

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA



**SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE
ALUMBRADO PÚBLICO Y
GUÍAS DE AVENIDAS
UTILIZANDO FIBRAS ÓPTICAS**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO
EN ELECTRONICA.

Asesor de tesis

Dr. GILBERTO GONZÁLEZ

_____ AVALOS

PRESENTA:

ARTURO GARZA REYES

Morelia Michoacán
Agosto/2019

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera ardua, especial y muy sincera a los profesores en conjunto, al **Dr. GILBERTO GONZÁLEZ AVALOS** y al **Ing. IGNACIO FRANCO TORRES** por el gran apoyo, tanto moral como laboral profesionalmente para la realización de esta tesis. De igual manera por la confianza en el desarrollo de mi trabajo, así mismo agradezco su enorme capacidad de determinación para guiarme con mis ideas. Este aporte de ayuda ha sido invaluable para mi desarrollo del trabajo realizado, además del desarrollo de esta tesis, también me sirvió en mi formación como persona y futuro ingeniero. Estas ideas propias, siempre enmarcadas, orientadas y con gran rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre acertada participación. Le agradezco al Dr. GILBERTO GONZÁLEZ AVALOS de nueva cuenta, por haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis físicamente.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a mi padre **Dr. Arturo Garza Araiza** y a mi madre **Teresa Reyes Torres** por su importante aporte familiar y moral activa en mi desarrollo de Ingeniero en Electrónica.

Dedicatoria

CADA DÍA ES UN NUEVO RETO EN LA VIDA UNIVERSITARIA

En el camino de nuestra vida por la universidad, no es simplemente un momento de nuestra vida, es el momento mismo en el que somos moldeados y enseñados a desarrollar nuestra mente, valores, inspiraciones, deseos, responsabilidades, criterios e inspiración lo que haremos y como lo haremos durante el resto de nuestra vida. Cada momento vivido dentro del proceso universitario, es simplemente una oportunidad que nos brindan nuestros padres, y algunos profesores que se interesan por un buen desarrollo y una buena preparación de sus estudiantes como dentro y fuera de la universidad.

La universidad, es una de varias oportunidades de progreso personal, ya que cada día se presenta una nueva situación por las mañanas, como un nuevo reto, pero nuestra mejor y única actitud es que debemos tener y tomar frente a este, es el de conquistarle, el propósito que con el que cada día debes iniciar tus mañanas, es y deberá ser ese. Los inconvenientes son solo situaciones que mejorarán nuestro aprendizaje, aunque lo alentarán un poco... serán situaciones y momentos muy probablemente no deseados, pero al final de tu camino, podrás darte cuenta de lo necesario que fue el haber vivido cada una de estas experiencias. Es por esto que esta tesis va dedicada a esta institución, por el privilegio de tener los grandes momentos de aprendizaje y enseñanza, de igual manera a mis familiares.

Índice

Agradecimientos	i
Dedicatoria.....	ii
Índice	iii
Resumen	vi
Abstract.....	vii
Palabras Clave	viii
Keywords	ix
Lista de Figuras.....	x
Glosario de Términos	xiv
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.- Antecedentes.....	1
1.2.- Objetivo	5
1.3.- Justificación.....	5
1.4.- Metodología.....	6
1.5.- Contenido de la Tesis	7
CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES DE FIBRAS ÓPTICAS	8
2.1.- Historia de fibras ópticas.....	8
2.1.1.- Efecto Tyndall.....	11
2.1.2.- Endoscopía.....	13
2.1.3.- Cable de fibra óptica trasatlántico.....	17
2.2.- La fibra óptica como medio de transmisión de luz	18
2.2.1.- Índice de refracción.....	20
2.2.2.- Ley de Snell	21
2.2.3.- Cable de conexión monomodo.....	22
2.2.4.- Cable de conexión multimodo.....	22
2.3.- Fabricación de la fibra óptica	23

2.3.1.- Materia prima para la fibra óptica.....	25
2.3.2.- Fusión y fabricación del preformado	29
2.4.- Estirado de la fibra óptica.....	35
2.5.- Pruebas y mediciones	36
CAPÍTULO 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GUÍA DE LUZ SOBRE AVENIDAS USANDO FIBRA ÓPTICA.	37
3.1.- Introducción.....	37
3.2.- Dispositivos reflejantes en guías	38
3.3.- Dispositivos para el diseño	43
3.3.1.- Fibra óptica con proyección lateral de la luz.....	43
3.3.2.- Lámpara LED8W-MR16	45
3.3.3.- Socket dicroico mr16 redondo	46
3.3.4.- Embudo concentrador de luz	46
3.2.4.1 Reflexión especular	48
3.2.4.2 Reflexión difusa	48
3.3.5.- Base reflectora	49
3.4.- Prototipo de un sistema de guía.....	53
3.5.- Diseño de sistema de guía de luz.....	54
3.5.1.- Fibra óptica	54
3.5.2.- Fuente lámpara led-mr16.....	57
3.5.3.- Embudo.....	59
3.5.4.- Base reflectante	59
3.6.- Sistema de guía de luz.....	61
3.7.- Costos de sistemas de guías de luz.....	65
CAPÍTULO 4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACION DE ALUMBRADO PÚBLICO USANDO FIBRA ÓPTICA.	66
4.1.- Introducción.....	66
4.2.- Sistema de iluminación	70

4.3.- Prototipo de alumbrado publico	73
4.4.- Dispositivos para el diseño	74
4.4.1.- Fibra óptica	75
4.4.2.- Base de soporte	77
4.4.3.- Fuente de luz.....	79
4.4.4.- Bases reflectoras	80
4.5.- Sistema de alumbrado público	80
4.6.- Costos de sistemas de iluminación de alumbrado público	85
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	86
5.1.- Conclusión.....	86
5.2.- Recomendaciones	88
Bibliografía	93

Resumen

En esta tesis se diseñarán dos sistemas, de los cuales se pretende que los dos diseños estén implementados en una escala moderada, para así realizar cambios y conclusiones sobre la realización de lo que se desarrolló y a donde se llegó.

En el capítulo 1 se inicia con una pequeña introducción del principal componente que se usará, en este caso se habló sobre el principio del funcionamiento de la fibra óptica.

En capítulo 2 se explica la historia del “nacimiento” de la fibra óptica, así como su evolución. De igual manera se explica las etapas de las actualizaciones que fue llevando y la ayuda que requirió de los distintos personajes a lo largo del tiempo y de la historia que ayudó a la misma evolución que existe ahora sobre la fibra óptica.

En el capítulo 3 se diseña un prototipo de guías de luz sobre avenidas utilizando material principal que es la fibra óptica, además de componentes y adaptaciones de los materiales inexistentes que se realizan para la finalización del prototipo.

En el capítulo 4 se diseña un prototipo de un sistema de iluminación de alumbrado público.

En el capítulo 5 se lleva a unas conclusiones de finalización, así como las recomendaciones a posibles cambios de diseño y o componentes usados.

Abstract

In this thesis two systems will be designed, of which the two designs are intended to be implemented on a moderate scale, in order to make changes and conclusions about the realization of what was developed and where it was reached.

In chapter 1, begins with a small introduction of the main component that will be used, in this case the principle of the operation of the optical fiber was discussed.

In chapter 2, the historiography of the "birth" of the optical fiber is explained, as well as its evolution. In the same way it explains the stages of the updates that it was taking and the help that it required of the different characters throughout the time and of the history that helped to the same evolution that exists now on the optical fiber.

In chapter 3, a prototype of light guides on avenues is designed using main material that is fiber optic, as well as components and adaptations of nonexistent materials that are made for the finalization of the prototype.

In Chapter 4, a prototype of a lighting system for public lighting is designed.

In the chapter 5, leads to final conclusions as well as recommendations for possible design changes and components used.

Palabras Clave

- REFRACCION.
- REFLEXION.
- TYNDALL
- VIALETAS.
- SNELL.

Keywords

- REFRACTION.
- REFLECTION.
- TYNDALL
- VIALETS.
- SNELL.

Lista de Figuras

Figura 1. 1 Estructura de una Fibra Óptica.....	2
Figura 1. 2 Alumbrado Público y Guías en Avenidas.	4
Figura 2. 1 Jean-Daniel Colladon.	9
Figura 2. 2 Esquema de Fuente de luz.	10
Figura 2. 3 John Tyndall.	10
Figura 2. 4 Representación del Efecto Tyndall.	11
Figura 2. 5 Narinder Singh Kapany "El Padre de La Fibra Óptica".	13
Figura 2. 6 La Endoscopia.	13
Figura 2. 7 Ing. Charles K. Kao "Padrino de La Banda Ancha".	14
Figura 2. 8 Impureza en una Fibra Óptica.	15
Figura 2. 9 Científicos: Donald Keck, Robert Maurer y Peter Schultz.	15
Figura 2. 10 Representación de un Cable de Fibra Óptica Transatlántico.	18
Figura 2. 11 Fibra Óptica Común.....	19
Figura 2. 12 Refracción.....	20
Figura 2. 13 Reflexión.....	20
Figura 2. 14 Cable Conexión Monomodo.....	22
Figura 2. 15 Cable Conexión Multimodo.....	23
Figura 2. 16 Fibra Óptica con Iluminación.....	24
Figura 2. 17 Silicio.....	25
Figura 2. 18 Cristal de Fluoruro.	25
Figura 2. 19 Mezcla de Bario, Vidrio, Zirconio, Lantano y Bario.	26
Figura 2. 20 Germanio.....	26
Figura 2. 21 Selenio.	26
Figura 2. 22 Método Fusión de Vidrio.	30
Figura 2. 23 Método de Deposición de Vapor Externo.	31
Figura 2. 24 Método de Deposición de Vapor Axial.....	32
Figura 2. 25 Método de Deposición de Vapor.	33
Figura 2. 26 Método de Deposición de Vapor Químico con Plasma.....	34
Figura 2. 27 Estiramiento de la Fibra Óptica.	35

Figura 3. 1 Botón Reflejante.	39
Figura 3. 2 Botón Reflejante ENNIS.	39
Figura 3. 3 Vialita de LED.	41
Figura 3. 4 Líneas Separadoras y Delimitadoras.	42
Figura 3. 5 Líneas Delimitantes.	42
Figura 3. 6 Fibra Óptica Lateral.	44
Figura 3. 7 Fibra Óptica Agrupada Frontal.	44
Figura 3. 8 Fibra Óptica Agrupada Lateralmente.	44
Figura 3. 9 Lámpara LED8W-MR16.	45
Figura 3. 10 Socket Dicroico MR16.	46
Figura 3. 11 Embudo Concentrador De Luz.	47
Figura 3. 12 Reflexión Especular.	48
Figura 3. 13 Reflexión Difusa.	48
Figura 3. 14 Espejo de Cristal.	49
Figura 3. 15 Base Reflectora Frontal.	50
Figura 3. 16 Base Reflectora Horizontal.	50
Figura 3. 17 Cinta Reflejante S-22330W.	51
Figura 3. 18 Espejo (Cristal).	52
Figura 3. 19 3 Espejos.	52
Figura 3. 20 Diseño Curvo.	53
Figura 3. 21 Prototipo de un Sistema de Guía.	53
Figura 3. 22 Fibra Óptica Lateral (sidelight).	54
Figura 3. 23 Fibra Óptica SOT-4.	55
Figura 3. 24 Fibra Óptica Puntual 2mm.	55
Figura 3. 25 Fibra Óptica de Hilo.	55
Figura 3. 26 Fibra Óptica Flexible del Tipo F.O.P.	56
Figura 3. 27 Fibra Óptica Sin Flexibilidad del Tipo F.O.V.	56
Figura 3. 28 Fuente Lámpara LED- MR16.	57
Figura 3. 29 Fuente de Luz Encendida.	57
Figura 3. 30 Fuente de Luz con Adaptación.	58
Figura 3. 31 Fuente de Luz con Agrupación de Fibra Óptica.	58
Figura 3. 32 Embudo Frontal Interior.	59
Figura 3. 33 Embudo Posterior.	59
Figura 3. 34 Base Reflectante.	60
Figura 3. 35 Base Reflectora con Material Reflejante (Vidrio).	60

Figura 3. 36 Base Reflectante con Fibra Óptica.	61
Figura 3. 37 Diseño Final.	61
Figura 3. 38 Emisión de Luz en Agrupación de Fibras Ópticas sin Base Reflectante.	61
Figura 3. 39 Emisión Puntual de Fibras Ópticas	62
Figura 3. 40 Sistema de Guías de Luz Sobre Avenidas de Forma Paralela.	62
Figura 3. 41 Sistema de Guías de Luz Sobre Avenidas.	63
Figura 3. 42 Sistema de Guías de Luz sobre Avenidas.....	63
Figura 3. 43 Sistema de Guías de Luz sobre Avenidas.....	64
Figura 4. 1 Luminaria de Antorcha.....	67
Figura 4. 2 Iluminaria de un solo punto de Emisión de Luz.	68
Figura 4. 3 Luminaria con 3 puntos de emisión	69
Figura 4. 4 Luminaria doble de LED de 32 puntos de emisión.....	69
Figura 4. 5 Luminaria LED de 30 puntos de emisión.	69
Figura 4. 6 Alumbrado Público.	70
Figura 4. 7 Bombilla Incandescente.....	71
Figura 4. 8 Bombillas Halógenas.....	71
Figura 4. 9 Bombilla Fluorescente.	72
Figura 4. 10 Lampara Luminaria de LED'S.....	72
Figura 4. 11 Prototipo de Iluminaria.	74
Figura 4. 12 Fibra Óptica Lateral.....	75
Figura 4. 13 Emisión Puntual de luz.	76
Figura 4. 14 Agrupación de 4 Fibras Ópticas.....	77
Figura 4. 15 Base de Soporte.....	78
Figura 4. 16 Base de Soporte Unida.....	78
Figura 4. 17 Base de Soporte con Una Base.....	78
Figura 4. 18 Fuente de Luz LED-MR16 8w.....	79
Figura 4. 19 Diseño Final.	81
Figura 4. 20 Sistema de Iluminacion.	81
Figura 4. 21 Sistema de Iluminacion de Alumbrado Público.	82
Figura 4. 22 Sistema de Iluminacion desde la parte Lateral.	82
Figura 4. 23 Sistema de Iluminacion desde la parte Frontal.	83
Figura 4. 24 Luminaria Peatonal.	83

Figura 4. 25 Sistema de Iluminación de Alumbrado Público.	84
Figura 5. 1 Sistema de Guías de Luz Sobre Avenidas Usando Fibra Óptica.....	89
Figura 5. 2 Futuro Sistema de Guías de Luz en Avenidas.	90
Figura 5. 3 Guías de Luz en Carreteras.....	90
Figura 5. 4 Sistema de Iluminacion de Alumbrado Público usando Fibras Óptica.	91
Figura 5. 5 Otro tipo de Alumbrado Público.	92
Figura 5. 6 Alumbrado Público Decorativo.	92

Glosario de Términos

Emisión puntual de luz. Acción y efecto de emitir (arrojar o echar algo hacia fuera), poner en circulación valores, lanzar ondas hercianas para difundir información desde el origen en posición frontalmente del núcleo.

Emisión lateral de luz. Acción y efecto de emitir (arrojar o echar algo hacia fuera), poner en circulación valores, lanzar ondas hercianas para difundir información desde el origen en posición lateralmente.

Espectro de luz. Es el rango visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir la llamada luz visible.

F.O.P. Fibra Óptica de tipo Plástico.

F.O.V. Fibra Óptica de tipo Vidrio.

Lumen. Es la unidad del Sistema Internacional de Medidas, para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

Posición axial. Relativo a un eje, en posición simétrico alrededor de un eje vertical.

Revestimiento de Fibra Óptica. Una o más capas de material de bajo índice de refracción, en contacto directo con el de núcleo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes

En el mundo actual existen muchas herramientas útiles en la vida cotidiana que se han encargado de brindar una mayor calidad de vida; pero sin duda una de las más importantes es la fibra óptica. Actualmente, es muy utilizada por la industria de telecomunicaciones así mismo para transportar información a través del reflejo de la luz de un lugar a otro de manera eficaz y con pocas pérdidas. La fibra óptica ha brindado muchos avances en la tecnología y es importante que en México haya más investigaciones sobre la misma y así para diseñar, fabricar e implementar en nuevos instrumentos, tecnologías y/o sensores que permitan que la población tenga una mejor y eficaz calidad de vida. Así mismo, este sistema pretende una facilidad de visión en las avenidas para la población. La fibra óptica es un medio de transmisión, empleado habitualmente en redes de datos y telecomunicaciones, consistente en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. Las fibras se utilizan ampliamente en comunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de la radio y superiores a las de un cable convencional. Son el medio de transmisión por cable más avanzado actualmente, al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, y también se utilizan para redes locales donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión.

En la figura 1.1 [1] se ilustra una estructura general de una fibra optica compleja de comunicacion, en donde se encuentra la descripción de su estructura física a continuación.

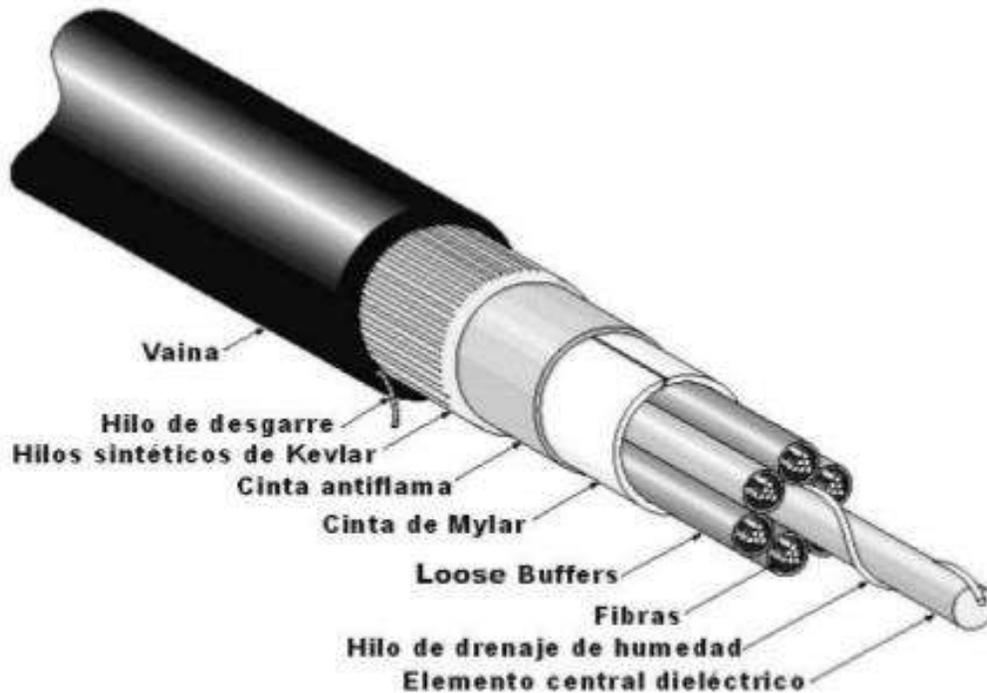


Figura 1. 1 Estructura de una Fibra Óptica.

- a) Elemento central dieléctrico: este elemento central que no está disponible en todos los tipos de fibra óptica, es un filamento que no conduce la electricidad (dieléctrico), que ayuda a la consistencia del cable entre otras cosas.
- b) Hilo de drenaje de humedad: su fin es que la humedad salga a través de él, dejando al resto de los filamentos libres de humedad.
- c) Fibras: esto es lo más importante del cable, ya que es el medio por dónde se transmite la información. Puede ser de silicio (vidrio) o plástico compuesto, ya que existen una gran diversidad en cuanto a la fabricación de la fibra óptica, y de igual manera en los compuestos de mezclas de materia prima para su gran y delicado proceso de fabricación. Es aquí donde se producen los distintos fenómenos físicos de reflexión y de refracción, los cuales son explicados a lo largo de esta tesis. La pureza y la calidad de este material, es lo que marca la gran diferencia en cuanto a efectividad, ya que para saber si es buena para transmitir o no se realizan las pruebas finales en su fabricación. Una simple impureza puede desviar el haz de luz, haciendo que este se pierda o no llegue a destino. En cuanto al proceso de fabricación es muy interesante,

aunque no existe mucha información acerca del proceso, algunos vídeos y material en la red, se explican diferentes procesos para llegar al resultado requerido.

- d) Loose Buffers: es un pequeño tubo que recubre la fibra y a veces contiene un gel que sirve para el mismo fin haciendo también de capa oscura para que los rayos de luz no se dispersen hacia afuera de la fibra.
- e) Cinta de Mylar: es una capa de poliéster fina que hace muchos años se usaba para transmitir programas a PC, pero en este caso sólo cumple el rol de aislante.
- f) Cinta antillama: es un cobertor que sirve para proteger al cable del calor y las llamas.
- g) Hilos sintéticos de Kevlar: estos hilos ayudan mucho a la consistencia y protección del cable, teniendo en cuenta que el Kevlar es un muy buen ignífugo, además de soportar el estiramiento de sus hilos.
- h) Hilo de desgarrar: son hilos que ayudan a la consistencia del cable.
- i) Vaina: la capa superior del cable que provee aislamiento y consistencia al conjunto que tiene en su interior.

Para un sistema de iluminación de alumbrado público y guías de avenidas utilizando fibras ópticas, se puede definir como un conjunto de elementos, que se diseñan para proporcionar una visibilidad clara y nítida para mejorar los aspectos estéticos requeridos en un espacio o área definida. Esto se realiza seleccionando las mejores luminarias que proporcionan el nivel de iluminación adecuado para cada tarea y se minimicen efectos de brillo directo y reflejado buscando en todos los casos optimizar el uso de energía y reducir el costo operativo. En los sistemas de iluminación de alumbrado público y guías de avenidas utilizando fibras ópticas existen luminarias tales como las vialetas reflejantes para carretera, fantasmas reflejantes, botones reflejantes, todas con el mismo fin y el mismo principio, reflejar e iluminar el marco geométrico, complementar marcas del pavimento, delimitar elementos adyacentes en el camino, separar los carriles para uso específico y así responder las necesidades de seguridad de los usuarios. Se pueden aplicar en todo tipo de avenidas y carreteras hechas a base de pavimento o concreto.

Dependiendo de esto último es como se deberá elegir el tipo de adhesivo a utilizar en el camino, calle, avenida, carretera y dar mejor una mejor visibilidad, tal y como se muestra en la figura 1.2 donde se ilustra la visibilidad de un alumbrado público y con iluminación de guías en el asfalto.



Figura 1. 2 Alumbrado Público y Guías en Avenidas.

1.2.- Objetivo

El objetivo del sistema de iluminación de alumbrado público y guías de avenidas utilizando fibras ópticas es el de diseñar un sistema de iluminación a escala, el diseño será enfocado para la implementación y aprovechando la principal tecnología de la fibra óptica para iluminación, con el objetivo de que este diseño sea eficaz y capaz de resolver las desventajas de los actuales sistemas de iluminación y sistemas de guías en las avenidas, el tema se enfocará en diseñar un sistema con ventajas favorables para la misma población, es decir, usar la tecnología actual se conocerá y se implementará los distintos y amplios tipos de fibras ópticas aplicables en los distintos diseños enfocados para este objetivo y así aprovechar la calidad de los diseños actuales. Se esperará que en un futuro se puedan adaptar para las zonas deseadas, tanto como a la población en las avenidas como a los conductores en las avenidas para un mejor estilo de vida. Se iniciará una amplia investigación enfocada en cumplir el objetivo deseado y así tener un diseño completo funcional adaptando un sistema de iluminación de alumbrado público y guías de avenidas usando fibras ópticas actuales y esperar incluirlas en este diseño novedoso. Así mismo, se espera que sea un diseño arquitectónicamente funcional para la población y se aprovechará el uso de las tecnologías actuales y principalmente la fibra óptica.

1.3.- Justificación

Este trabajo de investigación resulta importante para la elaboración y diseño dos sistemas de iluminación. Un sistema de alumbrado público y un sistema guías de avenidas usando fibra óptica, y así aprovechar esta tecnología de la fibra óptica actual. Esta gran inquietud surge por no ver el aprovechamiento en esta área, mencionando que este diseño resultaría como ventaja para todos y cada uno de los sistemas en uso actualmente. Con este sistema se pretende economizar gastos, mejorar diseños para las guías, mejorar el marco geométrico, facilitar la visualización de los delimitantes en los caminos y avenidas, también se pretende mejorar la arquitectura en los diseños, en las herramientas y dispositivos disponibles como en intensificar la luminosidad en las áreas y guías determinadas, aprovechar la calidad de la tecnología de la fibra óptica, alargar su vida útil, entre tantas. De la misma manera este sistema de iluminación de alumbrado público y

guías de avenidas utilizando fibras ópticas. Será un diseño que pretende, que un momento los conductores no tengan necesidad de encender las luces, es decir, la iluminación en la parte delantera de los automóviles mediante faros de corto y largo alcance, que pueden ser apoyados con el uso de faros antiniebla, faros supletorios y faros cuneteros, evitando la distracción del encandilado de los autos en carriles contrarios, como también se espera el aprovechamiento total de los peatones. El diseño de este sistema surge por las problemáticas de los costos y el desaprovechamiento de las nuevas tecnologías, falta de luminosidad en avenidas y en las zonas peatonales. De este modo esta novedosa tecnología de la fibra óptica optimiza costos y se acopla a diseños estructurales novedosos y actuales.

1.4.- Metodología

Para este sistema de iluminación de alumbrado público y guías de avenidas utilizando fibras opticas es necesario una investigación sobre sistemas de iluminacion y guías en la zona publica, usando así los dispositivos, herramientas, fibras ópticas, estructuras, conexiones, cables, bases, soportes para hacer las distintas pruebas sobre el transcurso del diseño. Es de gran importancia que, en el transcurso de la investigación de los sistemas, se esté implementando un diseño a escala para una adquisición de información errónea o cambios del mismo diseño. Una vez teniendo recopilado la información de las distintas pruebas realizadas, se enfocará en la realización del diseño en el sistema de iluminacion de alumbrado público, teniendo el esquema de los accesorios más convenientes a usar. De la misma manera para el diseño de las guías en avenidas, se utilizará herramientas bases y principios de diseños ya estructurados, amplificando y mejorando la estructura y diseño para adaptarlo mediante fibra óptica, basándonos en lo ya existente y aprovechando la tecnología primordial de este diseño de la fibra óptica.

1.5.- Contenido de la Tesis

En esta tesis de sistemas de iluminación de alumbrado público y guías en avenidas utilizando fibras ópticas, se dividen por 5 capítulos, los cuales cada uno de ellos constan de una explicación y desglose de los temas y subtemas, así mismo, se aporta una información obtenida y reclutada que describe en cada capítulo.

En el capítulo 1, consta de una introducción sobre el uso de la fibra óptica como transmisor de luz, así mismo justifico motivo por el cual se decide realizar y adentrar en este tema de tesis.

En el capítulo 2, se encontrará información acerca del inicio de la fibra óptica y su historia desde el comienzo de su descubrimiento hasta los últimos avances actuales. Se habla también de cómo fue la evolución de la fibra óptica usándola particularmente como medio de transmisión de luz en el transcurso del tiempo.

En el capítulo 3, existe un diseño de sistemas de guías en avenidas utilizando fibra óptica.

En el capítulo 4, se muestra un diseño de sistemas de iluminación de alumbrado público utilizando fibra óptica.

En el capítulo 5, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES DE FIBRAS ÓPTICAS

2.1.- Historia de fibras ópticas

La fibra óptica es uno de los grandes descubrimientos de la segunda mitad del siglo XX, aunque, eso sí, gran parte de los fundamentos y puntos de vista de diferentes autores e investigadores como lo es el inventor Claude Chappe, el físico Jean-Daniel Colladon, el físico Jacques Babinet, el físico John Tyndall entre otros varían en opiniones del inicio de la fibra óptica. Respecto a las diferentes y distintas opiniones y observaciones de cual siglo fue el inicio del invento y de la fabricación de la fibra óptica, la información de los estudios concuerda que entre los siglos XVIII, XIX y principios del siglo XX, son los siglos del principio de la invención de la fibra óptica. En este capítulo se reúne la mayor cantidad información encontrada sobre los antecedentes de la fibra óptica.

En la Antigüedad, los griegos usaban espejos para transmitir información, de modo rudimentario, usando luz solar. Las señales luminosas siempre se han utilizado como método de comunicación desde la antigüedad, sin embargo, estas comunicaciones eran estrictamente visuales y la luz era algo que el hombre no había llegado a controlar más allá de saber que ésta viaja en línea recta. Claude Chappe, fue un inventor francés que en 1792 demostró un sistema práctico de telegrafía óptica que se extendió por toda Francia. Este fue el primer sistema práctico de telecomunicaciones, y puede considerarse a Chappe como el primer magnate de las comunicaciones. En el siglo XVIII desarrolló en Francia un sistema de telégrafo óptico basado en torres y en la observación y que se considera uno de los primeros usos modernos de la luz en el intercambio de información. En 1795 se enviaron con éxito los primeros mensajes entre París y Lille. Como la luz, podía usarse para transmitir información, pero ésta viajaba por el espacio libre y no había manera de “controlarla” o hacerla circular por un medio cerrado sin que este fuese totalmente lineal o recto, la única manera de hacer viajar la luz por un medio de transmisión cerrado con independencia de su curvatura, que hasta 1840 que Daniel Colladon, físico suizo y Jacques Babinet, matemático físico, y astrónomo francés que

en París sentaron las bases del confinamiento de la luz sobre una línea de transmisión, gracias al fenómeno de la refracción. En la figura 2.1 [2] se muestra al famoso Daniel Colladon quien por ser el primero en experimentar con la reflexión total de la luz dentro del agua, fenómeno que acabaría dando paso a la fibra óptica.



Figura 2. 1 Jean-Daniel Colladon.

En la figura 2.2 [3] se muestra el esquema de Fuente De Luz de Jean-Daniel Colladon, que demostró por casualidad la propiedad de la reflexión interna total de la luz (Total Internal Reflection, TIR, en inglés). Pretendía mostrar un experimento de fluidos, pero en la sala de conferencias la audiencia no podía ver el flujo de agua. Colladon solventó el problema captando y conduciendo hasta la mesa la luz solar. Enfocó la luz a través del tanque de agua y la hizo incidir en el borde del chorro de agua, en un determinado ángulo. La reflexión interna de la luz capturó la luz dentro del líquido, forzándolo a seguir un camino curvilíneo. Se muestra lo que Colladon llamó fuente de luz, y muestra cómo la luz queda atrapada en el fluido y describe una trayectoria parabólica. Este incidente llevaría, siglos después, al descubrimiento de la fibra óptica moderna.

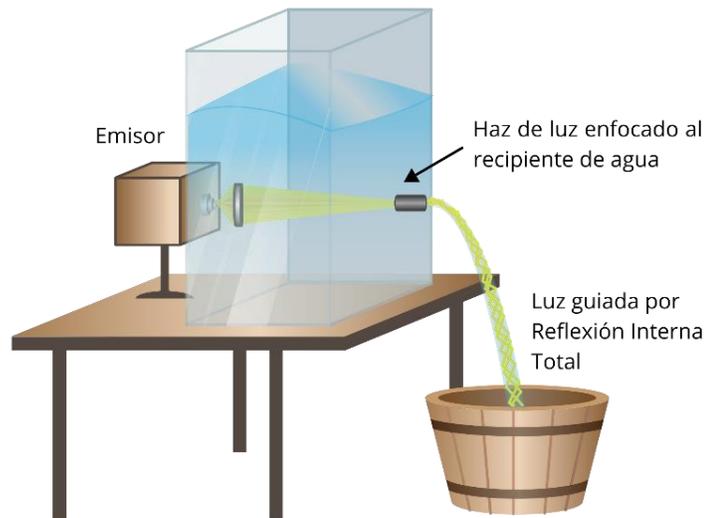


Figura 2. 2 Esquema de Fuente de luz.

Fue entonces hasta 1870, John Tyndall, quien fue un físico irlandés, conocido por su estudio sobre los coloides que investigó y desarrollo el llamado efecto Tyndall, denominado así en honor a su nombre, al descubrir, que la luz podía viajar dentro de un material y salvar la curvatura de la línea de transmisión gracias a la reflexión interna en las “paredes” del material. Este hallazgo lo realizó usando agua como el medio para propagar la luz, pero, años más tarde, otros investigadores replicaron el entorno demostrativo y sustituyeron el agua por cristal como posible medio de transmisión para comunicaciones de larga distancia. En la figura 2.3 [4] se muestra al físico John Tyndall.

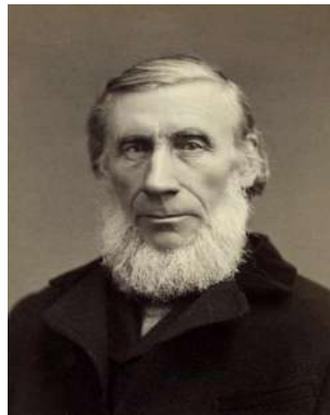


Figura 2. 3 John Tyndall.

2.1.1.- Efecto Tyndall

Llamado así por el físico John Tyndall , En efecto Tyndall es cuando un haz de luz relativamente angosto pasa a través de un coloide o no, como son las partículas de polvo que están en el aire, estas desvían la luz y aparecen en el haz como pequeñas y brillantes manchas de luz. En una solución la apariencia es diferente, ya que la desviación de la luz en un coloide ocurre porque las grandes partículas que están en él, reflejan la luz produciendo un haz visible de luz que se puede observar. Sin embargo, un haz de luz que pasa a través de una solución verdadera es invisible. En la figura 2.4 [5] se observa claramente el efecto Tyndall.



Figura 2. 4 Representación del Efecto Tyndall.

Tras estos primeros trabajos, si bien se estaban empezando a sentar las bases de las comunicaciones ópticas, es decir, enfocándose a la comunicación usando la luz, ya que la tecnología de la época no permitía desarrollar materiales que permitiesen transmitir la luz con un rendimiento aceptable y, por lo tanto, existían aun las pérdidas de señal. A continuación, con las bases conocidas, se inicia un desarrollo que se llevó a cabo una serie de estudios, con los cuales se demostró el potencial del cristal como medio eficaz de transmisión a larga distancia.

Además, se desarrollaron una serie de aplicaciones basadas en dicho principio para iluminar el agua en fuentes públicas. Más tarde, el ingeniero escocés John Logie Baird, registró patentes que describían la utilización de bastones sólidos de vidrio en la transmisión de luz, para su empleo en su sistema electromecánico de televisión en color. Sin embargo, las técnicas y los materiales usados no permitían la transmisión de la luz con buen rendimiento. Las pérdidas de señal óptica eran grandes y no había dispositivos de acoplamiento óptico. Solamente, en años siguientes las fibras ópticas comenzaron a interesar a los investigadores, para el uso de las muchas aplicaciones prácticas que ya estaban siendo desarrolladas. Ya entonces después, con un lapso de más de 50 años desde que los principios y conceptos básicos de la fibra óptica se conocieron, continua el interés.

En 1952, Narinder Singh Kapany, científico indio de religión sijismo que se nacionalizó estadounidense. Fue el científico que revolucionó el mundo de las telecomunicaciones y abrió las puertas a la revolución digital apoyándose en los estudios de John Tyndall, realizó experimentos que condujeron a la invención de la fibra óptica, basándose en la teoría de Tyndall, desarrolló una teoría sobre un material. Esto para que el haz de luz pudiese viajar y en el caso de presentar alguna curvatura, el haz de luz pudiese adaptarse gracias a las reflexiones de los rayos de luz sobre el material. En realidad, Kapany recogió el concepto de mentes brillantes anteriores, principalmente de Tyndall y Claude Chappe. Basándose en estos estudios, en el siglo XVIII, desarrolló en Francia una especie de telégrafo óptico que es considerado como uno de los primeros intentos de usar la luz como vehículo de información. Sin embargo, el gran problema para todos aquellos que quisieron desarrollar artilugios similares era controlar el viaje de esa información, ya que era necesario que la luz circulase por un espacio cerrado y recto. En la figura 2.5 [6] se representa al científico indio Narinder Singh Kapany a quien se le reconoce como padre de la fibra óptica por sus desarrollos e investigaciones. En especial su investigación, su desarrollo y sus grandes inventos que abarcan con las fibras ópticas fueron usos para desarrollos como imágenes médicas, láseres, instrumentos biomédicos, energía solar y vigilancia de contaminación. La fibra óptica que hoy en día utilizamos es el fruto del trabajo de múltiples investigaciones del mismo Narinder Singh Kapany, conocido como "El padre de la fibra óptica".



Figura 2. 5 Narinder Singh Kapany "El Padre de La Fibra Óptica".

2.1.2.- Endoscopía

Una de las primeras aplicaciones reales ya en ejecución. Uno de los campos en los que la fibra óptica ha permitido más avances es el de la medicina. De hecho, aparatos como los laringoscopios, rectoscopios, broncoscopios o laparoscopias utilizan esta tecnología para facilitar la exploración del interior del organismo mediante la incorporación de mini cámaras. A pesar del éxito de esta operación en uso de la fibra óptica, y el buen uso en aplicaciones ya eran interesantes, no marchó nada mal, pero aun así estaba muy limitado, ya que la señal perdía efectividad a partir de la decena de metros, la fibra óptica seguía presentando muchas pérdidas y hacía inviable su utilización para cubrir distancias mayores a los 9 metros. En la figura 2.6 [7] se muestra la endoscopía



Figura 2. 6 La Endoscopía.

Para finales de los años 1960 el Dr. Sir Charles Kuen Kao, quien estudió ingeniería eléctrica, comenzó a trabajar como ingeniero en el centro de investigación de Standard Telephones & Cables (STC) y en 1966 logró que a través de la fibra de vidrio se lograra transmitir señales de un láser a 100 km de distancia. A Kao se le considera como “Padrino de la Banda Ancha” y “Padre de las Comunicaciones por Fibra Óptica”. En 1967, Charles K. Kao hizo un descubrimiento que supuso una innovación en las fibras ópticas, y explicó que analizó cuidadosamente cómo transita la luz a través de largas distancias mediante fibras ópticas de cristal, hasta descubrir que con una fibra del más puro cristal era posible transmitir señales de luz a lo largo de cien kilómetros, comparado con los escasos metros que sólo era posible transmitir en los años atrás con las fibras ópticas disponibles en los años sesenta. A pesar de ello, los procesos de fabricación debían mejorarse mucho porque estaban aún muy lejos del valor objetivo marcado por Kao. Precisamente, Kao y otros colaboradores de la misma área desarrollaron un estudio teórico en el que caracterizaron los procesos de fabricación y depuraron las fibras fabricadas gracias a la detección de impurezas en los cristales. Cubriendo las fibras con una camisa de nylon y una cubierta resistente era posible manipular los cables sin que se rompiesen y, por tanto, hacer viable su uso en una instalación convencional. En la figura 2.7 [8] se observa al Dr. Sir Charles Kuen Kao en su laboratorio.



Figura 2. 7 Ing. Charles K. Kao “Padrino de La Banda Ancha”.

En la figura 2.8 [9] se muestra uno de los estudios que revelo Charles Kuen Kao para mejorar la calidad de la fibra óptica. Un proceso de desarrollo de calidad superior para el aprovechamiento de la capacidad de la fibra óptica y menor impurezas.

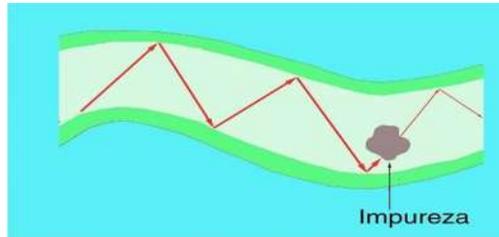


Figura 2. 8 Impureza en una Fibra Óptica.

Para finales de 1970 los científicos Donald Keck, Robert Maurer y Peter Schultz en conjunto fabricaron la primera fibra óptica aplicando impurezas de titanio en silicio, basándose en los estudios y desarrollos ya encontrados por Sir Charles Kuen Kao. Fabricaron con éxito el primer lote de fibras ópticas con la transparencia suficiente para que la comunicación de fibra óptica fuese una realidad. Estas actividades marcaron un punto decisivo. En ese tiempo entonces, ya se contaba con los medios suficientes para llevar las comunicaciones de fibra óptica fuera de los laboratorios de física al campo de la ingeniería habitual. En la figura 2.9 [10] se encuentran los científicos Donald Keck, Robert Maurer y Peter Schultz.



Figura 2. 9 Científicos: Donald Keck, Robert Maurer y Peter Schultz.

Durante la siguiente década, a medida que continuaban las investigaciones, las fibras ópticas mejoraron constantemente su transparencia para evitar pérdidas. Aun así la pérdida de atenuación era de 17 dB/km, pero las fibras ópticas con este grado de transparencia no se podían fabricar usando métodos tradicionales. El gran avance se produjo cuando se dieron cuenta de que el cristal de sílice puro, sin ninguna impureza de metal que absorbiese luz, solamente se podía fabricar directamente a partir de componentes de vapor, evitando de esta forma la contaminación que inevitablemente resultaba del uso convencional de los crisoles de fundición. El progreso ahora se centraba en seleccionar el equilibrio correcto de componentes del vapor y optimizar sus reacciones. La tecnología en desarrollo se basaba principalmente en el conocimiento de la termodinámica química, una ciencia perfeccionada por tres generaciones de químicos desde su adopción original. Para los años siguientes, se enfocó en estudios y desarrollos sobre perfeccionar la atenuación y pérdidas existentes en los diseños de la fibra óptica. En esa misma época.

Para el año 1970 desarrollos de distintas empresas se obtienen fibras ópticas con atenuación 12 dB/km.

Para el año 1972 se obtienen resultados con atenuación de 4 dB/km.

Para el año 1976 se obtienen resultados con atenuación de 0.47 dB/km.

Para el año 1979 se obtienen resultados con atenuación de 0.12 dB/km.

Para el año 1980 se empezaron a realizar las primeras pruebas con fibra óptica, sobretodo en organismos públicos que podían costear sus elevados precios. La sede central del NORAD (Mando Norteamericano de Defensa Aeroespacial) ubicada en la montaña Cheyenne, conectó todo su sistema informático usando fibra óptica con el fin de reducir las interferencias que se producían debido a su espacial entorno. En el transcurso de año, cables similares atravesaron los océanos del mundo, conectando así el transatlántico para comenzar a funcionar.

Ya en el año 1988, usando un cristal tan transparente, que los amplificadores para regenerar las señales débiles se podían colocar a distancias de más de 64 km. Tres años después, otro cable transatlántico duplicó la capacidad del primero.

Los cables que cruzan el Pacífico también han entrado en funcionamiento ofreciendo un servicio telefónico fácil para el creciente comercio entre los Estados Unidos y Asia

Para años siguientes, y hoy en día, la fibra óptica ha alcanzado la máxima perfección en su fabricación y más del 80 por ciento de tráfico de larga distancia se transporta mediante estos cables a lo largo de 25 millones de kilómetros en todo el mundo. El tráfico de datos a través de la fibra óptica sigue incrementándose y esto hace que los ingenieros desarrollen nuevas tecnologías para sacar el mayor provecho de las redes de fibra óptica ya desplegadas. Aun en pleno siglo XXI no se aprovecha al máximo la fibra óptica en acoplamiento luminoso.

2.1.3.- Cable de fibra óptica trasatlántico

En el siglo XXI son los cables transoceánicos submarinos los que permiten que Internet llegue a nuestras casas y trabajo. Se trata de un cable de varios centímetros de grosor que fue diseñado para resistir las inclemencias del fondo del océano. La forma más común de estos cables es un centro o núcleo de un material con gran capacidad conductora. Hoy la mejor opción es la fibra óptica y está recubierta de materiales de gran fuerza para evitar que este se rompa. Fabricar e instalar un cable con unas capacidades de transmisión altísimas hasta de 60 Tb por segundo. Es complicado que pueda resistir un largo tiempo bajo el mar. Por eso los cables submarinos están fabricados en una estructura de capas destinada a proteger la fibra óptica en el centro. En el exterior del cable hay una capa protectora de polietileno, el mismo plástico que se utiliza incluso en los chalecos antibalas. Bajo el polietileno encontramos una capa de acero trenzado que protege una barrera de aluminio destinada a evitar que entre agua en el cable. Y antes de llegar a la fibra óptica, aún queda una capa de policarbonato y un tubo de cobre. Cerca del 99% de los datos transoceánicos se envían mediante cables submarinos. Este dato supone un gran incremento desde 1995 que todo se enviaba mediante satélites, que se utilizan para enviar datos a gran distancia. Unos cientos de cables unen distintas partes del mundo, y los satélites se suelen utilizar para conectar áreas remotas e islas. En la figura 2.10 [11] se representa un cable de fibra óptica trasatlántico.

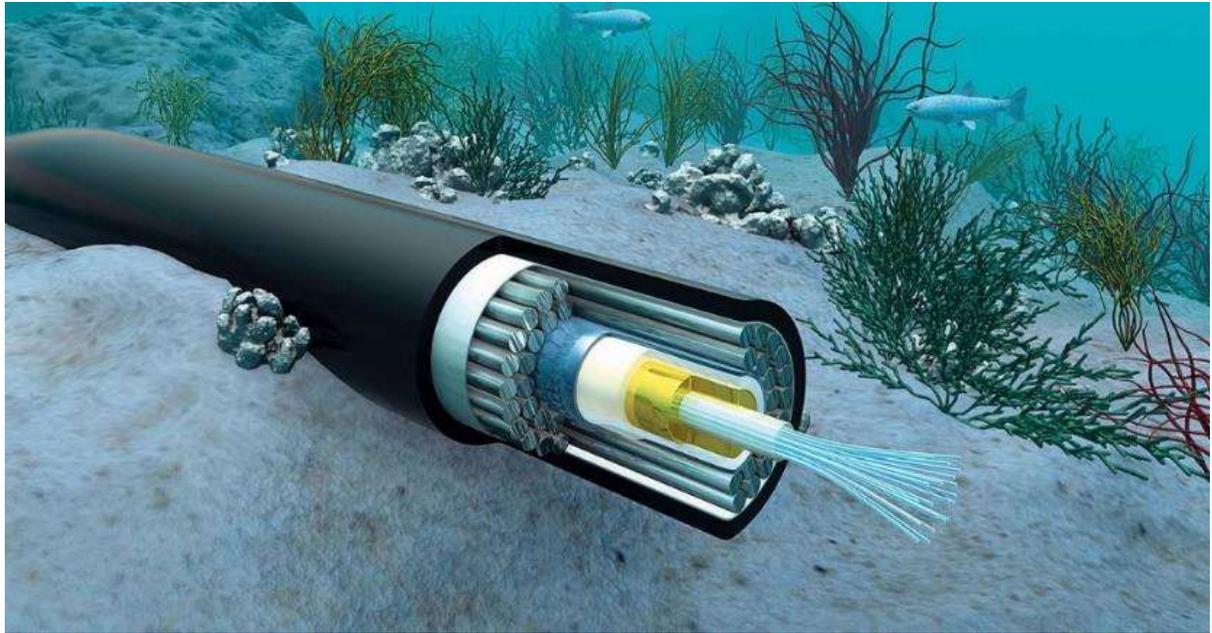


Figura 2. 10 Representación de un Cable de Fibra Óptica Transatlántico.

2.2.- La fibra óptica como medio de transmisión de luz

La fibra óptica como medio de transmisión de luz se basa en el principio de la reflexión total. En general, la luz cambia de trayectoria al pasar de un lugar a otro mediante un medio como lo es el aire, el agua y el vidrio. En la fibra óptica, a partir de cierto ángulo, la luz no puede abandonar la fibra óptica un para viajar de un punto a otro, esta luz se refleja en el interior de la superficie del diámetro del núcleo que los separa. De este modo, la luz que viaja por una fibra óptica permanece en su interior, rebotando en las paredes, aunque la fibra se doble. Cabe mencionar que existen distintos tipos de fibra óptica, tales son las fabricadas específicamente para la comunicación y están fabricadas con un revestimiento exterior para evitar pérdidas de información en el traslado. Para las fibras ópticas sin el revestimiento exterior, son fabricadas para usos distintos. En este caso, el material y el uso que se le quiere dar, es con la intención de una gran iluminación existiendo así pérdidas en su traslado, mediante un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos compuestos, (Fibras Ópticas) por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. La fuente de luz puede ser láser o un LED que se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, basado en los principios de la ley de Snell también llamada ley de Snell-Descartes, que esta es una fórmula para calcular el ángulo de refracción

de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de propagación de la luz o de cualquier onda electromagnética con índice de refracción distinto. Este cambio exclusivamente se puede originar si la onda incide oblicuamente sobre el área de separación de los dos medios y si estos tienen índices de refracción distintos a cero, es decir que exista índice de reflexión y refracción. Se muestra la fibra óptica a conveniente a usar, ya que solo cuenta con la fabricación primordial y de material factible para el uso de iluminación. El funcionamiento de la fibra óptica como medio de trasmisión de luz se basa en los aspectos básicos de la luz óptica. La luz puede sufrir efectos de reflexión y refracción es decir cambia de dirección al incidir en otro medio de, pasar de un medio a otro, continuar su propagación, producir un cambio en su velocidad en su dirección, en definición. En la figura 2.11 [12] se muestra la estructura principal y básica de una fibra óptica.

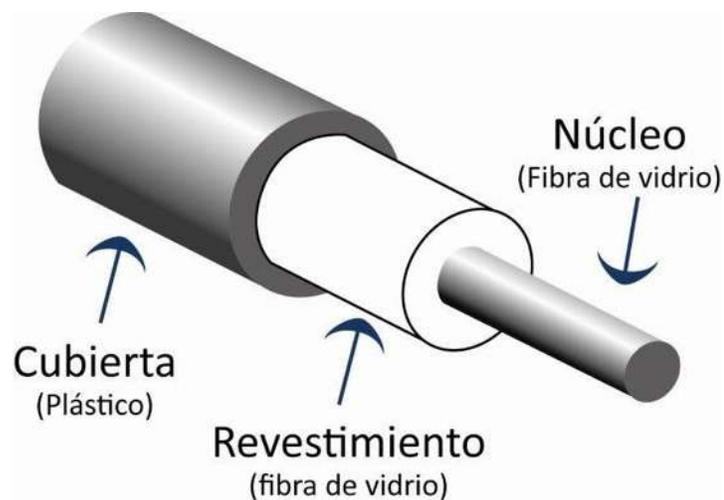


Figura 2. 11 Fibra Óptica Común.

- A. Refracción: es el cambio de dirección que llevan las ondas cuando pasan de un medio a otro. Dando como ejemplo, al introducir un material alargado dentro de un vaso con agua y no ver en la misma dirección ese mismo material dentro del vaso y aparentando que sufrió un desplazamiento.

B. Reflexión: también es el cambio de dirección de la onda, pero hacia el origen. Dando como ejemplo, al mirarnos en el espejo sin sufrir ningún desplazamiento de la imagen, sin la reflexión, no podríamos peinarnos o afeitarnos frente al espejo.

Como se muestran en las figuras 2.13 [13] y 2.14 [14].



Figura 2. 12 Refraccion.



Figura 2. 13 Reflexión.

2.2.1.- Índice de refracción

Se denomina [15] índice de refracción al cociente de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula. Se simboliza con la letra n y se trata de un valor adimensional. Para calcular el índice de refracción es simple, básicamente es la relación que existe entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio que se quiere estudiar. Se representa de la siguiente manera:

$$n = \frac{c}{v}$$

Dónde:

c = la velocidad de la luz en el vacío.

v = velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula (agua, vidrio, etc.).

n = índice de refracción del medio.

2.2.2.- Ley de Snell

Establece [16] la relación entre el índice de refracción y el Angulo de entrada y salida de cada medio, respecto de la normal. Se representa de la siguiente manera:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

Dónde:

n_1 = índice de refracción del primer medio.

n_2 = índice de refracción del segundo medio.

$\sin i$ = seno del ángulo de incidencia.

$\sin r$ = seno del ángulo de refracción.

Existen dos distintos tipos de cables de conexión de la fibra óptica muy importantes y a su vez, estos son los más comúnmente usados para este tipo de sistemas de transferencia de luz. La fibra óptica monomodo y la fibra óptica multimodo, ambos tienen un conducto en el centro llamado núcleo como se observa en la figura 2.11. Es un material óptico que hace rebotar la luz., a través del cual viaja la luz. En el caso de la fibra óptica conexión monomodo viaja en línea recta y en el caso de la fibra óptica conexión multimodo viaja rebotando en las paredes del revestimiento.

2.2.3.- Cable de conexión monomodo

Tiene la peculiaridad de que, dentro de su núcleo, los datos viajan sin rebotar en sus paredes lo que permite mantener velocidades de transferencia más altas, y se transfiere trazando una línea, es por esto que no muchos haces de luz pueden viajar al mismo tiempo a través de las pequeñas proporciones de su conducto. Este tipo de fibra es usado para cubrir grandes distancias y está construido con núcleos que pueden medir 9 micrómetros, es decir 9×10^{-6} metros, con un revestimiento de 125 micrómetros. En la figura 2.14 [17] se representa la fibra óptica en conexión monomodo.



Figura 2. 14 Cable Conexión Monomodo.

2.2.4.- Cable de conexión multimodo

Esta es la fibra “doméstica” y en contraste con la fibra monomodo, permite que los haces de luz reboten en las paredes del cadding o revestimiento, esto tiene unos resultados particulares y una mayor cantidad de haces de luz viajando al mismo tiempo a través del núcleo. En comparación con la fibra monomodo, el núcleo de la conexión multimodo mide desde 50 a 62.5 micrómetros, es decir 50×10^{-6} metros, concediendo más espacio para que la data viaje. El revestimiento de 125 micrómetros hace que la luz viaje a través de la fibra. La fibra multimodo es más eficaz en un sistema de iluminación. En la figura 2.15 [17] se representa la fibra óptica en conexión multimodo.



Figura 2. 15 Cable Conexión Multimodo.

2.3.- Fabricación de la fibra óptica

Lo cierto es que la fabricación de este elemento de comunicación es un proceso bastante complicado debido a su delicadeza. La fibra óptica se construye a partir de un filamento muy largo de vidrio. Este filamento, además, es muy fino, también flexible y se cubre por medio de una carcasa de plástico. La cadena de fabricación de esta alta tecnología está basada en el desarrollo de tubos de vidrio llamados preformas. Estas preformas se van fundiendo y estirando hasta que se obtiene un filamento alargado. De las preformas se llegan a sacar kilómetros de fibra con un grosor de 125 micras. Al mismo tiempo, se fabrica la capa protectora encargada de proteger este filamento.

Para convertir la materia prima en fibra óptica, se siguen tres pasos:

- 1.- Fabricación del preformado de vidrio puro.
- 2.-Estirado del preformado.
- 3.-Pruebas y mediciones.

Contemplando el material y el tipo de fibra óptica que se fabrica, los componentes, el método, la materia prima entre otras características en la fabricación, varían en el proceso.

En la figura 2.16 [18] se ilustra una fibra óptica (sidelight) con una reflexión de iluminación total, tanto en la pared interna del núcleo, como en la parte externa de la fibra óptica. El cable de fibra óptica tipo (sidelight) está diseñada y fabricada para iluminación específica y no para comunicación de datos. Diseñada para obtener la luminosidad emitida desde la fuente con material reflexivo y reflejante en su totalidad con materia prima selecta con el fin de emitir la luminosidad intensamente.

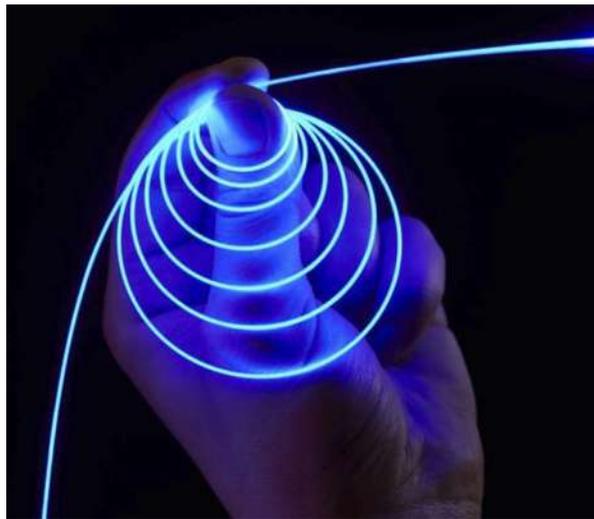


Figura 2. 16 Fibra Óptica con Iluminación.

El tipo de fabricación varia, esto se debe a que los materiales y metodos deben de cumplir características rigurosas para evitar errores en la fabricación ya que se realiza con un cuidado estricto para las características de la fibra.

2.3.1.- Materia prima para la fibra óptica

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o silicio, esta es una materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica y los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento.

CARACTERISTICAS

- 1) El material debe permitirnos fabricar fibras, delgadas, flexibles y largas.
- 2) El material debe ser transparente a una longitud de onda particular para poder guiar la luz de manera eficiente.
- 3) Compatibilidad física de los materiales que tengan pequeñas diferencias de índice refractivo para el núcleo y el cladding.
- 4) Finalmente, debe de ser un material que sea abundante y barato.

Principales componentes de la materia prima.



Figura 2. 17 Silicio.

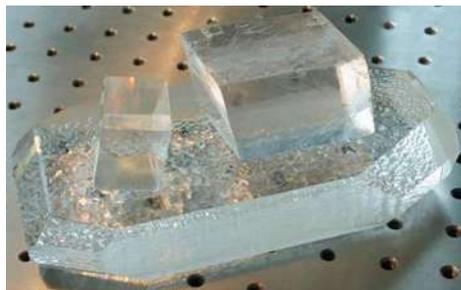


Figura 2. 18 Cristal de Fluoruro.



Figura 2. 19 Mezcla de Bario, Vidrio, Zirconio, Lantano y Bario.



Figura 2. 20 Germanio.



Figura 2. 21 Selenio.

Los principales tipos de fibra óptica se describen a continuación:

A) Fibra de Vidrio

La mayoría de los vidrios transparentes ópticos con el cual están fabricadas las fibras están compuestos por los óxidos de vidrio. El más popular es el silicio. Un vidrio compuesto de silicio puro, conocido como vidrio de silicio, o silicio vítreo. El vidrio es fabricado por la fusión o mixtura de óxidos de metal, sulfuros o seleniuros. Algunas de sus propiedades buscadas son su resistencia a la deformación por altas temperaturas, buena durabilidad química, y alta transparencia tanto en la región visible como infrarroja que son de interés en los sistemas ópticos. Para producir dos materiales diferentes y con pequeñas diferencias de índices de refracción entre el núcleo y la corteza, el flúor u otros óxidos son comúnmente agregados al silicio.

B) Fibras de vidrios Halide

El segundo tipo de vidrio usado es del tipo halide. Se ha encontrado que el vidrio de fluoruro tiene pérdidas de transmisión extremadamente baja para longitudes de onda que van en el rango de 0.2 a 0.8 μm . Los vidrios de fluoruros pertenecen a la familia general de los vidrios halide que forman el grupo de la tabla periódica, y que empiezan con el fluoruro, cloro, bromo y yodo. La mezcla de zirconio, bario, lantano, sodio y aluminio, este tipo de vidrio (también conocido como 'ZBLAN') es cientos de veces más transparente que el vidrio de silicio, y fue descubierto accidentalmente por POULAIN y LUCAS en la Universidad de Rennes en Francia. ZBLAN es el material que forma el núcleo de la fibra de vidrio para lograr en el vidrio un índice refractivo bajo. Teóricamente, la mínima atenuación de este material está estimado en 0.001 dB/Km. Desafortunadamente, las fibras de vidrio de fluoruro son muy difíciles de producir en la Tierra ya que los fundidos tienden a cristalizar antes de que se forme el vidrio. La razón es que la gravedad produce la convección o mezcla en el fundido. En efecto, la gravedad la "remueve" y en un proceso conocido como dilución de corte, el fundido se vuelve más fluido.

C) Fibra de Vidrios Chalcogenide (Calcogenuros)

Este tipo de fibra además de permitir la creación de amplificadores ópticos, las propiedades no lineales de las fibras de vidrios pueden ser explotadas para otras aplicaciones, tales como la fabricación de switches ópticos y los láseres de fibra. Los vidrios del tipo Chalcogenides pueden ser usados satisfactoriamente en estas

aplicaciones debido a que su alta no linealidad. Las fibras de vidrios Chalcogenides, contienen Arsenio, Germanio, Fósforo, Sulfuro, Selenio o Telurio. Para este tipo de vidrio, existe un potencial muy amplio de aplicaciones. Estos pueden dividirse en dos grupos, tanto pasivos como activos. Las aplicaciones pasivas están referidas a la conducción de la luz de un punto a otro, sin cambiar la propiedad óptica, más que las relacionadas con las pérdidas debido a la dispersión, absorción, y reflexión asociadas con la fibra. Las aplicaciones activas son aquellas en las cuales la luz inicial al ser propagada a través de la fibra es modificada por un proceso diferente al de las pérdidas producidas por la dispersión, absorción y reflexión. Por ejemplo, los láseres, fuentes amplificadoras de luz, fuentes de luz, efectos gratings y los efectos no lineales.

D) Fibra de Vidrio Activa

Incorporando elementos pertenecientes al grupo de tierras dentro de un vidrio normal, nos da como resultado un material con nuevas propiedades ópticas y magnéticas. Estas nuevas propiedades permiten al material desarrollar propiedades de amplificación, atenuación y retardación de fase sobre la luz que lo atraviesa. Dos materiales comunes que se usan en estos casos son el Erbio y el Neodimio.

E) Fibra Óptica de Plástico

Como se mencionó en la parte anterior, el plástico es un material creado abundantemente, y es por eso que la fibra óptica de plástico es más usada que la fibra óptica de vidrio. Las fibras de plásticos han sido usadas tradicionalmente en espacios de distancias cortas (hasta 100 metros) y donde no se requiere resistencias físicas: Por ejemplo, pueden ser utilizados en aplicaciones médicas y para la fabricación de algunos sensores donde solo se requieren longitudes cortas de fibra. En adición, la flexibilidad mecánica del plástico permite a estas fibras tener núcleos amplios. Este factor permite su uso por lo barato, y hace atractivos estos tipos de sistemas.

En conclusión, comparando las fibras ópticas de plástico (F.O.P.) y las fibras ópticas de vidrio (F.O.V.), existen ventajas y desventajas tanto para unas como para otras más como se describe a continuación.

- El espectro de transmisión es similar.
- La F.O.P. es más livianas y bajas en costo.
- La F.O.P. es menos usadas debido a su alta atenuación en comparación de la F.O.V.
- La F.O.P. está limitado a un determinado rango de temperatura.
- La F.O.P. usa un núcleo de Polimetilmetacrilato PMMA de gran pureza con un recubrimiento de polímeros fluorados como cubierta.
- La F.O.P. tiene un gran diámetro a comparación de la F.O.V. El 96% de su sección está conformada por el núcleo que permite una perfecta transmisión de la luz.

Sin embargo, una no es mejor que otra, simplemente la comparación entre ambas repercute en seleccionar la fibra óptica adecuada para lo que se requiere, por ejemplo, Cuando nos referimos a que distancia en fibra óptica se ocupara en Kilómetros (Km), la estimación en metros para enlaces cortos o para usos de grandes distancias en kilómetros. Otro criterio adicional a la distancia, es también la cantidad de información que se desea transmitir, luego podemos seleccionar que tipo de fibra óptica estándar es conveniente a usar.

2.3.2.- Fusión y fabricación del preformado

Para la sección del preformado, viene a ser una ampliación a escala de las dimensiones geométricas y del perfil del índice de refracción del conductor de fibra óptica. Calentando un extremo de la preforma se estira hasta obtener el conductor de fibra final, aplicándose en simultáneo el revestimiento (coating) que hace la cubierta protectora del conductor. Existen distintos métodos:

A) Fabricación [19] por el método de fusión de vidrio o método directo.

Este fue uno de los primeros métodos más usados, en este proceso y es uno de los más simples, se introduce una varilla de vidrio de alto índice como núcleo en un tubo que hace de recubrimiento y está formado por vidrio, con un bajo índice de refracción. Las dimensiones de la varilla y del tubo son tales que prácticamente no queda espacio entre una y otro. Una varilla de vidrio como núcleo, se coloca dentro del tubo de vidrio del cladding. En el extremo de este ensamblado se aumenta la temperatura; y ambos vidrios son ablandados obteniendo así una fibra por arrastre.

La varilla y el tubo son normalmente de un metro de longitud, la varilla del núcleo tiene típicamente 30 mm de diámetro, el vidrio del núcleo y el vidrio del cladding deben tener temperaturas de ablandamiento similares. Este método es relativamente fácil: apenas se necesita comprar la varilla y el tubo, sin embargo, se debe tener mucho cuidado para no introducir impurezas entre el núcleo y el cladding. La desventaja de este método simple consiste en que después del estirado de la fibra quedan pequeñísimos deterioros e impurezas en la superficie de separación entre ambos vidrios, lo que ocasiona elevadas atenuaciones del orden de los 500 a 1000 dB/Km. Por este método sólo se fabrican fibra óptica multimodo de perfil escalonado. En la figura 2.22 [19] se muestra una representación de la fabricación por medio de fusión.

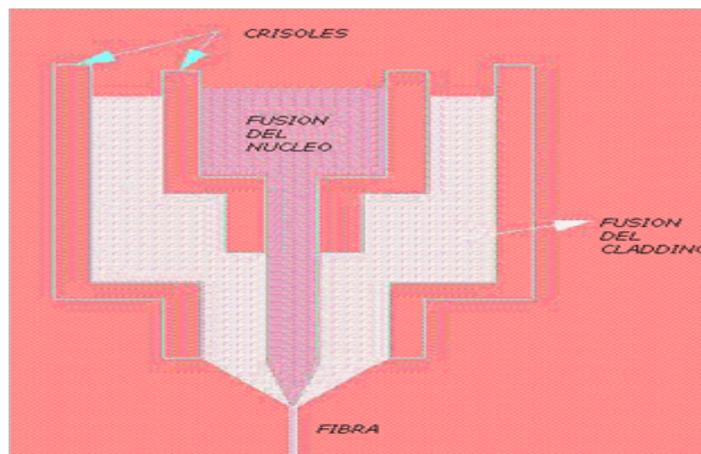


Figura 2. 22 Método Fusión de Vidrio.

B) Fabricación [19] por el método de deposición de vapor externo (O.V.D.).

La fabricación de la preforma se efectúa en dos etapas. En la primera etapa se hace rotar con un dispositivo adecuado una varilla de substrato de vidrio de cuarzo Al_2O_3 o grafito en torno de su eje longitudinal, al tiempo que se calienta en una estrecha zona desde afuera con la llama de un quemador de gas detonante o gas propano. Junto con las sustancias dopantes requeridas por el perfil de índices de refracción como los metales halogenados ($SiCl_4$, $GeCl_4$, BCl_3 , PCl_3) se le suministra oxígeno (O_2) al quemador, en el cual estos compuestos se convierten en los correspondientes óxidos.

Estos a su vez se depositan sobre la varilla rotante en forma de finas partículas. Al imprimirle un movimiento de vaivén en sentido longitudinal, se obtiene por capas una preforma porosa de vidrio. A cada una de estas capas se le puede dopar en forma diferente, agregando en determinada proporción distinta sustancias dopantes a la sustancia básica del SiO_2 , lográndose reducir los perfiles graduales, continuamente de la primera capa, el dopado con GeO_2 con el cual se forma el núcleo hasta llegar al recubrimiento con una deposición de SiO_2 puro. Para un perfil escalonado, se mantiene constante el dopado de cada capa. Una vez obtenida la deposición de suficientes capas para el núcleo y el recubrimiento de la fibra; se retira la preforma cilíndrica de la varilla de substrato. En la segunda etapa, se preforma y se calienta hasta su punto de fusión, con temperaturas entre 1400 y 1600 grados Celsius, la preforma se contraerá convirtiéndose así en una varilla de vidrio firme y libre de burbujas, transparente cuyo hueco interior se ha cerrado. Durante el sintetizado de la preforma se lava con cloro gaseoso para quitar del vidrio todo vestigio de agua cuya presencia provocaría una elevada atenuación. Como se muestra una representación a continuación en la figura 2.23.

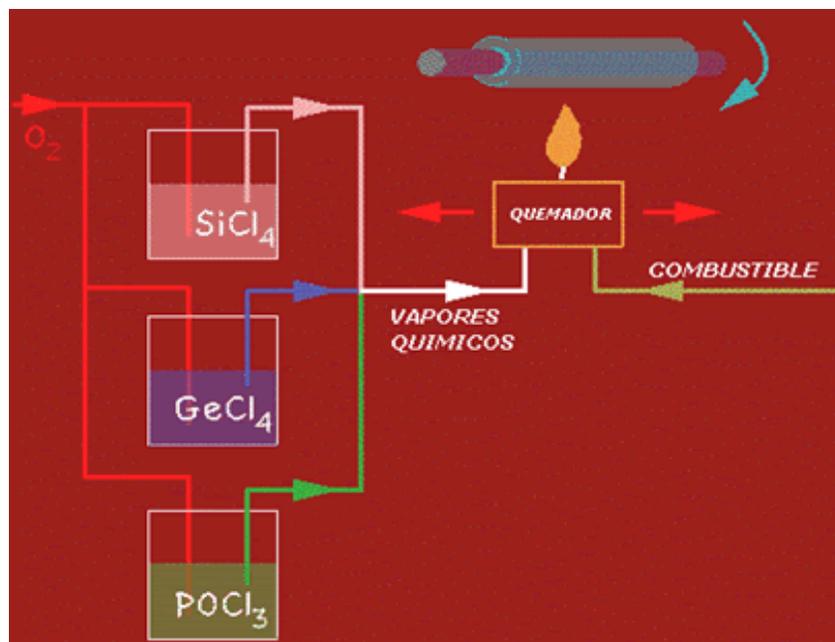


Figura 2. 23 Método de Deposición de Vapor Externo.

C) Fabricacion [19] por el método de deposición de vapor axial (A.V.D.).

La deposición de las partículas provenientes de un quemador de gas oxhídrico tiene lugar sobre una cara frontal de una varilla rotante de vidrio de cuarzo. La preforma porosa resultante se estira en sentido ascendente de tal forma que se mantiene constante la distancia entre el quemador y la preforma que va creciendo en sentido axial. Para fabricar el perfil de índices de refracción del núcleo y del recubrimiento se pueden utilizar varios quemadores simultáneamente. Como se muestra una representación a continuación en la figura 2.24.

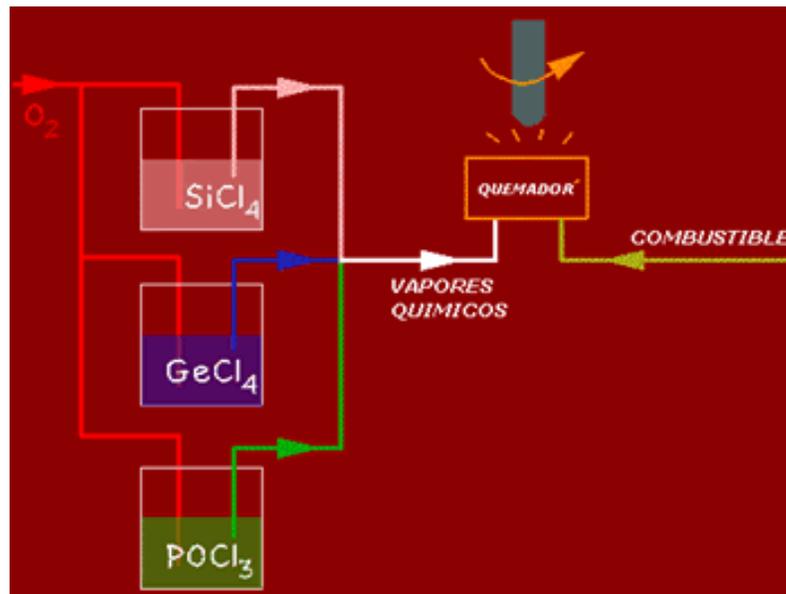


Figura 2. 24 Método de Deposición de Vapor Axial.

D) Fabricacion [19] por el método de deposición de vapor químico modificado (MCVD).

Este método se realiza en dos etapas. Primero: se hace rotar un tubo de vidrio puro alrededor de su eje longitudinal en un torno u otro dispositivo adecuado al tiempo que se calienta una estrecha zona del mismo desde afuera por medio de un quemador de gas detonante que se desplaza a lo largo del tubo. A través del interior del tubo se hace pasar el oxígeno y los compuestos de halógenos gaseosos (SiCl_4 , GeCl_4 , PCl_4) requeridos para el respectivo dopado. Por este motivo los compuestos halógenos se descomponen en el interior del tubo y no en la llama del quemador, como ocurre en los métodos OVD y VAD. La segunda etapa consiste en calentar el tubo por secciones longitudinales hasta aproximadamente 2000 grados Celsius. De

esta manera se produce el colapso del tubo para formar la varilla. Como se muestra una representación a continuación en la figura 2.25.

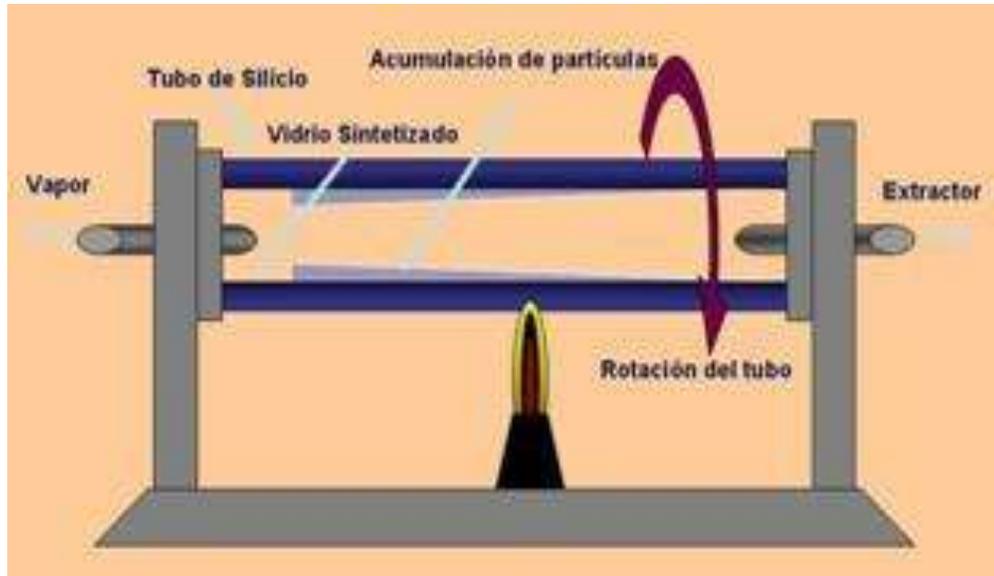


Figura 2. 25 Método de Deposición de Vapor.

E) Fabricación [19] por el método de deposición de vapor químico modificado reforzado con plasma (PMCV).

En este método las preformas se producen con el mismo procedimiento que en el caso del método MCVD. La diferencia radica en la técnica empleada para la reacción.

Por medio de la excitación de un gas con ayuda de microondas, se obtiene un plasma. El gas que se ioniza, es decir se descompone en sus cargas eléctricas y al reunificarse éstas, se libera calor que se utiliza para fundir materiales de elevado punto de fusión y así en el proceso del plasma, se disocian los halógenos con ayuda de un plasma de baja presión y luego, con oxígeno, se forman SiO_2 , las partículas formadas en este proceso se precipitan directamente a temperaturas del orden de los 1000°C , formando una capa de vidrio. Dado que a la llama de plasma se le imprime un rápido movimiento de vaivén a lo largo del tubo, se pueden producir más de 1000 capas delgadas.

A la vez esto permite incrementar la exactitud del perfil de índices de refracción. Como se muestra una representación a continuación en la figura 2.26.

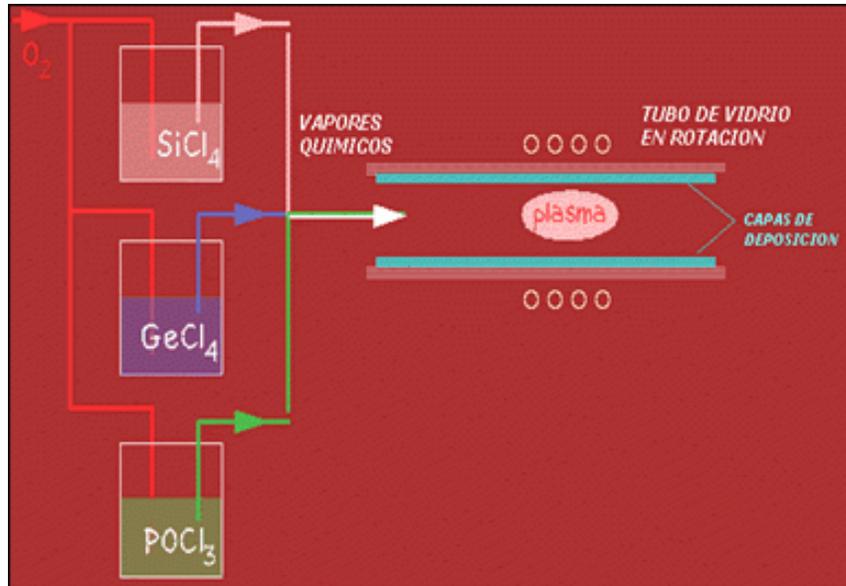


Figura 2. 26 Método de Deposición de Vapor Químico con Plasma.

Las condiciones y características de los materiales usados en los distintos procesos de fabricación y fusión, constan de resultados específicos para los usos requeridos y propósitos específicos. Tales son los detalles de máxima observación que se requieren para una excelente calidad del material, en el transcurso del de la fusión y fabricación. La estática, la transparencia, la refracción y reflexión, el núcleo, el recubrimiento, las imperfecciones, las curvaturas, la circunferencia del núcleo etc. Son detalles que alterarían la continuación de la fabricación de la fibra óptica.

2.4.- Estirado de la fibra óptica

Para el proceso en general, existen distintos métodos, ya que cada fabricante mejora o adecúa este proceso. A grandes rasgos, el proceso consiste en un estirado de la preforma, que se monta en una máquina y esta se introduce dentro de un horno de muy alta temperatura que se aproxima cerca de los 1500 grados Celsius. En la figura 2.27 [20] se muestra un esquema sobre el proceso de estiramiento de la fibra óptica. Esta preforma se calienta a temperaturas más altas que la temperatura de fusión del vidrio, y es así como se reduce al diámetro requerido para la fibra. Mediante láser, se va controlando el diámetro de la fibra. Uno de los procesos más comunes sobre el estirado de la preforma, se hace al calentar la punta de la preforma aproximadamente a 2000°C en un horno. Cuando el vidrio se ablanda, una cuerda delgada de vidrio ablandada y caliente cae con ayudada por la gravedad y se enfría. Cuando la fibra es arrastrada, su diámetro es constantemente supervisado mediante láser. Una cubierta de plástico se aplica entonces a la fibra, antes de que toque cualquier componente, esta capa protege la fibra del polvo y humedad. La fibra se envuelve alrededor de bobina al final del proceso una y durante el proceso del estirado, se controla el diámetro de la fibra a 125 micras dentro de una tolerancia de 1 micra. Para las correcciones de errores y posibles desviaciones, se corrigen con cambios en la velocidad de arrastre, es decir, si el diámetro de la fibra aumenta, la velocidad del estirado se aumenta; si el diámetro de fibra disminuye, la velocidad del estirado disminuye. Una a dos capas de

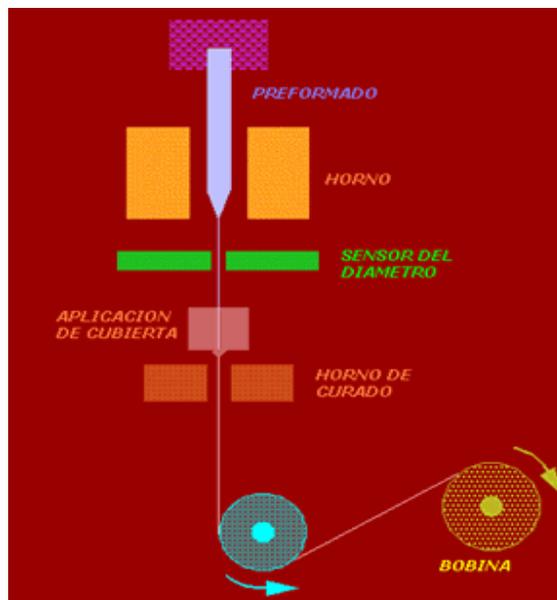


Figura 2. 27 Estiramiento de la Fibra Óptica.

protección se aplica entonces a la fibra, capa interna suave y una capa exterior dura. Estas capas son tratadas por lámparas ultravioletas. Aunque existen distintos y complejos procesos de estiramiento de la fibra óptica, este proceso por gravedad es el más común y el “menos complicado” en el proceso de la fabricación.

2.5.- Pruebas y mediciones

Luego del estirado la fibra pasa a la etapa de prueba y medidas en la cual se verifican todos los parámetros ópticos y geométricos. Existen tres tipos de pruebas: mecánica, óptica, y geométrica.

- a) Mecánica: Se prueba la fuerza de tensión de la fibra óptica. Una vez que las bobinas de fibra óptica se enrollan a través de una serie de cabrestantes y queda sujeta a cargas, se asegura que la fibra muestre una fuerza de tensión mínima de 100,000 lb. La fibra se devana en carrete y se corta a longitudes específicas.
- b) Óptica: La fibra óptica también se prueba para evitar defectos puntuales con un Reflectómetro Óptico, el cual indica cualquier anomalía a lo largo de la longitud de la fibra y una serie de parámetros ópticos dependen de la longitud de onda. Estos parámetros incluyen: la atenuación, y el ancho de banda, La apertura numérica, la dispersión cromática etc.
- c) Geométrica: las fibras ópticas de conexión multimodo y monomodo, son probados en sus parámetros geométricos e incluye pruebas del diámetro del cladding (cubierta del núcleo o mejor dicho el revestimiento de la fibra óptica) la no circularidad del cladding, cubierta del diámetro exterior, la no circularidad del diámetro exterior, error de concentricidad del cladding, así mismo como las pruebas del núcleo en el interior y a su vez diámetro del núcleo exterior de la misma fibra óptica. La comprobación medioambiental y mecánica también se realiza periódicamente para asegurar que la fibra mantenga su integridad óptica y mecánica. Estas pruebas incluyen la fuerza de tensión y operación en rangos de temperatura, dependencia de la atenuación con la temperatura, dependencia de la temperatura y humedad, y su influencia en el envejeciendo.

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GUÍA DE LUZ SOBRE AVENIDAS USANDO FIBRA ÓPTICA.

3.1.- Introducción

En la actualidad, es bien sabido que la conducción en las carreteras o avenidas principalmente, siempre hay una problemática en cuanto a la iluminación de estas. Solamente en áreas de alto prestigio como zonas y centros de alto grado económico como de alto grado de cruce de vehículos, se cuenta con diseños sistemas de iluminación aptos, conformados con aparatos y dispositivos de gran eficacia y existe un buen aprovechamiento de la iluminación para favorecer a los conductores en las avenidas. Los diseños que se emplea para iluminar un área específicamente en el pavimento son en la mayoría botones reflejantes y o de led. La luminosidad puede ser proporcionada por elementos reflejantes o por elementos emisores de luz propia, siempre y cuando los colores de los haces luminosos estén dentro de los colores cromáticas permitidos y que la utilización de un determinado tipo de botón o delimitador con elementos emisores de luz propia, haya sido aprobada por la autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana, previo acuerdo con la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Según su utilización, los reflejantes pueden ser de color blanco, amarillo o rojo, y otros colores que estén dentro de las áreas correspondientes definidas.

3.2.- Dispositivos reflejantes en guías

a) Botón Reflejante.

En la figura 3.1 y 3.2 se presenta una imagen de un botón reflejante de diferente diseño en la celda reflejante. Son dispositivos que tienen un elemento reflejante en una o en ambas caras. Se colocan en el pavimento de tal forma que al incidir la luz en ellos proveniente de los faros de los vehículos se refleje hacia los ojos del conductor en forma de un haz luminoso, dependiendo de la cantidad de lumen que se emita, este reflejará la misma cantidad y dependerá del material y o calidad. Los lados de las caras reflejantes tendrán las dimensiones adecuadas para que su reflexión cumpla con los coeficientes de intensidad luminosa inicial. De acuerdo a las normas.

Función:

Se adhieren a la superficie del pavimento con el fin de complementar las marcas del señalamiento horizontal mejorando la visibilidad de la geometría en el pavimento, se emplean también para señalamiento vial en cruces de caminos, para limitar curvas en caminos y carreteras, las líneas de los carriles en contrasentido (raya separadora de carriles laterales) específicamente para la oscuridad, es decir de noche.

Características:

- El cuerpo es principalmente de plástico (policarbonato), cerámicos y metálicos.
- El lente reflejante es de policarbonato.
- Su altura es de 2 cm.
- Están adheridos al pavimento.
- Su durabilidad es de 6 meses aproximadamente.
- Diferentes colores y combinaciones.
- Pueden incluir adhesivo.

Ventajas:

- Material liviano.
- Corta altura.
- Diferentes colores.
- Económicas.

Desventajas:

- Poco resistentes.
- Poca durabilidad.
- Factibles a la suciedad.

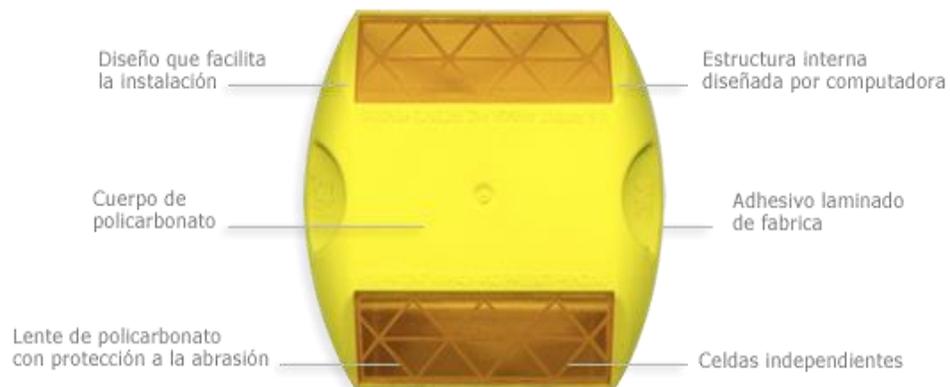


Figura 3. 1 Botón Reflejante.



Figura 3. 2 Botón Reflejante ENNIS.

b) Vialeta LED.

En la figura 3.3 se presenta una imagen de una Vialeta de led. Las vialetas solares de led, a pesar de que no cuentan con material reflejante como los botones reflejantes, estos dispositivos cuentan con sus leds para suplementar el material, estos dispositivos son adecuadas para instalar en distintos lugares donde puede obtener la luz solar directa. A diferencia de los botones, estos dispositivos cuentan con un material anti-reflejante de plástico.

Función:

Se adhieren o se atornillan al pavimento y al igual que los botones reflejantes, su función es básicamente la misma.

Características:

- Composición de aluminio.
- Una batería instalada.
- Se instala con pegamento epóxico o con tornillos.
- Durabilidad más de 6 meses.
- Cuenta con 2 a 6 focos led.
- Cuenta con una mini celda solar.

Ventajas:

- Material metálico resistente.
- Corta altura.
- Diferentes colores del led.

Desventajas:

- Las baterías son susceptibles a dañarse.
- Dependen mucho del sol.
- Los leds pueden fundirse.
- Cuentan con poco material reflejante en caso de dañarse un led.
- Costo elevado.
- Requiere de mantenimiento.

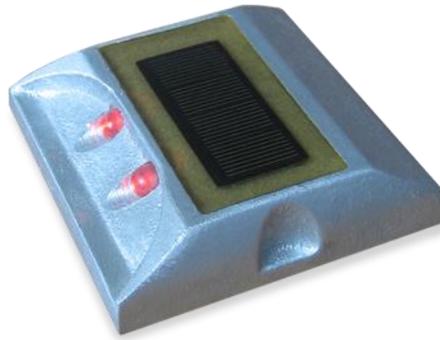


Figura 3. 3 Violeta de LED.

c) Líneas Delimitadoras

En la figura 3.4 y 3.5 se interpreta los distintos tipos de líneas básicas en un cruce de peatones y autos sobre una avenida. Son líneas pintadas sobre el pavimento limitantes para delimitar carriles, separar un camino de otro, dividir sentidos o caminos, restringir rebasar o estacionarse, cruce de peatones etc. La limitaciones y lineamientos en que se utilizan las líneas delimitadoras son en línea blanca continua, línea doble continua blanca o amarilla, línea doble punteada y doble, línea blanca punteada, barras gruesas blancas de peatón, línea blanca de alto y barras blancas de estacionamiento.

Características:

- Tienen una longitud y un diámetro específico por la norma de México de vialidades.
- Son de distintos colores.
- Son fabricadas con distintos minerales tales como: baritas, tizas, caolines, sílice, micas, talcos, etc.
- Se pintan sobre el pavimento.
- Tienen una durabilidad de 4,000,000 millones de pasos de rueda.

Ventajas:

- Son un fáciles de instalar.
- Se pueden pigmentar sobre cualquier material.

Desventajas:

- No se pintan con material adecuado.
- No son reflejantes por si solas.
- Se desgastan fácilmente por uso de material de baja calidad.
- No cumplen las normas de medidas correctas por mal instalación.

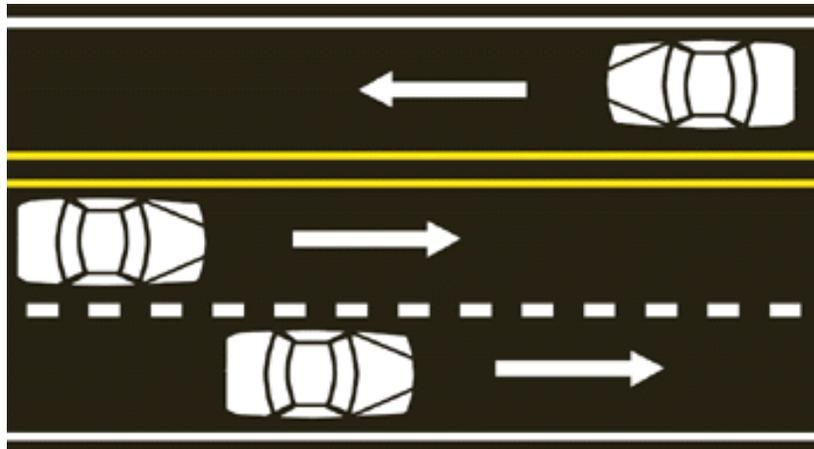


Figura 3. 4 Líneas Separadoras y Delimitadoras.

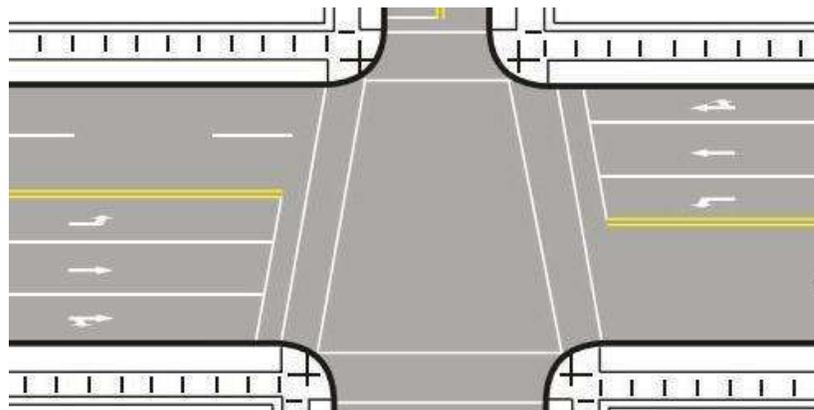


Figura 3. 5 Líneas Delimitantes.

3.3.- Dispositivos para el diseño

A continuación, se presentan los distintos tipos materiales a usar en el diseño, así como dispositivos desarrollados adaptados para la realización de un prototipo aceptable. Se espera que el diseño prototipo técnico llegue a la finalidad esperada, este debe ser ejecutado con cambios y adaptaciones ya que no existe bases o dispositivos existentes específicos para el diseño que se espera. Para ello es imprescindible la utilización de mucho instrumental y de material auxiliar.

3.3.1.- Fibra óptica con proyección lateral de la luz

Las fibras ópticas que proyectan la luz por su parte lateral, también conocidas como (sidelight) son utilizadas para crear formas interesantes de iluminación de fibra óptica. Este tipo de fibras están diseñadas para el área de luminosidad y no tanta para el área de comunicación de datos, más sin embargo la fibra óptica en general puede usarse para ambas áreas. Con un generador de luz (fuente de luz) se crean telones de fibra óptica, arañas de fibra óptica, paredes luminosas etc. Conectadas a un generador de luz adecuado, permite conseguir una luz muy sutil. Para conseguir el efecto luminoso correspondiente, uno de los extremos de la fibra óptica debe colocarse en la fuente de luz de la cual depende el color y la intensidad de lúmenes emitida por la fuente. En la figura 3.6, 3.7 y 3.8 se muestra la imagen de tipo de fibra óptica tipo cable de fibra óptica multi-string siendo emisión lateral y emisión puntual, la cual se propone para este diseño. De igual manera se establece una agrupación de la fibra óptica de este modelo para una mejor transmisión y emisión de luz, esto con el fin de aprovechar la cantidad de emisión luz transmitida desde la fuente.



Figura 3. 6 Fibra Óptica Lateral.



Figura 3. 7 Fibra Óptica Agrupada Frontal.

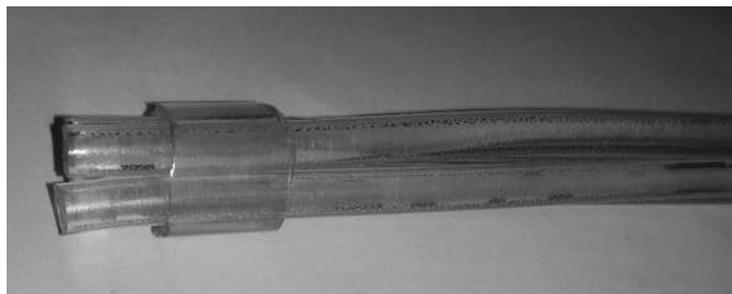


Figura 3. 8 Fibra Óptica Agrupada Lateralmente.

3.3.2.- Lámpara LED8W-MR16

La lámpara led es una propuesta para el diseño, usándola así en la fuente de luz como principal iluminación para la fibra óptica.

Características:

- Altura: 52mm.
- Ancho: 50mm.
- Frecuencia: 60Hz.
- Lámpara direccional.
- No requiere transformador.
- Encendido instantáneo.
- 100% cuerpo de aluminio.
- Temperatura de operación -20° a 50° Celsius.

En la figura [21] 3.9 se muestra la lámpara led que se propone para realizar el diseño de guías con luminosidad, cabe mencionar que este tipo de fuentes requerirá de modificación por la estructura de armazón en la que se fabricó pensando es sus respectivos usos y no para utilización de fibra óptica.



Figura 3. 9 Lámpara LED8W-MR16.

3.3.3.- Socket dicroico mr16 redondo

El socket es la pieza metálica o de plástico en la que se encaja el casco de un foco para conectarlo a la electricidad. En la figura [22] 3.10 se muestra el socket requerido para la lámpara de led.

Características:

- Está fabricado en resina que soporta altas temperaturas.
- Puede ser usado con focos dicroicos tradicionales o de tecnología LED.
- Longitud 15 cm.



Figura 3. 10 Socket Dicroico MR16.

3.3.4.- Embudo concentrador de luz

Este embudo será diseñado, o ajustado para complemento para la fuente de luz emitida, con el fin de no dejar escapar información de luz desde la parte plana del LED, hasta el comienzo de la unión de las fibras ópticas. En la figura 3.11 se muestra el prototipo de un embudo concentrador de luz, siendo así de un diseño abierto para aplicarlo al sistema de Guías en Avenidas. A decir verdad, esta estructura superficial, se diseñará para concentrar la luz emitida, es decir concentrar la trayectoria de la fuente de luz al punto de concentración requerido. Concentrando toda la información, será de máxima importancia para su total aprovechamiento. El diseño estructural superficial que se optó como la mejor opción para implementación y conclusión de las primeras pruebas. Esta parte de diseño es de vital importancia para un resultado y funcionamiento esperado.

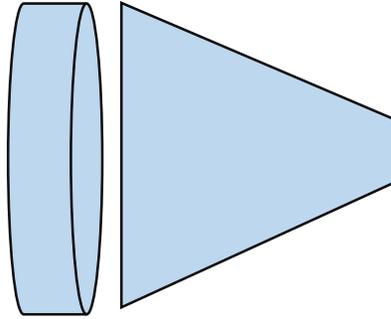


Figura 3. 11 Embudo Concentrador De Luz.

Características:

- Se requiere que al interior del embudo en propuesta este diseñado de la manera mejor posible en cuanto de reflexión de luz. En la estructura, se propone que sea un material de alto grado de reflexión total.
- El material optativo para la concentración de la luz emitida por la fuente, siendo una reflexión difusa, se opta por el material del cristal como mejor material.
- La superficie de material reflejante a usar, deberá ser o estar completamente lo más posible liso, para evitar desvíos.

El material que siempre se estará usando debe ser material de gran porcentaje de reflexión ya que este material ayudará a la mejora de dispersión de todo el diseño, haciendo que las emisiones de las bandas de fibras sean también reflejadas por el material reflejante en el diseño como se explica a continuación.

Tipos de reflexión.

Consideraremos que la luz se compone de numerosos haces luminosos que viajan en la misma dirección y sentido, es decir, de forma paralela por el espacio. Cuando los haces entran en contacto (chocan) con una superficie que separa dos medios diferentes ésta puede transmitirlos, absorberlos o reflejarlos.

3.2.4.1 Reflexión especular

En la figura 3.12 [23] se muestra una reflexión, precisamente especular, siendo así la ejemplificación de la reflexión de los rayos reflejados en la superficie del diseño. Al tratarse de una superficie lisa, los rayos reflejados son paralelos, es decir tienen la misma dirección.

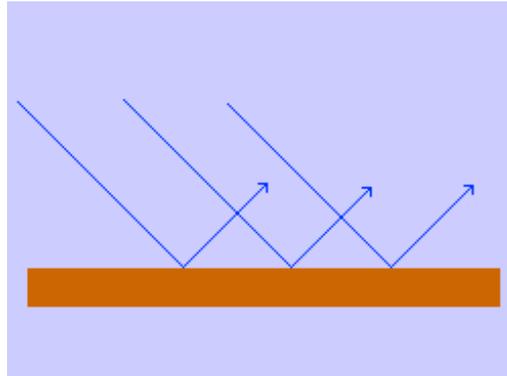


Figura 3. 12 Reflexión Especular.

3.2.4.2 Reflexión difusa

En la figura 3.13 [23] se muestra la ejemplificación de la superficie no lisa, la cual no es la que se desea para el diseño. En el caso de la reflexión difusa los rayos son reflejados en distintas direcciones debido a la rugosidad de la superficie.

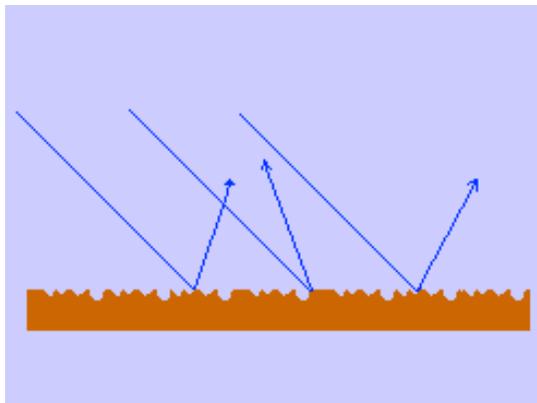


Figura 3. 13 Reflexión Difusa.

El material que favorece, para el diseño del embudo concentrador de luz es el espejo de cristal, por ser el material con mayor reflexión especular. En la figura 3.14 se muestra el material propuesto, espejo de cristal, con el que se diseña su interior del embudo concentrador de luz, dejando en distintas variables alternativas su diseño, instalación y fabricación a mejor conveniencia y favorecimiento del embudo.



Figura 3. 14 Espejo de Cristal.

3.3.5.- Base reflectora

Para el diseño de una Base Reflectora, en de gran importancia el material con el que se plantea trabajar y diseñar. Hablando arduamente, el diseño, es de gran importancia, un arduo desempeño en la fabricación o complementación de un diseño para la estructura que se pretende crear. Esto para sacar el mayor provecho disponible posible, al momento de la emisión de luz. En la figura 3.15 se muestra el prototipo de la Base Reflectora. Mostrando la base desde un ángulo frontal, se asemeja a un semicírculo, siendo así un diseño en propuesta general, para realizar una estructura básica y eficaz sobre la cual se instalará. En la figura 3.16 se muestra el prototipo de la Base Reflectora. Mostrando la base desde un ángulo horizontal.

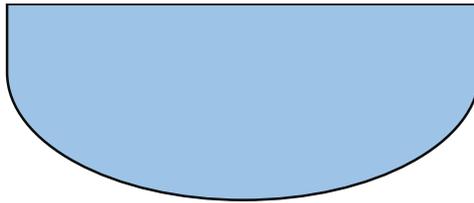


Figura 3. 15 Base Reflectora Frontal.



Figura 3. 16 Base Reflectora Horizontal.

El diseño de la Base Reflectora que se propone en general, consta de la adaptación de la fibra óptica. La fibra óptica lateral a usar, se pretende se ajuste la base, para que esta estructura tenga el diseño que se busca. De igual manera queda abierto el prototipo a diseñar, de la estructura (Base Reflectora) para posibles cambios y o reestructuraciones que sean de mayor aprovechamiento adaptando cada resultado a las pruebas realizadas.

Características:

- Se pretende que el diseño superficial propuesto, tenga una fabricación semicircular.
- Debe ser una estructura pequeña y no de gran tamaño.
- El interior de la estructura deberá de incluir espacio suficiente para la introducción de la fibra optica, además de tener y contar con material de alto indice de reflexión, en este caso se propone cristal (espejo).

En el diseño de la base reflectora, se tomarán en cuenta distintos y diversos materiales disponibles para aumentar eficacia de lo que se pretende en cuanto a maximizar el entorno de iluminacion del sistema de guías. Se aportan distintos materiales y diseños adaptables a la estructura y al diseño propuesto en general, y asi aumentar cada pequeña ventaja para sacar el mejor provecho de lo esperado. A continuación, se presentan algunos materiales.

a) Cinta Reflejante S-22330W

En la figura 3.17 [24] se muestra la Cinta Reflejante S-22330W, opción a complementar la estructura.



Figura 3. 17 Cinta Reflejante S-22330W.

Características:

- Tecnología reflejante refractiva.
- Excelente reflexión nocturna.
- Refleja estando húmeda.
- Flexible y adaptable.
- Resistente a la intemperie, impactos, abrasión y solventes.
- Dura hasta 5 años.
- Adhesivo acrílico de alta adherencia sensible a la presión.

b) Espejo en Barra

En la figura 3.18 se muestra un espejo con superficie plana. Se requiere una superficie completamente plana para adaptar el diseño propuesto de la base reflectora, es decir 3 partes planas. Un espejo con una superficie lisa y pulida donde la luz se refleja de modo especular



Figura 3. 18 Espejo (Cristal).

Ejemplificación de un diseño con 3 superficies planas. En la figura 3.19 se muestra de forma frontal, una estructura usando 3 espejos con superficie plana. A grandes rasgos se propone un diseño pensado así por la facilidad de una instalación de 3 partes lisas pensando así en las posibles ventajas y desventajas que pudieran llevar el resultado del diseño pensado. Más sin embargo se tiene previsto, que la forma geométrica de los espejos no cubran con totalidad su área de la estructura, es por eso que se desea contar con cinta reflejante y así complementar los espacios faltantes.

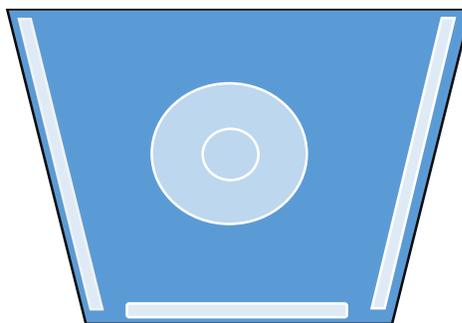


Figura 3. 19 3 Espejos.

Ejemplificación de un diseño de solo una superficie curva. En la figura 3.20 se muestra la estructura de solo una pieza de espejo curvo. Se propone de igual manera pensando en adaptar al mismo diseño de la estructura, contemplando en abarcar toda su área posible, pero la dificultad de obtener solo una pieza aumenta, de igual manera las ventajas aumentan, más sin embargo la dificultad del diseño y estructura aumentan. Se muestra un esquema ejemplificado que resulta algo mucho más complicado a realizar y a ejecutar. A decir verdad, este diseño se ve muy complicado de realizar por el hecho de tener que adaptar un material reflejante como lo es el espejo curvadamente, más sin embargo no es el único material reflejante existente. Existen otros tipos de materiales reflejantes aptos para el diseño, pero a comparación del espejo, no hay un material que tenga una mayor reflexión.

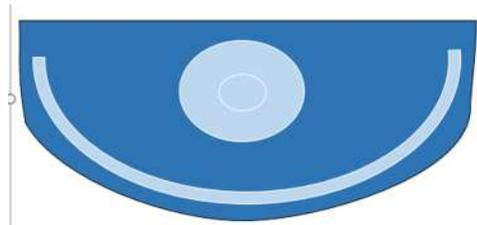


Figura 3. 20 Diseño Curvo.

3.4.- Prototipo de un sistema de guía.

En la figura 3.21 se muestra a escala y a grandes rasgos, el prototipo del diseño y la posible estructura final para Guías en Avenidas, agrupando cada una de las piezas fabricadas, diseñadas y o acopladas pensadas para la fabricación y estructuración completa.



Figura 3. 21 Prototipo de un Sistema de Guía.

3.5.- Diseño de sistema de guía de luz

De acuerdo con el prototipo final esperado, se hicieron varios cambios en él, acoplando las herramientas y dispositivos de la mejor manera posible para adquirir el mejor provecho del diseño. El diseño final consta de los mismos principios del prototipo final esperado, más sin embargo se fue acoplando un mejor diseño.

3.5.1.- Fibra óptica

En la figura 3.22 se muestra el conjunto de fibras ópticas utilizadas en el diseño final, tal como se planeó en principio en el prototipo, más sin embargo solo se había contemplado una sola. Las fibras ópticas que proyectan la luz por su parte lateral (sidelight).



Figura 3. 22 Fibra Óptica Lateral (sidelight).

Características

- Diámetro: 4mm.
- No es fácil de romper.
- Modelo SOT-4 transparente tipo sidelight y puntual.
- Fabricacion: es del tipo fibras ópticas de plástico (F.O.P.).
- Temperatura de trabajo es de -50° a 75° Celsius.
- Mínimas pérdidas casi nulas por posibles imperfecciones, impurezas, variaciones geométricas, temperatura térmica interna.

En la figura 3.23 se muestra las capas con la que está compuesta la fibra óptica. Se tenía contemplada otros dos tipos de fibra óptica, la puntual y la de hilo como se muestra en la figura 3.24 y 3.25.

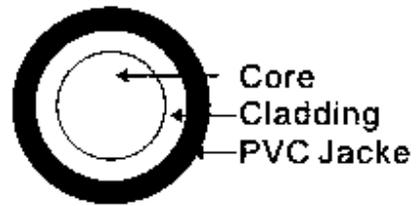


Figura 3. 23 Fibra Óptica SOT-4.



Figura 3. 24 Fibra Óptica Puntual 2mm.

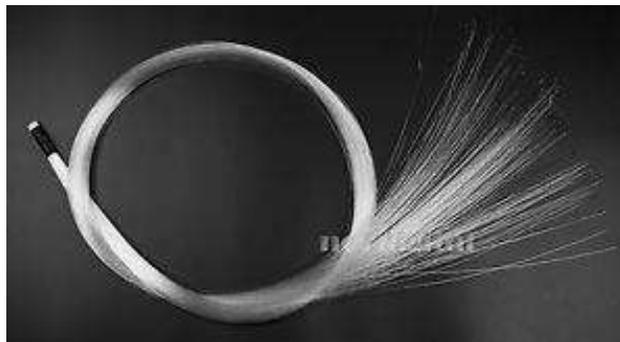


Figura 3. 25 Fibra Óptica de Hilo.

Además, se compara la flexibilidad en las siguientes fibras ópticas.

En las figuras 3.26 y 3.27 se muestran la diferencia de la flexibilidad que existen entre los dos tipos de fibra opticas existentes (FOP y FOV), seleccionando así del tipo F.O.P. por ventaja de utilidad al diseño en ejecución.



Figura 3. 26 Fibra ÓpticaFlexible del Tipo F.O.P.



Figura 3. 27 Fibra Óptica Sin Flexibilidad del Tipo F.O.V.

3.5.2.- Fuente lámpara led-mr16

En la figura 3.28 y 3.29 se muestra la fuente de luz tipo led, descrita anteriormente y es utilizada en el diseño final con modificaciones y adaptaciones para el acoplamiento del diseño final.



Figura 3. 28 Fuente Lámpara LED- MR16

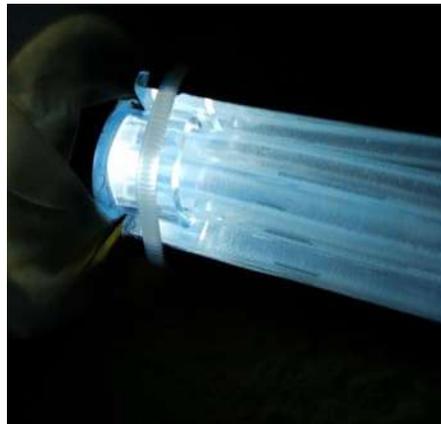


Figura 3. 29 Fuente de Luz Encendida.

En la fuente de luz tipo LED, se aprecia el espacio suficiente para la agrupación de las 4 fibra ópticas colocadas rectamente con el mismo corte, quedando con el área de la circunferencia perfectamente con el área que dan la agrupación de las 4 fibras ópticas. En la figura 3.30 y 3.31 se muestra como se adaptó la fuente de luz contemplada en el diseño y como se explicó anterior mente las características, una modificación para el encaje perfecto de la agrupación de 4 fibras ópticas de iluminación lateral y puntual con el embudo concentrador de la luz emitida por la fuente LED, con el fin de no dispersar la misma fuera del área de donde agrupan los núcleos de las 4 fibras ópticas.



Figura 3. 30 Fuente de Luz con Adaptación.



Figura 3. 31 Fuente de Luz con Agrupación de Fibra Óptica.

3.5.3.- Embudo

En las figuras 3.32 y 3.33 se muestra el embudo que se propuso en el prototipo y se utiliza en el diseño final de posición diferente, haciendo así la concentración de luz con la apertura adecuada de las 4 fibras ópticas en agrupación.



Figura 3. 32 Embudo Frontal Interior. .



Figura 3. 33 Embudo Posterior.

3.5.4.- Base reflectante

Para el desarrollo de la base reflectante se realiza utilizando un material duradero y resistente apto para pruebas y en constante movimiento. El diseño en sí consta de un material interior reflejante y una base metálica de aluminio. Estructura fabricada con el fin de reflejar la luz de la fibra óptica. Es importante saber que el diseño cuenta con algunas pruebas y aun se tiene en mente cambiar el tipo de diseño, más sin embargo no se pretende cambiar el principio del diseño que se contempla en esta parte haciendo su principal función, y es la de reflejar la conducción de la iluminación que emiten las fibras ópticas lateralmente.

En las figuras 3.34 y 3.35 se muestra la estructura y forma del diseño de la base en que se sentaran la agrupación de las 4 fibras opticas para la para la reflexion parcial de las mismas emisiones laterales de las fibras ópticas, dando a la expansión de luz en las paredes de la base con en material más óptimo a reflejar. En la figura 3.36 se muestra el área que abarca la agrupación de las fibras. El Angulo de las paredes de vidrio es de 90° , área suficiente para abarcar el conjunto de las 4 fibras ópticas agrupadas.

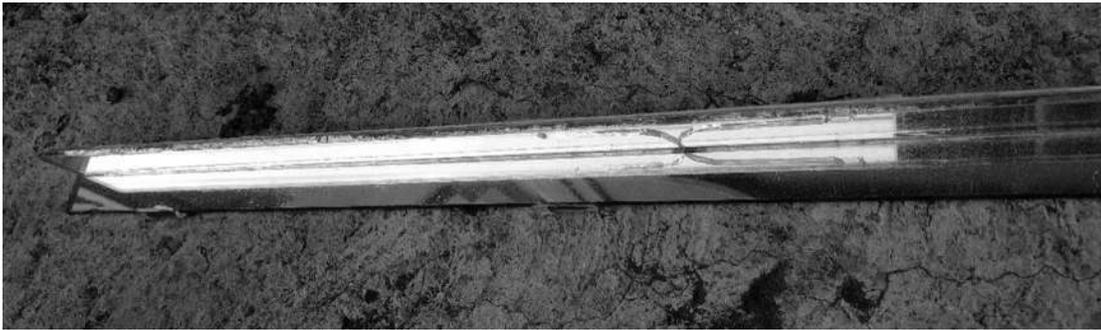


Figura 3. 34 Base Reflectante.



Figura 3. 35 Base Reflectora con Material Reflejante (Vidrio).



Figura 3. 36 Base Reflectante con Fibra Óptica.

3.6.- Sistema de guía de luz

En las figuras 3.37, 3.38 y 3.39 se muestra el diseño final en total funcionamiento, más sin embargo se notó la diferencia de iluminación por la agrupación de las 4 fibras ópticas al no estar alineadas con la base.



Figura 3. 37 Diseño Final.



Figura 3. 38 Emisión de Luz en Agrupación de Fibras Ópticas sin Base Reflectante.

En la figura 3.39 se muestra la emisión de la fuente de luz con la misma potencia de profundidad de luz emitida desde la fuente con agrupación de solo 4 fibras ópticas centradas en el embudo para una mejor recepción desde el LED a los 4 núcleos disponibles.

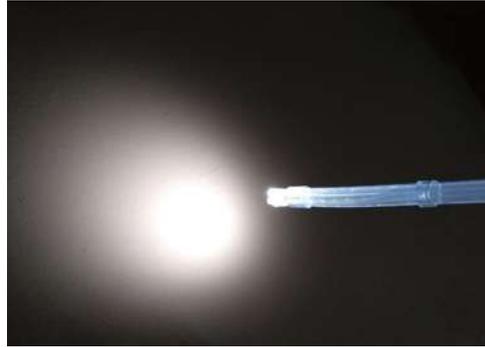


Figura 3. 39 Emisión Puntual de Fibras Ópticas

En las figuras 3.40, 3.41, 3.42 y 3.43 se muestra el sistema de guías de luz sobre avenidas ya probado en una calle en la parte horizontal derecha del carril como parte de las líneas limitantes de las cuales se puede representar de acuerdo a la norma mexicana de transportes y vialidades reglamentarias.



Figura 3. 40 Sistema de Guías de Luz Sobre Avenidas de Forma Paralela.



Figura 3. 41 Sistema de Guías de Luz Sobre Avenidas.



Figura 3. 42 Sistema de Guías de Luz sobre Avenidas.



Figura 3. 43 Sistema de Guías de Luz sobre Avenidas.

El sistema de guías representa un sistema apto y pensado para reemplazar las existentes guías en uso, haciendo ver que son aptas y eficaces en señalización como se muestra a continuación.

- Rayas limitantes de orilla derecha e izquierda.
- Viales en pavimentación.
- Botones reflejantes.
- Viales.
- Rayas canalizadoras.
- Rayas de guía.
- Reductores de velocidad.
- Rayas logarítmicas.

De acuerdo con la norma mexicana cumple con colores estándares para vialidades.

3.7.- Costos de sistemas de guías de luz

Fibra Optica.	50\$ 1m
Cristal.	30\$ 1m
Bases Reflectoras.	120 \$ c/u
Fuente de luz.	120\$ c/u
Material requerido	2000\$

Tabla 1 Costos de Sistemas de Guías de luz.

Estos costos de ninguna manera son el total del sistema terminado, ya que el material por separado no es caro, sin embargo, el diseño con adaptaciones y con material inexistente para un sistema resulta el costo elevado por dicha fabricación, además de no contar con material para dicha fabricación como se muestra en la tabla y aproximando el precio de cada material y herramienta a usar por no contar con ella se eleva el costo, y repito el diseñar algo nuevo y no contar a la venta las cosas requeridas para adaptaciones inexistentes es lo que eleva el costo, el sistema por sí solo no resulta caro y resulta más barato que los sistemas que ahora existen en funcionamiento.

CAPÍTULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACION DE ALUMBRADO PÚBLICO USANDO FIBRA ÓPTICA.

4.1.- Introducción

El alumbrado público en la actualidad, es un servicio como su nombre lo dice, un servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, ejes, avenidas, etc., Espacios de libre circulación, que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado. El objetivo de un alumbrado público es proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades. Por lo general el alumbrado público es un servicio municipal quien se encarga de su instalación y mantenimiento, aunque en carreteras o infraestructuras viales importantes corresponde esta tarea al gobierno central o regional. Un sistema de Alumbrado Público en nuestros días, resulta un servicio de vital importancia dentro de las localidades y ciudades de todo el mundo. En la actualidad, es un servicio de primera necesidad y no un lujo para zonas privilegiadas. Es inimaginable una vida cotidiana sin un servicio de tal importancia. El alumbrado público tiene como objetivo el brindar la visibilidad apropiada para el buen desarrollo de actividades peatonales en las vías públicas y demás en espacios de libre circulación, además de generar seguridad por la noche. Siempre han resultado de gran necesidad. En los tiempos antiguos se utilizaban antorchas para alumbrar. Con el paso del tiempo, se fueron desarrollando luminarias a base de aceites y mechas que resultaban prácticas y eficaces para ese entonces.

De igual manera, los cambios a los tiempos surgieron y se fue dando paso a nuevas necesidades que se satisficieran, haciendo énfasis en actualizar y desarrollar tecnología para un nuevo sistema de alumbrado público, haciendo el cambio en el alumbrado público de gas. Fue en el siglo XVI donde se tienen los primeros registros de alumbrado público en Europa, cabe mencionar que, en ese entonces, Mexico no tenía esos lujos. México contó con alumbrado en sus calles durante la mayor parte del virreinato, en los eventos de la realeza española o en algún acontecimiento importante y entonces se acostumbraba iluminar con antorchas de cera, con faroles de papel o de vidrio en ventanas y barandales y se colocaban barriles con chapopote o con rajas de ocote en los balcones del palacio virreinal y en las cornisas de la Catedral y edificios públicos. En la figura 4.1 se muestra la representación de las primeras luminarias.



Figura 4. 1 Luminaria de Antorcha.

Fue hasta el año 1790 cuando el virrey don Juan Vicente de Güemes Pacheco de Padilla constituyó el alumbrado público a cargo del Ayuntamiento. A finales de 1881 la compañía que suministraba el gas para el alumbrado comenzó a instalar focos eléctricos en 1898 la empresa Siemens & Halske lo sustituyó, dando éste el servicio de alumbrado eléctrico. Actualmente existen distintos tipos de luminarias en los sistemas de alumbrado público y se debe a los costos variantes existentes y a las tecnologías con las que se avanza actualmente.

No todos los países cuentan con estas tecnologías avanzadas que se modifican con el tiempo más sin embargo el principio de todas las luminarias es iluminar el área angular cerca de los 160° de un punto de iluminación abarcando áreas grandes con luminarias más grandes y de gran tamaño. Estos sistemas han cambiado y se ha optado hoy en día en contar con más luminarias con más puntos de emisión de luz y no solo uno. En la figura 4.2 se muestra los ángulos que abarca en área una iluminación de una luminaria de un punto de emisión.

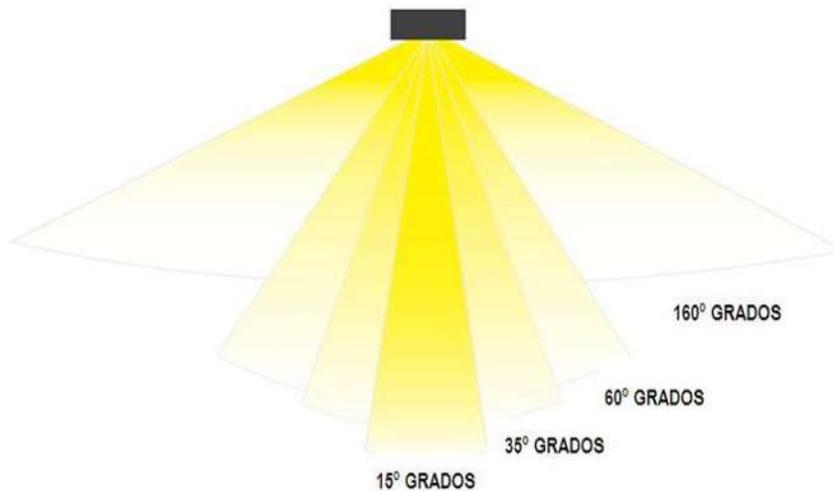


Figura 4. 2 Iluminaria de un solo punto de Emisión de Luz.

A continuación, se muestran en las figuras 4.3, 4.4, y 4.5 los distintos tipos de luminarias peatonales actuales en uso. Estos nuevos sistemas de iluminación de alumbrado público están completamente rediseñados en estructura, altura, materiales, componentes etc.



Figura 4. 3 Luminaria con 3 puntos de emisión



Figura 4. 4 Luminaria doble de LED de 32 puntos de emisión.



Figura 4. 5 Luminaria LED de 30 puntos de emisión.

4.2.- Sistema de iluminación

Actualmente [25] la mayoría de las ciudades tienen instaladas luminarias con lámparas de vapor de sodio. Sin embargo, este tipo de luminarias es de eficacia media, por lo que se encuentra en desuso y lo usual en los nuevos proyectos de alumbrado público es utilizar luminarias LED. Esta tecnología logra un ahorro en las cuentas públicas después del recambio gracias a la posibilidad de poder conseguir la misma iluminación, pero con menos potencia, debido a su mayor eficacia lumínica y capacidad superior de direccionamiento de la luz. En la figura 4.6 [26] se muestra la representación de un sistema de iluminación de alumbrado público con las características comunes y de modo tradicional en cuanto a la luminosidad y diseños estratégico para una área específica.

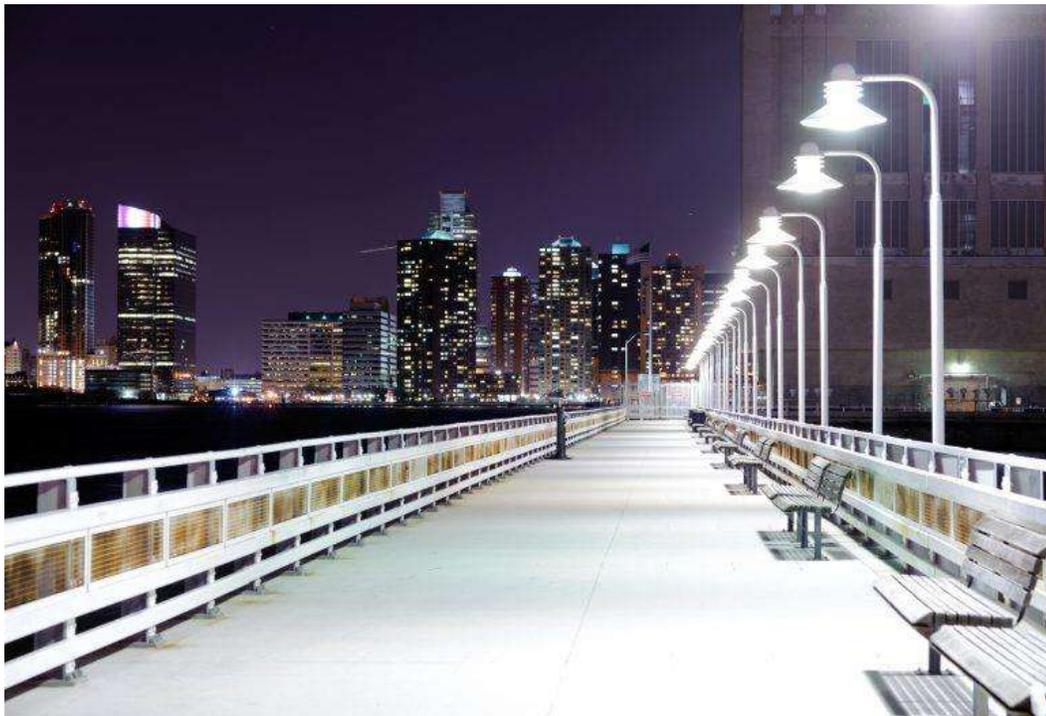


Figura 4. 6 Alumbrado Público.

A continuación, se presentan algunos de los distintos tipos de bombillas que se encuentran comúnmente en las luminarias de alumbrado público.

a) Lámparas incandescentes

Se [27] produce luz al calentar un filamento. Su principal característica es que emite mucho calor, se desaprovecha prácticamente toda la energía que necesita. A pesar de que son baratas, tienen una vida útil muy limitada y la luz que emiten es cálida, no apta para todos los ambientes. En la figura 4.7 [28] se muestra la bombilla Incandescente.



Figura 4. 7 Bombilla Incandescente.

b) Lámparas Halógenas.

Son focos más pequeños y con mucha potencia. Aunque nos pueda parecer que es mayor, su rendimiento es muy parecido al de las incandescentes. Tienen una vida similar a las incandescentes. Hoy en día se han mejorado y llegan a ofrecer hasta un 40% más de luz. En la figura 4.8 [29] se muestra la bombilla de Halógeno.



Figura 4. 8 Bombillas Halógenas

c) Lámparas Fluorescentes.

Se basan en una tecnología eficiente, que combina gases y sales que emiten luz al contacto con una corriente eléctrica. Llegan a consumir hasta un 80% menos que una bombilla incandescente y su capacidad lumínica suelen durar entre 6 y 20 veces más. Su principal desventaja es que hay que esperar unos segundos para que se enciendan del todo. Se puede elegir la tonalidad de la luz. En la figura 4.9 [30] se muestra la bombilla Fluorescente.



Figura 4. 9 Bombilla Fluorescente.

d) Lámparas LED.

Son la alternativa ideal hoy en día, por su consumo y la cantidad de luz que emiten, más, sin embargo, también son las que tienen el precio más elevado. La luz no se concentra en un único punto, a diferencia de las incandescentes. Pueden llegar a tener unas 50,000 horas de uso, es decir, 50 veces más que sus competidoras. En la figura 4.10 [31] se muestra una lámpara de LED.



Figura 4. 10 Lámpara Luminaria de LED'S.

Estas luminarias que se presentaron, son algunas de las más comunes usadas en los diseños de sistemas de alumbrados públicos, además de ser las más comerciales y de más fácil acceso.

4.3.- Prototipo de alumbrado publico

Se propone seguir con el principio del diseño en la estructura y colocación de las fibras ópticas en agrupación para el mayor aprovechamiento de las mismas, haciendo el uso del mismo diseño creado anteriormente donde se coloca dicha agrupación con el fin de seguir aprovechando la reflexión de la luz emitida en la parte lateral de cada una de las fibras ópticas que se emite desde la fuente de luz a utilizar y de la misma manera usando la misma fuente de luz presentada anteriormente se propone el mismo tipo de fuente, de igual manera se presenta el material reflejante usado en dicho sistema por gusto, además de los resultados satisfactorios dados del sistema anterior. Mas sin embargo como se está hablando de un sistema de iluminación de alumbrado público, es necesario y requerido cambios y adaptaciones para cumplir con lo que se busca y cabe mencionar que se busca el uso en su totalidad de la fibra óptica. En la figura 4.11 se propone una luminaria rectangular horizontal usando una doble base reflectora con distintos tipos de fuente usando la fibra óptica con distintos puntos de emisión, con la base ya propuesta anteriormente con posibles adaptaciones en el transcurso del diseño. Esto con el fin de aprovechar un diseño arquitectónico actual, asimilando los diseños con reducción de tamaño, contaminando áreas por la infraestructura de gran tamaño, se plantea que sea para dos tipos de luminarias, las luminarias peatonales de menor tamaño con adaptación para la iluminación horizontal para peatón y la luminaria publica de mayor tamaño soportada en una estructura de altura para la iluminación vertical para calle vehicular.



Figura 4. 11 Prototipo de Iluminaria.

4.4.- Dispositivos para el diseño

Se mencionan los distintos materiales previstos a usar para un sistema de alumbrado, que cuente con un diseño favorable. La fabricación de la estructura se contempla que sea un diseño adaptable, tratando de asemejar las estructuras existentes actuales en cuanto a la arquitectura que se ha desarrollado últimamente, no solo que se cumpla con la necesidad de iluminar áreas, también que sea idealmente arquitectónico con las características funcionales. Con el fin de obtener un resultado favorable que ayude con lo que se espera, el objetivo de diseñar un sistema de alumbrado público desde un comienzo es iluminar mediante el uso de la fibra óptica.

4.4.1.- Fibra óptica

En la figura 4.12 se muestra la fibra óptica de tipo sidelight que se usara en el diseño de un sistema de iluminación de alumbrado público. La fibra óptica de resplandor lateral se usa comúnmente para iluminación en decoraciones de hogares y detalles especiales, así mismo como lugares específicos. De igual manera se pretende sea el principal material para su diseño. Cabe mencionar que al igual que el diseño de las guías en avenidas, la unión de las fibras ópticas es una idea de principio que ayuda a la maximización de transmisión y emisión de la luz en su totalidad desde su fuente de luz, haciendo así la emisión de la luz puntual a su salida más potente al momento de iluminar. En la figura 4.13 se presenta la imagen de la dispersión puntual que hace la agrupación de tan solo 4 fibras ópticas, más sin embargo se pretende que el agrupamiento de estas mismas sea aún mayor para un mejor aprovechamiento en cuestión de la transmisión y de igual forma al momento de la emisión, aprovechando el máximo del haz de luz desde su fuente y así potencializando la eficacia con que esta emite. La agrupación de las fibras ópticas de igual manera tiene aún más ventajas siendo una unión desde su fuente, ya que, al momento de la dispersión y emisión de esta información, puede no ser solamente en un solo punto, es decir la agrupación de estas fibras ópticas no solo pretende que la emisión sea en un solo lugar, si no en varios puntos.



Figura 4. 12 Fibra Óptica Lateral.

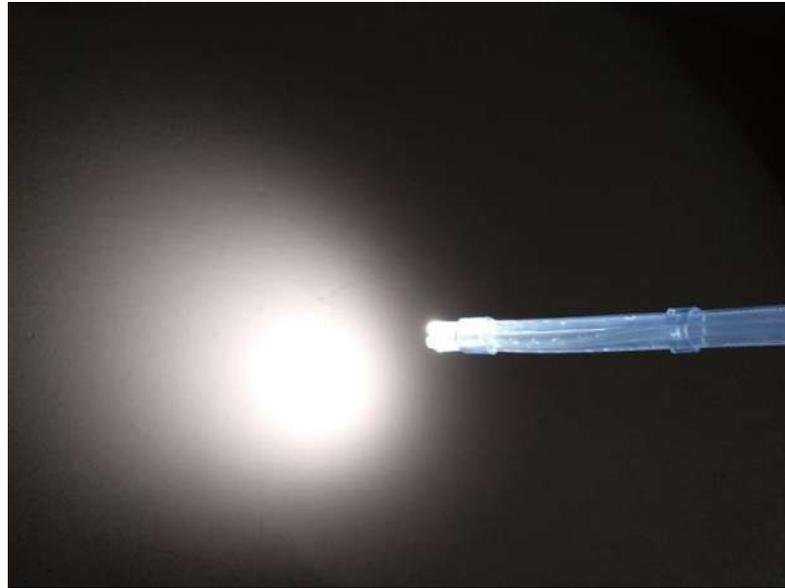


Figura 4. 13 Emisión Puntual de luz.

En la figura 4.14 se presentan una ejemplificación de una agrupación de cuatro fibras ópticas en distinta posición. Al contar con un grupo mayor de 4 fibras ópticas como se presenta el diseño, existe una gran ventaja para una mayor deserción en cuanto a distintos puntos estratégicos. Una mejor adaptación de la fibra óptica a usar y sacar el mejor provecho, es una mayor cantidad de ellas, como se viene diciendo y mencionando en el transcurso del planteamiento del diseño, realizar una agrupación de 4 fibras ópticas. Esta agrupación con el ángulo y posición distinta de cada una de las fibras opticas ayuda a colocar de manera independiente la dirección de la emisión de luz, es decir colocar en distinto ángulo y dirección ayuda a poder direccionar de manera que se requiera si ese fuese el caso, y al ser una agrupación mayor de fibras ópticas existe mayor control en direccional de distintas maneras y distintos puntos.



Figura 4. 14 Agrupación de 4 Fibras Ópticas.

4.4.2.- Base de soporte

Para contemplar una base de soporte de las barras reflejantes, se consideró un área rectangular de base para sostener el peso de las dimensiones de dichas bases, se considera este soporte de material resistente para evitar futuras fracturas y o quebraduras del mismo. En la figura 4.15 se muestra la base de soporte donde estarán introducidas las bases reflectoras colocadas verticalmente, ajustadas y paralelas para la instalación del sistema, de acuerdo al diseño que se pretende. En las figuras 4.16 y 4.17, se muestra la representación de la colocación de la base de soporte, la cual se encargará de soportar y mantener de manera vertical las dos bases reflectoras para la iluminación frontal que se espera en los resultados, de ese modo se pretende mantener rectas y firmes las bases reflectoras y evitar dobleces y quebrantaduras de las bases reflectoras y al igual que de todo el sistema de iluminación como luminaria.



Figura 4. 15 Base de Soporte.



Figura 4. 16 Base de Soporte Unida.



Figura 4. 17 Base de Soporte con Una Base.

4.4.3.- Fuente de luz

Al igual que para el diseño de guías de avenidas en la base reflectora, se usa una fuente de luz tipo lámpara LED MR16, se continua con el uso de la misma fuente para este diseño de luminaria, puesto que el principio de la transmisión de luz en unión de las 4 fibras ópticas seguirá siendo el mismo, más sin embargo es posible adaptaciones en el transcurso del diseño ya que se estará acoplando para un mejor resultado esperado. En la figura 4.18 se presenta la fuente de luz a utilizar en el diseño. La fuente de luz se presenta de igual manera que en diseño anterior ya que es eficaz en su totalidad en el diseño. Como se implementó en el sistema anterior el sistema respondió satisfactoriamente de acuerdo al objetivo que se buscaba, y de la misma manera se prefiere usar la misma fuente con el embudo concentrador con las mismas características físicas del diseño, haciendo saber que la fuente resulto compatible con la agrupación de las 4 fibras ópticas sin presentar fallas a causa de la fuente tipo LED.



Figura 4. 18 Fuente de Luz LED-MR16 8w.

4.4.4.- Bases reflectoras

En el diseño de esta luminaria, al ser el mismo principio de reflexión con una base reflectora, se opta por unir y agrupar dos bases ya diseñadas y creadas anteriormente con las mismas características y los mismos materiales mencionados anteriormente, con el fin de sacar mayor provecho del diseño en su totalidad. El diseño de la luminaria se pretende que sea una luminaria vertical, además a una altura no mayor de 1.5m se espera que sea una luminaria apta para iluminar el entorno de áreas como nuestros edificios, los caminos de aproximación, las escaleras, jardines, parques o cualquier otro espacio exterior que se pueda instalar y así elegir entre diversos sistemas formas y diseños, ya que la fibra óptica es adaptable por su fabricación, y es lo que se desea.

4.5.- Sistema de alumbrado público

En la figura 4.19 se presenta el diseño final creado y estructurado En las figuras 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 y 4.25 se muestra el sistema de iluminacion de alumbrado público en la prueba real siendo satisfactoria la prueba, siendo asi un sistema que satisface la necesidad de luminosidad en área específica como se muestra en la figura 4.21 alcanza a abarcar la iluminacion hasta la mitad de la calle, dando un gran alcance en el área visual. Este sistema de iluminacion de alumbrado público cumple también con un requerimiento estándar del Manual de Iluminación vial de la SCT del gobierno mexicano donde establece el diseño de sistemas de alumbrado público y sus definiciones, tales como luz y color, siendo así prototipo apto para cumplir como sistema. Si bien este prototipo de sistema podría usarse en áreas donde existe sistemas de alumbrado público en uso tales como se menciona continuación.



Figura 4. 19 Diseño Final.



Figura 4. 20 Sistema de Iluminacion.



Figura 4. 21 Sistema de Iluminacion de Alumbrado Público.

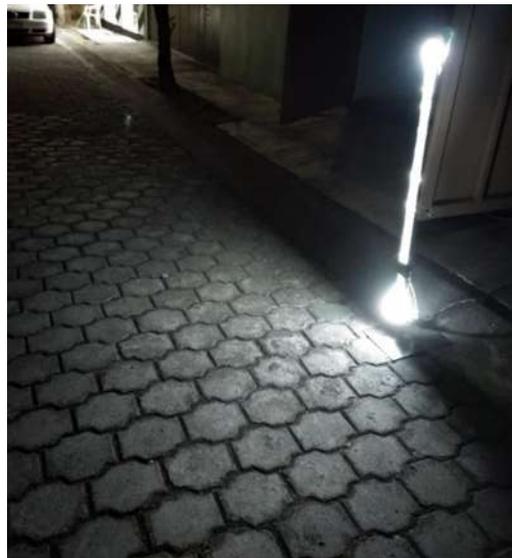


Figura 4. 22 Sistema de Iluminacion desde la parte Lateral.



Figura 4. 23 Sistema de Iluminacion desde la parte Frontal.



Figura 4. 24 Luminaria Peatonal.



Figura 4. 25 Sistema de Iluminación de Alumbrado Público.

Características:

- Iluminación en zona vial como: aceras, zonas peatonales y paseos.
- Áreas de servicio.
- Áreas residenciales.
- Zonas como: plazas y parques.
- Zonas comerciales.
- Áreas urbanas.

Los requerimientos técnicos de esta luminaria hacen que el material principal del mismo sistema de iluminación de alumbrado público sea con la fibra óptica. Y a continuación se muestran los costos generales del diseño y fabricación de sistema de iluminación de alumbrado público.

4.6.- Costos de sistemas de iluminación de alumbrado público

Fibra Optica.	50\$ 1m
Cristal.	30\$ 1m
Bases Reflectoras.	120 \$ c/u
Fuente de luz.	120\$ c/u
Base de soporte.	150\$
Material requerido	2000\$

Tabla 2 Costos de Sistemas de Iluminación de Alumbrado Público.

De igual manera el costo del material resulta elevado por las adaptaciones y agrupación de herramienta y material por no contar con ello, más sin embargo el sistema de iluminación de alumbrado público no resulta caro. De acuerdo a los costos de ambos sistemas resulta económico en comparación a lo caro de los sistemas de iluminación de alumbrado público y a los sistemas de guías no es la fabricación de los sistemas en operación, si no el consumo de energía y el mantenimiento.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.- Conclusión

En la finalización de la tesis de los sistemas de guías y los sistemas de alumbrado público que se llevó en los capítulos 3 y 4, surgieron cambios y mejoras en las ideas al momento del desarrollo de la tesis. Se propuso un sistema de iluminación de alumbrado público y guías de luz en avenidas utilizando fibras ópticas con el fin de desarrollar, diseñar e implementar un sistema que sea factible y funcional en las zonas específicas. El sistema que se presenta, es un sistema que suena innovador en comparación con los sistemas actualmente, más sin embargo el sistema que se presenta, es un diseño que no existe actualmente. Estos sistemas cuentan con diferentes componentes y dispositivos que se adaptaron para un diseño útil, se espera implementar y complementar los sistemas desarrollados para mejorar las características y que aún así sean más eficaces, aprovechando la principal tecnología de la fibra óptica para iluminación. El prototipo, resulta eficiente por los resultados que se obtienen con las pruebas realizadas. El tema se enfocó en diseñar un sistema con ventajas favorables para la misma población, es decir, llevar a cabo los dos distintos prototipos de diseños enfocados con el aprovechamiento de la fibra óptica existente para iluminación, en este caso dos sistemas de iluminación. Cumpliendo con el objetivo de crear dos sistemas de iluminación mediante el uso de la fibra óptica, con el fin de conocer, comparar la eficacia y adentrarnos en las características de la misma, se logró desarrollar dos sistemas mediante el prototipo realizado que se expone y concluyendo que si puede ser viable satisfactoriamente para su uso inmediato ya que se realizaron pruebas de manera satisfactoria basándonos en las reglas de comunicaciones y transportes es que se da por hecho que las pruebas resultaron como se esperaban. Con el desarrollo del prototipo de sistema de guías de luz en avenidas y el sistema de iluminación de alumbrado público se demuestra que la utilización de fibra óptica tipo (sidelight) o luz lateral en español se puede realizar sistemas de iluminación de alta intensidad para uso común y para solucionar las necesidades de visibilidad.

Una de las ventajas más observadas que se pueden mencionar durante el transcurso del desarrollo de estos dos sistemas creados con el uso de la fibra óptica, es que la mayoría de los sistemas de iluminación existentes, dependen mucho de la distancia de la alimentación hacia la fuente de luz, es decir, la conexión para alimentar la fuente de luz hasta donde se quiere iluminar, es necesario la conexión para iluminación de la fuente. Eso resulta ventajoso al momento de utilizar una fibra óptica ya que transmitir la iluminación hacia el extremo posterior, no requiere alimentación para la iluminación en el área.

En el caso de los sistemas de guías de luz sobre avenidas, resulta satisfactorio el prototipo desarrollado, ya que mediante la herramienta principal de esta tesis fue el uso y aprovechamiento de la fibra óptica sidelight del tipo F.O.P. como canal de luz, haciendo uso de sus características reflejantes para comunicación de transmisión de información como principal material de este sistema. El sistema implementado de igual manera ya cumple con el objetivo de delimitar e iluminar parte del pavimento en los cruces de avenidas principales haciendo visible el área del asfalto a los autos en circulación de igual manera para el aprovechamiento de los peatones en puntos específicos. Se espera en un futuro continuar con los sistemas de iluminación para modificaciones que resulten aún más satisfactorias. Este sistema fue creado y diseñado desde cero y se puede garantizar que al estudiar más el tema y contar con más experiencia en este estudio, se lograra un resultado aún más interesante en cuanto a resultados precisos, sabiendo que este diseño de grado prototipo se puede mejorar en bastantes cosas y partes del sistema.

En el caso de los sistemas de iluminación de alumbrado público se presenta como un prototipo viable a posible sistema de alumbrado público. De igual manera resulta satisfactorio concluyendo que es un sistema viable para las necesidades de iluminación de alumbrado público ya que cumple con los requerimientos y estándares de la norma mexicana de esta área. Se logra el objetivo de iluminar áreas establecidas con los colores estándares de la norma, además este sistema aportará diferentes distribuciones y distancias de luminosidad. Se hace mención que en este sistema se pretendió realizar un sistema que abarcara las necesidades de iluminación con el objetivo de usar la fibra óptica sidelight del tipo F.O.P. como principal material logrando su función como se ha estado hablando.

5.2.- Recomendaciones

Una de las principales recomendaciones que se hace ver en el desarrollo de los dos sistemas, es contar con el material suficiente de fibra óptica, ya que al tener cantidad suficiente facilita el desarrollo de estructuración y modificación que se requiera ya que en el transcurso del prototipo se estarán presentando diferentes cambios y modificaciones al realizar pruebas continuas, esto ayuda a que el diseño que se tiene visualizado desde un comienzo no resulte contraproducente y limitante para cambios y adaptaciones con mejoras. Esto se menciona con el fin de contemplar el material del sistema ya que México aún no cuenta actualmente con venta accesible de fibra óptica. El principal mercado de este material es de China, y conseguir poco material en poco tiempo resulta casi imposible, ya que la comercialización de la fibra óptica sidelight del tipo F.O.P. aún está enfocada solo para la venta industrial y no personal, resulta complejo adquirir tales cantidades excesivas de material para uso personal o para desarrollos de prototipos. También se recomienda tener en cuenta las normas establecidas de la secretaría de comunicaciones y transportes de México, ya que cuenta con reglamentos oficiales estándares de luminosidad tanto en los espectros de luz como en las intensidades específicos para áreas destinadas y que pudieran no ser compatibles con un desarrollo de sistemas de guías o sistemas de alumbrado público que se pretendan desarrollar. Se describe también los tipos de deslumbramientos molestos y perturbadores que omiten para el tipo de alumbrado público.

En la figura 5.1 se presenta de forma final el sistema de guías de luz sobre avenidas usando fibras ópticas.



Figura 5. 1 Sistema de Guías de Luz Sobre Avenidas Usando Fibra Óptica.

En la figura 5.2 y 5.3 se presentan algunos de los diseños que pueden resultar una continuación en el desarrollo de sistemas de guías de luz sobre avenidas principales.

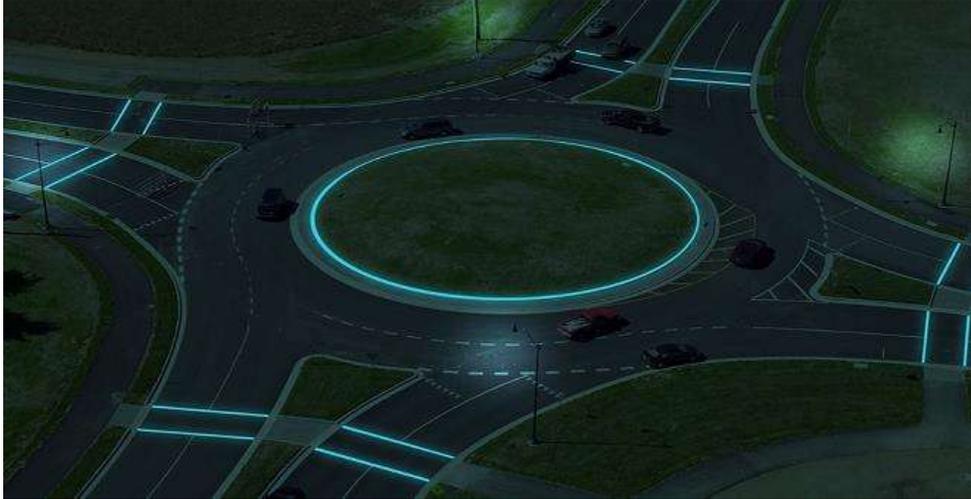


Figura 5. 2 Futuro Sistema de Guías de Luz en Avenidas.

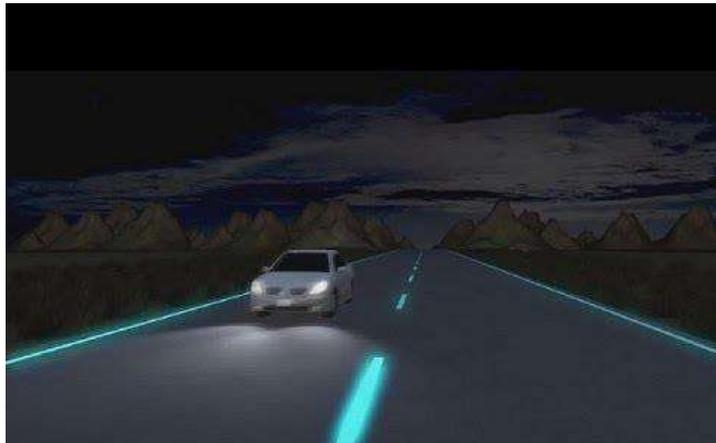


Figura 5. 3 Guías de Luz en Carreteras.

En la figura 5.4 se muestra el sistema de iluminación de alumbrado público mediante el uso de fibras ópticas.



Figura 5. 4 Sistema de Iluminacion de Alumbrado Público usando Fibras Óptica.

En la figura 5.5 y 5.6 se presentan algunos de los diseños que pueden resultar de una próxima continuación en el desarrollo de sistemas de iluminación de alumbrado público mediante el uso de fibra óptica.



Figura 5. 5 Otro tipo de Aluminado Público.



Figura 5. 6 Aluminado Público Decorativo.

Bibliografía

- [1] A. Rodríguez, «fibraoptica hoy,» 10 Junio 2010. [En línea]. Available: <https://www.fibraoptica hoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>. [Último acceso: 12 Agosto 2018].
- [2] M. R. -. Director, «biografiasyvidas.com,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/c/colladon.htm>. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [3] C. Jiménez, «Ownwork,» 06 Julio 2015. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esquema_de_la_Fuente_de_Luz_de_Jean-Daniel_Colladon,_1841.svg. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [4] T. F. L. e. Filosofía, «Biografías y Vidas,» 2005. [En línea]. Available: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/tyndall.htm>. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [5] Á. Méndez, «Química Guía,» 28 Febrero 2011. [En línea]. Available: <https://quimica.laguia2000.com/general/efecto-tyndall>. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [6] J. Velasco, «Historia De La Tecnología,» 22 Abril 2012. [En línea]. Available: <https://hipertextual.com/2012/04/historia-de-la-tecnologia-narinder-singh-kapany>. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [7] A. Kouchoukos, «UABNEWS,» 31 Junio 2013. [En línea]. Available: <https://uabnews.blogspot.com/2013/01/paying-tribute-to-father-of-modern.html>. [Último acceso: 03 Septiembre 2018].
- [8] C. C. Davis, «University of Maryland,» [En línea]. Available: <https://ece.umd.edu/~davis/optfib.html>. [Último acceso: 12 Julio 2018].
- [9] U. d. Extremadura, «<https://www.unex.es>,» [En línea]. Available: <http://grupoorion.unex.es:8001/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1JMCW1HT7-2CF4LW7-1KBD&partName=actualhtmltext>. [Último acceso: 12 Julio 2018].

- [10 C. o. Innovation, «www.corning.com,» [En línea]. Available:
] <https://www.corning.com/emea/en/innovation/culture-of-innovation/corning-celebrates-45-years-on-cutting-edge-with-optical-fiber.html>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [11 C. Valero, «www.adslzone.net,» 22 Febrero 2018. [En línea]. Available:
] <https://www.adslzone.net/2018/02/21/mapa-cables-submarinos-2018/>.
[Último acceso: 20 Agosto 2018].
- [12 Rafavg, «Fibras Movil,» 25 Abril 2017. [En línea]. Available:
] <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Fibra-optica.png>. [Último acceso: 22 Agosto 2018].
- [13 HomoZapping, «HomoZapping,» 17 Agosto 2012. [En línea]. Available:
] <http://hzrtv.blogspot.com/2012/08/twin-cam-asi-se-hicieron-los-planos-de.html>. [Último acceso: 4 Septiembre 2018].
- [14 L. R. R. ALFÉREZ, «REFLEXIÓN AXIAL,» 12 Octubre 2012. [En línea]. Available:
] <https://reflexiones-axiales.blogspot.com/>. [Último acceso: 9 Septiembre 2018].
- [15 wikibooks, «wikibooks,» 12 Septiembre 2016. [En línea]. Available:
] https://es.wikibooks.org/wiki/Física/Óptica/Indice_de_refracción. [Último acceso: 18 Septiembre 2018].
- [16 «wikipedia,» 12 Seotiembre 2018. [En línea]. Available:
] https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Snell. [Último acceso: 9 Septiembre 2018].
- [17 Beyondt, «Beyondtech.us,» 18 Junio 2017. [En línea]. Available:
] beyondtech.us/blog/diferencias-entre-cables-fibra.. [Último acceso: 27 Agosto 2018].
- [18 L. F. Optics, «Directindustry,» [En línea]. Available:
] <http://www.directindustry.es/prod/leoni-fiber-optics/product-14158-1926631.html>. [Último acceso: 10 Noviembre 2018].

- [19 Robert, «CORNING,» Febrero 2018. [En línea]. Available:
] <http://www.corning.com/california/es.html>. [Último acceso: 28 Octubre 2018].
- [20 «Fibra Optica Ciencia y Tecnologia,» 2018. [En línea]. Available:
] lafibraoptica.com/fabricacion.. [Último acceso: 2 Noviembre 2018].
- [21 IPSA, «IPSANET,» 2017. [En línea]. Available: <https://ipsanet.com/wp-content/uploads/2018/10/ficha-LED8W-MR16.pdf>. [Último acceso: 3 Diciembre 2018].
- [22 STEREN, «STEREN,» 2017. [En línea]. Available: www.steren.com. [Último
] acceso: 3 Diciembre 2018].
- [23 S. M., Photoelectric Sensors and Controls, USA: Everett , 2018.
]
- [24 ULINE, «ULINE,» Enero 2018. [En línea]. Available:
] <https://es.uline.mx/Product/Detail/S-22330W/Safety-Tape/Outdoor-Reflective-Tape-2-x-50-White>. [Último acceso: 8 Diciembre 2018].
- [25 «WIKIPEDIA,» 13 Noviembre 2017. [En línea]. Available:
] https://es.wikipedia.org/wiki/Alumbrado_p%C3%BAblico. [Último acceso: 9 Diciembre 2018].
- [26 S. Spring, «PERIODICON MX,» 17 Octubre 2016. [En línea]. Available:
] <http://periodiconmx.com/actualidad/el-futuro-tambien-llego-al-alumbrado-publico/>. [Último acceso: 9 Diciembre 2018].
- [27 C. E. ACNUR, «ACNUR,» Abril 2017. [En línea]. Available: <https://eacnur.org>.
] [Último acceso: 9 Diciembre 2018].
- [28 L. VILED, «LEDVILED,» 21 Mayo 2017. [En línea]. Available:
] <https://www.ledviled.es/blog/equivalencia-luces-led-y-bombillas-incandescentes/>. [Último acceso: 9 Diciembre 218].
- [29 «HOGAR,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.hogar.mapfre.es>. [Último
] acceso: 9 Diciembre 2018].

[30 A. Balone, «comofunciona.org,» 15 Noviembre 2014. [En línea]. Available:
] <http://comofunciona.org/como-funciona-un-tubo-fluorescente/>. [Último
acceso: 9 Diciembre 2018].

[31 DUMALUX, «DUMALUX,» 15 Enero 2017. [En línea]. Available:
] www.dumalux.com/index.php/kunix/alumbrado. [Último acceso: 9 Diciembre
2018].