facilitarme toda su colaboración, y a una gran parte del equipo de trabajo que día a día se esmera para brindar un servicio de calidad y confiable al usuario común, que depende de la vital energía en su cotidiano quehacer.

A mi tutora, **Profesora Luz S. Moreno M**, por el placer de haberla conocido, por el apoyo incondicional y por sus horas de trabajo otorgadas en este paso tan importante como lo es el trabajo de grado, mil gracias por su apoyo y su confianza en mí, siempre le voy a estar agradecido, Dios le premie.

Al profesor, **José Duran**, gracias por, brindarme su apoyo, y corregirme cuando lo necesite, nunca olvidare que usted estuvo conmigo en las buenas y en las malas. Gracias.

A los profesores, **Marisol Dávila** y **Lelis Ballester**. Por ayudarme cuando más lo necesitaba, gracias por haberme dado una oportunidad y ser un ejemplo para mí. Gracias por ayudar a entender, comprender y a valorar las cosas. Gracias por sus consejos.

A mis **compañeros de clase**, Freddy, Carla, Luis, Carlos, Mármol y Derly, gracias por brindarme su comprensión y su ayuda en todo momento. Dios se los pague.

A todos, muchas gracias Dios les bendiga.

Yaymis X. Segovia M., Análisis De Los Sistemas De Alumbrado Público Existentes En El Casco Central De La Ciudad De Mérida. Universidad de Los Andes. Tutor: Prof. Luz S. Moreno M. Julio 2009.

RESUMEN

El crecimiento poblacional de la ciudad de Mérida ha traído como consecuencia un aumento y adaptación del sistema eléctrico que brinda el servicio de energía, entre ello el alumbrado público. La iluminación sumada con la arquitectura, el espacio verde, el plano de las calles y avenidas, determinan la identidad de un pueblo o ciudad, una tendencia hacia las actividades sociales y económicas, de igual forma se debe considerar las necesidades de seguridad personal, seguridad automotriz, el confort visual y la imagen de la ciudad, tomando en cuenta los aspectos técnicos para el diseño como la adecuada elección de la iluminación para no producir contaminación lumínica, causada por la dispersión de los excedentes de luz por la atmósfera que se producen en las zonas urbanas, tal es el caso de la ciudad de Mérida, con el consecuente desperdicio energético, por otra parte se debe tener en cuenta, la calidad del producto, la eficiencia y el ahorro del sistema, la durabilidad y por ende el mantenimiento.

Mientras existen abundantes estudios sobre el diseño de las instalaciones, en general orientados a la problemática del rendimiento visual y preferencias del usuario del espacio iluminado, se deja a un lado ciertos problemas presentes en las instalaciones existentes, fundamentándose principalmente en criterios empíricos y en costumbres adquiridas. En la práctica se observa un gran porcentaje de instalaciones de alumbrado que presentan deficiencias de estado o de servicios atribuibles a una carencia de análisis sobre las presentaciones reales.

A lo largo del desarrollo de esta problemática las distintas Direcciones de la Compañía Anónima de Fomento Eléctrico (CADAFE), han propuesto como alternativas para solucionar la problemática de forma definitiva, la puesta en funcionamiento de luminarias de 250W.

En consecuencia de lo expuesto anteriormente, se plantea, buscar soluciones de implementación, de bajo costo y eficientes con el objetivo de realizar un análisis a fondo, mientras se implementan las soluciones definitivas.

Descriptor: Prestación lumínica, Seguridad, Sostenibilidad, Economía de los Sistemas de Alumbrado, Contaminación Lumínica.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	pp.
1. PROBLEMÁTICA ACTUAL	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivo	5
1.3.1 Objetivos Generales.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	6
1.4 Alcance	6
1.5 Sistemas Actuales de Alumbrado del Casco Central.....	7
1.5.1 Alumbrado Público, Generalidades.....	7
1.5.2 Elementos que Conforman el Sistema Actual de Alumbrado Público.....	7
1.6 Fallas más Comunes en el Sistema Actual y Sus Posibles Causas.....	18
1.6.1 Fallas en las Luminarias	18
1.6.2 Fallas en el Sistema de Control, Contactores	18
1.6.3 Fallas en el Sistema de Control, Célula Fotoeléctrica	19
1.6.4 Fallas en los Circuitos Alimentadores, Sistema Paralelo	19
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Aspectos Generales.....	20
2.2 Definición de Conceptos.	21
2.2.1 Luz.....	21
2.2.2 Naturaleza de la Luz.....	22
2.2.3 Velocidad de la Luz.....	23
2.2.4 Tecnología de la Iluminación Eléctrica	24
2.2.5 Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión	25
2.3 Propiedades Cromáticas	27
2.3.1 Temperatura del Color.....	27
2.3.2 Índice del Rendimiento del Color (Ra-IRC)	27
2.4 Magnitudes y Unidades Luminosas.....	29
2.4.1 Flujo luminoso.....	29
2.4.2 Intensidad Luminosa (I).....	29
2.4.3 Iluminancia (E).....	30
2.4.4 Luminancia (L).....	31

2.5	Contaminación lumínica.....	32
2.5.1	Generalidades	33
2.5.2	Dispersión Hacia el Cielo.....	33
2.5.3	Deslumbramiento	33
2.5.4	Efectos y Consecuencias de la Contaminación Lumínica.....	34
2.5.5	Medidas para Evitar la Contaminación Lumínica.....	35
3.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	37
3.1	Identificación de la Simbología Utilizada en los Planos de Autocad y Reconocimiento de los Circuitos.....	37
3.2	Levantamiento de la Situación Actual y Data del Sistema.....	38
3.2.1	Ordenamiento de la Data	40
3.2.2	Simplificación del Cálculo de Iluminación	42
3.2.3	Estudio de los Datos Obtenidos con el Luxómetro en el Mes de Marzo Abril.....	43
3.3	Aplicación de Encuestas a los Usuarios del Alumbrado, para el Estudio de la Situación Actual	49
3.4	Aplicación de Encuestas a los Organismos Encargados, para el Estudio de la Situación Actual.....	55
3.5	Ánalysis Sobre la Situación Actual	61
4.	PROPUESTA PLANTEADA.....	63
4.1	Aspectos Generales.....	64
4.1.1	Luminancia Media de la Superficie (Lmed).....	64
4.1.2	Deslumbramiento	64
4.1.3	Parámetros que Influyen en la Comodidad Visual	65
4.1.4	Párametros Adicionales	67
4.2	Utilización de Software Dialux	67
4.3	Niveles de Iluminación.....	69
4.4	Resultados de Iluminación Obtenidos con Dialux	72
4.4.1	Simulación Realizada para Interdistancia de Poste de más de 40 m.....	77
4.4.2	Simulación Realizada para la Avenida 26 y el Viaducto Campo Elías.....	80
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	REFERENCIAS	88
	ANEXO A.....	89
	ANEXO B.....	89

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	pp.
1.1 Postes Usados en el Casco Central de Mérida.....	8
1.2 Brazos con Diferentes Ángulos de Inclinación usados en el Casco Central	9
1.3 Aspecto Físico de Lámparas y Luminarias de 250W y 100W del Casco Central.....	11
1.4 Aspecto Físico de Ignitor y balasto Usados en Luminarias de 250W y 100W	12
1.5 Aspecto Físico de la Fotocélula (Na) y su Base usada en el Casco Central.....	14
1.6 Caja de Control de Alumbrado Público Usada en el Casco Central de la Ciudad	16
1.7 Tipo de Poste Usado En el Viaducto Campo Elías de la Ciudad de Mérida.....	17
1.8 Tipo de Tanquilla y Disposición de Tubos en Baja Tensión.....	17
2.1 Efecto PURKINJE.....	23
2.2 Espectro Electromagnético	25
2.3 Lámparas de vapor de Sodio a Alta Presión.....	26
2.4 Concepto de Intensidad Luminosa	30
2.5 Concepto de Luminancia.....	31
2.6 Dispersión de Luz Hacia el Cielo.....	33
2.7 Apreciación de Deslumbramiento e Intrusión Lumínica.....	34
3.1 Simbología Utilizada en los Planos de Autocad para los Sistemas Existentes	38
3.2 Plano Base en Autocad de la Ciudad de Mérida	39
3.3 Levantamiento de los Puntos de Iluminación Existentes en el Casco Central	40
3.4 Superficie Teórica Representativa para el Cálculo de la Iluminación.....	42
3.5 Proyección Horizontal de la Superficie Teórica.....	42
3.6 Curvas Isolux Características	43
3.7 Cuadrícula que Muestra la Iluminación en Cada Punto	44
3.8 Curvas Isolux.....	44
3.9 Representación de los puntos de Medición	45
4.1 Simulación Representativa de una Calle Estándar del Casco Central de Mérida	73
4.2 Resultados de la Simulación de la Acera donde están Ubicados los Postes en la fig 4.1 ..	74
4.3 Resultados de la Simulación de la Acera Frente a los Puntos de Iluminación fig 4.1	75
4.4 Resultados de la Simulación de la calzada de la fig 4.1	76
4.5 Simulación Representativa de una Calle Estándar del Casco Central de la Ciudad de Mérida con Interdistancia entre poste de 43 m.....	78
4.6 Resultados de la Simulación de la Acera donde están Ubicados los Postes en la fig 4.5 ..	79
4.7 Resultados de la Simulación de la Acera Frente a los Puntos de Iluminación en fig 4.5...	79
4.8 Resultados de la Simulación de la calzada de la fig 4.5	79
4.9 Simulación Representativa de la Calle 26 con Interdistancias entre Postes de 30m	81
4.10 Simulación Representativa del Viaducto Campo Elías del Casco Central de Mérida Con Interdistancias entre Postes de 30 m.....	81
4.11 Resultados de la Simulación del Carril Peatonal 1, mostrado en la fig 4.9 y 4.10.....	82
4.12 Resultados de la Simulación del Carril Peatonal 2, mostrado en la fig 4.9 y 4.10.....	82
4.13 Resultados de la Simulación del Carril Central Donde se Encuentran Dispuestas las Luminarias mostrado en la Figura 4.9 y 4.10	83
4.14 Resultados de la Simulación de la Calzada 1, mostrado en la fig 4.9 y 4.10	84
4.15 Resultados de la Simulación de la Calzada 2, mostrado en la fig 4.9 y 4.10	84

LISTA DE TABLAS

TABLA	pp.
2.1 Temperatura del Color de Acuerdo al tipo de Iluminación	28
2.2 Índice de Rendimiento de Acuerdo al tipo de Luz Artificial	28
2.3 Características de Reproducción Cromática Según Norma DIN 5035.....	28
2.4 Flujo Luminoso de Acuerdo al Tipo de Lámpara.....	29
2.5 Iluminancia en Diferentes Ambientes	31
2.6 Valores Aproximados de Luminancia de Fuentes Naturales y Artificiales	32
3.1 Parámetros Fotométricos en la Iluminación de Carreteras	41
3.2 Análisis de las Medidas Fotométricas Obtenidas en los Diferentes Sectores en Estudio ..	46
3.3 Análisis del Alumbrado Público en el Sector	50
3.4 Funcionamiento e Iluminación del Alumbrado Público en el Sector	51
3.5 Mantenimiento y Solución de Fallas en el Alumbrado público en el Sector	52
3.6 Afección Producida por el Alumbrado público en el Sector	53
3.7 Sugerencias o Recomendaciones para el Mejoramiento del Alumbrado Público	54
3.8 Plan de Mantenimiento y Contribución del Gobierno para el Buen Funcionamiento del Sistema de Alumbrado Público	56
3.9 Criterios de Calidad de Servicio, Mano de Obra Calificada, Tipo y Número de Luminaria Adecuado en el Casco Central de Mérida	57
3.10 Inventario para el Reemplazo y Sustitución de Equipos en Caso de Fallas y Procedimientos Usados para dar Continuidad al Servicio en Caso de Falla	58
3.11 Accidentes debido a la Falta de Alumbrado público y Frecuencia con que Realizan el Mantenimiento al Sistema	59
3.12 Sugerencias o Recomendaciones para el Mejoramiento y Buen Desempeño del Alumbrado Público.....	60
4.1 Clasificación de las Vías	69
4.2 Clases de Alumbrado para Vías Tipo A	69
4.3 Clases de Alumbrado para Vías Tipo B	70
4.4 Clases de Alumbrado para Vías Tipos C y D.....	70
4.5 Clases de Alumbrado para Vías Tipo E.....	71
4.6 Series ME y MEW de Clases de Alumbrado Seco y Húmedo Tipos A y B	72
4.7 Series S de Clases de Alumbrado para Viales Tipos C, D y E.....	72
4.8 Series CE de Clases de Alumbrado para Viales Tipos D y E	72

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	pp.
3.1 Análisis del Alumbrado Público en el Sector.....	50
3.2 Funcionamiento e Iluminación del Alumbrado Público en el Sector.....	51
3.3 Mantenimiento y Solución de Fallas en el Alumbrado público en el Sector	52
3.4 Afección Producida por el Alumbrado público en el Sector	53
3.5 Sugerencias o Recomendaciones para el Mejoramiento del Alumbrado Público	54
3.6 Plan de Mantenimiento y Contribución del Gobierno para el Buen Funcionamiento del Sistema de Alumbrado Público	56
3.7 Criterios de Calidad de Servicio, Mano de Obra Calificada, Tipo y Número de Luminaria Adecuado en el Casco Central de Mérida	57
3.8 Inventario para el Reemplazo y Sustitución de Equipos en Caso de Fallas y Procedimientos Usados para dar Continuidad al Servicio en Caso de Falla.....	58
3.9 Accidentes debido a la Falta de Alumbrado público y Frecuencia con que Realizan el Mantenimiento al Sistema	59
3.10 Sugerencias o Recomendaciones para el Mejoramiento y Buen Desempeño del Alumbrado Público.....	60

INTRODUCCIÓN

El alumbrado público, como está gestionado por entidades públicas y sometidas a condiciones de servicio. Esto puede ser especialmente grave. Ya que, hoy en día el sistema de alumbrado eléctrico de la zona del casco central de la ciudad de Mérida, está desgastado casi en su totalidad. El diagnóstico preventivo, se presenta con la necesidad de realizar un estudio para determinar las prestaciones lumínicas, seguridad, sostenibilidad y economía de los sistemas de alumbrado público.

En la práctica se observa un gran porcentaje de instalaciones de alumbrado que presentan deficiencias de estado, causando principalmente los siguientes problemas:

- Condiciones de servicio inferiores a las necesarias y por tanto un aumento en la inseguridad vial y ciudadana.
- Desaprovechamiento de los recursos invertidos al operar con menor eficiencia y menor durabilidad.
- Incremento de consumo energético lo que se traduce en mayores costos derivados, directos e indirectos sin contrapartida de servicio.
- Flujo luminoso esparcido a la atmósfera lo que conlleva a una contaminación lumínica y a un despilfarro de energía.

El determinar el estado actual de los sistemas de alumbrado público del casco central de la ciudad de Mérida, con el debido análisis de las prestaciones lumínicas, seguridad, sostenibilidad y economía, es el objetivo principal de este trabajo, el cual se divide en cuatro capítulos. En el primero titulado, Problemática Actual, se hace el planteamiento del problema, se presentan las características de los elementos que conforman el sistema actual, y las fallas usualmente presentes y sus posibles causas, para conocer los recursos con que cuenta el sistema.

El Capítulo II, cuyo título es Marco Teórico, presenta conceptos importantes, para com-

prender la problemática, Tecnología de la iluminación eléctrica, Lámparas de vapor de sodio, Temperatura del color, Flujo luminoso, Intensidad luminosa, contaminación lumínica, entre otros. Todos estos conceptos expuestos en este capítulo son de relevancia para poder entender la temática de Capítulos posteriores.

Diagnóstico del Problema, es el título del Capítulo III, en él se expone el estudio hecho para conocer más de cerca el problema diagnosticado. Dicho estudio consta de encuestas realizadas a los usuarios y a los organismos encargados del alumbrado público, y de levantamientos en detalle sobre la disposición y ubicación de los puntos de iluminación y sus datos fotométricos para obtener una serie de tablas basadas en la data estudiada en los meses muestra.

En el Capítulo IV, se presenta la propuesta para la solución de la problemática de la situación actual. En el se encontrará una serie de tablas y figuras donde se recopilan las acciones a tomar para la implementación del nuevo sistema de alumbrado público en el Casco central de la ciudad de Mérida. Estas tablas y figuras son el resultado de una serie de pruebas hechas, donde se escogieron las alternativas que presentaban las mejores prestaciones lumínicas al sistema.

Finalmente, se tienen las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llega luego de haber hecho todos los estudios y la obtención de los resultados.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA ACTUAL

Las actividades del hombre moderno no cesan con el oscurecer. Es por lo tanto esencial crear un ambiente nocturno adecuado que permita una visión: rápida, correcta, confortable, para cubrir las necesidades; movimiento seguro del tráfico, seguridad personal, ambiente cómodo y placentero. Todo esto depende de un buen diseño del alumbrado público. En este capítulo se presenta el planteamiento del problema, las características de los elementos que conforman el sistema actual, las fallas más comunes y sus posibles causas.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es de pensar que para contribuir a crear un ambiente nocturno adecuado es conveniente que el alumbrado público contenga el nivel justo con menos despilfarro de energía, de materiales y al mínimo costo económico y ecológico, lo que se puede lograr con la implementación de nuevas tecnologías, como la utilización de luz mejor adaptada a la sensibilidad del ojo humano y que cumpla con estos factores.

El casco central de la ciudad de Mérida cuenta con un alumbrado público compuesto por lámparas de vapor de sodio de alta presión en todas las calles y avenidas principales, las cuales fueron puestas en funcionamiento hace más de 15 años, con el fin de lograr simetría en cuanto al tipo de iluminación ya que anteriormente el sistema contaba con una variedad de luminaria, pero debido al tiempo y a la falta de un plan de mantenimiento preventivo por parte de los organismos encargado, estos sistemas de alumbrado presentan fallas, de esta manera el alumbrado público es ineficiente, presentando niveles de iluminancia muy por debajo de los recomendados, aumentando los niveles de uniformidad global y lateral de la instalación, ya

que la orientación del flujo luminoso de la lámpara sobre la zona útil no son buenos, por tanto al presentarse niveles de iluminancia muy por debajo de los establecidos por las normas que rigen el alumbrado público, y al carecer de alumbrado ciertos sectores y avenidas del casco central de la ciudad de Mérida, se reducen los niveles de eficiencia del servicio, por ende, también se reduce la seguridad y comodidad para el tránsito de vehículos y peatones, aumentando de esta manera los índices delictivos y vandalismo, degradando de esta manera la presencia e identidad de la ciudad.

Cabe destacar, que el mayor efecto de las instalaciones de alumbrado es el impacto ambiental que produce durante su vida útil, como lo es la contaminación lumínica, producida por la dispersión de la luz en la atmósfera lo que impide la visión directa o astronómica de las estrellas; este problema se puede abordar con el debido empleo de luminarias bien apantalladas y con reducida emisión del flujo hacia arriba, previniendo de la misma manera el despilfarro energético.

En virtud de ello, el sistema de alumbrado público existente en la ciudad, se encuentra en una situación donde es necesario realizar un análisis a fondo para garantizar que cumpla con las condiciones normales de prestación de servicio, logrando de esta manera el mejoramiento del confort visual y bienestar de los usuarios; cabe destacar, que los aspectos funcionales pueden quedar garantizados con un nivel elevado de iluminación, sin embargo esto determinaría un elevado consumo energético. Por ello, es necesario realizar las medidas a escala de niveles de iluminación existentes para verificar o comprobar si la zona iluminada cumple con las exigencias visuales, con el objetivo de buscar las mejores prestaciones lumínicas, seguridad, sostenibilidad y economía a lo largo de la vida útil del sistema.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El alumbrado público del casco central de la ciudad de Mérida es un servicio de gran importancia ya que debe proporcionar seguridad y comodidad para el tránsito de vehículos y peatones, por otro lado debe contribuir a disminuir los índices delictivos y vandalismo, además de ayudar al ornato y embellecimiento de la ciudad. Todo esto es posible si existe un

buen sistema de Alumbrado Público y este depende de las consideraciones técnicas tomadas en su diseño y de la política de mantenimiento implementada. En cuanto al diseño se puede mencionar que la calidad de la iluminación viene determinada en función de la densidad luminosa sobre la calzada, distribución uniforme de las densidades a lo largo y ancho de la misma y una limitación razonable del deslumbramiento reduciendo ciertos brillos intensos que pueda producir la instalación evitando afectar la visibilidad y el confort visual.

Con respecto al mantenimiento del sistema de Alumbrado Público este es de gran importancia, ya que así se garantiza un servicio continuo y eficiente, lo que redundará en una economía en los costos de operación y en mejorar y mantener la imagen de la ciudad que es de vital importancia tanto por sus actividades económicas y sociales, así como por su atractivo turístico.

El área del casco central de la ciudad de Mérida cuenta con un Alumbrado Público decadente debido a sus años de uso y a la falta de revisión y análisis del sistema. Es por esta razón que se plantea esta investigación con la finalidad de aportar una solución para el Alumbrado Público del casco central de la ciudad, que proporcione prestaciones de Sostenibilidad, Eficiencia, Niveles de Servicio Adecuados, Economía, Reducción de la Contaminación Lumínica o Impacto Medioambiental, Durabilidad de los Sistemas, Seguridad y Calidad de Vida Ciudadana.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Determinar el estado actual de los sistemas de alumbrado público del casco central de la ciudad de Mérida.
- Analizar las prestaciones lumínicas, seguridad, sostenibilidad y economía de los sistemas de alumbrado público del casco central.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la eficiencia de los sistemas de alumbrado público actuales.
- Definir los niveles de prestaciones necesarias para asegurar, un nivel de servicio adecuado en el casco central.
- Determinar si en realidad los actuales sistemas de alumbrado proporcionan las condiciones de seguridad y calidad de vida ciudadana.
- Determinar si existe en el tiempo la funcionalidad, fiabilidad y la durabilidad de las instalaciones.
- Determinar si las instalaciones actuales efectivamente reducen el impacto medioambiental.

1.4 ALCANCE

La metodología a seguir en esta investigación es de tipo combinada que integra la recolección de información en campo, el análisis, comprobaciones, aplicaciones prácticas, dando como resultado unas recomendaciones de aplicación práctica que contribuyan a la solución del problema existente en el Casco Central de la Ciudad de Mérida, el cual abarca el estudio de todos los sistemas existentes de la parte alta del Centro, lo que generalmente se conoce como la Mérida vieja, quedando el área de estudio comprendida desde el Parque Sucre (Plaza de Milla) a la altura de la calle 14, cuyo nombre es Ricaurte, pasando por la calle 15 (Piñango), calle 16 (Araure), calle 17 (Rivas Dávila), calle 18 (Fernández Peña), calle 19 (Cerrada), calle 20 (Federación), calle 21 (Lazo), calle 22 (Canónigo Uzcategui), calle 23 (Vargas), calle 24 (Rangel), calle 25 (Ayacucho), hasta la calle 26 que es la del Viaducto Campo Elías.

Incluyendo todas las Avenidas (Av.), que comprenden este tramo, cuyos nombres son los siguientes: Av. 1 (Rodríguez Picón), Av. 2 (Obispo Lora), Av. 3 (Independencia), Av. 4 (Bolívar), Av.5 (Zerpa), Av.6 (Rodríguez Suarez), Av. 7 (Maldonado), Av.8 (Paredes), es decir, el estudio se aboca al análisis de las 13 calles y sus 8 avenidas y el correspondiente pasaje Quintero.

1.5 SISTEMAS ACTUALES DE ALUMBRADO DEL CASCO CENTRAL

1.5.1 Alumbrado Público, Generalidades

Para tener una buena iluminación y así poder cubrir todas las necesidades, se debe de tener muy en cuenta el funcionamiento de las luminarias instaladas, por ello se debe estudiar las lámparas que contengan la luminaria, y sus características fotométricas existentes, para conseguir el nivel de iluminación necesario.

Por otra parte, se debe considerar, el comportamiento de los accesorios eléctricos dentro de la carcasa de las lámparas que son los que garantizan su funcionamiento, (ignitor y el balasto), al igual que los dispositivos encargados de su control, (cajas de control y las fotocélulas), y para su utilización, la facilidad para montar y desmontar, reposición de las lámparas y de su cómoda limpieza, fallas más comunes y sus posibles causas. La fiabilidad y la durabilidad también deben jugar un aspecto importante en el ambiente iluminado.

1.5.2 Elementos que conforman el Sistema actual de Alumbrado Público

Los elementos que conforman el sistema de alumbrado público existente son: Postes, Brazos de Alumbrado Público, Luminarias, Conductores, Lámparas, Fusibles, Caja de Control, Célula Fotoeléctrica, Canalización, Tanquillas y Base. A continuación se describen cada uno de ellos:

Poste: Entre los postes usados están los de sección hexagonal y poste clásico, estos primeros con 12.7 mm/m de conicidad fabricados con láminas de acero ASTM (A-36), de 3mm de espesor cortado en frío en tramos estándares unidos transversalmente a la longitud del poste mediante refuerzos internos, con un refuerzo formado por un mango concéntrico de 50 cm, este fijado a una base cuadrada de acero con agujeros para los pernos de anclaje y cableado y que sirve de asiento para su fijación en un pedestal de concreto por medio de tuercas.

Poste clásico, los cuales tienen, tres secciones tubulares para un total de 11,28 m y 211kg, con base de transición construido con un acabado fondeado anticorrosivo de zinc y esmaltado en color negro. El diámetro de la mayor sección es de 7 5/8” y el de menor sección es de 3”, es utilizado para el montaje de todos los elementos que comprende el manejo y empleo de la energía eléctrica.

Los postes hexagonales, están ubicados de forma central ó bilateral alterna (tres Postes Hexagonales Doble Brazo o Sencillo) en avenidas o calles que posean mayor circulación automotora, y central para el resto de la calle, tal es el caso de la Calle 26 del Viaducto Campo Elías del casco central de la ciudad Mérida, se tienen postes con alturas de 12 m y cuya interdistancia es de aproximadamente 35 m, y con postes clásicos para el resto de las calles y Av. (Avenida) comprendidas entre la calle 14 a la altura de parque Sucre hasta la Av. (26) Viaducto Campo Elías, su ubicación es de forma unilateral derecha o izquierda, en la cual, la interdistancia de postes oscila entre los 18 y 41 m. En la figura 1.1 se aprecia el poste en detalle, (a) Poste para conexión con línea aérea para Alta y Baja Tensión. (b) Poste para Conexión con línea Aérea con banco de transformación. (c) Poste para conexión con línea aérea para alta tensión. (d) Vista lateral de poste para conexión aérea.

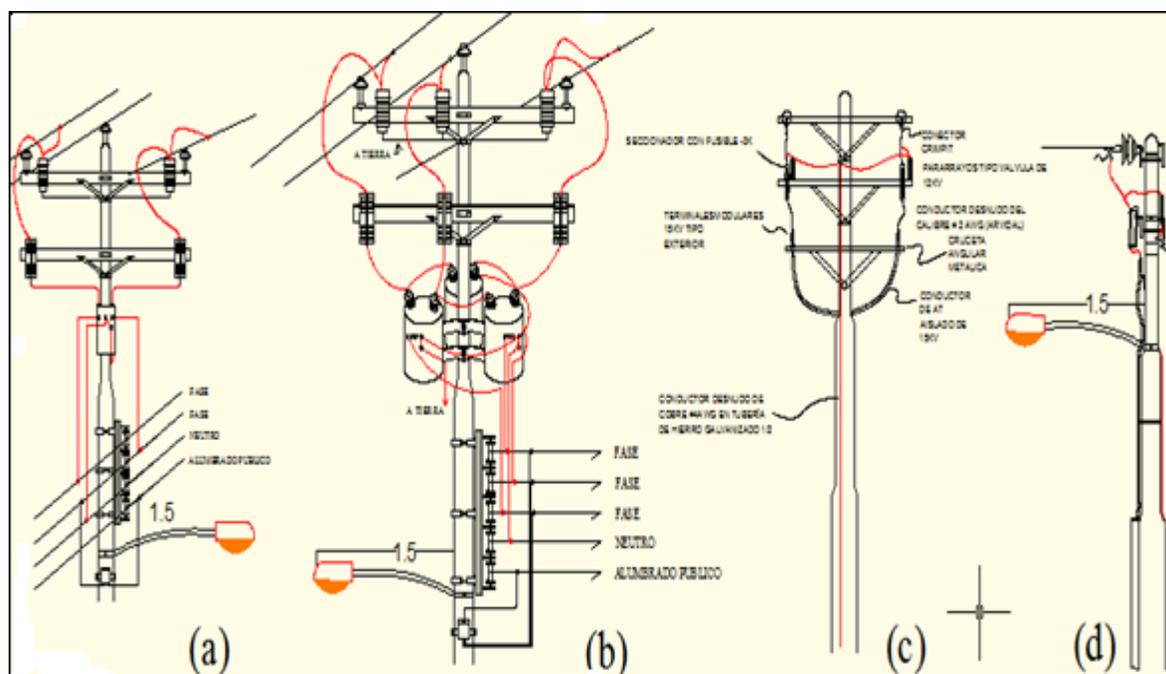


Fig. 0.1 Postes Usados en el Casco Central de la Ciudad de Mérida.

Brazos de Alumbrado Público: Los brazos para postes de Alumbrado del Casco Central son construídos con tuberías de diámetros de 2" de acero galvanizado, con un espesor mínimo de 3,90 mm, o de aluminio con características mecánicas equivalentes. La construcción del brazo es de tal forma que el ángulo de inclinación de la luminaria con la horizontal cuando se le coloque en el punto de acople un peso igual al de la luminaria utilizada, sea el recomendado por los fabricantes, generalmente de 0°, 10°, 15°. En todo caso el ángulo será mayor o igual a 0°.

En el centro de la Ciudad la altura oscila entre los 5,6 y 6 metros sobre la calzada, por lo que no se presenta una uniformidad, ya que los brazos existentes no tienen el mismo ángulo y las alturas varían de poste a poste; la altura de montaje en una instalación de Alumbrado Público tiene una enorme influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos.

Al situarlos a gran altura se presenta una distribución más favorable de la luminancia sobre la calzada, una disminución del deslumbramiento producido, permitiendo instalar una mayor potencia luminosa, reducción del número de luminarias y postes, aumento de la iluminancia de los alrededores o de la calzada, por otra parte cabe destacar la dificultad para el mantenimiento e incremento de sus costos, disminución del factor de utilización, lo que aumenta el consumo de energía.



Fig. 0.2 Brazos con Diferentes Ángulo de Inclinación Usados en el Casco Central.

Luminarias y Lámparas: Según la definición de la CIE (Comisión Internacional de Alumbrado), las luminarias son “Aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarla, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación”. En el Casco Central de la Ciudad de Mérida, están en funcionamiento las lámparas de vapor de sodio de alta presión (SAP), modelo; APS-100 ó M-200 NA-100W 120V 5 Kg, cuyas características especiales son; cuerpo construido en aluminio fundido, fuerte y resistente a la intemperie, difusor de plástico acrílico transparente durable y que garantiza uniformidad lumínica a lo largo de toda su vida (5m.m de espesor), total hermeticidad del difusor a través de una empacadura especial que impide la entrada de agentes externos.

El modelo AP-250 ó M-400 NA-250W, 208/240V, 8 Kg, cuyas características especiales son: cuerpo construido en aluminio, fuerte y resistente a la intemperie, difusor de plástico acrílico transparente durable que garantiza uniformidad lumínica a lo largo de toda su vida, sistema óptico formado por reflectores de aluminio anodizado para mayor eficiencia lumínica, total hermeticidad del difusor a través de una empacadura especial que impide la entrada de agentes externos, es un modelo de luminarias que son utilizadas en aplicaciones muy específicas, como es la de iluminar las Calles y Avenidas de la ciudad donde no es muy importante la reproducción cromática obtenida, la luz emitida es predominantemente amarilla, además generan un efecto estroboscópico, pues se alimentan con corriente alterna.

Su utilización se fundamenta en la economía que se obtiene en sus costos de explotación y por su rendimiento lumínico (lm/W), por lo que son lámparas de menor consumo, y además no atraen a los insectos, pues carecen de un espectro con longitudes de onda dominantes en la banda del azul, lo que permite disminuir los costos de mantenimiento por limpieza de las luminaria instaladas.

La lámpara SAP, está constituida por una ampolla externa de vidrio que puede ser transparente o con recubrimiento según el modelo, esto con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y la alta temperatura. La figura 1.3, (muestra el aspecto físico de las lámparas junto con las luminarias de 250W y 100W).



Fig. 0.3 Aspecto Físico de Lámparas y Luminarias de 250W y 100W del Casco Central.

La forma de esta ampolla adopta diferentes variantes ovoidales y tubulares, este recipiente de protección sirve para reducir la emisión de calor, estabilizar la alta temperatura de servicio producidas en su interior y así evitar apreciables variaciones en el flujo luminoso; en algunos casos tiene una capa de polvo de recubrimiento en la pared interior del bulbo, para mejorar la distribución de su espectro luminoso. Para la conexión al circuito externo generalmente se dispone de un casquillo de bronce o de aluminio, que se fabrica con diferentes ejecuciones a rosca (E27, E40).

Estas lámparas admiten cualquier posición de funcionamiento y en el encendido absorben hasta 1,5 veces la intensidad nominal, alcanzando su flujo luminoso máximo a los 5-6 minutos de producido el mismo, y requieren de alrededor de 4-5 minutos para efectuar el reencendido. Su eficacia luminosa está comprendida entre los 90 y los 130 lm/W, no siendo prácticamente afectada por las variaciones en la temperatura ambiente, y alcanzando una vida útil superior a las 20.000 horas, (generalmente ronda las 24.000 horas).

Para operar estas lámparas se requiere de un equipo auxiliar Balasto e Ignitor para el arranque. Ver figura 1.4 donde se muestran los aspectos físicos del ignitor y el balasto. La función del equipo auxiliar para la lámpara, es lograr un elevado rendimiento en condiciones confiables. De esta manera, debe proveer la tensión de circuito abierto necesaria para el encendido, debe controlar la intensidad de manera que la potencia de la lámpara ni sobrepase el límite superior admitido, ni sea tan baja que el flujo luminoso quede por debajo del valor mínimo económicamente aceptable; y además debe proveer una corriente de trabajo con el menor contenido poliarmónico posible y el factor de potencia adecuado.

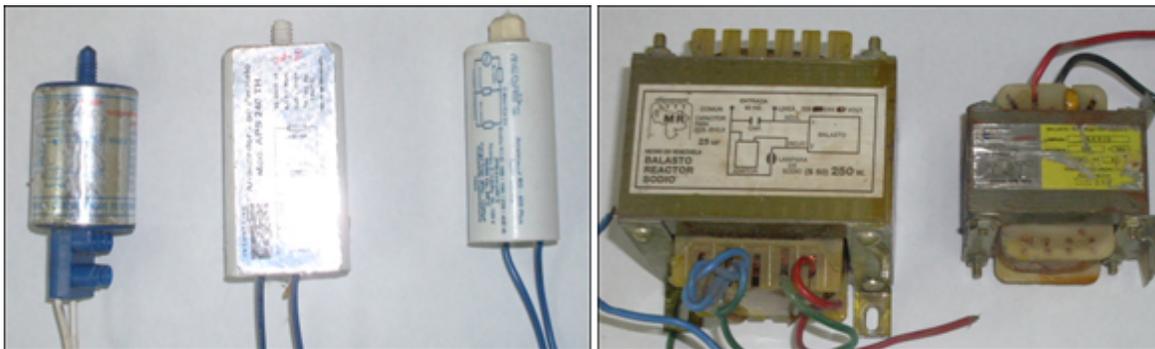


Fig. 0.4 Aspecto Físico de Ignitor y Balasto Usado en Luminarias de 250W y 100W.

Las luminarias tienen una característica de resistencia negativa, ya que la tensión de arco disminuye con el aumento de la corriente, y por lo tanto requieren una impedancia limitadora (balasto) para lograr una operación estable al alimentarse desde una fuente de tensión constante. Además necesitan un ignitor que provea un pulso de alta tensión de encendido, y generalmente se les conecta un capacitor para corregir el factor de potencia en forma local. Cabe destacar la significativa importancia que reviste el equipo auxiliar necesario para la operación de estas lámparas, pues de su correcto funcionamiento dependen todos los parámetros eléctricos, y fundamentalmente, la vida útil de las mismas.

Por otro lado, el encendido de estas lámparas SAP requiere un pico de tensión comprendido entre los 2500 y los 4000 V, según la potencia de la misma. Estos pulsos de alta tensión se obtienen por medio del ignitor electrónico externo que puede ser del tipo derivación o serie (salvo en lámparas muy pequeñas, que tienen el ignitor incorporado).

En el sistema actual del Casco Central está en funcionamiento el ignitor derivación, fundamentalmente por su menor costo unitario. Básicamente el mismo contiene un circuito que comprueba que la lámpara esté apagada, midiendo la tensión en la misma, y una llave electrónica, que por lo menos una vez por ciclo de la onda de tensión, conecta la fuente RC de pulsos del ignitor a una derivación intermedia del bobinado del balasto, el cuál opera como transformador de impulsos para generar los picos de tensión. Una vez encendida la lámpara, no se siguen produciendo pulsos. Como la capacidad de los cables de conexión entre el equipo auxiliar y la lámpara produce una marcada atenuación de los pulsos, con este ignitor no se pueden instalar equipos a más de 4 m de las lámparas.

Conductores y Fusibles: Uno de los factores que más influye en la selección del sistema de distribución y los calibres de los conductores es la máxima caída de tensión permitida, la cual generalmente se limita a un valor comprendido entre el 3% y el 5% de la tensión de la red. Los sistemas frecuentemente utilizados son el monofásico de tres hilos 2x240/480V, o el trifásico a cuatro hilos 3x277/480V en estrella con neutro puesto a tierra. Adicionalmente se utilizan otros sistemas de alumbrado público, tal como el 3x120/208V trifásico y el 2x120/240V monofásico de dos hilos, donde la caída de tensión en el mismo debe ser tal, que resulte una tensión de operación en las luminarias más alejada del circuito, que este dentro del intervalo de tensiones de utilización correspondientes a la tensión nominal del equipo de alumbrado (5% a 10%).

La carga de luminarias conectadas por circuito no debe representar más del 80% del valor nominal del Fusible y de la capacidad del conductor (Código Nacional- FODONORMA 200). En la carga de diseño se consideran las potencias de las lámparas y las pérdidas de los balastos. Los valores de potencia consumida por los balastos son suministrados por el fabricante, pero en ausencia de esta información se puede asumir entre 10% y 12% de la potencia nominal de la lámpara, las pérdidas mínimas y máximas de los balastos para lámparas de NA-100W y NA-250W (NA: Sodio) son las siguientes; $P_{min}=13,6$ W, $P_{max}=15,5$ W y $P_{min}=37,5$ W, $P_{max}= 42,5$ W.

Fusible, es el dispositivo básico en la protección en los sistemas de distribución, el cual funciona cuando la intensidad de circulación es mayor a la permitida. La protección de los sistemas de Alumbrado Público se hace con fusibles tipo cartucho en un margen comprendido de 20 a 60 A.

Células Fotoeléctrica: Son dispositivos de control usados en el Casco Central de la Ciudad, sensibles a la variación de la luz, utilizados como elemento para lograr el encendido automático del sistema, siempre y cuando los niveles de iluminación (Lux) presente en el ambiente o en la vía requieran de la iluminación artificial, estos interruptores son de las fotocélulas electromecánicas, Modelo BSO-10/TL (BSO: Normalmente abierto, TL: Enchufable, Frecuencia: 50-60 Hz, Consumo: 0,25W, Intensidad para el encendido: 5-20 Lux,

Intensidad de apagado: 20-45 Lux, Corriente: 10Amp, Voltaje: 110VAC y 220 VAC, Carga máxima de lámpara 1100-1800W). Los cables de conexión del control fotoeléctrico soportan por lo general 15 Amp, con aislamiento para 600V para operar con temperaturas a 105° C, con un diámetro externo máximo de 2,5mm, dichas fotocélulas están compuestas por una bobina de control, que al paso de la corriente abre o cierra sus contactos permitiendo o impidiendo el paso de la corriente a la bobina del contacto de potencia o carga, en donde al percibir alrededor de los 20-45 Lux aproximadamente se activa la Fotorresistencia permitiendo o no el paso de corriente a la bobina de la Fotocélula. Existen dos tipos de fotocélula, en la figura 1.5, se muestra el aspecto físico de las fotocélulas usadas en el casco central de la ciudad de Mérida, una de contactos normalmente abiertos (NA) y otra de contactos normalmente cerrados (NC) en condiciones desenergizada de la fotocélula sin tensión, su selección esta definida por el tipo de contactos existentes en la caja de control del Alumbrado Público.



Fig. 0.5 Aspecto físico de la fotocélula (NA) y su base Usada en el Casco Central.

Si los contactos del contactor de la caja de control son normalmente abiertos (NA) la Fotocélula a usar debe ser de contactos normalmente cerrados y si los contactos del contactor de la caja de control son normalmente cerrados (NC) la fotocélula a usar debe ser de contactos normalmente abiertos.

Por otra parte, las fotocélulas están ubicadas de manera que el dispositivo sensible a la luz apunta en dirección al norte, ya que si es colocada en dirección este, la fotocélula es desactivada a muy tempranas horas de la mañana, sacando de servicio al sistema de

Alumbrado Público. Cuando existe en el ambiente poca iluminación, y al ser colocadas en dirección oeste el encendido del sistema ocurre demasiado tarde. Cabe destacar que las fotocélulas poseen un tiempo de retardo de actuación, con el objeto de evitar que el sistema de Alumbrado sea encendido cuando los faros de algún vehículo u otro elemento emisor de luz incida accidentalmente sobre el dispositivo fotosensibles.

Caja de Control: Este equipo es utilizado en el sistema de Alumbrado Público aéreo del casco central, el cual contiene en su interior el control y las protecciones que permiten el encendido o apagado de las luminarias, además posee los soportes necesarios para su instalación al poste mediante abrazaderas o tornillo, su tapa sujeta a la carcasa por medio de bisagras con abertura frontal que permite un fácil acceso a todos sus componentes internos, todas las partes conductoras están compuestas de cable electrolítico, sus contactos de carga son de platino-cadmio sobredimensionados para soportar sobrecargas hasta del 100% de su capacidad. Marca: TECSAGA, Modelo: VERLUX-IT-84, Especificaciones: 120/240V, 30/60 A, por Fases, 50-60 Hertz, 2 Polos, se pueden conectar 16 luminarias por polo para el caso de una lámpara de 100W y para una lámpara de 250W se pueden conectar hasta 12 luminarias por polo, pueden ser de instalación tipo monopolar 120V y tipo bipolar (120V/240V-480/240V).

Posee un núcleo pivotante de acero magnético con bajas pérdidas y una bobina encapsulada, bajo consumo de corriente, devanada en un carrete de alta resistencia eléctrica y mecánica, el control puede ser suministrado con portafusible o breaker para su protección. La conexión a la red de servicios es realizada mediante terminales o conectores tipo grapa de alta presión en cobre, colocados en la parte inferior de la base. El control puede ser fabricado con los contactos de carga normalmente cerrados, se usa fotocélulas normalmente abiertas (NA), o normalmente abierto, se usa fotocélulas normalmente cerradas (NC), según sea el caso. Es igualmente palpable y perfectamente tangible, que en muchos casos las cajas de control de Alumbrado existentes en el Casco Central de la Ciudad, están en su mayoría sub-utilizadas, encontrándose a su vez gran cantidad de estas en situaciones realmente críticas, ya que justamente por el solo hecho de estar soportando cargas con valores muy por debajo de su capacidad nominales, se utilizan unas salidas, es decir, vienen diseñadas con dos polos y en

algunos casos por no decir en su mayoría usan un solo polo, quedando prácticamente inútiles por no haber establecido un criterio claro en cuanto a su ubicación.

Si en todo esto se considera, que el número promedio de luminarias por sector de Alumbrado Público, tal y como se encuentra en la actualidad, no excede de treinta y que además la potencia promedio se puede estimar en 160 W. A una tensión de 120 V, se puede fácilmente determinar que las cajas deben ser reubicadas a sitios donde verdaderamente presenten un adecuado servicio, y desde el punto de vista económico, representen y justifiquen su colocación.

Por otra parte, esto causa disminución del factor de utilización, lo que aumenta el consumo de energía, de esta manera, toda caja de control deberá ser instalada en postes donde existan perchas terminales opuestas 180° y que a su vez sean límites de dos bancos de transformación.



Fig. 0.6 Caja de Control de Alumbrado Público Usada en el Casco Central de la Ciudad.

Canalización, Tanquillas y Bases: El poste se fija a una base, con fundaciones que se construirán de bloque de concreto en masa de dosificación 1:2:4 exento de piedra grande, donde todas las bases destinadas al Alumbrado Público sobresalen por lo menos 5cm de la rasante del terreno, tanto por efecto estético, como para evitar la entrada de agua de lluvia, con dimensiones de acuerdo a la altura del poste, las dimensiones suele ser de 0,30 x 0,30 x 0,60 m

(largo, ancho, profundidad), para los postes de hasta 6m de altura y de 0,40 x 0,40 x 1,10m para poste de hasta 13 m. En la figura 1.7 se indican los tipos de postes de alumbrado p

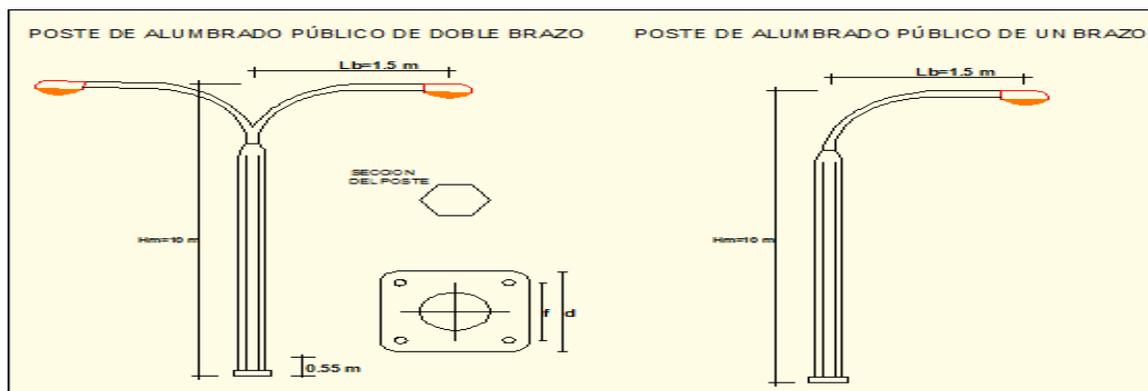


Fig. 1.7 Tipo de Poste Usado en el Viaducto Campo Elías de la Ciudad de Mérida.

Anexo a cada poste y en su base se ubica una tanquilla exclusiva para facilitar la instalación de los conductores de circuitos especiales de baja tensión destinados al alumbrado y la conexión de los conductores que suben hasta la luminaria. Las dimensiones mínimas recomendadas son de 0,30 x 0,40 x 0,80 m, pudiendo ser mayores en la medida que se complique las conexiones de la red subterránea. , (La figura 1.8, se muestra las tanquillas y disposición de tubos en baja tensión).

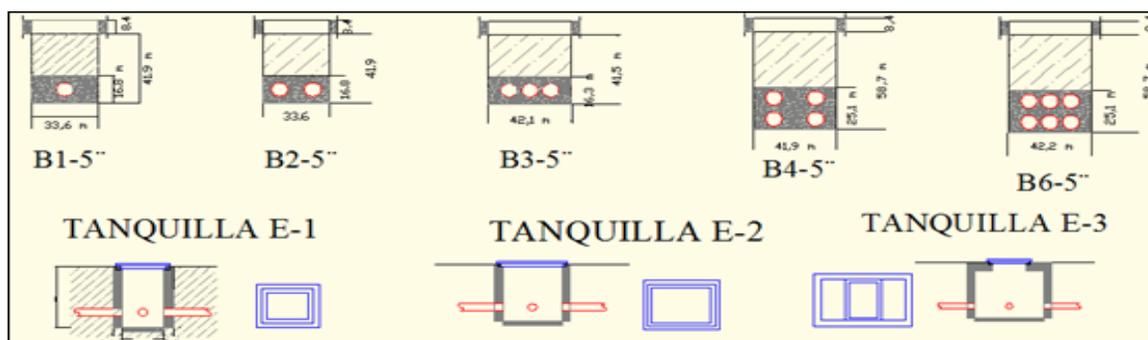


Fig. 0.8 Tipos de Tanquillas y Disposición de Tubos en Baja Tensión.

Desde el punto de alimentación eléctrica, el sector de Alumbrado se origina en un banco de transformación, junto al mismo se ubica el sistema de protección y control de los circuitos,

desde allí se distribuyen en ramales abiertos los circuitos que alimentan las luminarias requeridas en la vía. Los conductores de los circuitos ramales van alojados en tuberías de plástico, asbesto o acero galvanizado, de diámetros diversos, las secciones típicas son 2", 3", 4" y 5".

1.6 FALLAS MÁS COMUNES EN EL SISTEMA ACTUAL Y SUS POSIBLES CAUSAS

El sistema existente presenta una serie de fallas atribuibles a los años de servicio y a la falta de una gestión de mantenimiento y un análisis del mismo. Las fallas más comunes en el sistema y sus posibles causas se describen a continuación;

1.6.1 Fallas en las Luminarias

En el caso en que la luminaria no encienda, la causa probable es que la lámpara esta floja, o posiblemente la lámpara está al fin de su vida útil, existe una tensión baja en la red, un alambrado defectuoso, una temperatura ambiente muy baja, fluctuaciones de la tensión mayor al 15%, balasto o ignitor esta en mal estado, balasto o ignitor esta mal ubicado. Al apagarse frecuentemente, es porque falla el alambrado o existen fluctuaciones de tensión mayor al 15%. Al presentarse efecto estroboscópico suele pasar que las lámparas están conectadas a una misma fase, y al tener bajo flujo luminoso puede que la lámpara esté cerca al final de vida útil o el balasto no sea el apropiado. Cuando la lámpara tenga o presente una vida corta en su funcionamiento, la causa, es que el bulbo exterior tenga rajaduras, exista penetración de agua, la lámpara toca la luminaria, el balasto o ignitor es inadecuado o defectuoso, existen tensiones transitorias de la red mayor al 15% o maltrato durante el transporte.

1.6.2 Fallas en el Sistema de Control, Contactores

Cuando el contactor no cierra, se pueden presentar las siguientes situaciones: que la conexión esta floja, existe una bobina abierta o quemada, el mecanismo está sucio o defectuoso, la tensión es baja, hay interferencia mecánica, o el circuito de control defectuoso.

Cuando no abren, es porque se presentan interferencias mecánicas, falla en la bobina por retención mecánica al estar los contactos soldados, o por suciedad, resorte roto, mecanismo defectuoso o posición incorrecta. Al tener ruido excesivo, suele pasar porque la superficie del núcleo esté oxidada o está dañada, tensión sea inferior a la nominal, hay una excesiva tensión del resorte, bobina auxiliar rota o sucia. Al tener corrosión excesiva de los contactos, los contactos se sobrecalientan o se quedan soldados. Por la insuficiente presión del resorte o la superficie de contactos muy irregular, las condiciones de funcionamiento son anormales, por lo cual existe exceso de vibración o cierre muy lento. Cuando la bobina tenga o presente una vida corta en su funcionamiento, es que la tensión es muy alta o entrehierros en el circuito magnético.

1.6.3 Fallas en el Sistema de Control, Célula Fotoeléctrica

Normalmente si la célula fotoeléctrica enciende y apagar durante el día, el ajuste realizado es incorrecto, existe una mala orientación de la misma o hay presencia de suciedad. Si no funciona adecuadamente, el alambrado está defectuoso o suelto, y en su defecto la fotocélula dañada. Si se enciende y se apaga cíclicamente, es porque recibe iluminación del mismo sistema o porque recibe iluminación de fuentes extrañas.

1.6.4 Fallas en los Circuitos Alimentadores, Sistema Paralelo

En el caso en que un grupo de lámparas esté apagado durante la noche, la razón de esta falla puede referirse a que el fusible está quemado o el interruptor está abierto, el neutro interrumpido, exista un empalme defectuoso, la fase está abierta, los conductores estén dañados o conexión defectuosa. Cuando las últimas lámparas de un circuito no encienden, es porque se presenta exceso de caída de tensión. Al existir lámparas que se apagan y se encienden al azar, puede que sea una falla existente en el sistema de control o por una conexión defectuosa, neutro flotante o puesta a tierra defectuosa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se explica la teoría en la que se fundamenta el estudio hecho en este trabajo, necesaria para entender los aspectos desarrollados. A lo largo de este capítulo se encontraran conceptos tales como Luz, Naturaleza de la Luz, Contaminación Lumínica, Deslumbramiento y Confort Visual, entre otros, así como las normas y criterios para los estudios realizados en capítulos subsiguientes a este.

2.1 ASPECTOS GENERALES

La función del alumbrado público, se prolonga a una vida de servicio que dura muchos años, por lo cual, durante este tiempo no puede desatenderse. Requiere de ciertos cuidados para garantizar su correcto funcionamiento, reducir una depreciación y envejecimiento.

La necesidad de continuar la actividad humana durante las horas nocturnas ha hecho imprescindible la creación de ambientes artificiales que permitan proporcionar las cualidades luminosas con el fin de suplir la luz natural. El alumbrado tiene como misión darle continuidad al uso de calles, carreteras y para proseguir con las actividades pero a su vez, permita crear un ambiente adecuado sin romper la estética urbana; en particular las exigencias del alumbrado vienen determinadas por el uso de conductores y peatones, para garantizar su comodidad, seguridad y visibilidad. En primer lugar el alumbrado público ha de permitir la visión de los objetos en la calzada con rapidez y exactitud. La forma de percibirse un objeto es función de las condiciones del observador y del contraste del objeto sobre la calzada. Es en definitiva función de la luminancia del objeto y de las condiciones perceptoras del observador. En segundo lugar, la misión del alumbrado público tiene por objeto conseguir una orientación

visual de la calzada por donde transitan personas, bien sea caminando o conduciendo, y para satisfacer la necesidad de seguridad. Este es quizá el punto más importante para conseguir unos buenos resultados sobre la calidad del alumbrado, ya que una distribución mal planteada y una deficiente situación de los puntos de iluminación no garantiza seguridad o confort visual al ciudadano.

2.2 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

2.2.1 Luz

La luz es una forma de radiación electromagnética, que incluye la luz ultravioleta UV, la infrarroja, las microondas y las ondas de radio o los rayos X. La luz corresponde a oscilaciones extremadamente rápidas de un campo electromagnético, en un rango determinado de frecuencias que pueden ser detectadas por el ojo humano.

Las diferentes sensaciones de color corresponden a luz que vibra con distintas frecuencias, que van desde aproximadamente 4×10^{14} vibraciones por segundo en la luz roja hasta aproximadamente 7×10^{14} vibraciones por segundo en la luz violeta. [**Stefano Borsani, 2006**]

El espectro de la luz visible suele definirse por su longitud de onda, que es más pequeña en el violeta (unas 40 millonésimas de centímetro), pasando por el azul, verde, amarillo, naranja, y máxima en el rojo (70 millonésimas de centímetro). Las frecuencias mayores, que corresponden a longitudes de onda más cortas, incluyen la radiación ultravioleta, rayos X, rayos gama y las frecuencias aún menores están asociados con los infrarrojos, microondas, ondas de radio (FM-Ondas Cortas-AM), no son visibles al ojo humano.

Las frecuencias menores, con longitudes de onda más altas, se denominan rayos infrarrojos, y las frecuencias todavía más bajas son características de las ondas de radio. La mayoría de la luz procede de electrones que vibran a esas frecuencias al ser calentados a una temperatura

elevada. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la frecuencia de vibración y más azul es la luz producida.

2.2.2 Naturaleza de la luz

La luz se emite por su fuente en línea recta, y se difunde en una superficie cada vez mayor; a medida que avanza, la luz por unidad de área disminuye según el cuadrado de la distancia. Cuando la luz incide sobre un objeto es absorbida o reflejada; la luz reflejada por una superficie rugosa se difunde en todas direcciones.

Algunas frecuencias se reflejan más que otras, y esto da a los objetos su color característico. Las superficies blancas difunden por igual todas las longitudes de onda, y las superficies negras absorben casi toda la luz. Por otra parte, para que la reflexión forme imágenes es necesaria una superficie muy pulida, como la de un espejo.

La definición de la naturaleza de la luz siempre ha sido un problema fundamental de la física. El matemático y físico británico Isaac Newton describió la luz como una emisión de partículas, y el astrónomo, matemático y físico holandés Christian Huygens desarrolló la teoría de que la luz se desplaza con un movimiento ondulatorio.

En la actualidad se cree que estas dos teorías son complementarias, y el desarrollo de la teoría cuántica ha llevado al reconocimiento de que en algunos experimentos la luz se comporta como una corriente de partículas y en otros como una onda. En las situaciones en que la luz presenta movimiento ondulatorio, la onda vibra perpendicular a la dirección de propagación, por eso, la luz puede polarizarse en dos ondas perpendiculares entre sí.

Por otra parte se debe tener en cuenta el efecto Purkinje y debido a este fenómeno, la curva de sensibilidad relativa no es la misma para débiles iluminaciones, es decir para las condiciones de visión escotópica, en este caso, la curva se desplaza hacia las zonas de menor longitud de onda, se tiene la máxima sensibilidad para una longitud de onda de 550 milimicras que corresponde a un color verde-azul. En la figura 2.1 se denota con color verde la curva para

la visión escotópica y con rojo para la visión fotópica que es cuando se tienen condiciones de intensa iluminación. Además existen tonos fríos y tonos calientes de color. Los primeros dan sensación de frescor, y los segundos proporcionan un ambiente cálido y acogedor. Ordenando los colores según la curva de sensibilidad, desde los tonos fríos a los cálidos, obtendremos unas series de gamas, para las tonalidades frías se tienen las radiaciones (colores), violeta, azul turquesa, azul ultramar, verde, y para las cálidas, se tienen las radiaciones como el amarillo, anaranjado y rojo.

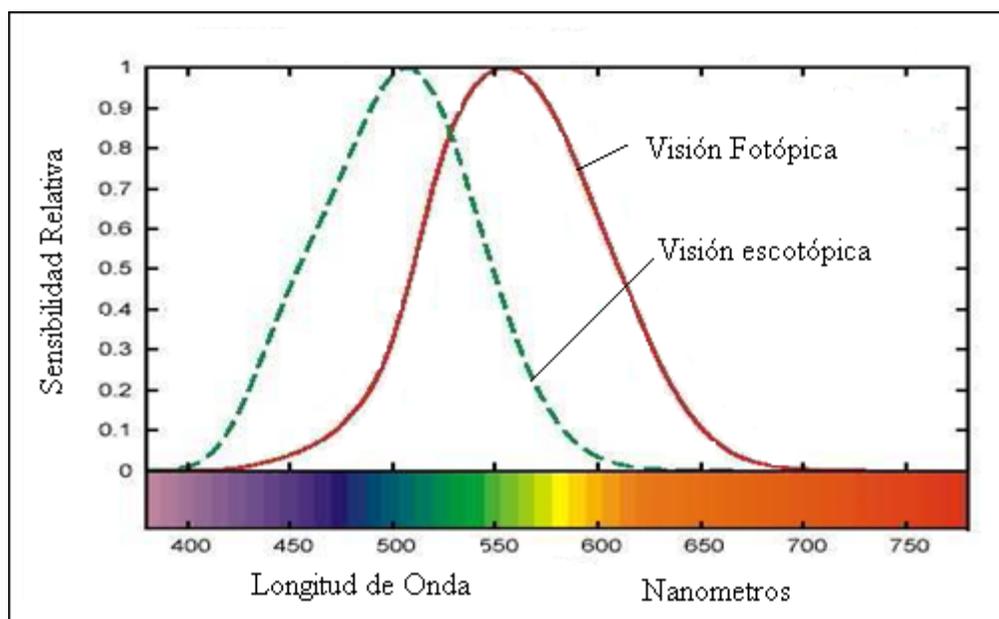


Fig. 2.1 Efecto PURKINJE (Stefano Borsani, 2006)

2.2.3 Velocidad de la Luz

El primero en medir la velocidad de la luz en un experimento de laboratorio fue el físico francés Armand Hippolyte Louis Fizeau, aunque observaciones astronómicas anteriores habían proporcionado una velocidad aproximadamente correcta. En la actualidad, la velocidad de la luz en el vacío se toma como 299.792.458 m/s, y este valor se emplea para medir grandes distancias a partir del tiempo que emplea un pulso de luz o de ondas de radio para alcanzar un objetivo y volver. Este es el principio del radar. El conocimiento preciso de la velocidad y la longitud de onda de la luz también permite una medida precisa de las longitudes. De hecho, el metro se define en la actualidad como la longitud recorrida por la luz en el vacío en un intervalo de tiempo de $1/299.792.458$ segundos.

2.2.4 Tecnología de la Iluminación Eléctrica

Es la Iluminación mediante cualquiera de los numerosos dispositivos que convierten la energía eléctrica en luz. Si una corriente eléctrica pasa a través de cualquier conductor que no sea perfecto, se gasta una determinada cantidad de energía que en el conductor aparece en forma de calor. Por cuanto cualquier cuerpo caliente despedirá una cierta cantidad de luz a temperaturas superiores a los 525 °C, es decir, un conductor que se calienta por encima de dicha temperatura mediante una corriente eléctrica actuará como fuente luminosa.

La lámpara incandescente está formada por un filamento de material de elevada temperatura de fusión dentro de una ampolla de vidrio, en cuyo interior se ha hecho el vacío, o bien, llena de un gas inerte. Deben utilizarse filamentos con elevadas temperaturas de fusión porque la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumentan a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento.

En las primeras lámparas incandescentes se utilizaban filamentos de carbono, aunque las modernas se fabrican con filamentos de delgado hilo de wolframio o tungsteno, cuya temperatura de fusión es de 3.410 °C. El filamento debe estar en una atmósfera al vacío o inerte, ya que de lo contrario al calentarse reaccionaría químicamente con el entorno circundante. El uso de gas inerte en lugar de vacío en las lámparas incandescentes tiene como ventaja una evaporación más lenta del filamento, lo que prolonga la vida útil de la lámpara.

La mayoría de las lámparas incandescentes modernas se rellenan con una mezcla de gases de argón y halógenos, o bien con una pequeña cantidad de nitrógeno o de criptón. La sustitución de las ampollas de vidrio por compactos tubos de vidrio de cuarzo fundido, ha permitido cambios radicales en el diseño de las lámparas incandescentes logrando de esta manera un mejor rendimiento.

2.2.5 Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz amarilla verdosa de tonalidad agradable.

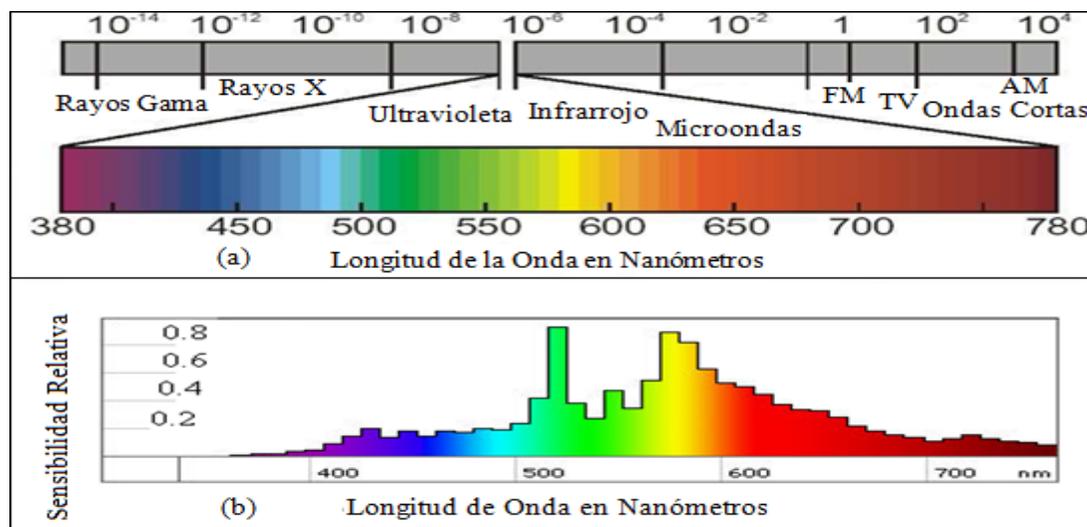


Fig. 2.2 Espectro electromagnético (Catálogo de Productos PHILIPS, 2007-Venezuela)

En la Figura 2.2 se aprecian (a) el Espectro Electromagnético sensible al ojo humano, expresando la longitud de la onda en nanómetros. (b) La distribución espectral relativa con lámparas de vapor de sodio.

La calidad de la reproducción cromática todavía no se deja reproducir en la mayoría de los módulos de simulación, puesto que no se cuenta con datos y programas correspondientes. Actualmente el software utilizado no está calculando todo el espectro visible de la luz, sino que se limita a ciertos segmentos: Azul, verde y rojo. Ya que las diferentes fuentes de luz no cuentan con un espectro uniforme, resulta de ello una reproducción cromática diferente, que no es cubierta por los programas de simulación. Quiere decir que con el estado actual de la técnica no se pueden hacer predicciones. Como en las funcionalidades que con ello corresponden, lo que impondrían la condición de tener que definir adicionalmente, tanto las fuentes de luz como las superficies, por sus propiedades espectrales. Estas lámparas tiene un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100 \text{ }^\circ\text{K}$ y con $\text{IRC}=25$ aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia, aunque su valor ronda los 130 lm/W

sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas. La vida media de este tipo de lámparas ronda las 24000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara está la depreciación del flujo. Por otra parte, se tiene que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada, requiere un pico de tensión comprendido entre los 2500 y los 4000 V, según la potencia de la misma. Estos pulsos de alta tensión se obtienen por medio del ignitor electrónico externo que puede ser del tipo derivación o serie (salvo en lámparas muy pequeñas, que tienen el ignitor incorporado) y su tiempo de arranque es muy breve, (Información obtenida de CADELA).

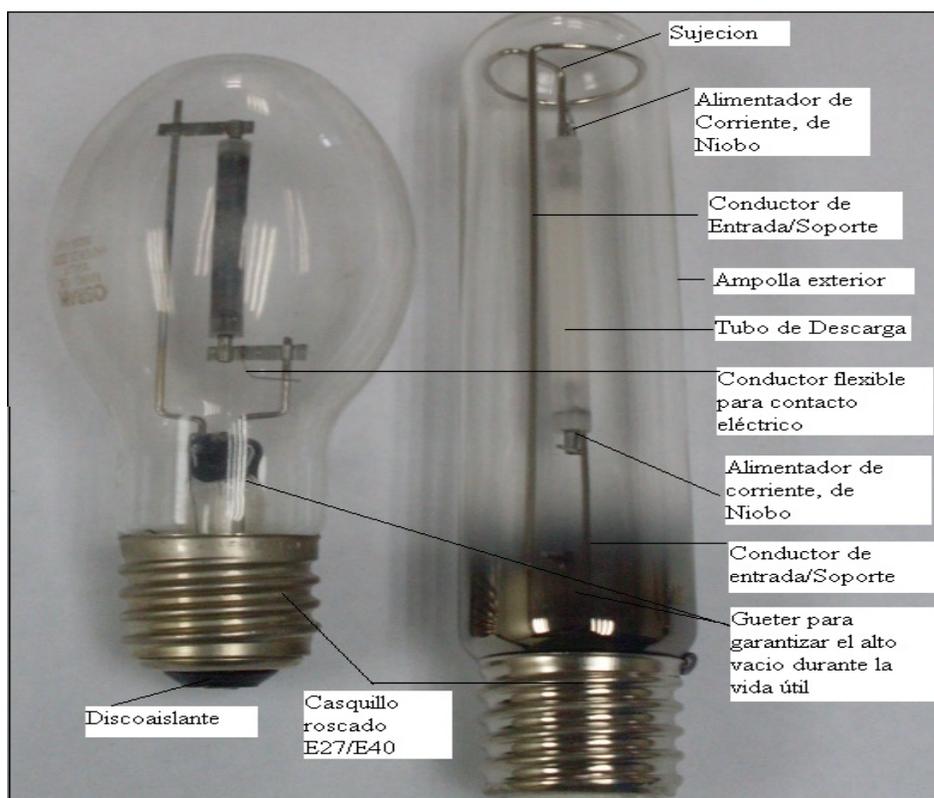


Fig. 2.3 Lámpara de vapor de sodio a alta presión.

2.3 PROPIEDADES CROMÁTICAS

Generalmente se usan dos sistemas para medir las propiedades cromáticas de una fuente lumínica, uno de ellos es la temperatura del color (T_c), la cual indica la apariencia cromática de la luz y cuyos resultados son cuantitativos en términos de cantidad de violeta o rojo, el otro es el índice de rendimiento del color (R_a) el cual indica la apariencia de un objeto que esta siendo iluminado, en términos cualitativos de reproducción del color.

2.3.1 Temperatura del Color

La temperatura de color (T_c) de una fuente lumínica es medida por su apariencia cromática, y se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de esta con el color del cuerpo negro a una determinada temperatura, considerado el cuerpo negro como radiante teóricamente perfecto, este va cambiando de color a medida que se aumenta su temperatura, expresada en grados kelvin ($^{\circ}K$), adquiriendo un tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja, el amarillo, el blanco, el blanco azulado, finalmente el azul. El color de la luz de un bombillo puede ser definido en términos de la temperatura, expresada en tres categorías como el cálido, que es menor o igual a 3.300 K, el intermedio que está entre 3.300 K y los 5.000 K y la luz de día, que es mayor o igual 5.000 K. Ver tabla 2.1

2.3.2 Índice del Rendimiento del Color (R_a -IRC)

El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores, la cual se mide con el índice de rendimiento del color que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara, con la misma muestra iluminada, con una fuente de luz de referencia. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color. Para obtener el valor de este índice existen tablas bajo la noma DIN, ver tabla 2.3, las cuales hacen referencia a ciertas mediciones y sus rendimientos. Cuando la distribución del espectro luminoso sobre un cuerpo genera un color referente muy similar o idéntico al color original del cuerpo, se dice que su índice de Rendimiento de color (R_a) es muy bueno, este es de 100.

Tabla 2.1 Temperatura del Color de Acuerdo al Tipo de Iluminación

Manantiales luminosos naturales y artificiales	Temperatura del color (°K)
Sol a medio día	5300
Sol a las 4:30 p.m	4400
Lámpara halógena	3100
Lámpara incandescente	2700
Lámpara sodio baja presión	1800
Lámpara sodio alta presión	2100
Lámpara luz mixta	3600
Lámpara vapor de mercurio	4000
Lámpara metal halide	4000 a 6500

Tabla 2.2 Índice de Rendimiento de Acuerdo al Tipo de Luz Artificial

Fuente de luz Artificial	Índice de Rendimiento (Ra - IRC)
Lámpara incandescente (patrón)	100 (Valor referencia)
Lámpara luz mixta	60
Lámpara mercurio	45 – 60
Lámpara metal halide	60 – 97
Lámpara sodio alta presión	21 – 25
Lámpara sodio baja presión	Nulo (monocromático)
Lámpara fluorescentes	65 - 97

Tabla 2.3 Características de Reproducción Cromática Según Normas DIN 5035

Niveles	Sub-niveles	Característica de reproducción cromática (Ra-IRC)
1	1A	90 - 100
	1B	80 - 89
2	2A	70 - 79
	2B	60 - 69
3	2B	40 - 59
4	2B	20 - 39

2.4 MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS

La luz es sólo una de las varias formas de energía que existe. No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa visible, ni toda la energía que consume una bombilla, se convierte en luz. Es por ello que se expresan ciertas magnitudes como: Flujo Luminoso, Intensidad Luminosa, Iluminancia y Luminancia.

2.4.1 Flujo Luminoso (ϕ)

Es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa, a la que el ojo humano es sensible, y se puede definir como la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo. Además se debe tener en cuenta la eficacia (η), que no es más que el flujo que emite la fuente de luz (ϕ) por cada unidad de potencia eléctrica (W) consumida para su obtención;

$$\eta = \frac{\phi}{W} \quad (\text{Lm/W}) \quad (2.1)$$

Tabla 2.4 Flujo luminoso de Acuerdo al Tipo de Lámpara

Tipo de Alarma	Flujo Luminoso (lm)
Incandescente Estándar 100W	1380
Fluorescente 40W	3200
Mercurio 400W	23000
Metal halide 400W	35000
Sodio baja presión	33000
Sodio alta presión	48000

2.4.2 Intensidad Luminosa (I)

La intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección dada, es igual a la relación que existe entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera, cuyo eje coincida con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo sólido (W) expresado en estereorradianes.

$$I = \frac{\phi}{\omega} \left(cd = \frac{lm}{1sr} \right) \quad cd = \text{candela} \quad (2.2)$$

Con el fin de aclarar el concepto de ángulo sólido, imagínense una esfera de radio unidad y en su superficie se delimita un casquete esférico de 1 m^2 de superficie. Uniendo el centro de la esfera con todos los puntos de la circunferencia que limitan dicho casquete, se formará un cono con la base esférica; el valor del ángulo sólido determinado por el vértice de este cono, es igual a un estereorradián, o lo que es lo mismo, un ángulo sólido de valor unidad.

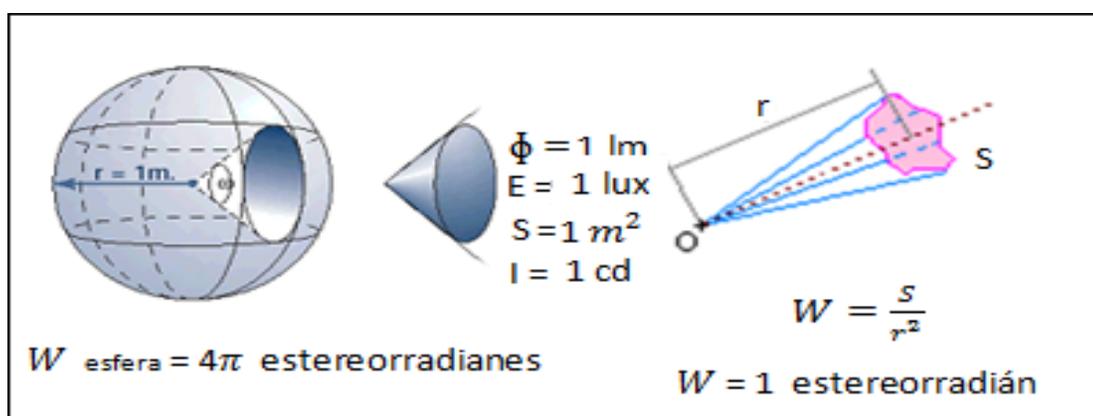


Fig. 2.4 Concepto de intensidad luminosa. (Stefano Borsani, 2006)

En general, se define el estereorradián como el valor de un ángulo sólido que determina sobre la superficie de una esfera un casquete cuya área es igual al cuadrado del radio de la esfera considerada. Se aprecia en la figura, la definición de ángulo sólido, la cual da idea de la relación existente entre flujo luminoso, nivel de iluminación e intensidad luminosa.

2.4.3 Iluminancia (E)

Es la cantidad de flujo luminoso que incide en una superficie por unidad de área, su símbolo es E y su unidad el Lux (lx) que es un lm/m^2 . Se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la irradiación sin más que ponderar cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo, esta se puede medir con un aparato llamado fotómetro. La iluminancia constituye un dato muy importante para valorar el nivel de iluminación que existe en un puesto de trabajo, en la superficie de un recinto, en una calle, entre otros.

Tabla 2.5 Iluminancia en Diferentes Ambientes

Lugar	Iluminancia (lx)
Medio día de verano	100.000 lx
Puesto de trabajo bien iluminado	1.000
Buen alumbrado publico	20 a 40 lux
Noche de luna llena	0.25 lx
Noche de luna nueva (Luz de las estrellas)	0.01 lx
Buena iluminación	500 lx

2.4.4 Luminancia (L)

Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m^2 la fórmula que expresa la luminancia es:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} \quad \frac{cd}{m^2} \quad (2.3)$$

Donde: $S \cdot \cos \alpha$ es la superficie aparente, I es la intensidad luminosa, α es el ángulo entre la superficie y la dirección de observación.

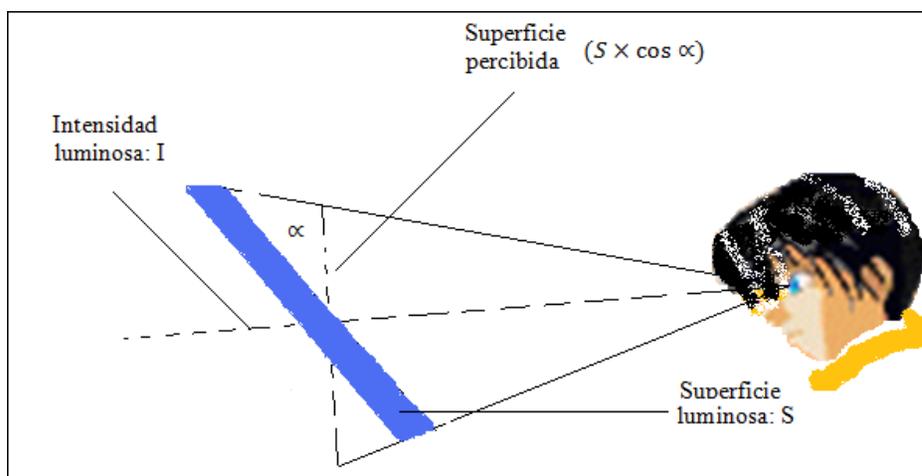


Fig. 2.5 Concepto de luminancia.

Tabla 2.6 Valores Aproximados de Luminarias de Fuentes Naturales y Artificiales (Lámparas OSRAM).

Fuentes	Luminancias
Sol	150.000 cd/m ²
Cielo despejado	0,03 a 0,5 cd/m ²
Cielo cubierto	0,25 cd/m ²
Luna	0,7 cd/m ²
Llama de una vela de cera	100 a 200 cd/m ²
Lámpara incandescente clara	5 a 50 cd/m ²
Lámpara incandescente mate	1 a 5 cd/m ²
Lámpara incandescente opal	0,75 cd/m ²
Lámpara fluorescente L 40W/20	11 cd/m ²
Lámpara de mercurio de alta presión HQL-400W	700 cd/m ²
Lámparas de halogenuros metálicos HQI-T 400W	500 cd/m ²
Lámpara de sodio a alta presión NAV180W	10 cd/m ²
Lámpara de xenón XB0 2500W	72.000 cd/m ²
Lámpara de vacublitz AG-3B	50.000 cd/m ²
Lámparas de efluvios (Glimm)	0,02 a 0,05 cd/m ²
Papel blanco con iluminación de 1000 lux	250 cd/m ²
Calzada de una calle bien iluminada	2 cd/m ²

2.5 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

La causa principal es el mal diseño de las luminarias que envían parte de la luz por encima de la horizontal, repercutiendo directamente en la factura energética y en el medio ambiente.

2.5.1 Generalidades

Se entiende por contaminación lumínica, como la dispersión por la atmósfera de los excedentes de luz artificial que se pierde y se escapan principalmente del alumbrado público. Normalmente debido a una mala gestión de los sistemas de alumbrado, la luz de estos artefactos, no es dirigida hacia el suelo para poder cumplir su función, que por supuesto es la de iluminar la ciudad y no el cielo, sino que es dispersada alrededor del foco iluminado, con la misma intensidad de luz hacia el suelo que hacia el cielo. Esto provoca que la luz que ilumina por encima del horizonte, no cumpla con su cometido y por consiguiente es lanzada hacia la atmósfera con el consecuente desperdicio energético estimado en varios miles de bolívares

anuales. El impacto ambiental de la contaminación lumínica no puede eliminarse totalmente pero, con las medidas adecuadas, puede reducirse notablemente, lo que redundaría en el consiguiente ahorro energético para el Gobierno.

2.5.2 Dispersión hacia el cielo

La dispersión hacia el cielo se origina por el hecho de que la luz interactúa con las partículas del aire, desviándose en todas direcciones. El proceso se hace más intenso si existen partículas contaminantes en la atmósfera como: humos, partículas sólidas o simplemente, humedad ambiental, ver figura 2.6. La expresión más evidente de esto es el característico halo luminoso que recubre las ciudades, visible a centenares de kilómetros según los casos y las nubes refulgentes de luz.



Fig. 2.6 Dispersión de luz hacia el cielo.

2.5.3 Deslumbramiento

Se origina cuando la luz de una fuente artificial incide directamente sobre el ojo, y es tanto más intensa cuando más adaptada a la oscuridad esté la visión. Al ser este un efecto indeseado, toda luz que la origina no se aprovecha, cosa que no solo es un despilfarro, sino que constituye un elemento evidente de inseguridad vial y personal. El modelo luminotécnico vigente prima el deslumbramiento por que se basa en la falsa concepción de que el exceso de luz incrementa

la visibilidad y los ciudadanos inconscientes de ello, demandan más luz a los responsables públicos, como lo es Cadela, en la creencia de que su seguridad personal aumenta con el exceso.

Por otra parte se debe tener en cuenta la intrusión lumínica, que se produce cuando la luz artificial procedente de la calle entra por las ventanas invadiendo el interior de las viviendas. Su eliminación total es imposible, porque siempre entrará un cierto porcentaje de luz reflejada en el suelo o en las paredes, pero de aceptar esto a tener que tolerar como inevitable ciertos casos de descontrol luminotécnico, como el colocar lámparas frente a las ventanas sin un debido apantallamiento o iluminar fachadas, hay un abismo.



Fig. 2.7 Apreciación de deslumbramiento e intrusión lumínica.

2.5.4 Efectos y Consecuencias de la Contaminación Lumínica. [Ereú, 2007]

Los principales efectos productos de la contaminación lumínica ocasionados por el alumbrado público por lo general son las siguientes:

- La entrada indeseada de luz en las viviendas es molesta para los vecinos al iluminar las fachadas y ventanas de los edificios con luz no dirigida hacia el suelo.

- Constituye un gran riesgo para los conductores debido a su potencial de deslumbramiento.
- Efectos medioambientales sobre el firmamento, refiriéndonos al entorno oscuro que es afectado por el brillo artificial del cielo, pérdida de la visión del cielo estrellado.
- Efectos medioambientales sobre la vida de los animales, sobre los pájaros, que huyen de la ciudad.
- El paso de una carretera muy iluminada a otra con menos iluminación. El circular por calles con iluminación brillante en el campo de visión, debido a luminarias prismáticas, globos, proyectores inclinados en plazas o faroles de instalación anexas a carreteras, entrañan un peligro.

2.5.5 Medidas para Evitar la Contaminación Lumínica. [Ereú, 2007]

- Adecuar los niveles de iluminación a las recomendaciones y normas generales para la realización de proyectos de alumbrado públicos.
- Eliminar los obstáculos a las luminarias. Se podrá reducir una parte importante de la contaminación lumínica si el flujo luminoso, en lugar de encontrarse con las fachadas, pudiera llegar al suelo.
- Modificación y retiro adecuado de todas las luminarias esféricas, con difusor tipo globo. Este tipo de luminarias son las de menor rendimiento energético ya que más del 50% de la iluminación se pierde hacia el cielo, iluminando mejor las fachadas y ventanas que el propio suelo.
- Sustitución de las luminarias con difusor de vidrio estriado, en forma de globo, que lanza un importante porcentaje de su flujo hacia el cielo, por otras de vidrio liso plano que no sobresalga de la base de la luminaria.

- Mejorar el diseño de los faroles antiguos para que no lance su luz hacia el cielo.
- Exigir en todo proyecto urbanístico que el alumbrado público se haga con criterios de ahorro utilizando las luminarias con mejor eficiencia energética.
- Utilizar proyectores asimétricos, o pantallas adecuadas para reducir el flujo luminoso hacia arriba.

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Este capítulo presenta un estudio de los sistemas de alumbrado público existentes en el casco central de la ciudad de Mérida, con un levantamiento detallado sobre la disposición y ubicación de los puntos de iluminación. Para presentar un análisis de la zona en estudio, se diseñó una encuesta, que consiste en un conjunto de preguntas o alternativas respecto a una o más variables a ser medidas, adecuadas a cada uno de los objetivos, para garantizar que estos faciliten los elementos de valor en estudio, de una manera complementaria.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LOS PLANOS DE AUTOCAD Y RECONOCIMIENTO DE LOS CIRCUITOS

Para leer los planos de forma clara se hace necesario conocer la simbología utilizada; aunque mucha de esta simbología es fácil de entender, existen otras características dentro del dibujo que son de gran utilidad pero no son fácilmente comprensibles. Por ejemplo los seccionadores pueden aparecer en el plano sin nombre, pero algunos de ellos tienen una identificación cuyo significado aparece en la Figura 3.1. Igualmente sucede con la identificación de los conductores, pues la identificación de las líneas aéreas difiere de las subterráneas.

Además de la simbología presente en la figura 3.1, en los planos se encuentran otras pero que son fácilmente comprensibles, y no presentan mayor dificultad para su identificación, puesto que el plano como tal tiene su leyenda o representación de su simbología.

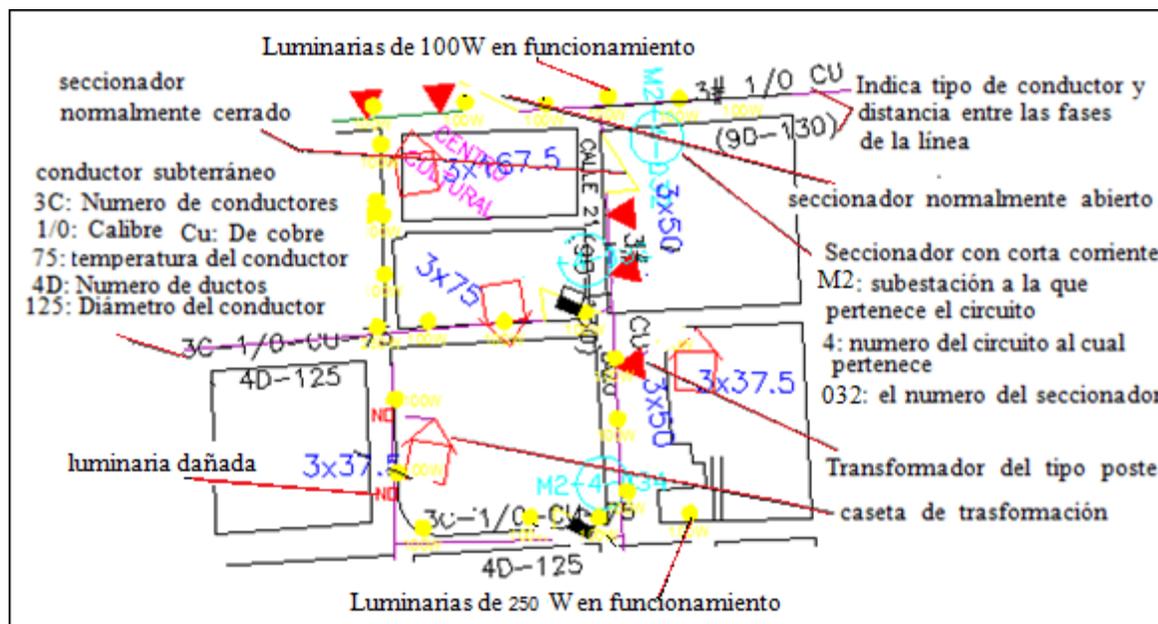


Fig. 3.1 Simbologías utilizadas en los planos de Autocad para los sistemas existentes.

En los anexos, se presentan dos planos, en el plano 1/2 en el anexo C, se puede apreciar la ubicación de cada uno de los puntos de iluminación, su disposición y distancia entre puntos, es decir entre postes, que están representados en dichos planos con puntos amarillos para las luminarias en funcionamiento, bien sea para 100W como para 250W, en vapor de sodio de alta presión, y con un punto amarillo denotado con (No), para representar que esa luminaria no está en funcionamiento. Por otra parte en el plano 2/2 en el anexo D, se muestra la conformación de cada punto de iluminación, es decir, los postes en detalle con sus bancos de transformación, los postes sencillos y doble brazo, brazos de las luminarias, cajas de control subterráneas, entre otros.

3.2 LEVANTAMIENTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DATA DEL SISTEMA

Con el objetivo de diagnosticar y conocer el comportamiento de los sistemas, se tomó un plano base de la ciudad de Mérida, ver figura 3.2, en el cual, la zona en estudio se encuentra demarcada con un cuadro de color rojo, que comprende el casco central, donde se muestra en detalle las calles y avenida a escala. Sobre dicha zona del plano se hicieron los levantamientos

a escala de los puntos de iluminación, ya que no se contaba con esa información, todo esto, con el fin de verificar la situación actual y recabar información acerca del sistema y de esta manera poder visualizar los puntos críticos, es decir, donde no existe alumbrado público y aquellos sectores donde no se presenta simetría en la instalación, debido a las distancias entre los puntos de iluminación. Dichos levantamientos y medidas fueron realizados en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre del año 2008, para su posterior digitalización, cuya información de los levantamientos esta contenida en el anexo C.



Fig. 3.2 Plano base en Autocad de la ciudad de Mérida (CADAFE, Digitalizó TSU Carlos Cerrada, Marzo, 2007)

Una vez obtenidos los levantamientos, se realizaron las medidas de la iluminación sobre la calzada de ciertos sectores considerados con poca y mucha iluminancia (Lux), con ayuda de un luxómetro marca YEM con precisión mínima de $\pm 5\%$; las medidas fueron realizadas en base a la norma Venezolana COVENIN 2249- 93 (Iluminancia en tareas y aéreas de trabajo) “la cual establece que para aéreas públicas la Iluminancias es de 20 – 30 – 50 Lux, general en toda el área” para garantizar la medición de iluminación, se tomaron los datos a nivel de la calzada, es decir, el plano de colocación del luxómetro fue la calzada dejando el aparato, un tiempo suficiente con el fin de estabilizar el instrumento a la iluminancia existente, para ello, se dividió la calle a evaluar la iluminación, en sectores iguales no mayores a un área de 1 metro, midiendo la iluminancia en el centro de cada área unitarias en estudio, pero debido a que la zona, es decir, la muestra global, es muy extensa se tomaron algunos sectores de

manera representativa, dichas medidas fueron tomadas en el mes de Marzo y Abril del año 2009, bajo cielo despejado y a las 12am, con el fin de evitar la influencia de las personas que pueden afectar los datos tomados en campo, y sin la incidencia de fuentes de luz extrañas al sistema, como por ejemplo de los vehículos. Por otra parte cabe destacar, que las mediciones tomadas en campo, valen únicamente para las condiciones existentes durante las mediciones y por ello es necesario establecer todas las condiciones ambientales y factores que puedan afectar los resultados.

3.2.1 Ordenamiento de la Data

En el mes de Octubre se tomó el plano base representado en la figura 3.2, una vez obtenida esa información se procedió a realizar los levantamientos de los puntos de iluminación para saber con exactitud el posicionamiento de cada poste con luminarias y el espaciamiento entre ellos que va desde los 18 metros hasta los 42 metros de distancia, y de esta manera verificar la simetría de la instalación, y poder visualizar qué luminaria funciona y cuál no, ver figura 3.3, (Plano 1/2 contenido en el anexo C); dichas medidas fueron tomadas con una cinta métrica de 50 metros de longitud.

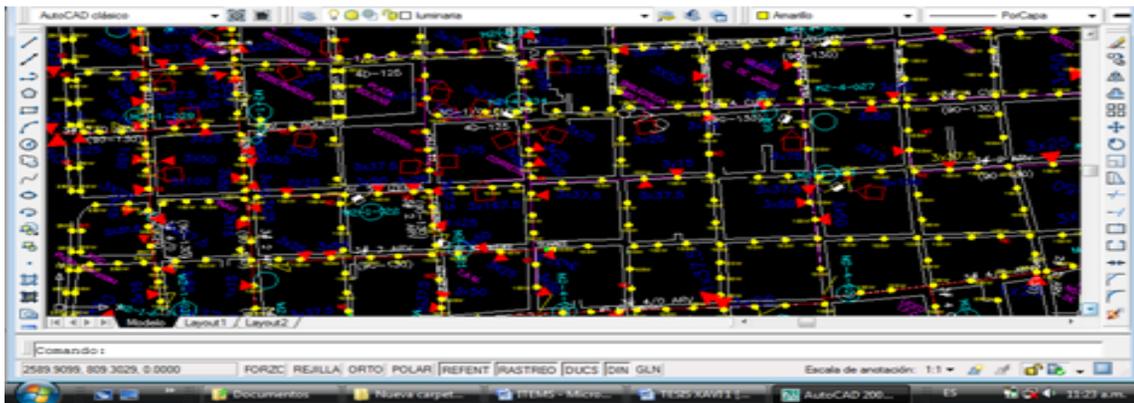


Fig. 3.3 Levantamiento de los puntos de iluminación existentes en el casco central.

Posteriormente, se tomó una muestra representativa de algunos sectores, para realizarle las medidas de la iluminación sobre la calzada y obtener unas cuadrículas, para ello, se utilizó un luxómetro, dichas medidas fueron tomadas por cada sector escogido en el mes de Marzo y Abril del 2009, para obtener la uniformidad global y bilateral, incluyendo las curvas isolux

que describen los datos, debido a que en las cuadrículas, si se unen los puntos cuyo valor de iluminación sea igual, se obtiene un conjunto de curvas isolux, es decir, que poseen la particularidad de tener un mismo número de lux. Este tipo de representación determina las características de iluminación del alumbrado existente, de manera que unas curvas isolux muy espaciadas dan idea de que el nivel de iluminación de la superficie se mantiene homogéneo, mientras que una agrupación de curvas isolux significa que existe una variación muy brusca en el nivel de iluminación.

La superficie a estudiar abarca toda la calle (no se distingue entre calzada y acera), con el fin de comprobar y verificar la iluminación mínima suficiente, iluminación excesiva, iluminación insuficiente, iluminación normal estándar, todo ello se logra al comparar con los valores recomendados por la CIE, segunda edición, 1975. Expuestos en la siguiente tabla;

Tabla 3.1 Parámetros Fotométricos en la Iluminación de Carreteras. [CIE-1975]

Clase de calzada		Alrededores	Nivel de luminancia	Coeficiente de uniformidad		Control de deslumbramiento	
			Luminancia media sobre la calzada = L_{med} (Cd/m ²)	Media	Longitudinal	Índice de l control	Incremento <=
				$U = l_{min}/l_{m}$	UI	>=	Umbral TI (%)
A	Autopistas	Cualquiera	2	0.4	0.7	6	10
B	Autovías	Claros, oscuro	2y 1			5,6	10 y 10
C	Carreteras interurbanas y principales	Claros, oscuro	2y 1	0.5	0.5	5,6	20 y 10
D	Carreteras rural o urbana de todo uso	Claros	2			4	20
E	Carreteras colectoras, calles urbanas, tipo A	Claros, oscuro	2y 1			4,5	20 y 10

El nivel de luminancia recomendado es el valor en servicio de la luminancia media de la superficie de la calzada. Para mantener este nivel debe considerarse un factor de 0,8 como máximo, según el tipo de luminaria y el grado local de contaminación atmosférica. En vista de la escasa experiencia actual en el empleo del concepto del incremento umbral TI, este trata de la visibilidad justa de un objetos cuando no hay deslumbramiento (contraste umbral) no se puede ver cuando lo hay, a menos que se aumenten los contrastes reales, por ello, es preferible no exceder de un valor 2/3 del indicado. El coeficiente de uniformidad longitudinal UI, es la razón entre la iluminación mínima y máxima en la línea paralela al eje de la calzada que pasa por el lugar del observador. Para ello, éste se coloca en el centro de la vía de tráfico.

3.2.2 Simplificación del Cálculo de Iluminación.

En el cálculo de la iluminación de una superficie, ésta se divide en superficies muy pequeñas y se calcula la iluminación en un punto medio de cada pequeño trozo. (Ver figura 3.4); Su representación se hace confeccionando una figura que tenga la altura correspondiente con el valor de la iluminación de cada punto.

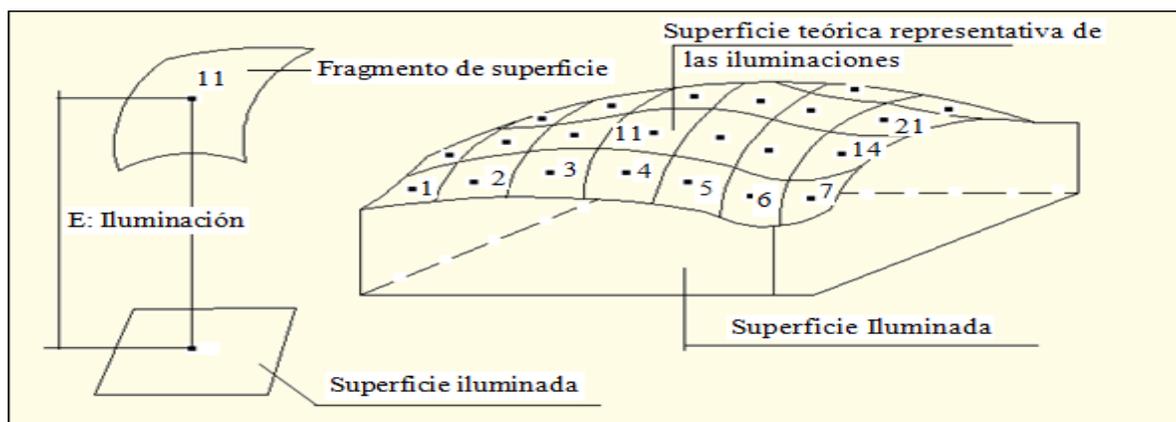


Fig. 3.4 Superficie teórica representativa para el cálculo de la iluminación.

Al seccionar la figura anterior con los planos de una altura fija, todos los puntos de corte del plano con la superficie desarrollada toman unas curvas cuyos puntos tienen la misma iluminación, ver figura 3.5, la proyección horizontal de estas curvas, se denominan curvas isolux o curvas de igual iluminación.

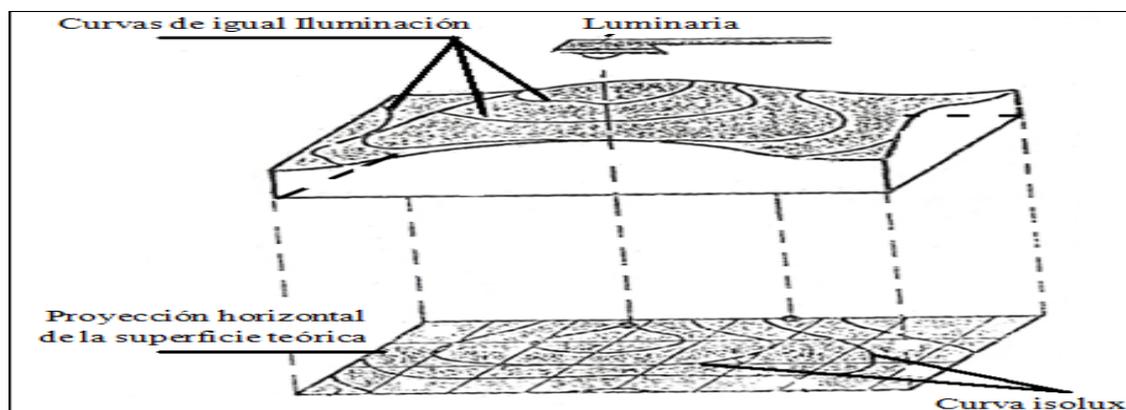


Fig. 3.5 Proyección horizontal de la superficie teórica.

Para simplificar los cálculos de las iluminaciones en cada punto, se toman las curvas isolux características de cada luminaria, en las que los valores de las curvas son los correspondientes a 1 m de altura y a un flujo luminoso de 1.000 lúmenes, de esta manera que el número de lux E_p será:

$$E_p = \frac{n \cdot \theta}{1.000 \cdot H^2} \cdot E_1 \quad (3.1)$$

Siendo n = número de lámparas que aloja la luminaria, θ = el flujo en lúmenes de cada lámpara, H = la altura de montaje de la luminaria, E_1 = la iluminación indicada para ese punto. Para las luminarias en funcionamiento en el casco central su flujo luminoso es de 9.500 lumen, la altura de montaje de la luminaria es de 6 metros y se aloja una lámpara por cada luminaria. En donde la norma establece para la iluminación de exteriores de 20 – 50 Lux.

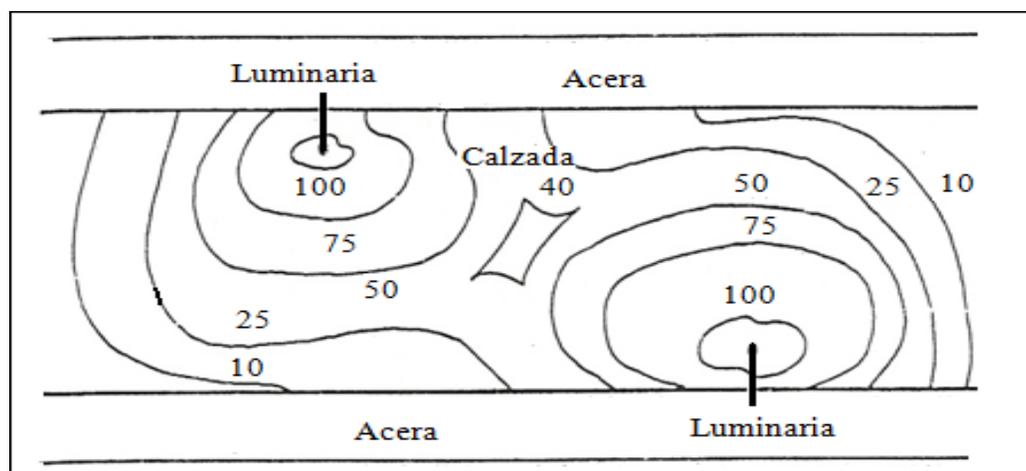


Fig. 3.6 Curvas Isolux características.

3.2.3 Estudio de los Datos Obtenidos con el Luxómetro en el Mes de Marzo y Abril (2009)

Tomando como base los datos obtenidos con el luxómetro se realizó una cuadrícula en representación global de la muestra, para la construcción de las curvas isolux características que describen las luminarias en vapor de sodio de alta presión de 100W, en funcionamiento en el casco central de la Ciudad de Mérida, (Ver figura 3.7 y 3.8). Seleccionando el sector con calzada de un ancho de 7 metros y un ancho de aceras de 2 metros, con una altura de montaje

de 6 metros, disposición de luminarias unilateral, modelo APS 100 ó M-200, con interdistancia de poste 30 metros.

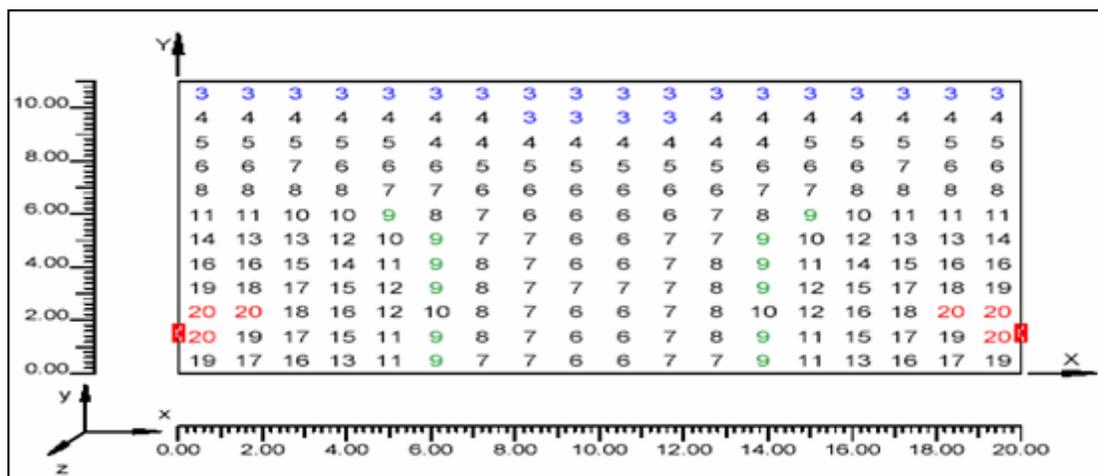


Fig. 3.7 Cuadrícula que muestra la Iluminancia en cada punto.

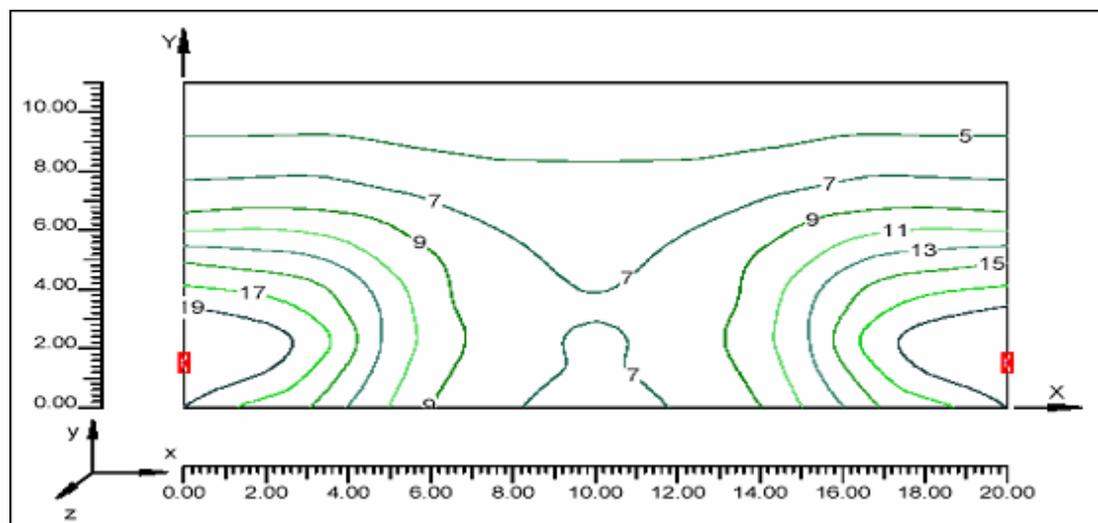


Fig. 3.8 Curvas Isolux.

De las figura anterior 3.7, se debe resaltar que en la parte superior de la cuadrícula que representa la acera frente a la luminaria se obtienen 3,4 lux para una uniformidad de 0,93, en la parte inferior de la cuadrícula que es la acera donde se encuentra la luminaria se obtiene 12 lux, con una uniformidad de 0,53, y para la parte central de la cuadrícula que representa la calzada se tienen 9 lux para una uniformidad de 0,51. En la figura 3.8, Este tipo de

representación determina las características de iluminación del alumbrado existente, de manera que las curvas isolux dan idea de que el nivel de iluminación de la superficie presenta variaciones muy bruscas en el nivel de iluminación y se encuentran muy por debajo de los valores recomendados por la CIE, según lo obtenido con el programa Dialux.

Para el estudio de los sectores o calles seleccionadas se presentará en detalle una tabla con su debida situación de uniformidad global y lateral con opiniones subjetivas para mayor comprensión de la misma. Por otra parte las uniformidades calculadas pueden ser en algunos casos engañosas, debido a que la elección se hace cuando la vía presenta discontinuidad en su iluminación (ver figura 3.9), pero es precisamente la parte en que la uniformidad es mejor. Así pues, en aquellos casos en que existen obstáculos, se procura también que estos afecten lo menos posible a la medida. Se elige hacerlo de esta forma porque existen espacios y calles en que la falta de uniformidad es inconstante. Dada esta característica hay que elegir la superficie que a nivel subjetivo pueda parecer más representativa.

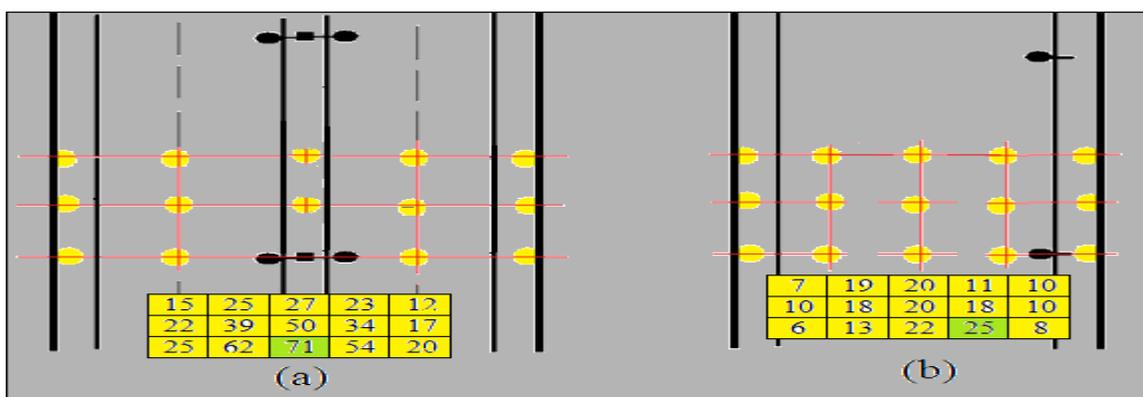


Fig. 3.9 Representación de los puntos de medición, (a) Luminarias de doble brazo con disposición central, (b) Luminarias con disposición lateral.

Como se ha expuesto anteriormente las mediciones se han realizado a nivel del suelo, para el estudio se tomó una muestra de 15 puntos para todos los sectores como se ilustra en la figura 3.9; las medidas fueron obtenidas con el lector en posición horizontal enfocado hacia arriba. Con ello la influencia de los parámetros verticales sobre el suelo por reflexión, son leídos por el luxómetro, pero la sensación de luz por parte del observador, puede no corresponderse con la medición, debido a que él está observando una caja cerrada

lateralmente. Estos parámetros verticales iluminados y no medidos, dan luminosidad al espacio observado, aspecto que no reflejan las mediciones.

Tabla 3.2 Análisis de las medidas fotométricas obtenidas en los diferentes sectores

Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 250W		Disposición de las Luminarias Doble Central					
Opinion Subjetiva		Iluminación mal distribuida, cambios muy bruscos de iluminación					
Medidas de iluminación realizadas en la Av26 Viaducto Campo Elias		Iluminancia					
Altura del Montaje	12 m	Comentario	Maxima	71	25	22	15
Ancho de la calzada	7 m		Minima	12	62	39	25
Ancho de las aceras	2 m	Distribución y alcances incorrectos,	Media	33.13	71	50	27
Interdistancia postes	35 m	Uniformidad deficiente	Urif Global	0.36	54	34	23
Disposicion	2 central		Urif Lateral	0.47	20	18	12
					232	163	102
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 250W		Disposición de las Luminarias unilateral					
Opinion Subjetiva		Iluminación Excesiva y mal distribuida					
Medidas de iluminación realizadas en la Calle 14 Ricaute		Iluminancia					
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	170	25	22	30
Ancho de la calzada	5.80 m		Minima	13	62	39	25
Ancho de las aceras	1.20 m	Distribución incorrecta, alcances elevados	Media	64.8	71	50	20
Interdistancia postes	40 m	Potencia excesiva, uniformidad no adecuada	Urif Global	0.20	130	150	25
Disposicion	Lateral		Urif Lateral	0.38	170	140	13
					458	401	113
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 250W		Disposición de las Luminarias Lateral					
Opinion Subjetiva		Iluminación Excesiva y mal distribuida					
Medidas de iluminación realizadas en Av6, Rodriguez Suares/ calle 18y19		Iluminancia					
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	90	35	40	25
Ancho de la calzada	4.25 m		Minima	5	90	60	25
Ancho de las aceras	1.30 m	Distribución incorrecta, alcances elevados	Media	47	90	50	20
Interdistancia postes	39 m	Potencia excesiva, Uniformidad inadecuada.	Urif Global	0.11	90	60	5
Disposicion	Unilateral		Urif Lateral	0.52	60	40	15
					365	250	90
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 250W		Disposición de las Luminarias Lateral					
Opinion Subjetiva		Iluminación Aceptable con uniformidad inadecuada					
Medidas de iluminación realizadas en Av6, Rodriguez Suares/ calle 20y21		Iluminancia					
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	60	15	15	6
Ancho de la calzada	4.25 m		Minima	3	40	20	12
Ancho de las aceras	1.30 m	Distribución y alcances Correctos,	Media	22.46	55	15	10
Interdistancia postes	35 m	Potencia excesiva, uniformidad deficiente.	Urif Global	0.13	60	20	10
Disposicion	Unilateral		Urif Lateral	0.37	50	6	3
					220	76	41
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W		Disposición de las Luminarias Lateral					
Opinion Subjetiva		Iluminación insuficiente por debajo del mínimo establecido					
Medidas de iluminación realizadas en Av1, Rodriguez Picon/ calle 18y19		Iluminancia					
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	5	2	2	2
Ancho de la calzada	3.65 m		Minima	1	3	3	2
Ancho de las aceras	0.80 m	Distribución y alcances Incorrecto,	Media	3.4	5	5	4
Interdistancia postes	33 m	Luminaria al final de su vida util, uniformidad	Urif Global	0.29	5	4	1
Disposicion	Unilateral	global no es buena	Urif Lateral	0.68	5	4	1
					20	19	12

Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Mala Iluminación por debajo del mínimo establecido					
Medidas de iluminación realizadas en Av2, Obispo Lora / calle 15y16			Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	5	3	3	0
Ancho de la calzada	4.38 m	Distribucion y alcances Incorrecto, Iluminación inadecuada.	Minima	0	5	5	0
Ancho de las aceras	0.70 m		Media	2.73	5	5	0
Interdistancia postes	32 m		Unif Global	0	5	4	0
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.55	21	20	0
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación insuficiente					
Medidas de iluminación realizadas en Av 3, Independencia / calle 25 y 26			Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	10	10	5	2
Ancho de la calzada	4.66 m	Distribución incorrecta y alcances regulares, iluminación mal distribuida, Mal uniformidad.	Minima	0	10	5	2
Ancho de las aceras	1.20 m		Media	4.67	10	5	3
Interdistancia postes	28 m		Unif Global	0	5	5	0
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.47	40	23	7
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación insuficiente					
Medidas de iluminación realizadas en Av 4, Bolivar / calle 23 y 24			Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	15	4	10	3
Ancho de la calzada	6.44 m	Distribución y uniformidad lateral mala, Cambios muy bruscos en los datos fotometricos obtenidos, mala iluminación	Minima	0	7	10	5
Ancho de las aceras	2 m		Media	6.4	15	10	0
Interdistancia postes	41 m		Unif Global	0	10	8	0
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.43	40	46	11
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación correcta suficiente					
Medidas de iluminación realizadas en Av 5, Izerpa / calle 21 y 22			Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	20	12	10	6
Ancho de la calzada	4.94 m	Interdistancia buena, iluminación buena aceptable,	Minima	8	15	15	5
Ancho de las aceras	1.40 m		Media	10.47	20	15	8
Interdistancia postes	29 m		Unif Global	0.76	12	8	8
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.52	67	57	33
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 250W			Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación correcta suficiente					
Medidas de iluminación realizadas en Av 7, Maldonado / calle 16 y 17			Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	45	20	20	8
Ancho de la calzada	6.42 m	Distribución y uniformidad buenos, potencia excesiva, nivel de iluminancia bueno	Minima	8	40	20	8
Ancho de las aceras	1.20 m		Media	17.73	45	10	10
Interdistancia postes	33 m		Unif Global	0.45	35	10	10
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.39	150	74	42
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación incorrecta, insuficiente					
Medidas de iluminación realizadas en Av 8, Paredes / calle 19 y 20			Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	4	2	0	0
Ancho de la calzada	3.68 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia muy bajos.	Minima	0	2	0	0
Ancho de las aceras	0.65 m		Media	1.13	4	2	0
Interdistancia postes	33 m		Unif Global	0	4	1	0
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.28	14	3	0
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación incorrecta, mala					
Medidas de iluminación realizadas en el Pasaje Quintero			Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	4	2	2	0
Ancho de la calzada	4.22 m	Distribucion y uniformidad malos, nivel de iluminancia muy bajos.	Minima	0	4	2	2
Ancho de las aceras	1 m		Media	2	4	3	2
Interdistancia postes	28 m		Unif Global	0	3	2	0
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.5	15	11	4

Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W				Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación muy deficiente e incorrecta						
Medidas de iluminación realizadas en Calle 15, Piñango / Av 5 y 6				Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario		Maxima	5	3	2	0
Ancho de la calzada	4.22 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia inadecuados.		Minima	0	5	4	2
Ancho de las aceras	1 m			Media	2.53	5	3	1
Interdistancia postes	40 m			Unif Global	0	3	2	1
Disposicion	Unilateral			Unif Lateral	0.51	19	15	4
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W				Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación muy deficiente e incorrecta						
Medidas de iluminación realizadas en Calle 16, Araure / Av 4 y 5				Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario		Maxima	5	2	0	0
Ancho de la calzada	4.95 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia inadecuados.		Minima	0	3	3	2
Ancho de las aceras	0.80 m			Media	1.67	5	3	2
Interdistancia postes	34 m			Unif Global	0	5	0	0
Disposicion	Unilateral			Unif Lateral	0.33	15	6	4
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W				Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación muy deficiente e incorrecta						
Medidas de iluminación realizadas en Calle 17, Rivas Davila / Av 6 y 7				Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario		Maxima	5	2	0	0
Ancho de la calzada	5.14 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia inadecuados,		Minima	0	3	3	2
Ancho de las aceras	1.05 m			Media	1.67	5	3	2
Interdistancia postes	26 m	Interdistancia entre poste buena.		Unif Global	0	5	0	0
Disposicion	Unilateral			Unif Lateral	0.33	15	6	4
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W				Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación muy deficiente e incorrecta						
Medidas de iluminación realizadas en Calle 18, Fernandez Peña / Av 4 y 5				Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario		Maxima	3	3	1	0
Ancho de la calzada	5.22 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia inadecuados,		Minima	0	3	2	1
Ancho de las aceras	1.15 m			Media	1.13	3	2	1
Interdistancia postes	25.08 m	Interdistancia entre poste buena.		Unif Global	0	1	0	0
Disposicion	Unilateral			Unif Lateral	0.38	10	5	2
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W				Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación muy deficiente e incorrecta						
Medidas de iluminación realizadas en Calle 19, Cerrada / Av 1 y 2				Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario		Maxima	7	4	2	0
Ancho de la calzada	4.56 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia inadecuados,		Minima	0	6	2	1
Ancho de las aceras	0.60 m			Media	2.4	7	4	1
Interdistancia postes	32 m			Unif Global	0	3	2	1
Disposicion	Unilateral			Unif Lateral	0.34	21	12	3
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W				Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación muy deficiente e incorrecta						
Medidas de iluminación realizadas en Calle 20, Federación / Av 5 y 6				Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario		Maxima	7	4	2	0
Ancho de la calzada	4.70 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia inadecuados,		Minima	0	6	2	1
Ancho de las aceras	1.45 m			Media	2.4	7	4	1
Interdistancia postes	31 m			Unif Global	0	3	2	1
Disposicion	Unilateral			Unif Lateral	0.34	21	12	3
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W				Disposición de las Luminarias Lateral				
Opinion Subjetiva		Iluminación deficiente						
Medidas de iluminación realizadas en Calle 21, Lazo / Av 7 y 8				Iluminancia				
Altura del Montaje	6 m	Comentario		Maxima	15	5	2	0
Ancho de la calzada	4.34 m	Distribución y uniformidad malos, nivel de iluminancia inadecuados,		Minima	0	10	3	1
Ancho de las aceras	1.10 m			Media	3.47	15	4	1
Interdistancia postes	42 m	Interdistancia entre poste excesiva.		Unif Global	0	2	3	0
Disposicion	Unilateral			Unif Lateral	0.23	36	14	2

Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral			
Opinion Subjetiva		Iluminación deficiente				
Medidas de iluminación realizadas en Calle 22, Canunigo Uzcategui / Av 4 y 5			Iluminancia			
Altura del Montaje	6 m	Comentario	Maxima	0	0	0
Ancho de la calzada	7.45 m		Minima	0	0	0
Ancho de las aceras	no cuenta		Media	0	0	0
Interdistancia postes	26 m		Unif Global	0	0	0
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0	0	0
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral			
Opinion Subjetiva		Nivel de Iluminación adecuado				
Medidas de iluminación realizadas en Calle 23, Vargas / Av 7 y 8			Iluminancia			
Altura del Montaje	6 m	Distribución y alcances correctos, nivel de iluminancia inadecuados, Interdistancia adecuada.	Maxima	25	10	6
Ancho de la calzada	4.34 m		Minima	6	20	15
Ancho de las aceras	1.10 m		Media	11.87	25	12
Interdistancia postes	31 m		Unif Global	0.51	12	10
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.47	79	57
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral			
Opinion Subjetiva		Nivel de Iluminación minimo suficiente				
Medidas de iluminación realizadas en Calle 24, Rangel / Av 3 y 4			Iluminancia			
Altura del Montaje	6 m	Distribución incorrecta y alcances regulares, iluminación mal distribuida, uniformidad global mala	Maxima	10	5	4
Ancho de la calzada	6.74 m		Minima	2	5	4
Ancho de las aceras	1.30 m		Media	5.07	10	5
Interdistancia postes	34 m		Unif Global	0.39	10	5
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.51	34	25
Luminaria en Vapor de Sodio de Alta Presión en 100W			Disposición de las Luminarias Lateral			
Opinion Subjetiva		Nivel de Iluminación minimo suficiente				
Medidas de iluminación realizadas en Calle 25, Ayacucho / Av 6 y 7			Iluminancia			
Altura del Montaje	6 m	Distribución incorrecta y alcances regulares, iluminación mal distribuida, uniformidad lateral y interdistancia malas.	Maxima	25	10	4
Ancho de la calzada	4.54 m		Minima	3	10	5
Ancho de las aceras	0.80 m		Media	7.33	25	6
Interdistancia postes	18.38 m		Unif Global	0.41	10	6
Disposicion	Unilateral		Unif Lateral	0.29	63	26

3.3 APLICACIÓN DE ENCUESTAS A LOS USUARIOS DEL ALUMBRADO, PARA EL ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con el objetivo de diagnosticar y conocer aún más de los sistemas en estudio, se presenta el análisis de los datos obtenidos, mediante un conjunto de preguntas o alternativas respecto a una o más variables a ser medidas. Los ítems de la misma se adecuaron a cada uno de los objetivos para garantizar que estos faciliten los elementos de valor, de una manera complementaria con la finalidad de desarrollar los objetivos que se plantearon desde el principio del trabajo actual.

Con el fin de generalizar los resultados, la población estuvo conformada por todas aquellas personas que viven en el casco central de la Ciudad de Mérida, pero, debido a que para esta investigación la elección de los sujetos depende de la accesibilidad de los mismos, a criterio del investigador, quedó entonces definida la población por un número igual a 100 personas, (ver encuestas en anexo A). Por otra parte se aplicó otra serie de ítems a los organismos encargados del alumbrado público existente, para la cual se tomó en consideración una muestra de 10 personas (Ver encuesta en Anexo B). La presentación de los resultados se realizó utilizando dos herramientas básicas de la estadística descriptiva, las tablas de frecuencia y los gráficos para el conjunto de los ítems de la encuesta, con base en sus indicadores, acompañado esto con una descripción de lo que se observa en cada caso, para así alcanzar, a través de los mismos, cada uno de los objetivos propuestos en la investigación.

Tabla 3.3 Análisis del alumbrado público en el sector.

ITEMS		RESPUESTA OBTENIDAS	
¿Como considera que está el alumbrado en el sector?	Excelente	Frecuencia	0
		Porcentaje	0%
	Bueno	Frecuencia	20
		Porcentaje	20%
	Regular	Frecuencia	36
		Porcentaje	36%
Deficiente	Frecuencia	44	
	Porcentaje	44%	
¿Cree usted que el número de luminarias es el adecuado?	Si	Frecuencia	18
		Porcentaje	18%
	No	Frecuencia	82
		Porcentaje	82%

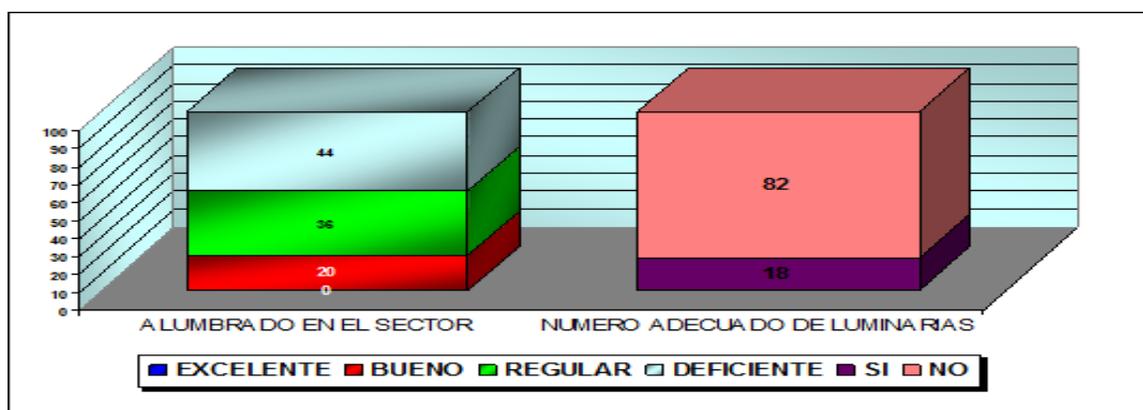


Gráfico 3.1 Análisis del alumbrado público en el sector.

Al observar la gráfica 3.1, se puede establecer que el 44% de los habitantes y usuarios del sector consideran que el alumbrado público existente en el sector es deficiente mientras que una minoría que representa el 20% asegura que se encuentra en buen estado, aunado a esto un 36% considera que esta regular, de las personas evaluadas se encuentra con que gran parte del alumbrado público no cuenta con los niveles y prestaciones de iluminación adecuados a los sectores en estudio. No obstante, puede observarse también, como una mayoría representada por el 82% de los usuarios del alumbrado reconoce que el número de luminaria no es el adecuado, lo que se traduce en deficiencia en el sistema. Mientras que el resto es decir el 18% opina que el número de luminarias es el adecuado.

Tabla 3.4 Funcionamiento e iluminación del alumbrado público en el sector.

ITEM S	RESPUESTA OBTENIDAS		
¿C o m o c o n s i d e r a e l f u n c i o n a m i e n t o d e l a s l u m i n a r i a s E x i s t e n t e s ?	E x c e l e n t e	F r e c u e n c i a	0
		P o r c e n t a j e	0 %
	B u e n o	F r e c u e n c i a	10
		P o r c e n t a j e	10 %
	R e g u l a r	F r e c u e n c i a	24
		P o r c e n t a j e	24 %
	D e f i c i e n t e	F r e c u e n c i a	66
		P o r c e n t a j e	66 %
¿C o m o c o n s i d e r a l a i l u m i n a c i ó n e n l a s c a l l e s ?	E x c e l e n t e	F r e c u e n c i a	2
		P o r c e n t a j e	2 %
	B u e n o	F r e c u e n c i a	5
		P o r c e n t a j e	5 %
	R e g u l a r	F r e c u e n c i a	20
		P o r c e n t a j e	20 %
	D e f i c i e n t e	F r e c u e n c i a	73
		P o r c e n t a j e	73 %
¿C r e e u s t e d q u e e l t i p o d e l u m i n a r i a s s e a e l a d e c u a d o ?	S i	F r e c u e n c i a	7
		P o r c e n t a j e	7 %
	N o	F r e c u e n c i a	93
		P o r c e n t a j e	93 %

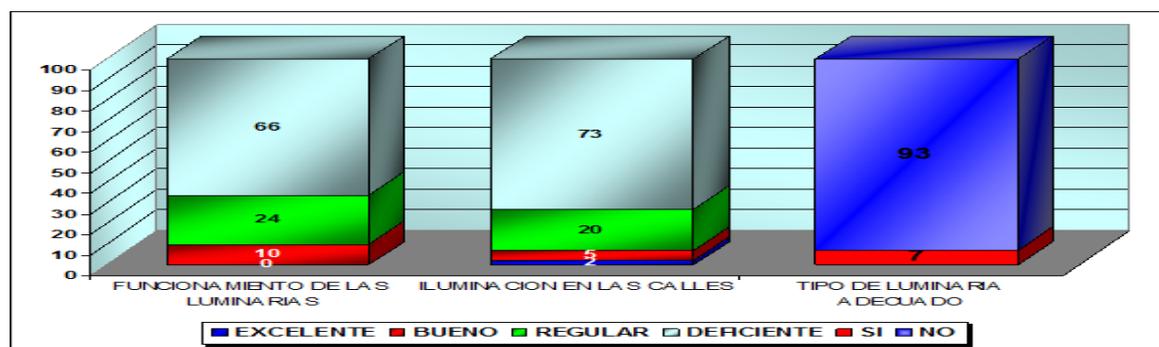


Gráfico 3.2 Funcionamiento e iluminación del alumbrado público en el sector.

Respecto al funcionamiento de las luminarias existentes, se observa en la gráfica 3.2, como afirma un 10% específicamente que las luminarias tienen un buen funcionamiento, mientras

que un 24% reconoce que las luminarias presenta un funcionamiento regular y el 66% restante asegura que el funcionamiento es deficiente. Mientras que el 73% de la población expone que la iluminación en las calles es deficiente, lo cual ratifica los resultados de la iluminación obtenidos con el análisis por sector expuesto en la tabla 3.2. No obstante, se observa como la gran mayoría de las personas, que representa un 93% observan que el tipo de luminaria no es el adecuado para la iluminación de las calles o sectores en estudio, por los bajos niveles de iluminación presentes en las áreas.

Tabla 3.5 Mantenimiento y solución de fallas en el alumbrado público en el sector.

ITEM S			RESPUESTA OBTENIDAS
¿Qué tan frecuente considera usted que es el mantenimiento realizado al alumbrado sector?	Periódico	Frecuencia	7
		Porcentaje	7%
	Esporádico	Frecuencia	21
		Porcentaje	21%
	Escaso	Frecuencia	39
		Porcentaje	39%
	Nunca	Frecuencia	33
		Porcentaje	33%
¿Cuándo se presenta una falla en el alumbrado público del sector, en cuanto tiempo resuelven dicho problema?	1 Día	Frecuencia	4
		Porcentaje	4%
	1 Semana	Frecuencia	20
		Porcentaje	20%
	2 Semanas	Frecuencia	14
		Porcentaje	14%
	Más de 1 mes	Frecuencia	30
		Porcentaje	30%
	Nunca	Frecuencia	32
		Porcentaje	32%

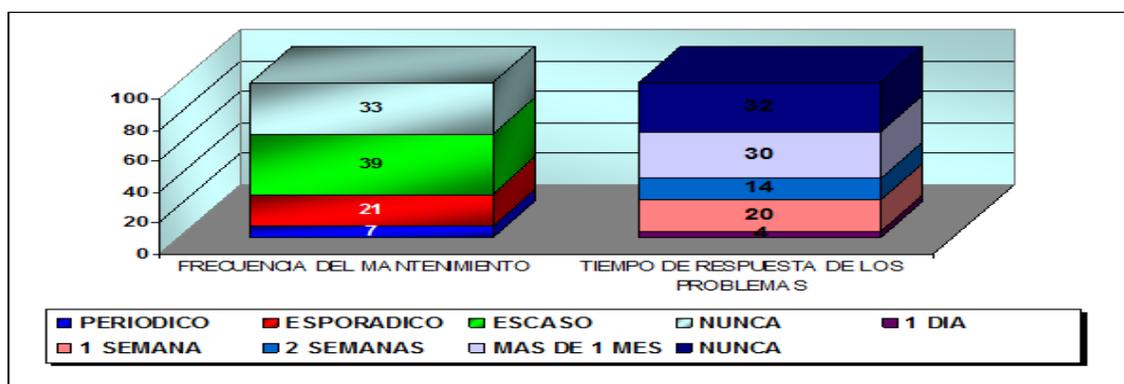


Gráfico 3.3 Mantenimiento y solución de fallas en el alumbrado público en el sector.

A partir de lo presentado en la gráfica 3.3, respecto a la frecuencia con que le hacen el mantenimiento al alumbrado público, puede establecerse que, el 39% de los sujetos, aseguran que el mantenimiento realizado por los organismos encargados es escaso mientras que el 33% observa que nunca le hacen mantenimiento al alumbrado, y es de esperar estos resultados debido a que el organismo encargado de la instalación no cuenta con un plan de mantenimiento, ni predictivo o preventivo, solo aplican mantenimiento correctivos, como lo es el poder público municipal debido a que el servicio es competencia exclusiva del mismo, dentro de su ámbito territorial. Por otra parte se puede observar, que al presentarse una falla en el alumbrado público no se efectúan los cambios pertinentes para solucionar el problema ya que el 32% manifiesta que nunca solucionan la falla en el alumbrado, mientras que el 30% expone que tardan más de 1 mes en solucionarlo, el resto de los encuestados que representan el 38% afirman que en una o dos semanas solucionan el problema si el mismo es llevado a los organismos competente como lo es el poder público municipal, de lo contrario no hay solución a la falla.

Tabla 3.6 Afecciones producidas por el alumbrado público en el sector.

ITEM S			RESPUESTA OBTENIDAS
¿El alumbrado público afecta de alguna manera las Actividades nocturnas realizadas en su hogar?	Si	Frecuencia	78
		Porcentaje	78%
	No	Frecuencia	22
		Porcentaje	22%
¿Cree usted que el alumbrado público existente produzca algún tipo de accidente de tránsito por mucha o poca iluminación?	Si	Frecuencia	64
		Porcentaje	64%
	No	Frecuencia	36
		Porcentaje	36%

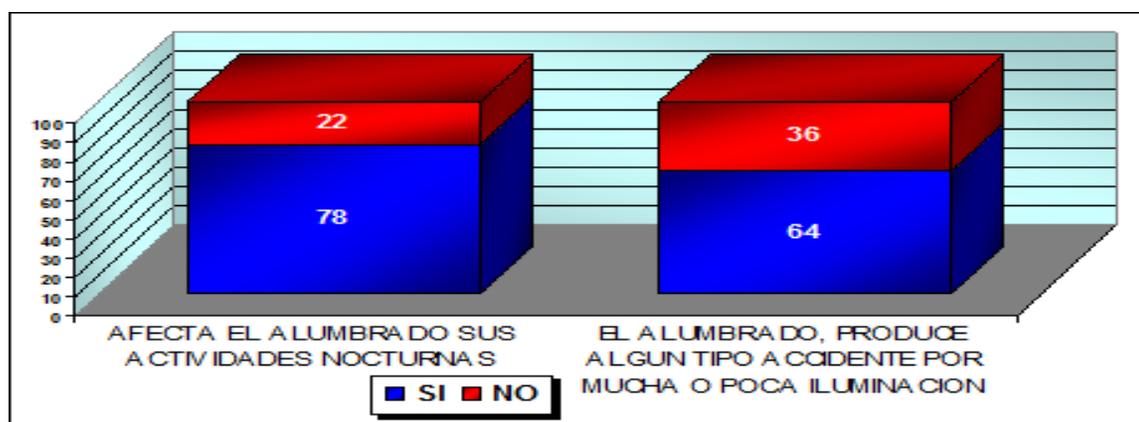


Gráfico 3.4 Afecciones producidas por el alumbrado público en el sector.

Al evaluar los efectos del alumbrado público en el hogar, un 78% de las personas asume que el alumbrado público afecta en gran medida, debido, al mal apantallamiento por parte de las luminarias, lo que se traduce en despilfarro energético, porque gran parte de la iluminación no es dirigida hacia el suelo para cumplir su función, que es la de iluminar la calzada, sino que se esparce por la atmósfera produciendo de esta manera contaminación lumínica, además de que la iluminación procedentes de las lámparas entra por las ventanas invadiendo el interior de la vivienda, produciendo de esta manera intrusión lumínica. El 22% restante asegura que no afecta de ninguna forma las actividades nocturnas realizadas en su hogar. Asimismo, el 64% de ellos afirmó, que debido a la poca iluminación en las calles se producen varios accidente de tránsito, por el simple hecho de no poder identificar con claridad los objetos o peatones en la vía, el 36% restantes asegura que el alumbrado existente no produce ningún tipo de accidente de tránsito ni por mucha o por poca iluminación.

Tabla 3.7 Sugerencia o Recomendación para el Mejoramiento de Alumbrado público.

ITEM S			RESPUESTA OBTENIDAS
¿Que sugiere o recomienda usted, para el mejoramiento o buen desempeño del alumbrado público existente?	Realizar mantenimiento	Frecuencia	34
		Porcentaje	34%
	Colocar luminarias más eficientes	Frecuencia	58
		Porcentaje	58%
	Mas puntos de iluminación	Frecuencia	5
		Porcentaje	5%
	Colocar luminarias a distancias adecuadas	Frecuencia	3
		Porcentaje	3%

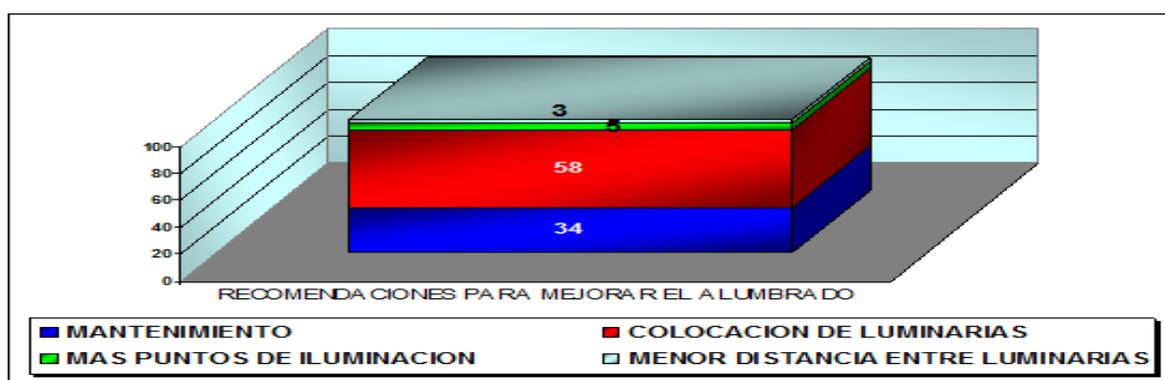


Gráfico 3.5 Sugerencia o Recomendación para el Mejoramiento de Alumbrado público.

Del gráfico 3.5, se puede observar que para la mayoría de las personas encuestadas, es decir, para el 58%, sugieren o recomiendan la implementación de nuevas luminarias que produzcan

mayor luminosidad y uniformidad en el flujo luminoso o que sus datos fotométricos sean mejores, para de esta manera contar con un buen alumbrado público que satisfaga todas las necesidades del usuario.

Por otra parte el 34% de las personas apuestan a que el problema puede resolverse con la realización de un buen plan de mantenimiento que incluya, un reemplazo completo, de balastos, reemplazo de condensadores, de arrancadores, del refractor o protector, cambio completo de los puntos de control del alumbrado, y posteriormente realizarle un seguimiento para garantizar el buen funcionamiento del mismo, analizando de esta manera la puesta en funcionamiento de un plan preventivo para su manejo y adecuación.

Mientras que el 5% de los evaluados creen que el problema se resuelve colocando más puntos de iluminación, y de esta manera acomodar la simetría de la instalación, pero, cabe destacar que mas puntos de iluminación recargaría el sistema existente y por cuestiones de estética no es muy viable la implementación de este sistema. Implicaría la puesta de más postes o brazos sobre las fachadas lo que contribuiría a una contaminación lumínica en masa.

El 3% pone en manifiesto, el reducir el espaciamiento entre poste, pero, esto traería como consecuencia un nuevo replanteo del alumbrado público existente, cosa que no sería muy factible, en lo que se refiere a costos. Mientras que si coloca otra luminaria en los puntos de iluminación existentes y que cumpla con las condiciones necesarias de servicio sería más que suficiente.

3.4 APLICACIÓN DE ENCUESTAS A LOS ORGANISMOS ENCARGADOS, PARA EL ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se muestran una serie de ítems aplicados a los organismos encargados del alumbrado público existente en el casco central de la ciudad de Mérida; para esto se tomó en consideración una muestra de 10 personas. La presentación de los resultados se realizó utilizando dos herramientas básicas de la estadística descriptiva, las tablas de frecuencia y los gráficos, con el propósito de suplir la falta de información sobre el record estadístico se

procedió a la aplicación de un conjunto de ítems de la encuesta, con base en sus indicadores, acompañado esto con una descripción de lo que se observa en cada caso, para así alcanzar, a través de los mismos, los objetivos propuestos.

Tabla 3.8 Plan de mantenimiento y contribución del gobierno para el buen funcionamiento del sistema.

ITEMS			RESPUESTA OBTENIDAS
¿Con qué plan cuentan para el debido mantenimiento del alumbrado público?	Predictivo	Frecuencia	0
		Porcentaje	0%
	Preventivo	Frecuencia	1
		Porcentaje	10%
	Correctivo	Frecuencia	9
		Porcentaje	90%
¿Cree usted que el gobierno contribuye al buen funcionamiento del sistema de alumbrado público?	Si	Frecuencia	1
		Porcentaje	10%
	No	Frecuencia	9
		Porcentaje	90%

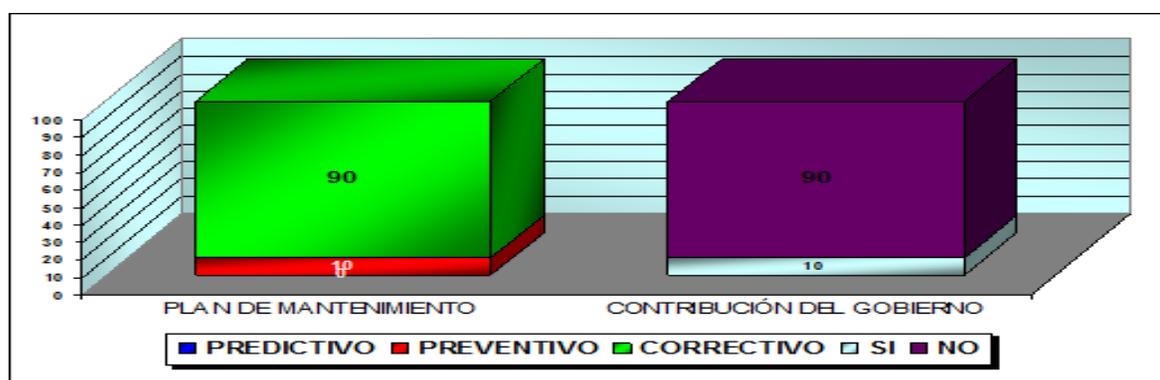


Gráfico 3.6 Plan de mantenimiento y contribución del gobierno para el buen funcionamiento del sistema.

Respecto al mantenimiento del alumbrado público existente en el casco central de la ciudad, se aprecia una carencia total de un mantenimiento predictivo que no es más que una técnica para pronosticar un punto futuro de falla de un componente del sistema, de tal forma que dicho componente pueda remplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Un 10% de las personas encuestadas aseguran que los organismos encargados del alumbrado prestan un mantenimiento preventivo que es la actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de ajustes, reparaciones, limpieza. Mientras que el 90% de los sujetos

encuestados exponen que se cuenta con un mantenimiento correctivo no planificado debido a que son averías imprevistas en el sistema, lo que se traduce en mayor ineficiencia y puede ocasionar problemas de seguridad ciudadana.

Por otra parte el 90% de los encuestados manifiestan que el gobierno no contribuye al buen funcionamiento del sistema de alumbrado público, debido, a que los encargados del alumbrado público no cuentan con una buena dotación de elementos que contribuyan al buen funcionamiento del sistema, mientras que el 10% restante asegura lo contrario.

Tabla 3.9 Criterios de Calidad de servicio, mano de obra calificada y Tipo y Número de luminarias adecuados en el casco central de la ciudad de Mérida.

ITEM S		RESPUESTA OBTENIDAS	
¿Qué criterios de calidad de servicio implementa la empresa para el alumbrado público?	Deficiente	Frecuencia	8
		Porcentaje	80%
	Pésimo	Frecuencia	2
		Porcentaje	20%
¿Cree usted que existe la mano de obra adecuada y calificada para ofrecer un buen servicio y mantenimiento del alumbrado público?	Si	Frecuencia	7
		Porcentaje	70%
	No	Frecuencia	3
		Porcentaje	30%
¿Cree usted que el tipo y número de luminarias sea el adecuado en el casco central de la ciudad de Mérida?	Si	Frecuencia	4
		Porcentaje	40%
	No	Frecuencia	6
		Porcentaje	60%

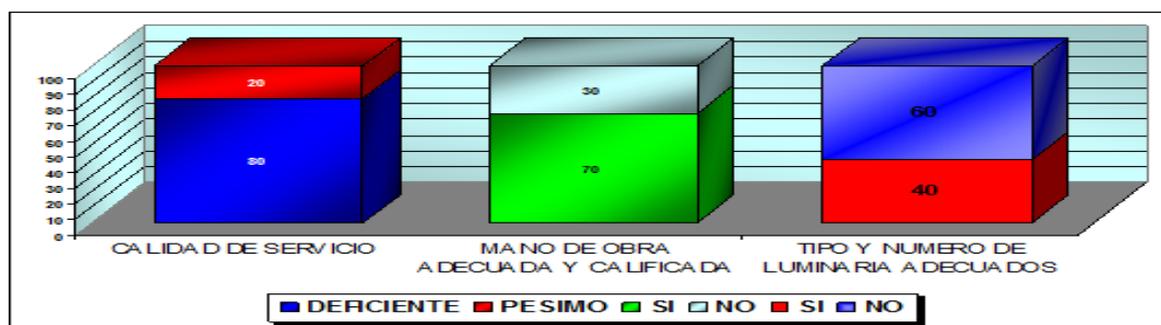


Gráfico 3.7 Criterios de Calidad de servicio, mano de obra calificada, Tipo y Número de luminarias adecuados en el casco central de la ciudad de Mérida.

En cuanto al gráfico 3.7 el criterio de calidad de servicio implementado por parte de CADAFE para el alumbrado público, el 80% de los encuestados lo considera deficiente, ya que el poder público municipal no emite los materiales necesarios para un mantenimiento

preventivo. Para el 20% de los sujetos encuestados aseguran que la calidad de servicio es pésima, por falta de materiales adecuados para la realización de las correcciones necesarias. El 70% de los encuestados pone en manifiesto que existe la mano de obra adecuada y calificada para ofrecer un buen servicio y mantenimiento del alumbrado público, pero pese a la falta de un buen análisis y de materiales disponibles quedan de manos cruzadas frente a la problemática existente, mientras que el 30% restante no está de acuerdo con que exista la mano de obra calificada para ofrecer un buen servicio de alumbrado público a los usuarios.

En cuanto al tipo y número de luminarias en el casco central de la ciudad de Mérida el 60% de los sujetos asegura que no son los adecuados, debido a la falta de iluminación en algunos sectores y a la gran cantidad de asimetría en la instalación, lo que se traduce a un sistema ineficiente e inadecuado, mientras que el 40% asegura que el tipo y número de luminarias existentes en el casco central de la ciudad son los adecuados, pero debido, a los años de funcionamiento están muy desgastados casi en su totalidad.

Tabla 3.10 Inventario para el reemplazo o sustitución de equipos en caso de fallas, procedimientos usados para dar continuidad de servicio en caso que exista pérdidas de conductores de alumbrado.

ITEMS			RESPUESTA OBTENIDAS
¿Con qué inventario cuentan para el remplazo o sustitución de equipos en caso de fallas en el alumbrado público?	Pequeño inventario	Frecuencia	2
		Porcentaje	20%
	Ninguno	Frecuencia	8
		Porcentaje	80%
¿Qué sucede cuando hay pérdida de conductores de alumbrado, qué procedimiento utilizan para dar continuidad al servicio?	Denuncia	Frecuencia	10
		Porcentaje	100%

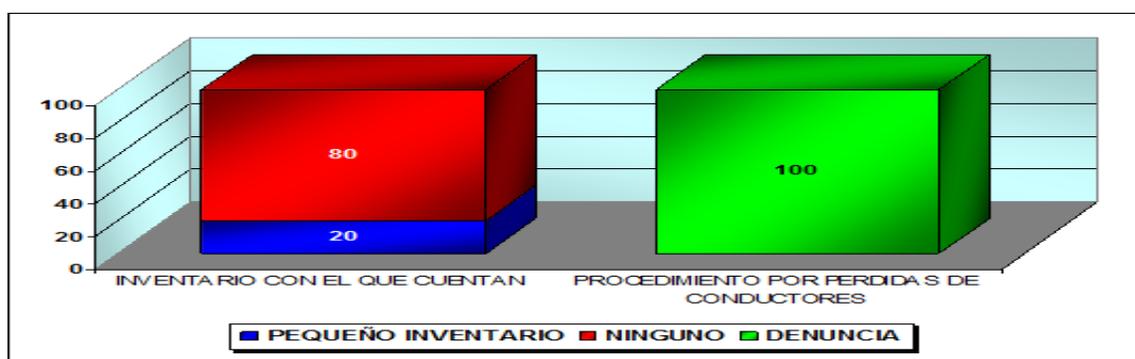


Gráfico 3.8 Inventario para el reemplazo o sustitución de equipos en caso de fallas, procedimientos usados para dar continuidad de servicio en caso que exista pérdidas de conductores de alumbrado.

De lo presentado en el gráfico 3.8, el 80% de los encuestados en la empresa encargada de las reparaciones de los sistemas existentes asegura que no cuenta con ningún inventario, de esta manera al presentarse una falla en el sistema, las reparaciones que deberían realizarse no son ejecutadas por la falta de material disponible, lo que conlleva a una acumulación de fallas por lo que el sistema se vuelve más ineficiente, para el 20% restante pone en manifiesto que la empresa encargada cuenta con un inventario muy mínimo siendo deficiente para satisfacer la demanda. Cuando existe pérdidas de conductor de alumbrado, el procedimiento utilizado para dar continuidad al servicio es a través de la denuncia ante el organismo competente y luego se solicita al almacén de distribución de la zona a través del sistema de alumbrado público, mientras se lleva a cabo este reglamento la falla persiste por largo tiempo, produciendo puntos deficientes y desfavorables en el sistema.

Tabla 3.11 Accidentes debido a la falta de alumbrado público y frecuencia con que realizan el mantenimiento al sistema.

ITEM S			RESPUESTA OBTENIDAS
¿Se ha reportado algún tipo de accidente por falta de alumbrado público?	Si	Frecuencia	9
		Porcentaje	90 %
	No	Frecuencia	1
		Porcentaje	10 %
¿Qué tan frecuente se le realiza el mantenimiento al alumbrado público del casco central de la ciudad de Mérida?	Periódico	Frecuencia	2
		Porcentaje	20 %
	Esporádico	Frecuencia	4
		Porcentaje	40 %
	Escaso	Frecuencia	4
		Porcentaje	40 %
Nunca	Frecuencia	0	
		Porcentaje	0 %

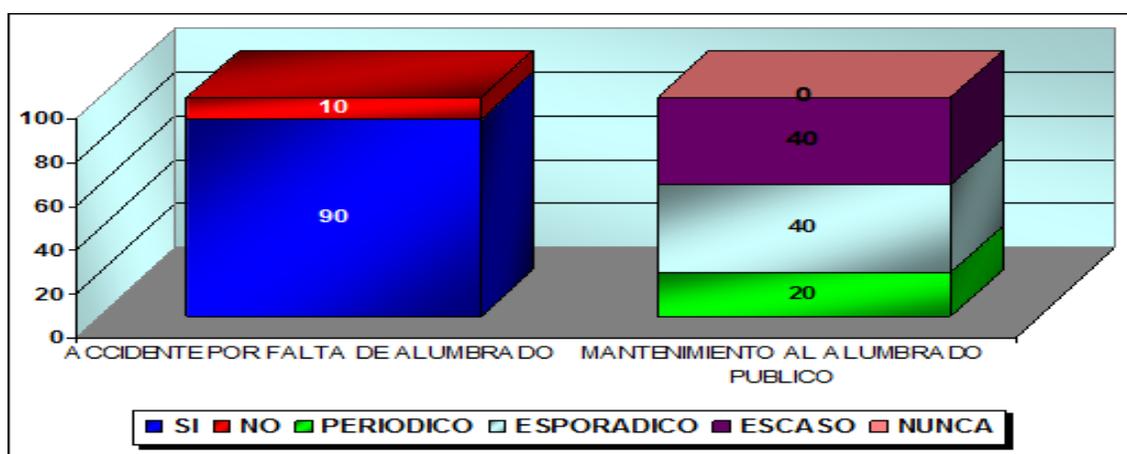


Gráfico 3.9 Accidentes debido a la falta de alumbrado público y frecuencia con que realizan el mantenimiento al sistema.

A partir de lo presentado en la gráfica 3.11, respecto a la presencia de accidentes de tránsito debido a la falta de alumbrado público, el 90% afirma que muchos de ellos es producto de un mal funcionamiento del alumbrado, al carecer de buena iluminación las vías, dificulta la visión para los conductores por lo que no pueden diferenciar, ni ver con exactitud a los objetos o peatones en la vía. Mientras que el 10% restante asegura que una mala iluminación en las calles y avenidas no influye en gran medida al índice de accidentes de tránsito. Por otra parte, el 20% de los encuestados asegura que a los sistemas existentes en casco central se le realiza un mantenimiento periódico, pero al carecer los organismos encargados de un plan de mantenimiento predictivo o preventivo no se puede llevar a cabo dicho mantenimiento periódico; cabe destacar que el 40% considera que el mantenimiento realizado al alumbrado existente es esporádico, mientras que el 40% restante reconoce que el mantenimiento es escaso, de esta manera debido a los años de funcionamiento del sistema y por la falta de análisis y de mantenimiento el sistema se encuentra en un estado deplorable e ineficiente.

Tabla 3.12 Sugerencia y recomendaciones para el mejoramiento y buen desempeño del alumbrado público.

ITEMS			RESPUESTA OBTENIDAS
¿Qué sugiere o recomienda usted, para el mejoramiento o buen desempeño del alumbrado público?	Que se dote de material para el mantenimiento	Frecuencia	4
		Porcentaje	40%
	que el A/P se administre por CADA FE	Frecuencia	2
		Porcentaje	20%
	Debe existir otro tipo de luminarias	Frecuencia	4
		Porcentaje	40%

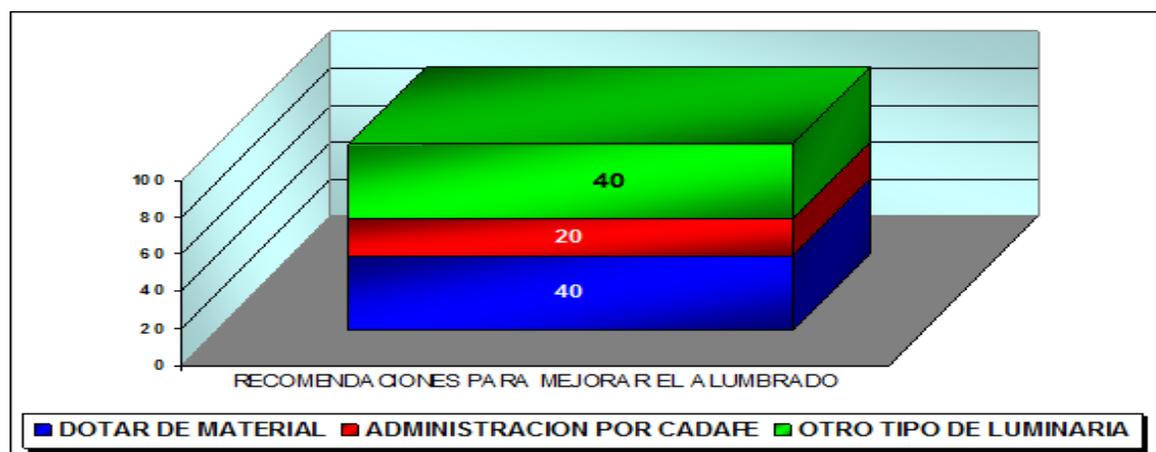


Gráfico 3.10 Sugerencia y recomendaciones para el mejoramiento y buen desempeño del alumbrado público.

Del gráfico 3.10, se puede observar que para un 40% de las personas encuestadas, sugieren o recomiendan la dotación de materiales adecuados para el mantenimiento del alumbrado, por parte del poder Municipal, debido a que es de su responsabilidad, por ello, el alumbrado público al estar gestionado por entidades públicas y sometidas a condiciones de servicio, puede ser especialmente grave, debido a que no cuenta con ningún plan de mantenimiento, por lo que hoy en día el sistema de alumbrado eléctrico de la zona del casco central de la ciudad de Mérida, está desgastado en su totalidad. Por ello, el 20% de los sujetos proponen que el alumbrado público vuelva al sistema antiguo en donde sea administrado por CADAPE, para de esta manera contar con un buen alumbrado público que satisfaga todas las necesidades del usuario.

Por otra parte, el 40% de las personas recomiendan la implementación de nuevas luminarias que produzcan mayor luminosidad y uniformidad en el flujo luminoso o que sus datos fotométricos sean mejores, con el debido apantallamiento de las luminarias para no producir despilfarro de energía y evitar de esta manera la contaminación ambiental por parte de los excedentes de flujo provenientes de las lámparas.

3.5 ANÁLISIS SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo con la definición de Iluminancia e luminancia, en la tabla 2.5 y 3.1, se habla de que la iluminancia constituye un dato muy importante para valorar el nivel de iluminación que existe en un puesto de trabajo, en la superficie de un recinto, en una calle, entre otros. Plantea que en un buen alumbrado público los niveles de iluminancia van de 20 a 40 lux y los parámetros fotométricos en la iluminación de carreteras como el coeficiente de uniformidad y uniformidad longitudinal.

- De los estudios realizados en este capítulo, en las figura 3.7 y 3.8, se aprecia que la iluminancia en el estudio general se encuentran justo por debajo de los niveles establecidos por la CIE, cuenta con 9 lux a un nivel de 1 metro de altura, para ser más precisos. Recordando que las curvas isolux dan idea de que la iluminación de la superficie presenta variaciones muy bruscas en sus prestaciones, además hay una

cantidad de desarrollos habitacionales y comerciales en el casco central de Mérida que requieren de un buen servicio de alumbrado público, todo esto aunado con la edad de los sistemas de esta instalación, hace necesario el cambio de los sistema existente por luminarias más eficientes y adecuadas a las nuevas tecnologías.

- Ante las medidas tomadas por cada sector escogido en el mes de Marzo y Abril del 2009, para obtener la uniformidad global y bilateral de los sistemas existentes, expuestos en la tabla 3.2, los valores se encuentran muy por debajo de los normales casi en su totalidad. Cabe destacar que algunos sectores si cumplen con los niveles establecidos, pero es debido a que las luminarias que funcionan en ese sector presentan mayor potencia instalada como por ejemplo 250W, por lo que se obtienen niveles de iluminación adecuados, lo que hace obligatoria a través del análisis la puesta en funcionamientos de luminarias de mayor potencia y mejor apantalladas para evitar el desperdicio de energía y contaminación lumínica, donde todo el flujo luminoso cumpla con su cometido de presentar una buena iluminación sobre las aceras y calzada.
- De acuerdo con los resultados obtenidos con la aplicación de encuestas a los usuarios y a los organismos encargados del funcionamiento del alumbrado público, el sistema actual se encuentra muy deficiente al 70% de su totalidad, al no cumplir con los niveles necesarios de prestación de servicio, desde el tipo de luminaria hasta el mantenimiento son pésimos. Lo que se traduce en el aumento de accidentes de tránsito e índice delictivo, degradando la identidad de la ciudad. Por lo tanto en el capítulo siguiente se plantea la puesta en funcionamiento de luminarias más eficientes con mayor potencia instalada, no excesiva, sino al punto de garantizar una iluminación con los niveles de prestaciones adecuados, evitando el sobreconsumo y la contaminación lumínica, y contribuyendo a la seguridad ciudadana.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA PLANTEADA

Después de hacer el estudio de las condiciones de iluminación de cada Calle y Avenida seleccionada, se evidenció que el sistema de alumbrado no tiene una uniformidad aceptable, y con ello se determinó que no existe una buena iluminación. Por lo cual, en este capítulo se presentará la utilización de un software llamado DIALux, capaz de facilitar los cálculos para la implementación de un nuevo sistema de alumbrado, a través de simulación con parámetros y condiciones existentes en la zona y por medio de una demostración animada en 3D.

4.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo principal es apoyarse en la información básica de los nuevos criterios de la CIE (Comisión Internacional de Alumbrado), basado en el concepto de luminancia, sobre todo en lo que se refiere a cuáles son los parámetros fotométricos que se han de utilizar para definir las exigencias de calidad de alumbrado, no solo sobre la calzada, sino tomando en cuenta la zona peatonal, es decir las aceras, para mayor seguridad del tráfico nocturno, proporcionando una información visual suficiente, que permita al usuario poder reaccionar ante cualquier eventualidad de un modo correcto y a su debido tiempo.

Un objeto sólo se puede percibir si la diferencia de iluminancia (contraste) entre su superficie y el fondo tiene un valor mínimo. El valor de contraste que se necesita para percibir el objeto depende del ángulo con el que se vea y de la distribución de la luminancia en el campo de visión del observador. Cuanto mayor sea el ángulo con que se ve el objeto y más alta la luminancia de fondo, mejor será la sensibilidad de contraste del ojo del observador. Cuanto mayor sea la luminancia media de la superficie de la calzada o de la acera, más alta

será la luminancia del fondo y al aumentar sólo la luminancia media de la superficie y, por tanto, la luminancia del fondo de los objetos situados en ella, se mejora la sensibilidad del ojo del usuario, y a la vez el contraste de las posibles obstrucción que haya en la zona.

4.1.1 Luminancia Media de la Superficie (L_{med})

Los peores contrastes siempre se encuentran en los puntos en que la luminancia de la superficie de la calzada o de la acera tiene el valor mínimo. La instalación de alumbrado puede proporcionar una buena luminancia media en la superficie de la calzada, pero puede darse aún unas luminancias mínimas tan bajas en la superficie que el contraste en esos puntos resulta escaso.

Por eso, para asegurar una perceptibilidad suficiente en todos los puntos de la calzada y sobre las aceras, la diferencia entre la luminancia mínima y la media nos da la uniformidad global;

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{med}} \quad (4.1)$$

4.1.2 Deslumbramiento

El aspecto del deslumbramiento relacionado con la fiabilidad de percepción se denomina deslumbramiento fisiológico o incapacidad, que no deberá confundirse con el deslumbramiento molesto o psicológico. El mecanismo por el cual el deslumbramiento se traduce en una pérdida de perceptibilidad se comprende mejor suponiendo que el ojo tiene lugar un proceso de dispersión de la luz. La dispersión en la dirección de la retina actuará como una equivalente brillante, superpuesta a la imagen nítida. Esta resultante se puede considerarse que tiene una luminancia equivalente proporcional al grado de dispersión del deslumbramiento en la dirección de la retina. Para definir la sensación visual global hay que sumar todas las luminancias en la escena.

Un objeto que sea justamente visible cuando no hay deslumbramiento (contraste umbral) no se puede ver cuando lo hay, a menos que se aumenten los contrastes reales. La cantidad de contraste extra que hace falta para volver a ver justamente el objeto cuando hay deslumbramiento, es la medida por la que se expresa la pérdida de perceptibilidad causada por deslumbramiento de incapacidad. Esta cantidad tal como indica la CIE, se obtiene tomando el incremento de contraste de umbral relativo necesario de un objeto visto con un ángulo de 8° y se llama incremento umbral, TI.

Por consiguiente, para restringir el efecto molesto del deslumbramiento en la perceptibilidad hay que especificar un límite para el incremento umbral, TI. Este incremento se puede determinar usando las cifras de luminancia promedio y la luminancia media de la superficie en estudio, de este modo puede demostrarse que, con luminancias medias en la superficie de la calzada o aceras comprendidas entre 0,05 y 5 cd/m², el incremento umbral puede calcularse por;

$$TI = 65 \cdot \frac{L_{vela}}{(L_{med})^{0.8}} (TI_{en\%}) \quad (4.2)$$

4.1.3 Parámetros que Influyen en la Comodidad Visual

Las provisiones de comodidad visual en las aceras y en la calzada no es un lujo, sino una de las más importantes condiciones de la seguridad de tráfico peatonal y autovilístico. Una instalación de alumbrado público que no proporcione comodidad visual se traducirá en una falta de concentración por parte de los usuarios, lo que a su vez reduce su velocidad de reacción. Además, la falta de comodidad visual tiene también una influencia sobre el rendimiento de los ojos del usuario, cuya sensibilidad de contraste disminuye.

El grado de comodidad visual será mejor cuando más alto sea el nivel de adaptación de los ojos del usuario lo que a su vez depende de la luminancia media de la superficie en estudio, bien sea la calzada o las aceras, siempre que se mantenga por debajo del nivel de deslumbramiento. Así pues, de modo similar a la condición de fiabilidad de percepción, esto

nos lleva desde el punto de vista de las condiciones de la comodidad visual, a una exigencia en función de la luminancia media de la superficie estudiada, L_{med} .

Otro aspecto importante es el orden en que se suceden las zonas oscuras y brillantes en la superficie delante de los usuarios al circular por ella. Los efectos llamados “cebra”, se pueden reducir limitando la diferencia de luminancia entre los puntos más oscuros y más brillantes. El parámetro de este efecto es la uniformidad longitudinal;

$$U_0 = \left(\frac{L_{med}}{L_{max}} \right)_{Long} \quad (4.3)$$

El deslumbramiento tendrá lógicamente un efecto molesto sobre la comodidad visual. La sensación de molestia dependerá de varias características de las luminarias y de la instalación de alumbrado. Se ha obtenido una medida del deslumbramiento límite a partir de varias investigaciones, que es la señal de control del deslumbramiento, G.

Se ha podido deducir la señal de control del deslumbramiento G a partir de las siguientes características de las luminarias y de la instalación;

a) Característica de la Luminaria.

- I_{80} = Intensidad luminosa con un ángulo de elevación de 80° en dirección paralela al eje de la calzada (cd).
- I_{80} / I_{88} = Razón de la intensidad luminosa en 80 y 88° (Razón de retroceso).
- F= Superficie aparente del área iluminada de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° , expresada en metros cuadrados.
- C= Factor cromático, que depende del tipo de lámpara: Sodio de baja presión (SOX), 0,4. Otras, 0.

b) Características de la Instalación.

- L_{med} = Luminancia media de la superficie de la calzada (Cd/ m^2).
- h'' = Distancia entre el nivel de los ojos y la altura de montaje de la luminaria (m).
- n = Número de luminarias por kilómetro.

La relación entre estos parámetros y la señal de control del deslumbramiento G , está dada por: [CIE- 115-1995]

$$G = 1384 - 33 \log I_{80} + 1.3 \left(\frac{\log I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.29 \log F + C + 0.97 \log L_{med} + 4.4 \log h'' - 1.46 \log n \quad (4.4)$$

4.1.4 Parámetros Adicionales

En varias publicaciones se encuentran a veces, la utilización de otros parámetros de iluminación distintos de los mencionados anteriormente, para describir la calidad de la iluminación de una calzada. Algunos pueden tener un significado especial (investigación u otras circunstancias), pero son de difícil aplicación en la práctica. Uno de ellos es el “Gradiente de luminancia” S_{max} que se emplea para describir la velocidad con que varía la luminancia. Otro aún en discusión es la “apreciación subjetiva del valor de luminancia y la uniformidad”, SALU. El más sencillo, “Razón de uniformidad longitudinal”, para asegurar una perceptibilidad suficiente en los puntos más oscuros de la calzada. Pero como se obtiene la misma garantía usando la “Razón de uniformidad global”, $U_o = L_{min} / L_{med}$, no hay razón para recurrir al empleo de los antes mencionados.

4.2 UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE DIALUX

Se procedió a utilizar un software llamado DIALux del instituto alemán de luminotecnia aplicada, capaz de proporcionar y facilitar los cálculos, para la implementación de un nuevo

sistema de alumbrado público en el casco central de la Ciudad de Mérida, pudiendo observar en forma real los niveles de iluminación adecuados, al ser comparados con la normas CIE y con los datos fotométricos obtenidos con la ayuda del Luxómetros en cada Calle y Avenida seleccionada, presentes en la tabla 3.2. Para ello se tomó todos los parámetros reales presentes en los sistemas de alumbrado existentes y se procedió a realizar simulaciones en 3D y distintas pruebas para garantizar que la luminaria seleccionada cumpliera con todos los requerimientos de iluminación.

A la hora de proponer el cambio en los sistemas de alumbrado público existentes en el casco central de Ciudad de Mérida, se tomó en consideración los siguientes aspectos:

- Se iluminarán las aceras y la superficie de la calzada para mayor seguridad Automotriz y personal, aumentando el confort visual a los transeúntes propios y visitantes, mejorando de esta manera la imagen de la ciudad turística y estudiantil por excelencia.
- Se instalarán luminarias de rendimiento luminoso elevado, con difusor plano adecuado a la instalación, para evitar el despilfarro de energía y la contaminación lumínica producto de una luminaria mal apantallada, donde todo el flujo luminoso sea dirigido sobre la superficie que se quiere iluminar.
- Se instalarán lámparas de elevada eficacia luminosa compatibles con los requisitos cromáticos de la instalación, ya que para la instalación del nuevo sistema se utilizará la misma ubicación de los sistemas existente. Donde el equipo auxiliar será de pérdidas mínimas y el factor de utilización de la instalación será el más elevado posible, ya que es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.
- El factor de mantenimiento de la instalación será el mayor alcanzable, ya que no es más que la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de los sistemas de alumbrado y los valores iniciales.

4.3 NIVELES DE ILUMINACIÓN

A continuación se presentarán unas series de tablas que ha sido confeccionada partiendo de la publicación CIE-115-1995 “Recomendaciones para el alumbrado de calzadas de tráfico motorizado y peatonal”. También se ha introducido parte de la publicación CIE-136-2000 “Guía para la iluminación de zonas urbanas” para simplificar la labor del diseñador, y que deberán servir como referencia en la ejecución del programa DIALux, a la hora de cuantificar y comparar los resultados obtenidos.

Tabla 4.1 Clasificación de las Vías. [CIE-115-1995 y CIE-136-200]

Clasificación	Tipo de Vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	De alta velocidad	$V > 60$
B	De moderada velocidad	$30 < V < 60$
C	Carriles bicicletas	$30 < V < 60$
D	De baja velocidad	$5 < V < 30$
E	Vías peatonales	$V < 5$

Tabla 4.2 Clases de Alumbrado para Vías Tipo A. [CIE-115-1995 y CIE-136-200]

Situaciones de proyectos	Tipos de vías	Clase de alumbrado
A1	*Carretera de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). Intensidad de tráfico Alta (IMD) 25.000 Media (IDM) 15.000 y < 25.000 Baja (IDM) < 15.000	ME1 ME2 ME3a
	*Carretera de calzada única con doble sentido de circulación y acceso limitados (vías rápidas). Intensidad de tráfico Alta (IMD) > 15.000 Media y baja (IDM) < 15.000	ME1 ME2
A2	*Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles de bicicletas. *carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio. Intensidad de tráfico IMD 7.000 IMD < 7.000	ME1 / ME2 ME3a / ME4a
A3	*Vías colectoras y rondas de circunvalación. *Vías colectoras interurbanas con acceso no restringido. *Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos. *Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD 25.000 IMD 15.000 y < 25.000 IMD 7.000 y < 15.000 IMD 15.000	ME1 ME2 ME3b ME4a / ME4b

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece en la tabla 4.1, y en la tabla 4.2, se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyectos correspondientes a la clasificación de vías anteriores, donde para todas las situaciones de proyectos (A1, A2, A3), cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 4.3 Clases de Alumbrado para Vías Tipo B. [CIE-115-1995 y CIE-136-200]

Situaciones de proyectos	Tipos de vías	Clase de alumbrado
B1	*Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. *Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. Intensidad de tráfico	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
	IMD 7.000 IMD < 7.000	
B2	*Carreteras locales en áreas rurales. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.	ME2 / ME3b ME4b / ME5
	IMD 7.000 IMD < 7.000	

Tabla 4.4 Clases de Alumbrado para Vías Tipos C y D.

Situaciones de proyectos	Tipos de vías	Clase de alumbrado
C1	*Carriles bicicletas independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas. Flujo de tráfico de ciclistas	S1 / S2 S3 / S4
	Alto Normal	
D1 - D2	*Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. *Aparcamiento en general. *Estaciones de autobuses. Flujo de tráfico de peatones	CE1A / CE2 CE3 / CE4
	Alto Normal	
D3 - D4	*Calle residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada. *Zonas de velocidad muy limitada. Flujo de tráfico de peatones y ciclistas	CE2 / S1 / S2 S3 / S4
	Alto Normal	

En la tabla 4.3, se especifica que para todas las situaciones de proyectos (B1, B2), cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas

sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior. Para la tabla 4.4, se establece que, para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 4.5 Clases de Alumbrado para Vías Tipo E. [CIE-115-1995 y CIE-136-200]

Situaciones de proyectos	Tipos de vías	Clase de alumbrado
E1	*Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. *Paradas de autobús con zonas de espera. *Áreas comerciales peatonales. Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto Normal	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
E2	*Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto Normal	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4

La tabla 4.5, expone que, para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Cuando para una determinada situación de proyecto e intensidad de tráfico puedan seleccionarse distintas clases de alumbrado, se elegirá la clase teniendo en cuenta la complejidad del trazado, el control del tráfico, la separación de los distintos tipos de usuarios y otros parámetros específicos.

En la siguiente tabla se reflejan los requerimientos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado. Concentrando los niveles de iluminación de las series MEW, de clases de alumbrado a aplicar en zonas geográficas donde la intensidad y persistencia de la lluvia provoque que, durante una parte significativa de las horas nocturnas a lo largo del año la superficie de la calzada permanezca mojada. Incluyendo un requisito adicional de uniformidad global con calzada húmeda para evitar la degradación de las prestaciones durante los periodos húmedos.

Tabla 4.6 Series ME y MEW de Clases de Alumbrado Seco y Húmedo Tipos A y B. [CIE]

Clase de alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas				Deslumbramiento perturbador	Iluminación de alrededor
	Luminancia media (4) Lm(Cd/m ²) (1)	Uniformidad Global U ₀ (mínima)	Uniformidad longitudinal U _l (máximo)	Calzada húmeda U ₀ (mínima)	Uniformidad longitudinal TI (%) (2) TI (%) (máximo)	Relacione como SR (3) (mínima)
ME1	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5
ME1	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5
ME1	1	0,4	0,7	0,15	15	0,5
ME1	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
ME1	1	0,4	0,5	0,15	15	0,5
ME1	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5
ME1	0,75	0,4	0,5	0,15	15	0,5
ME1	0,5	0,4	0,4	0,15	15	0,5
ME1	0,3	0,4	0,4	0,15	15	Sin requisitos
MEW1	2	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
MEW4	0,75	0,4	Sin requisitos	0,15	15	0,5
MEW5	0,5	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,5

Tabla 4.7 Series S de Clases de Alumbrado para viales Tipos C, D y E. [CIE-115-1995]

Clase de alumbrado	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E _m (lux)	Iluminancia mínima E _{min} (lux)
S 1	15	5
S 2	10	3
S 3	7,5	1,5
S 4	5	1

Tabla 4.8 Series CE de Clases de Alumbrado para viales Tipos D y E. [CIE-115-1995]

Clase de alumbrado	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E _m (lux)	Iluminancia mínima E _{min} (lux)
C E 0	50	0,4
C E 1	30	0,4
C E 1 A	35	0,4
C E 2	20	0,4
C E 3	15	0,4
C E 4	10	0,4
C E 5	7,5	0,4

4.4 RESULTADOS DE ILUMINACIÓN OBTENIDOS CON DIALUX

Se mostrarán los resultados de la iluminación a implementar en el casco central de la ciudad de Mérida, para ello se utilizaran las condiciones existentes en las tablas anteriores,

bajo estos criterios se propuso luminarias de rendimiento luminoso elevado, con difusor plano adecuado a la instalación con alto rendimiento y cuyo haz luminoso se adapte a la superficie a iluminar, de forma que se ilumine solo lo necesario y el diseño tenga un alto factor de utilización, procurando usar proyectores asimétricos, con asimetrías adecuadas, es decir luminarias de 150 W, con un flujo luminoso de 17500 lm, en vapor de sodio de alta presión, sin inclinación, para evitar el despilfarro de energía y la contaminación lumínica producto de una luminaria mal apantallada. Haciendo uso de los postes existentes se colocaran dichas luminarias a una altura de 7 metros, evitando destacar Calles y Avenida de otras, al utilizar niveles luminotécnicos exagerados, lo cual solo lleva a una escalada incontrolada de consumos energéticos innecesarios debido al comportamiento del ojo humano.

La altura de 7m, es para producir una simetría en la instalación y aprovechar al máximo el flujo luminoso, ya que el sistema existente cuenta con una altura de montaje de 6 metros sobre la calzada con distintos modelos y grados de inclinación de los brazos, para dar solución a este problema se diseñó un brazo para la disposición y funcionamiento adecuado de la luminaria en la instalación (ver figura 4.1).

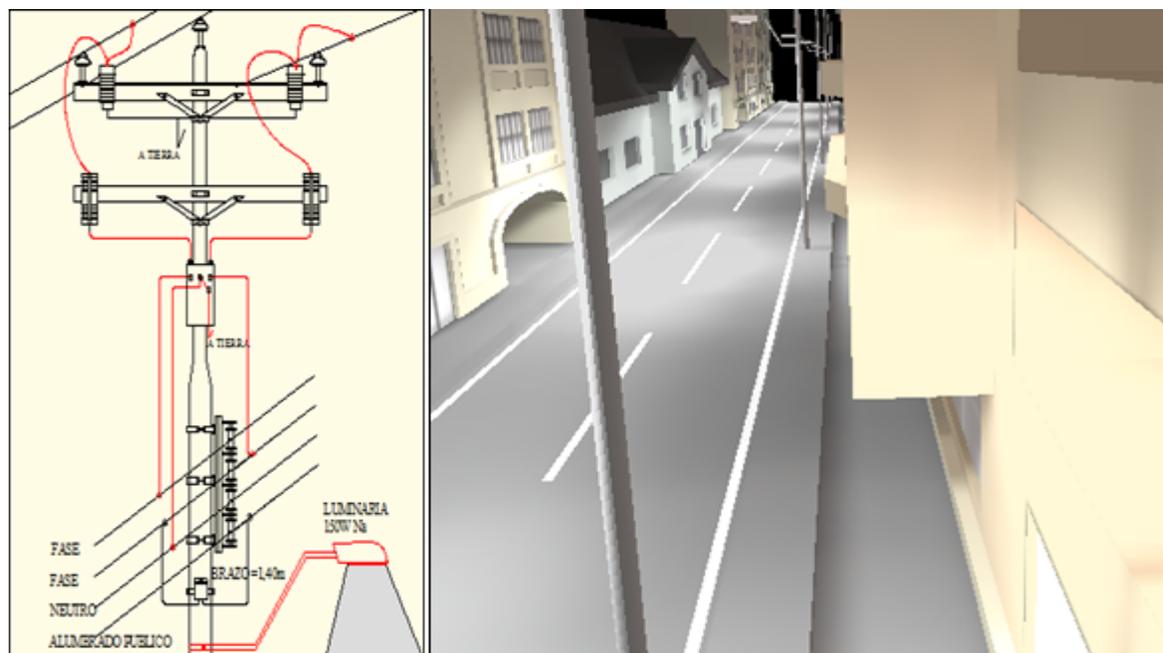


Fig. 4.1 Simulación Representativa de una Calle Estándar del Casco Central de Mérida, con Interdistancia entre Poste de 35 m y Altura del Montaje 7 m.

La figura 4.1, se obtuvo al considerar dos estudios importantes que son, el de las aceras y la calzada, en este primero es donde se debe tomar en cuenta que los usuarios principales es el tráfico de peatones, con una velocidad de desplazamiento menor 5 km/h, con un ancho de 1,20 m, altura sobre el nivel del suelo de 0,20 y un factor de reflexión de 0,27 % que corresponde al del cemento y donde se limita solo al uso de peatones, cabe destacar la importancia de la identificación de los rostros para lograr disminuir el riesgo de criminalidad del área de tráfico en cuestión, que se da en comparación con el índice de criminalidad del entorno, ya que en la aplicación real es difícil aportar información objetiva acerca del riesgo de criminalidad, porque rara vez suele haber referencia cuantificable.

Por otra parte, se tomó en cuenta la densidad de los peatones como alta, por ser un tráfico mixto importante, con una mayor proporción de tráfico lento de peatones, ya que el estudio es sobre calles urbanas o comerciales, calles de acceso a edificios oficiales o zonas turísticas en las que el tráfico motorizado se une al tráfico lento o a los peatones, es decir, carreteras interurbanas y calles comerciales con aceras a lo largo de la calzada, la cual cumple con la clasificación de la tabla 4.4, y se considera la densidad de peatones como alta, ya que no se calcula con tanta frecuencia como la del tráfico motorizado, aquí se hace sólo una clasificación a groso modo, ver figura 4.2 donde se muestra los resultados de las luminancias y las curvas isolux obtenidas con la simulación, para garantizar que los niveles sean los adecuados y que cumplan con la norma establecida.

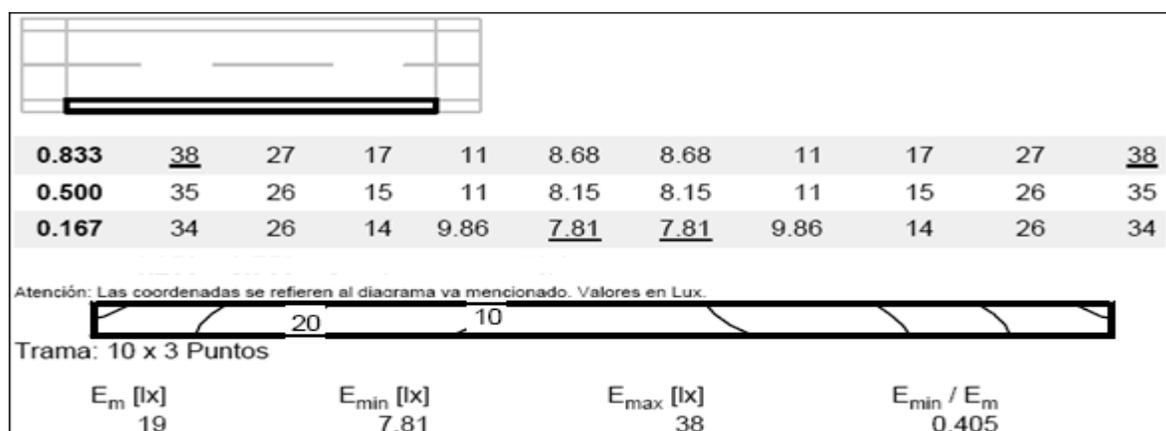


Fig. 4.2 Resultados de la Simulación de la Acera Donde se Encuentran Ubicados los Postes en la

Figura 4.1.

De la figura anterior 4.2, se puede observar como el E_{medio} [lux] = 19 y el $E_{\text{mínimo}}$ [lux] = 7,81, por lo cual cumple con lo propuesto en la tabla 4.7, donde la clase es S1, y plantea que la iluminancia media debe ser mayor o igual a 15, y la iluminancia mínima mayor o igual a 5, además, se debe tener en cuenta que estos valores de referencia son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (fm) elevado que dependerá de la lámpara adoptada y del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo, en este caso se tomó un factor de degradación de 0,57 para esta instalación de exterior, con ciclo de mantenimiento de 3 años.

Por otra parte se tiene una uniformidad global de $U_0 = 0,41$ y una uniformidad longitudinal de $U_l = 0,5$ por lo cual cumple con todos los requerimientos fotométricos presentes para una clase de alumbrado ME3c presentes en la tabla 4.3 para vías tipo B. Además las curvas isolux nos dan una referencia de que cumple con los datos fotométricos debido a que no se presentan curvas muy cercanas lo que se traduce a que no existen cambios bruscos en la iluminación.

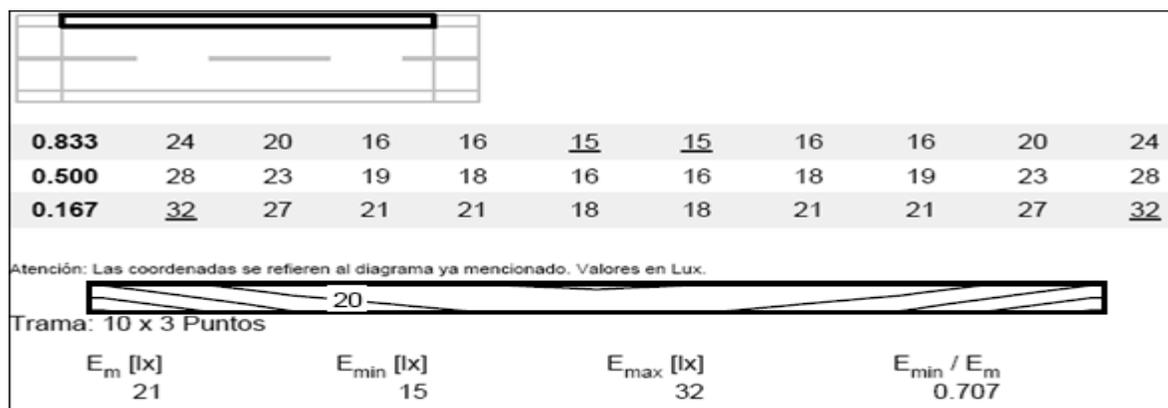


Fig. 4.3 Resultados de la Simulación de la Acera Frente a los Puntos de Iluminación en la Figura 4.1.

De igual manera, en la figura 4.3, se observa como en la acera que esta frente a los puntos de iluminación en la figura 4.1, se tienen para la iluminancia media 21 lux que es un valor mayor que 15 lux y para la iluminación mínima se tiene 15 lux que es mayor que 5 lux, dado esto se obtiene una uniformidad global de $U_0 = 0,71$ que es mayor que 0,4, con una

uniformidad longitudinal de $U_l = 0,6$, por lo cual cumple con los requerimientos fotométricos planteados en las tablas 4.6 y 4.7.

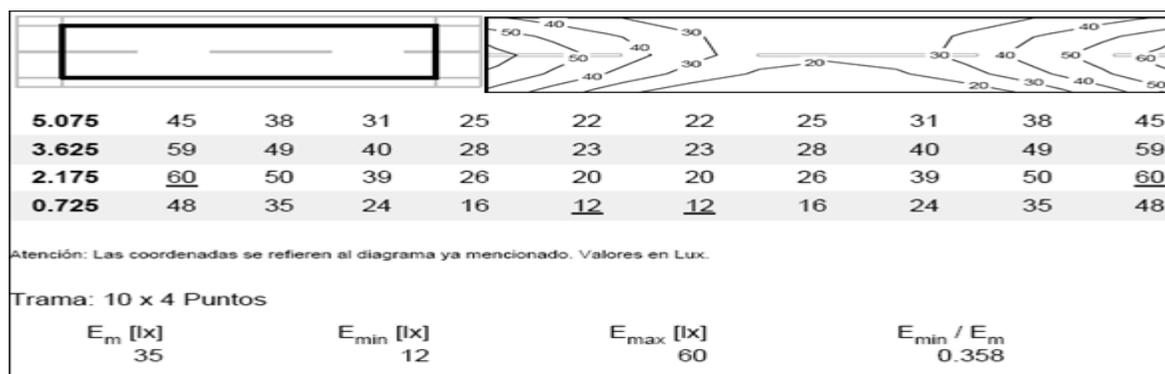


Fig. 4.4 Resultados de la Simulación de la Calzada de la Figura 4.1.

De la figura 4.4, que representa la calzada estándar del casco Central de Mérida, con un ancho de 6,30 m que es la más ancha registrada, y con un factor de reflexión de 0,27 % que corresponde al cemento, factor de degradación de 0,57, para un mantenimiento de 3 años, debido a que los organismos encargados de la instalación no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo, se tomó el mayor alcance posible, donde la velocidad típica del usuario principal es de 5 a 30 km/h, y en donde la interdistancia entre postes no es mayor a los 35 m, se pueden observar la luminancia de la superficie de la calzada, que no es más que el resultado de la iluminación de la superficie de la calzada. Las propiedades de reflexión de la superficie de la calzada y las condiciones geométricas de observación, se han dado acuerdos a las Normas EN13201-3 y EN13201-4, descritas en la tabla 4.6 destinados a la circulación a lo largo de los tramos de vía pública con distancias de visión de entre 60 y 180 m.

La luminancia media que es de 35 lux refleja el nivel de luminancia general al que circula el conductor. Al bajo nivel de alumbrado usado para el alumbrado viario, las prestaciones mejoran con la luminancia en términos de aumentar la sensibilidad al contraste, aumentar la agudeza visual y mejorar el deslumbramiento. La uniformidad global (U_o) que es de 0.4, mide de modo general la variación de luminancias e indica cómo sirve la superficie de la calzada como fondo para las marcas de la vía pública, objetos y otros usuarios de la vía pública. La uniformidad longitudinal (U_l) que es de 0.6, proporciona una medida de la

visibilidad por la repetición de manchas brillantes y oscuras en la calzada, al igual se presentan los valores máximos de la intensidad lumínica con 70° : 370 cd/k lm, con 80° : 5,40 cd/k lm y con 90° : 0,00 cd/k lm, respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores, en definitiva estas luminarias instaladas son aptas para la puesta en funcionamiento. Ninguna intensidad lumínica por encima de 90° . La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4. La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6. El alumbrado limitado a la calzada es inadecuado para revelar el entorno o alrededores inmediatos de la vía pública y revelar a los usuarios de la calzada en el hombrillo. Los requisitos para la relación de alrededores (SR) se aplican solamente cuando no hay áreas de tráfico con sus propios requisitos junto a la calzada, incluyendo aceras, pistas de ciclistas o carriles de emergencia. De esta manera se cumple con la norma planteada en la tabla 4.8 para una clase de alumbrado CE2, cumpliendo con todos los datos fotométricos necesarios.

4.4.1 Simulación Realizada para Interdistancia de Postes de Más de 40m

A continuación se mostraran los resultados obtenidos para el caso en que la interdistancia entre postes existentes en el casco central de la Ciudad de Mérida, supere los 40m, que son casos puntuales, con la implementación de la misma luminaria y bajo las mismas condiciones de la simulación anterior, pese a la diferencia de la interdistancia de los postes.

Para la simulación de la figura 4.5, se consideró el estudio de las aceras y de la calzada. Para verificar la eficacia de la luminaria planteada con interdistancia de postes mayor de 40 m y bajo la misma altura de montaje, es decir 7m y con el mismo brazo propuesto para el funcionamiento de esta luminaria. Ya que la instalación existente cuenta con interdistancia que oscilan desde los 18 m hasta los 43 m entre postes. Claramente se puede apreciar claros y oscuros en la vía lo que indica que no cumple con la uniformidad, para ello la figura 4.5, muestra el análisis de la acera perteneciente al lado donde se encuentran los puntos de iluminación, es decir los postes.

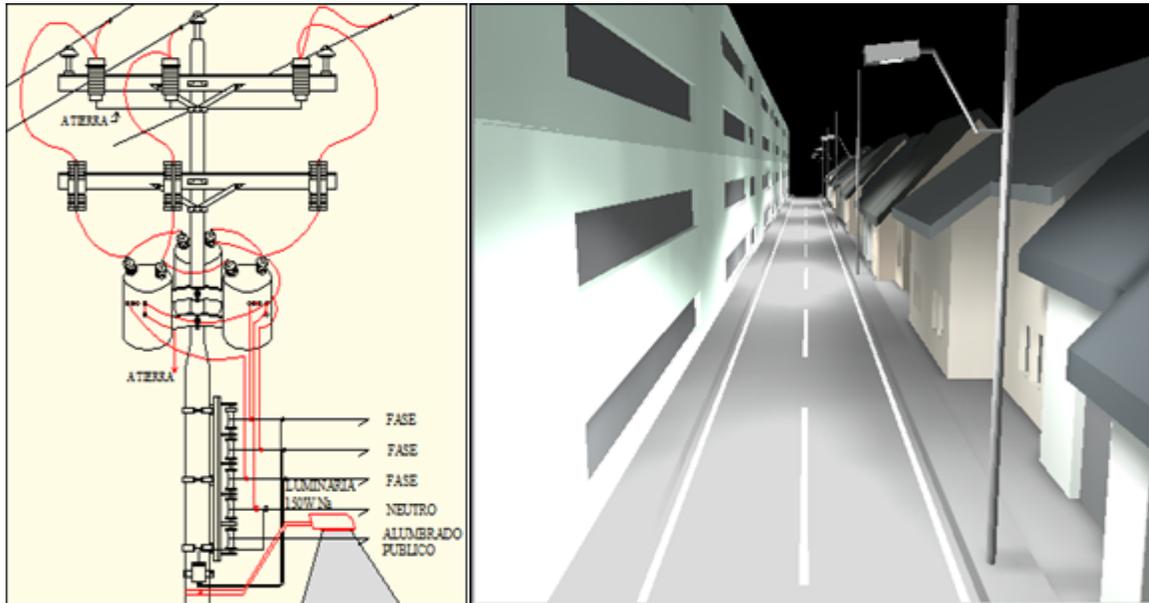


Fig. 4.5 Simulación Representativa de una Calle Estándar del Casco Central de Mérida, con Interdistancia entre Poste de 43m y Altura del Montaje 7m.

De la figura 4.6 se puede observar como la iluminancia mínima es de 4,79 lux, es aproximadamente 5 lux, y la iluminancia media es de 16 lux, por lo cual cumple con lo establecido en la tabla en la tabla 4.7, para una clase de alumbrado S1. Por otra parte, los valores obtenidos no cumplen con lo establecido en la tabla 4.6 debido a que $U_0 = 0,3$ es menor a 0,4 y $U_l = 0,46$ es menor a 0,5, es decir, no cumple con todos los requerimientos fotométricos. Por ello, los peores contrastes siempre se encuentran en los puntos en que la luminancia de la superficie de la calzada o de la acera tiene el valor mínimo. La instalación de alumbrado puede proporcionar una buena luminancia media en la superficie, pero se presentan unas luminancias mínimas tan bajas en la superficie, según los resultados obtenidos, que el contraste en esos puntos resulta escaso. Por eso, para asegurar una perceptibilidad suficiente en todos los puntos de la superficie en estudio, se calcula la uniformidad global.

Para la figura 4.7 se tiene que la iluminancia mínima es de 11 lux, y la iluminancia media es de 21 lux, por lo que se obtiene un cumplimiento con lo establecido en la tabla 4.7 para una clase de alumbrado S1, con una uniformidad global de 0,52 y una uniformidad longitudinal de 0,6 por lo cual cumple con todos lo requerimientos fotométricos y con lo establecido en la en la tabla 4.7.

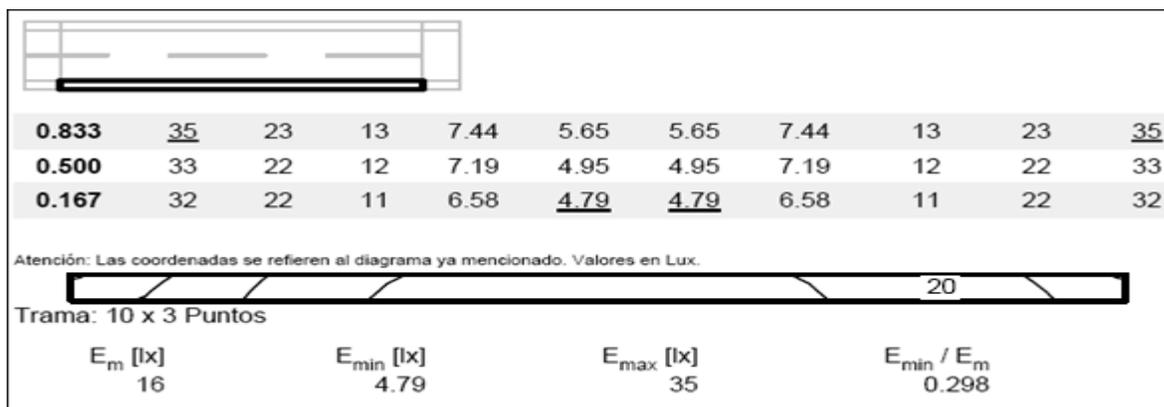


Fig. 4.6 Resultados de la Simulación de la Acera Donde se Encuentran Ubicados los Postes en la Figura 4.5.

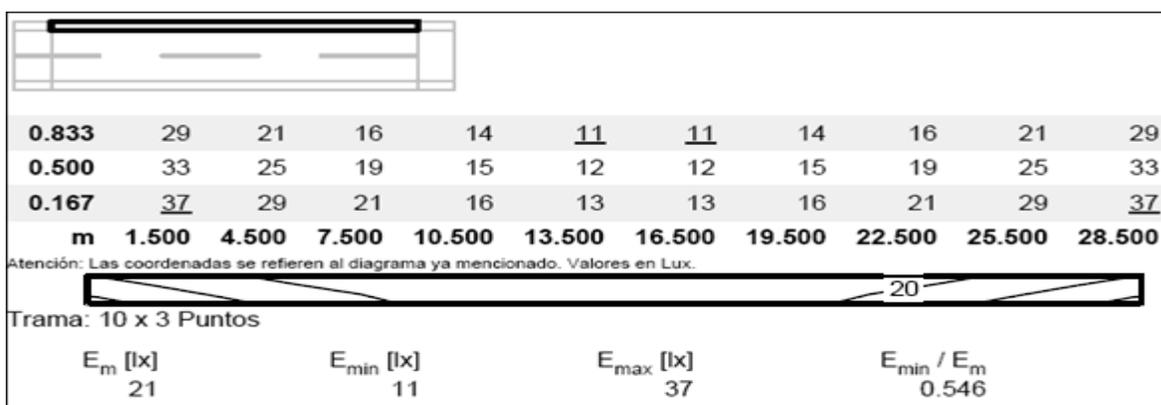


Fig. 4.7 Resultados de la Simulación de la Acera Frente a los Puntos de Iluminación en la Figura 4.5.

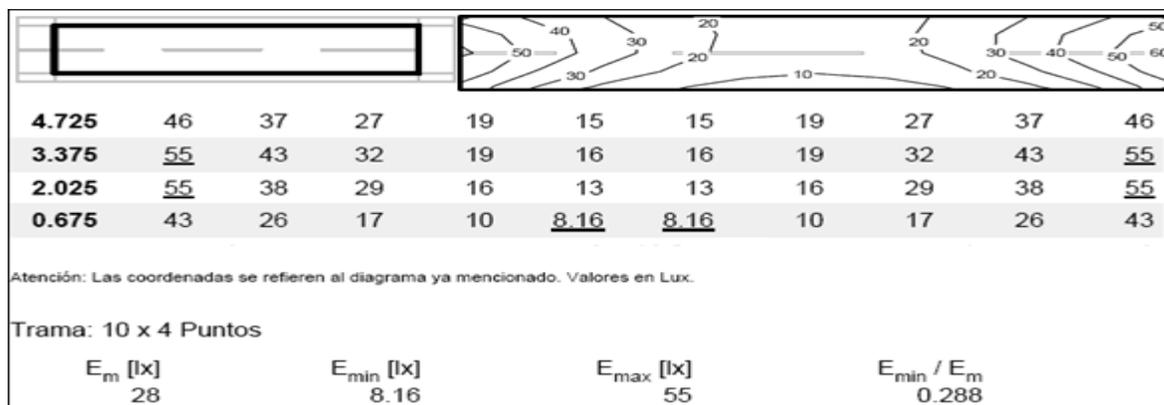


Fig. 4.8 Resultados de la Simulación de la Calzada de la Figura 4.5.

Por otra parte, para la figura anterior 4.8, se tiene que la luminancia mínima es de 8,16 lux y la luminancia media es de 28 lux, la cual refleja el nivel de luminancia general al que circula el conductor. Donde las prestaciones mejoran con la luminancia en términos de aumentar la sensibilidad al contraste, la agudeza visual y mejorar el deslumbramiento. La uniformidad global es de 0,3, que es menor a 0,4 con lo cual se estaría midiendo de modo general la variación de luminancias e indicando cómo sirve la superficie de la calzada como fondo para las marcas de la vía pública, objetos y otros usuarios de la vía pública. La cual no es muy buena de acuerdo al resultado obtenido, la uniformidad longitudinal que es de 0.5, y que nos proporciona una medida de la visibilidad por la repetición de manchas brillantes y oscuras en la calzada. Según los resultados obtenidos para el estudio de la vía de más de 40m de interdistancia entre postes, no cumple con todos los requerimientos fotométricos establecidos, por lo que no se recomienda esta luminaria para interdistancia entre poste de más de 40m, para ello se recomienda colocar otro punto de iluminación entre estas interdistancias, a fin de solventar la uniformidad global.

4.4.2 Simulación Realizada para la Avenida 26 y el Viaducto Campo Elías

Se mostraran los resultados de la iluminación a implementar en la Avenida 26 y el Viaducto Campo Elías del Casco Central de la Ciudad de Mérida, donde se obtuvieron los mismos resultados para ambos tramos debido a que funcionan bajo las mismas condiciones como: ancho de la calzada de 8 m, con aceras de 2 m de ancho y altura de 0,20 m, sobre el nivel de la calzada con la existencia de una isla central de 1m de ancho y de 0,3 m de altura sobre la calzada, factor de degradación de 0,57 que es un valor de referencia para la instalación de exteriores con ciclo de mantenimiento de 3 años, cuya superficie de reflexión es de 0,27%, distancia entre mástiles de 30m, altura de montaje de 10 m y altura del punto de luz de 9,810 m, sobre la calzada se utilizaran luminaria de 150W con flujo luminoso de 17500 lm, en vapor de sodio de alta presión y con difusor plano. Ver figura 4.9 y 4.10.

Para el estudio de las calzadas se tomó en cuenta una situación de proyecto A3, con una clase de alumbrado ME4a, que corresponde a lo expuesto en la tabla 4.2, que es para vías colectoras y rondas de circunvalación, carreteras interurbanas con acceso no restringido, vías

urbanas de tráfico importante, vía principal de la ciudad con velocidad típica de los usuarios menor a 40 km/h y en donde el grado de dificultad de navegación, en cuanto le cuesta a un usuario decidirse por un sentido de marcha y un carril, son normales, y para ello se consideró un grado de luminancia estimativo, ya que se propuso a groso modo como alto, por ser un entorno de centros urbanos.

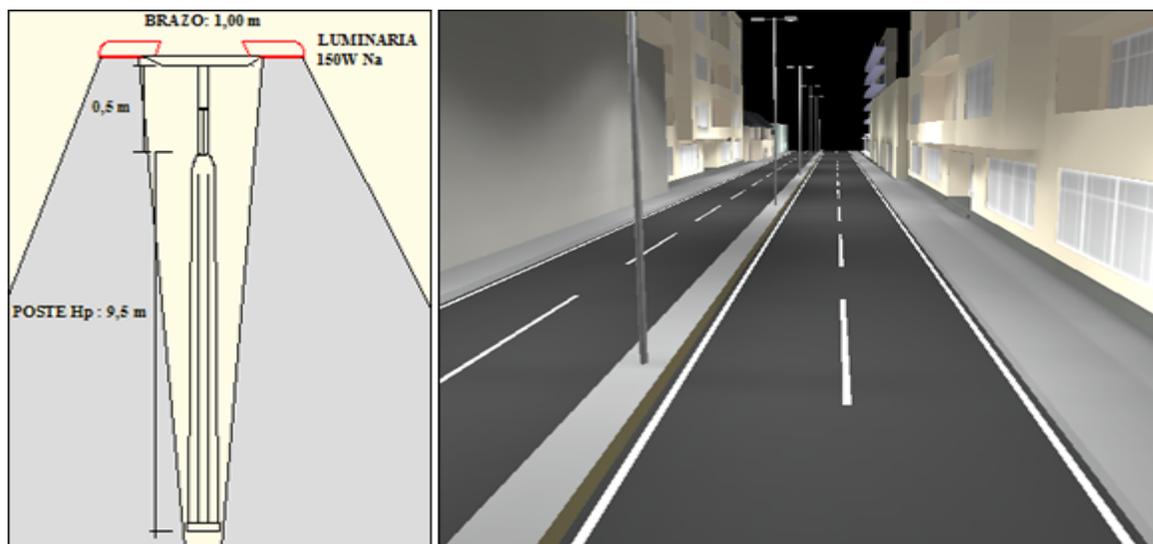


Fig. 4.9 Simulación Representativa de la Avenida 26 del Casco Central de Mérida, con Interdistancia entre Poste de 30m y Altura del Montaje 10m.

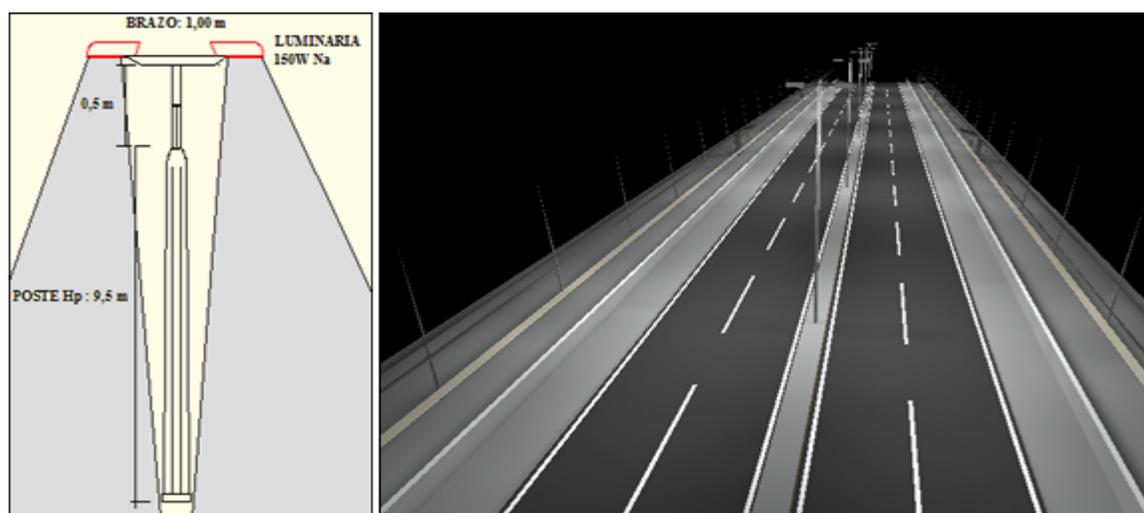


Fig. 4.10 Simulación Representativa del Viaducto campo Elías del Casco Central de Mérida, con Interdistancia entre Poste de 30m y Altura del Montaje 10m.

Para el estudio de los caminos peatonales y el Arcel central, se tomó en consideración las clases de alumbrado CE3 de la tabla 4.8, que están fundamentalmente destinadas a ser usadas cuando los acuerdos para los cálculos de luminancia de superficie de calzada no se aplican o son impracticables. Esto puede ocurrir cuando las distancias de visión son menores de 60 m y cuando son importantes distintas posiciones de observador. Las clases CE están simultáneamente destinadas a otros usuarios de la vía pública en el área conflictiva. Las clases CE tienen una aplicación adicional para peatones y ciclistas en tales casos, donde de las clases S y A no son adecuadas. Ver figuras 4.11 y 4.12. En donde los resultados son simétricos dado que la posición de las luminarias es en la isla central.

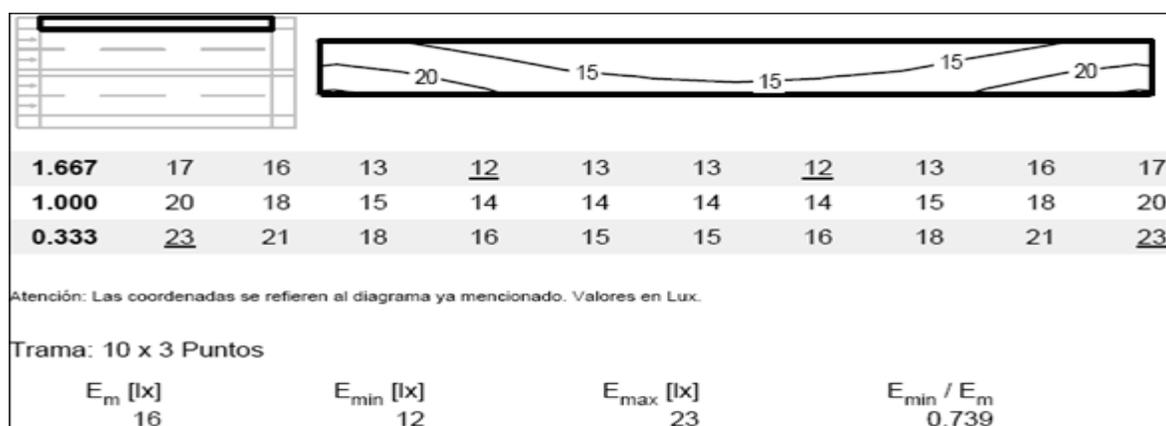


Fig. 4.11 Resultados de la Simulación del Carril Peatonal 1, mostrado en la Figura 4.9 y 4.10.

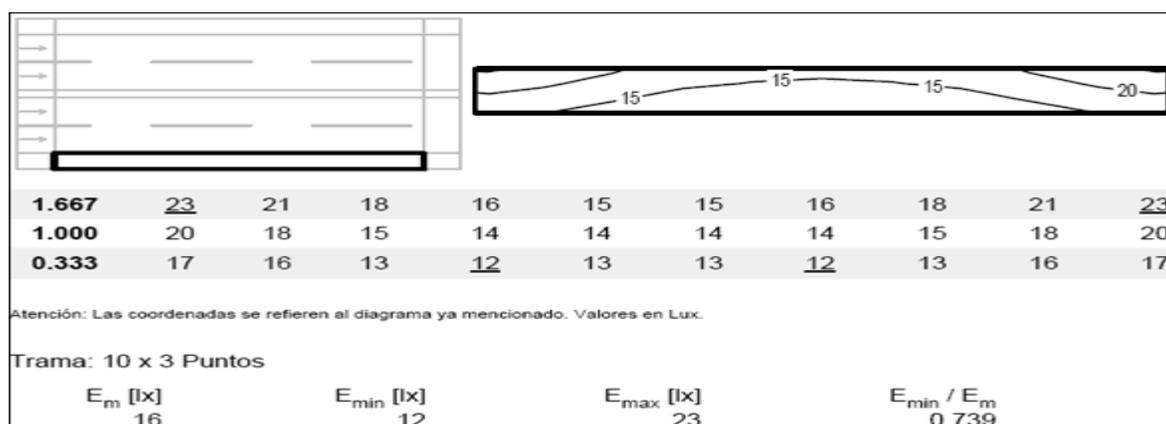


Fig. 4.12 Resultados de la Simulación del Carril Peatonal 2, mostrado en la Figura 4.9 y 4.10.

En las figura 4.11 y 4.12 se puede observar que presenta una luminancia mínima de 12 lux y con una luminancia media de 16 lux lo que representa una uniformidad global (U_o) de 0,7 que es mucho mayor que 0,4 impuesta por la norma, por lo cual es bastante buena, de esta manera la disposición y funcionamiento de la luminaria cumple con todos los requerimientos fotométricos. Presentando unas curvas isolux donde no se observan cambios bruscos en la iluminación.

Para el estudio de la isla central ver figura 4.13, se obtiene una luminancia mínima de 11 lux lo que corresponde a una luminancia media de 20 lux en la superficie, obteniendo de esta manera una uniformidad global de 0,55, que en definitiva es mayor que 0,4 impuesta en la tabla 4.8, así pues, al igual que satisface los resultados de la uniformidad se puede apreciar la simetría en las curvas isolux, lo cual cumple con todos los requerimientos fotométricos.

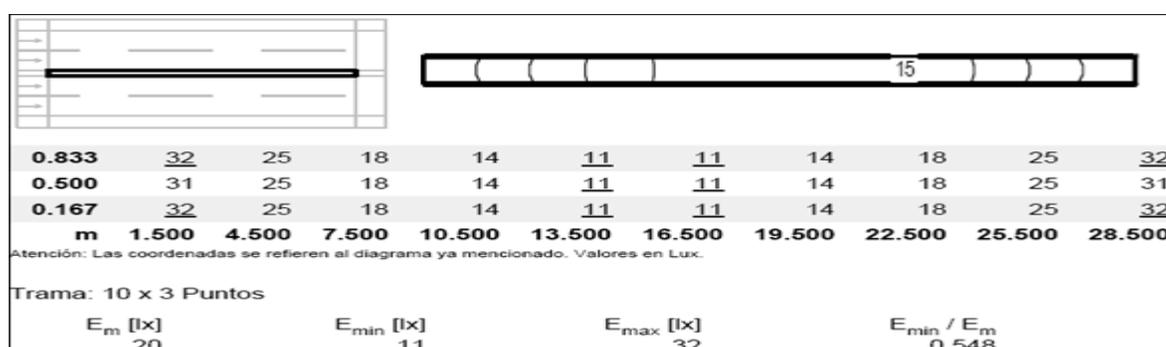


Fig. 4.13 Resultados de la Simulación del Arcel Central Donde se Encuentran Dispuestas las Luminarias, mostrado en la Figura 4.9 y 4.10.

En el estudio de la calzada 1 y 2, ver figura 4.14 y 4.15, donde se muestran idénticos valores fotométricos en las calzadas, en gran parte es a la eficiencia de la luminaria y a la ubicación de las mismas, que se encuentran dispuestas una seguida de la otra en el Arcel central, donde la luminancia media (L) refleja el nivel de luminancia general al que circula el usuario, las prestaciones mejoran con la luminancia en términos de aumentar la sensibilidad al contraste y mejorar el deslumbramiento. La uniformidad global (U_o) es de 0,5 y es la que representa de forma general la variación de luminancias e indica cómo sirve la superficie de la calzada como fondo objetos y otros usuarios de la vía pública, por lo cual es mayor que 0,4.

Donde la uniformidad longitudinal (UI) es de 0,62 y la norma establece un valor mayor o igual a 0,6, esto proporciona una medida de la visibilidad por la repetición de claros y oscuros en la calzada, es decir el efecto cebra. Pero como cumple con lo establecido en la norma no se tendría la presencia de este efecto. El incremento de umbral (Ti) no puede ser superior a 0,15% para el deslumbramiento incapacitivo, de la simulación se tiene un valor de 0,7 %, lo cual cumple con lo establecido, por otra parte, el incremento umbral indica, que aunque el alumbrado mejora las condiciones visuales también causa deslumbramiento incapacitivo en un grado que depende del tipo de luminarias, lámparas y situación geométrica. Cabe destacar, que el alumbrado limitado a la calzada es inadecuado para revelar el entorno o alrededores inmediatos de la vía pública por esta razón se realizó el análisis a los caminos peatonales, y para el estudio de la relación de alrededores (SR) se aplican solamente cuando no hay áreas de tráfico con sus propios requisitos junto a la calzada, incluyendo aceras, pistas de ciclistas o carriles de emergencia. En este caso no aplica.

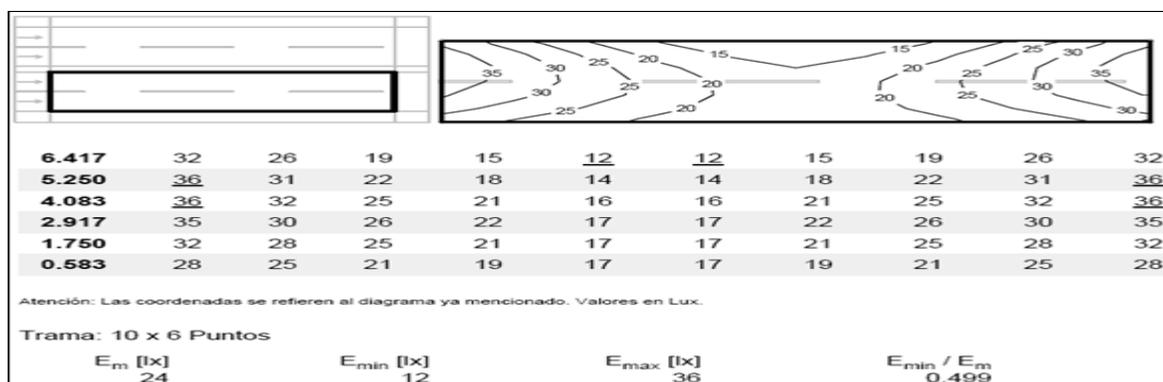


Fig. 4.14 Resultados de la Simulación de la Calzada 1 de la Figura 4.9 y 4.10.

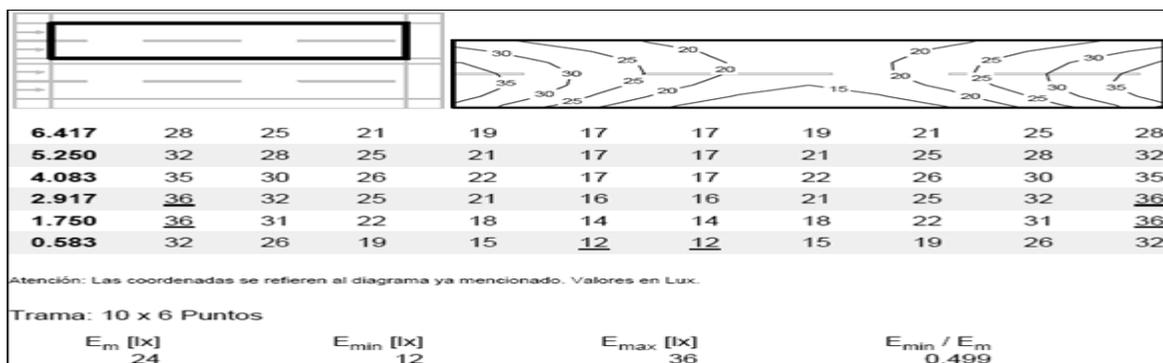


Fig. 4.15 Resultados de la Simulación de la Calzada 2 de la Figura 4.9 y 4.10.

CONCLUSIONES

- En el caso de las Calle y Avenidas del Casco Central de la Ciudad de Mérida, del análisis se observa un gran porcentaje de instalación de alumbrado que presenta deficiencias de estado o de servicio, presentando condiciones de funcionamiento inferiores a las necesarias y por lo tanto una problemática en la seguridad vial y ciudadana, con un desaprovechamiento de los recursos invertidos al operar con menor eficiencia; según los resultados obtenidos en la tabla 3.2, se puede ver como las medidas fotométricas, dan como resultado una iluminación inadecuada con distribución y alcances incorrectos, cambios muy bruscos en la iluminación de la calzada, lo que se traduce a una mala uniformidad global y longitudinal, haciéndose presente un gran índice de claros y oscuros a lo largo de la zona iluminada.
- La limitante como tal, es la instalación existente porque a la hora de implementar dicho sistema de alumbrado fue fundamentado principalmente en criterios empíricos y en costumbres adquiridas, más que por la calidad de la iluminación, la eficiencia y el ahorro de energía. Por lo que se tuvo que realizar un análisis a fondo de todos los componentes del sistema y la creación de una luminaria que cumpliera con todos los parámetros existentes en los sistemas de alumbrado público.
- Con la implementación del nuevo sistema de alumbrado público basado en el existente, se remplazaran 555 puntos de iluminación, con una potencia instalada de 92,5 KVA, con lo cual se estaría aumentando la potencia en 15 KVA, ya que el sistema existente contaba con una potencia instalada de 78 KVA. Aunque parezca innecesaria, se justifica con la generación de mayor eficiencia y uniformidad global y longitudinal de la instalación.

- Con la activación de las luminaria de 150W con difusor plano adecuado a la instalación, se evita la contaminación lumínica ya que todo el flujo luminoso es aprovechado en la zona iluminada, no se producen excedentes a la atmósfera por no producir iluminación por encima de los 90° como se puede observar en las figuras 4.9 y 4.10, presentado un rendimiento luminoso elevado iluminando las aceras y la superficie de la calzada para mayor seguridad Automotriz y personal, aumentando el confort visual a los transeúntes propios y visitantes, mejorando de esta manera la imagen de la ciudad turística y estudiantil por excelencia.
- La lámpara es de elevada eficacia luminosa compatibles con los requisitos cromáticos de la instalación, ya que para la instalación del nuevo sistema se utilizará la misma ubicación de los sistemas existente. Donde el equipo auxiliar será de pérdidas mínimas y la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada y a los caminos peatonales a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias, será el más elevado posible, con valores de iluminancia mantenidos a lo largo de la vida de la instalación y en donde cuyo mantenimiento será el de mayor alcance posible cada 3 años.

RECOMENDACIONES

- Debido a que la red eléctrica es un sistema muy dinámico, se recomienda a los entes encargados de la instalación del alumbrado público, la ejecución de un buen plan de mantenimiento preventivo, por cada periodo establecido con la implementación del nuevo sistema, donde se incluya revisión y limpieza de luminarias, tableros, células, cajas de control, entre otras. Con la debida reparación o reemplazo de condensadores, refractor o protector, balastos, arrancadores, empacadura, Contactores, bobinas, fusibles, interruptores manuales, interruptores automáticos, socates, luminarias completas o cajas de control completas.
- Al considerar, que el número promedio de luminarias por sector de Alumbrado Público, tal y como se encuentra en la actualidad, no excede de treinta y que además la potencia promedio se puede estimar en 160 W. A una tensión de 120 V, se puede fácilmente determinar que las cajas deben ser reubicadas a sitios donde verdaderamente presenten un adecuado servicio y desde el punto de vista económico, representen y justifiquen su colocación. Por otra parte, esto causa disminución del factor de utilización, lo que aumenta el consumo de energía, de esta manera, toda caja de control deberá ser instalada en postes donde existan perchas terminales opuestas 180° y que a su vez sean límites de dos bancos de transformación.
- La luminaria propuesta no se debe colocar en postes donde la interdistancia entre mástiles supere los 40 m, debido a que no cumple con todos los requerimientos fotométricos, por lo que se recomienda colocar otro mástil en medio de esta interdistancia para satisfacer todas las condiciones establecidas por la norma que rigen el alumbrado público.

REFERENCIAS

- CADAFE. (2000). Instructivo para el Liniero Electricista.
- CADAFE. (2006). Alumbrado Público, División – Adiestramiento de MT de CADAFE.
- CIE, 136 – 2000. Guía para la Iluminación de Zonas Urbanas.
- EREÚ, Miguel G. (2007). Alumbrado Público, Criterios, Diseño y Recomendaciones. 3^{era} Edición. Caracas.
- FERNANDEZ. Abaigar. (2006). Simposio Nacional de Alumbrado. Madrid.
- GARCÍA, José. (2006). Electrotecnia. 9^o Edición. España: Thompson-Paraninfo.
- Iluminación de Interiores. Consultado el día 23 de Marzo de 2009 de la World Wide Web: <http://www.ucm.es./info/opticaf/OPTILUMINA/presenta/pdf/2%20temperaturaColor.pdf>
- Iluminación de Interiores. Consultado el día 23 de marzo de 2009 de la World Wide Web: <http://www.edison.upc.es/curs/interior/iluint1.htmlt>.
- MARTÍN, Ramón. (2004). Manual de Luminotecnia. Ediciones Osram.
- Manual de Sistemas Eléctricos para Iluminación. (1998). BUCROS CONSULTORA.
- Normas de Diseño para Alumbrado de Exteriores. CADAFE.
- RODRIGUEZ, Carlos C. Mantenimiento de Alumbrado Público. Caracas: Editorial El Marqués 1070A.
- Recomendaciones para el Alumbrado de Calzadas de Tráfico motorizado y Peatonal. CIE. 115-1995.
- SANTAMARIA, Germán. Tecnología Eléctrica. Madrid: Editorial McGraw-Hill. 1993.

ANEXO A



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Nombre: _____ Tlf: _____

Calle o Av. _____

Encuesta a los usuarios de los sistemas de alumbrado público existentes en el casco central de la ciudad de Mérida.

1. ¿Como considera que está el alumbrado en el sector?
 Excelente___ Bueno___ Regular___ Deficiente___.
2. ¿Cree usted que el número de luminarias es el adecuado? SI___NO___
3. ¿Cree usted que las luminarias existentes presentan un adecuado funcionamiento? SI___NO___
4. ¿Cree usted que hay buena iluminación en las calles? SI___NO___
5. ¿Cree usted que el tipo y número de luminarias sea el adecuado? SI___NO___
6. Qué tan frecuente considera usted que es el mantenimiento realizado al alumbrado público en este sector.
 Periódico___ Esporádico___ Escaso___ Nunca___.
7. ¿Cuando se presenta una falla en el alumbrado publico del sector, en cuanto tiempo resuelven dicho problema?
 1Dia___ 1Semana___ 2Semanas___ Nunca___.
8. ¿El alumbrado público afecta de alguna manera las actividades nocturnas realizadas en su hogar?
 SI___NO___ Por que _____

9. ¿Cree usted que el alumbrado público existente produzca algún tipo de accidente de tránsito por mucha o poca iluminación?
 SI___NO___ Por que _____
10. ¿Qué sugiere o recomienda usted, para el mejoramiento o buen desempeño del alumbrado público existente?
 Observacion _____

ANEXO B



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Nombre: _____ Tlf: _____

Especialidad _____

Encuesta a las entidades encargadas de las instalaciones de los sistemas de alumbrado público existentes en el casco central de la ciudad de Mérida.

1. ¿Con que plan cuentan para el debido mantenimiento del alumbrado público?
Predictivo___ Preventivo___ Correctivo___
2. ¿Cree usted que el gobierno contribuye al buen funcionamiento del sistema? SI___NO___
3. ¿Qué criterios de calidad de servicio implementa la empresa para el alumbrado público?
Observación_____
4. ¿Cree usted que existe la mano de obra adecuada y calificada para ofrecer un buen servicio y mantenimiento del alumbrado? SI___NO___
5. ¿Cree usted que el tipo y número de luminarias sea el adecuado en el casco central de la ciudad de Mérida?
SI___NO___
6. ¿Con que inventario cuentan para el remplazo o sustitución de equipos en caso de fallas?
Observación_____
7. ¿Qué sucede cuando hay pérdida de conductores de alumbrado, qué procedimiento utilizan para dar continuidad al servicio?
Observación_____
8. ¿Se ha reportado algún tipo de accidente por falta de alumbrado público?
SI___NO___
9. ¿Qué tan frecuente se le realiza el mantenimiento al alumbrado público al casco central de la ciudad de Mérida?
Periódico___ Esporádico___ Escaso___ Nunca___.
10. ¿Qué sugiere o recomienda usted, para el mejoramiento o buen desempeño del alumbrado público existente?
Observacion_____

