



BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION

SIMULADOR INTERACTIVO SOBRE FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIATURA EN INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION

PRESENTA:

FERNANDO POPOCA ORTIZ

ASESOR:

SÁNCHEZ RINZA BÁRBARA EMMA

PUEBLA, PUE.

JUNIO 2018

Introducción

El siguiente trabajo consiste en un simulador de redes de fibras ópticas donde se muestra su uso y aplicaciones, para el cual se han realizado el análisis, modelado, implementación y validación de una plataforma de software capaz de servir como un ambiente virtual de emulación de sistemas de comunicaciones ópticas. El trabajo se estructura en capítulos partiendo en el Capítulo 1 con una breve introducción al tema de las fibras ópticas, donde se responde a las siguientes preguntas: que son, para que sirven, como se construyen, ventajas y desventajas, los procesos físicos que permiten su funcionamiento, se da esta introducción para que el lector que no este familiarizado con el tema de fibras ópticas entre en contexto para los siguientes temas. El capítulo 2, introduce al desarrollo del simulador empezando con la planificación realizada, aquí se tratan temas de ingeniería de software, planeación y análisis de los requisitos exclusivamente, no se expandirá más el tema de las fibras ópticas si no que nos enfocaremos en el desarrollo del software. El capítulo siguiente habla detalladamente sobre la parte de implementación del simulador, aquí se tratan temas de programación, arquitectura de software, bases de datos, resaltando que, se hace uso de la información recabada en capítulos anteriores. Continuando con el capítulo 4, donde se muestran los resultados obtenidos, y se exponen los objetivos alcanzados y los que no pudieron llevarse a cabo, finalmente en el último capítulo se da una conclusión de todos los temas incluyendo una síntesis crítica del trabajo realizado así como una muestra de las líneas futuras que de él se derivan y que presentan posibles mejoras para este proyecto.

CAPÍTULO 1

FIBRA ÓPTICA

1.1 DESCRIPCIÓN

La fibra óptica es un tipo de guía de onda con geometría circular, se compone por una delgada hebra de vidrio hecha de un material transparente como plástico o silicio fundido, conduce la luz guiando esta de un extremo del cable hasta el otro extremo en forma de pulsos, a través de distancias que van desde un metro hasta varios kilómetros, se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar grandes cantidades de datos a una larga distancia, aunque también se prefiere esta tecnología sobre los cables de cobre por su baja interacción con el medio y alta resistencia. Los filamentos deben estar hechos de vidrio ultra puro para permitir una comunicación eficiente, ya que las impurezas intrínsecas del cristal causan una degradación en la señal a transmitir. El uso de conductos dieléctricos confina la luz y permiten que viaje por grandes distancias con pérdidas mínimas ya que los haces de luz van incrementando su sección transversal a medida que viajan en el espacio libre debido a efectos difractivos.

La fibra óptica sirve como un medio de transmisión físico capaz de brindar velocidades y distancias superiores a las de cualquier otro medio de transmisión como pueden ser cobre o medios inalámbricos. La información a transmitir se convierte en pulsos mediante una fuente luz, luego un receptor sensible a la luz la recibe en el otro extremo del cable, convirtiendo los pulsos de nuevo en señales digitales de unos y ceros es decir la señal original.

Existen diferentes tipos y cada una es para aplicaciones diferentes, por ejemplo su uso puede ser médico, de control, de iluminación, de imprenta y como ya se había mencionado telecomunicaciones, el cual es su uso más extendido.

1.2 CONSTRUCCIÓN

El campo de la fibra óptica depende totalmente de la refracción interna de los rayos de luz para que el haz de luz quede completamente confinado y no se disperse. Las fibras son tan pequeñas que una vez que se introduce un rayo de luz este continuara reflejándose casi sin pérdidas en las paredes de la fibra y de esta manera puede viajar grandes distancias dentro de esta.

El grosor del filamento es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0,1 mm, este está compuesto por:

- Núcleo
- Manto
- Recubrimiento
- Tensores

- Chaqueta.

Al usar la fibra óptica como medio de transmisión de información podemos apreciar 3 componentes:

- La fuente de luz: Este es el lugar de origen de la información a transmitir, necesita un modulador para transformar la señal electrónica entrante a la los pulsos de luz codificándola o modulándola.

Cualquier fuente luminosa que emita un haz estrecho de luz puede acoplarse a la fibra, sin embargo se prefiere un diodo emisor de luz (LED) o un diodo láser de inyección (ILD).

El LED se clasifica en:

- Diodo emisor de superficie
- Diodo emisor lateral

Dependiendo de la fuente de luz es la capacidad de información que se puede transmitir, en el caso de un diodo emisor de luz este solo puede apagarse y prenderse hasta cierta velocidad limitando la frecuencia de transmisión.

- El medio transmisor: fibra óptica.
- El detector de luz: Normalmente es un fotodiodo que convierte la señal óptica recibida en electrones.

Convencionalmente, un pulso de luz indica un bit 1 y la ausencia de luz indica un bit 0. El detector genera un pulso eléctrico cuando la luz incide en él.

Esta tecnología se sirve de varias leyes la óptica para funcionar, por ejemplo:

- Grado de refracción: este depende de los índices de refracción de la fibra óptica, del material que la recubre y del receptor que recibe el haz de luz. Para ángulos de incidencia por encima de cierto valor crítico, la luz se refracta de regreso, ninguna haz de luz escapa hacia el otro medio, de esta forma el rayo queda atrapado dentro de la fibra y se puede propagar por muchos kilómetros virtualmente sin pérdidas todo esto se puede calcular en función de la ley de Snell.

El modo de funcionamiento de este material se justifica aplicando las leyes de la óptica geométrica, principalmente, la ley de la refracción (principio de reflexión interna total) y la ley de Snell (la luz debe propagarse por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, de esta forma la luz no puede salir y es atrapada dentro de la fibra). Cada filamento de fibra óptica consta de un núcleo central con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción menor como se

puede ver en la figura 1.2.1. Con esto se logra transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el revestimiento sino que se refleje y se siga propagando. Cuando el índice de refracción del revestimiento es menor al del núcleo, el haz de luz se refleja en gran parte, en un funcionamiento adecuado la luz se va reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que prácticamente avanza por su centro. De este modo, se pueden guiar las señales luminosas sin pérdidas por largas distancias.

Es obvio mencionar que dada la alta velocidad de la luz, transmitir grandes cantidades de información no representa mayor problema, el único momento en el que la velocidad se ve mermada es cuando se codifica la señal luminosa para obtener una señal eléctrica digital, la figura 1.2.1 muestra su estructura en su forma más elemental.

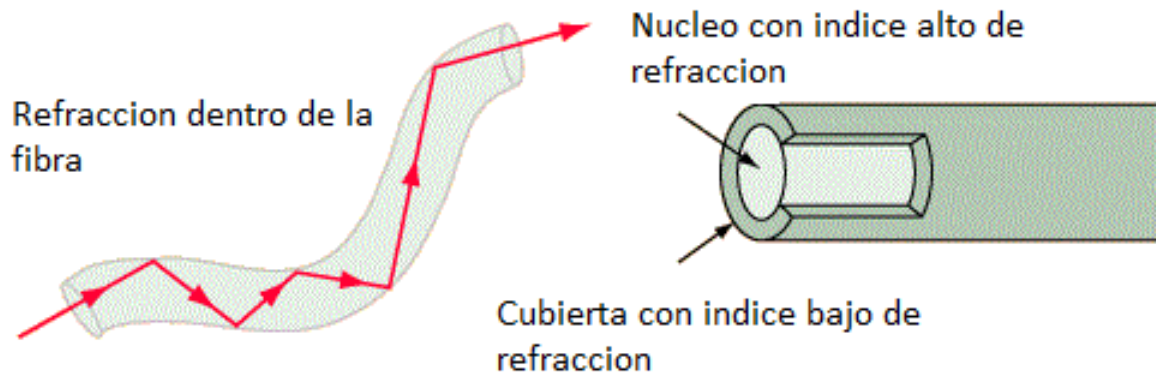


Figura 1.2.1 Haz de luz dentro de la fibra y construcción interna de la fibra óptica.

Los pulsos de luz pueden originarse de un láser o un diodo led, dependiendo de la distancia que tenga que recorrer y la cantidad de información a transmitir, se escoge uno u otro.

Para la construcción de las hebras de fibra óptica el núcleo debe ser de un material transparente y puro, los materiales con los que se puede construir son:

- Plástico(para distancias muy cortas)
- Vidrio(sílice puro)
- Fluorozirconato
- Fluoroaluminato
- Vidrios calcogenuros

1.3 VENTAJAS

Usar un medio de transmisión basado en luz en lugar de corrientes eléctricas como los cables de cobre tiene ciertas ventajas, algunas de estas son:

- Gran capacidad de transmisión (por la posibilidad de emplear pulsos cortos y bandas de frecuencias elevadas).
- Reducida atenuación de la señal óptica.
- Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas,
- Cables ópticos de pequeño diámetro, ligeros, flexibles y de vida media superior a los cables de cobre.
- Bajo costo potencial, a causa de la abundancia del material básico empleado en su fabricación (óxido de silicio).

1.4 DESVENTAJAS

Al ser de un material mucho más ligero y difícil de fabricar que por ejemplo el cobre, la fibra óptica presenta una serie de desventajas, siendo las más relevantes las siguientes:

- Alta fragilidad de las fibras.
- Transmisores y receptores más costosos.
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar.
- No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica con la consiguiente caída de la velocidad.
- No existen memorias ópticas.
- La energía debe proveerse por conductores separados.
- El agua resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.

Otra desventaja de los sistemas de fibra sobre los de radio es que los segundos concentran la mayoría del equipamiento de alta frecuencia (siempre más costosos) en un lugar centralizado (la estación central), permitiendo que el equipamiento de la estación receptora sea simple, de pequeño tamaño y con un bajo consumo de potencia [1].

1.5 FUNCIONAMIENTO

Una fibra óptica se comporta como una guía de onda dieléctrica, con la particularidad de poseer una geometría cilíndrica. Las guías de onda se basan en el confinamiento de la luz, efecto que se logra mediante el uso de dos medios con índice de refracción diferente. La óptica de ondas guiadas se encarga de describir los fenómenos relacionados con estos conductos dieléctricos, como se ve en la figura 1.5.1 la geometría de las guías de onda puede ser plana (slab, strip) o cilíndrica, siendo esta última la más utilizada (fibras ópticas, para poder explicar el

funcionamiento tenemos que mencionar primero tres elementos muy importantes, los cuales son: Reflexión, Refracción, Dispersión.

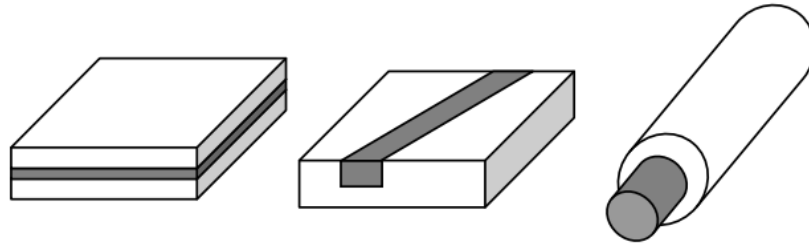


Figura 1.5.1 Tipos de guías de onda

La luz se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros, esta además pueden ser reflejadas y refractadas mediante espejos, prismas, etc. Aunque esta es una buena descripción no puede explicar varios de los fenómenos que se usan en comunicaciones ópticas debido a que la longitud de onda de las ondas electromagnéticas que se propagan (luz infrarroja y visible) es muy pequeña. Por lo que para el estudio de la propagación en el interior de la fibra usaremos el modelo simplificado de 'rayos' luminosos y leyes de la óptica geométrica en lugar del modelo de ondas por lo que sus propiedades han de ser descritas a partir de las ecuaciones de Maxwell, de esta forma es más fácil explicar el funcionamiento aunque esto solo puede hacerse si las distancias implicadas en el dispositivo (fibra óptica) son varias veces más grandes que la longitud de onda de la luz.

Una vez que explicamos el modelo que se utilizara es importante mencionar otro fenómeno que hace posible el uso de esta herramienta, la **refracción**. El estudio de esta se puede realizar de dos formas:

- a) Como una onda óptica, donde deberá resolverse la ecuación de onda, la cual impone las condiciones de contorno.
- b) Como un rayo luminoso, mediante la ley de Snell y la reflexión total.

Ya mencionamos que esto sucede cuando el rayo de luz 'rebota' en una superficie, lo que sucede en realidad es que la superficie de la fibra interfiere con la onda de la luz, provocando una absorción en su señal y no una pérdida (el haz de luz es parcialmente reflejado y parcialmente refractado) ya que como sabemos al ser la luz una forma de energía esta no se puede destruir, entonces la luz que incide en la fibra es absorbida (o atraviesa el revestimiento) pero solo en un cierto porcentaje, lo que ocurre con el porcentaje restante es que al no ser absorbido 'rebota' o se refleja y continua viajando o propagándose dentro de la fibra (fenómeno conocido como reflexión interna total) pero con un ángulo diferente, el ángulo con el que se propaga el haz de luz puede calcularse mediante

la ley de Snell, este fenómeno solo se produce para un ángulo de incidencia mayor a un valor crítico dado por la fórmula:

$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$$

Cuando la luz pasa de un medio a otro cambia de velocidad y dirección, introduciéndose una deflexión [2] en los rayos de luz denominada **refracción**. Para medir la capacidad de reflejar la luz de un material se usa el índice de refracción de un medio relativo a otro (n_1 y n_2), el cual depende de la superficie de contacto o separación de dos medios y se define como la relación entre la velocidad de la onda luminosa en el vacío (c) y la velocidad de la onda luminosa propagada en el medio (v), este es inversamente proporcional al ángulo con el que la luz tiene que incidir sobre este material para ser reflejada (ley de Snell). Por ejemplo en el caso del agua y el aire la diferencia del índice de refracción entre los dos materiales es de 1.33 (θ_1), al sacar el seno de este factor obtenemos 49° lo cual nos indica que si un rayo de luz que viaja por el agua incide en un ángulo menor a 49° sobre la superficie con el aire este se refleja, si no se absorbe, esto los podemos ver mejor en la figura 1.5.2. El índice de refracción en el vacío es 1,0 y en el aire es 1,003. Frecuentemente generalizado a 1,0. En el vidrio el índice de refracción es 1,5. Cuando la luz viaja en un medio denso, la velocidad de la luz (velocidad de propagación) disminuye pasando a ser v . Cuando se divide la velocidad de la luz en el vacío c , por la velocidad de la luz en un medio denso v , obtenemos el índice de refracción:

$$n=c/v$$

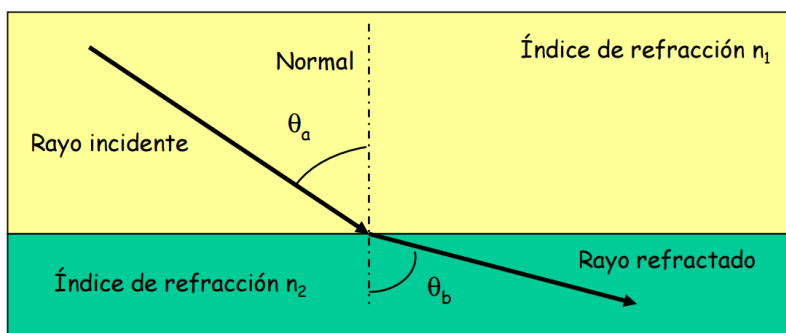


Figura 1.5.2 La refracción depende del ángulo del rayo de luz incidente.

Cuando el ángulo de incidencia de la luz con el de la fibra óptica es **perpendicular** el porcentaje de luz absorbido es bastante elevado, esto es lo que hace que en un principio la luz pueda entrar a la fibra, este ángulo máximo de entrada (también

llamado ángulo de aceptación), expresado en función del ángulo complementario es:

$$\alpha_{m\acute{a}x} = \text{arc cos} \frac{n_2}{n_1}$$

Cuando la luz incide con la pared de la fibra el ángulo es mucho más **oblicuo** por lo que el porcentaje de luz absorbido es mucho menor, este porcentaje depende de la diferencia entre el índice de refracción de los dos materiales, cuanto mayor sea la diferencia de índices y mayor el ángulo de incidencia, se habla entonces de reflexión interna total, de esta manera al absorber muy poca luz esta puede continuar viajando dentro de la fibra[2], en el caso de la fibra óptica (compuesta por el núcleo y el revestimiento), cualquier onda que entre con un ángulo mayor que el de aceptación escapará a través del revestimiento, un efecto parecido ocurre en las fuentes de agua que utilizan luz como decoración, la luz viaja dentro del chorro de agua, curvándose por reflexión interna y cuando esta encuentra un obstáculo esta se dispersa y termina saliendo del agua, Figura 1.5.3. Cabe mencionar que este efecto de refracción se tiene mejor controlado mediante el uso de prismas, estos se usan para cambiar la dirección el haz de luz de un láser sin pérdida aparente, como se puede ver en la Figura 1.5.4.



Figura 1.5.3 La luz puede viajar dentro del agua

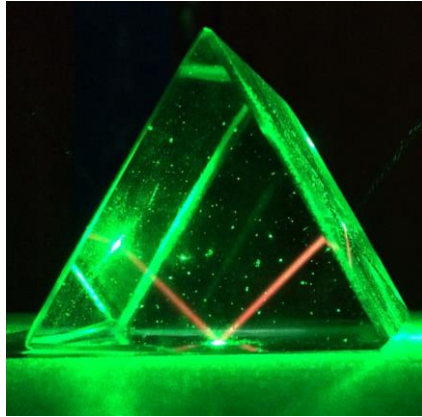


Figura 1.5.4 En un prisma el haz de luz cambia de dirección sin pérdidas

Apertura numérica

Denota el ángulo máximo con que puede incidir la fibra óptica para que esta se propague dentro del interior de la fibra sin que haya pérdida. Es lo que se denomina el fenómeno de la reflexión total. Para un ángulo superior de incidencia se perdería luz incidente por refracción. Esta también se utiliza para describir la potencia que tiene la fibra para colectar la luz o la eficiencia que tiene la conexión fuente/fibra. Esta definida por la ecuación:

$$NA = \text{sen } \theta_{\text{máx}} = \sqrt{n_n^2 - n_r^2}$$

Donde $\theta_{\text{máx}}$ representa el máximo ángulo de aceptación y n_n es el índice de refracción del núcleo y n_r es el índice de refracción del revestimiento. Entendiendo que la cantidad de luz que entra a la fibra depende de la apertura numérica, obviamente interesa que la apertura numérica sea grande para aprovechar mejor la fuente luminosa y tener una señal de origen fuerte pues esto permite que la luz viaje distancias más grandes, esto se entiende mejor en la figura 1.5.5 donde vemos 2 rayos de luz, el rayo R1 incide con un ángulo igual al ángulo de aceptación, el rayo R3 incide con un ángulo mayor provocando que escape de la fibra. Los rayos que cumplen con esta condición se propagan sin pérdidas en la dirección z. Los rayos que inciden en la interfaz con ángulos mayores se refractan y eventualmente se pierden.

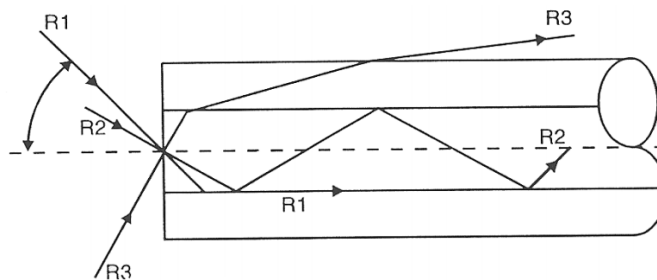


Figura 1.5.5 Rayos de luz con distinto ángulo de incidencia

La apertura numérica también se puede ver como el cono de aceptación de luz de la fibra Figura 1.5.6, y equivalentemente, el cono de divergencia que sufre el haz de luz cuando este sale de la fibra como se ve en la siguiente imagen, los rayos de luz que son mayores al ángulo límite escapan de la fibra:

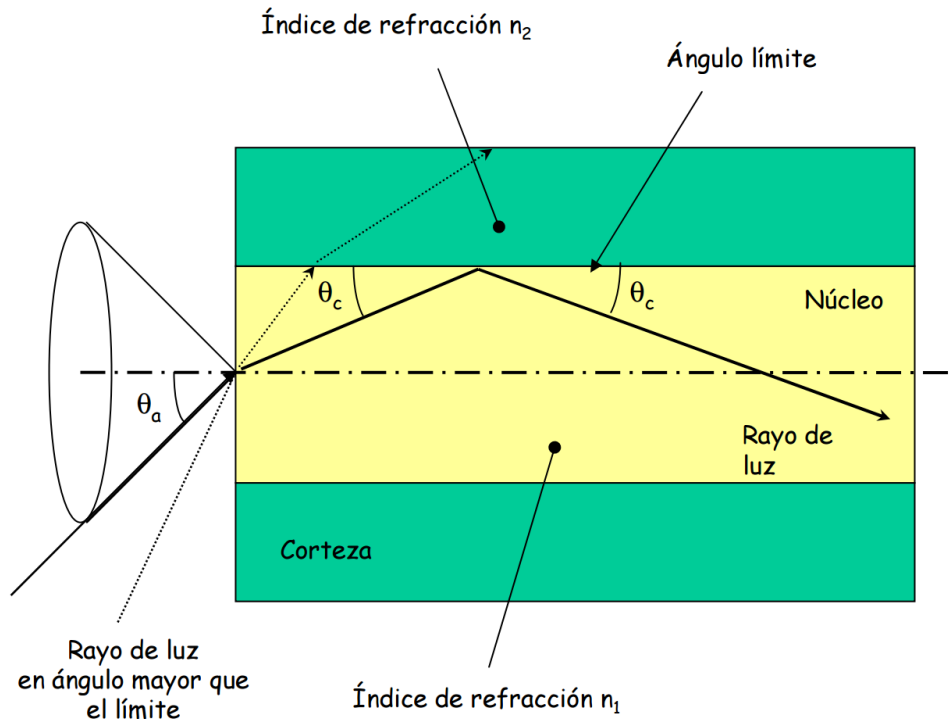


Figura 1.5.6: Cono de aceptación de luz.

Fuente de luz

Para generar los pulsos de luz pueden usarse como fuente diodos laser o diodos LED, los primeros presentan las ventajas:

- Alta potencia de salida
- Alta potencia de luz que entra a la fibra
- Ancho espectral reducido
- Alta radiancia
- Alta velocidad de respuesta.

Los LED's son superiores en:

- Manejabilidad
- Bajo costo
- Estabilidad

- Funcionamiento constante en el tiempo
- Tiempo de vida muy grande

En el caso de los LED's estos tienen una tasa de modulación máxima de 622 Mbit/s ya que no pueden ser encendidos o apagados lo suficientemente rápido para soportar aplicaciones que requieran un ancho de banda mayor.

La modulación directa del láser produce una modulación residual de la frecuencia llamada "chirp" que provoca un ensanchamiento del espectro de emisión limitando el espaciamiento entre canales [1].

El transmisor emite la luz con la mayor fidelidad posible pero una vez dentro de la fibra existen muchos factores que degradan la calidad de la señal, entre ellos están la pérdida de potencia en los acoplamientos, la dispersión en la fibra, la atenuación, la retrodispersión, esta degradación también se produce cuando los pulsos transmitidos interfieren con los pulsos vecinos(interferencia intersimbólica), por lo tanto el diseño del receptor es mucho más complicado que el diseño del transmisor, ya que el primero debe ser capaz de regenerar la señal que puede haberse debilitado.

Reforzadores de la luz

También llamados repetidores, pueden requerirse para volver a cargar la señal en el caso de que la distancia sea muy larga, estos repetidores convierten la señal óptica en una señal eléctrica, y luego usan un transmisor para enviar la señal de nuevo a una mayor intensidad que la atenuada recibida. Un enfoque alternativo es usar un amplificador óptico, lo que amplifica la señal óptica directamente, sin tener que convertir la señal al dominio electrónico, estos amplificadores usan fibra dopada, normalmente con tierras raras, necesitan de un bombeo externo con un láser de onda continua a una frecuencia óptica ligeramente superior a la que amplifican. Típicamente, las longitudes de onda de bombeo son 980nm o 1480nm y para obtener los mejores resultados en cuanto a ruido se refiere, debe realizarse en la misma dirección que la señal.

Transmisión de la información

La información es transmitida generalmente mediante la modulación de los pulsos de luz. La gama de frecuencias o longitudes de onda que pueden pasar a través de la fibra se define como banda de paso y en el caso de esta es muy ancha, lo que permite flujos muy elevados (del orden de GHz). Si el espectro de frecuencia de una señal se localiza alrededor de la frecuencia $f = 0\text{Hz}$, se dice que la señal es de "banda base", la banda base es generalmente utilizada para modular una señal portadora [3].

En el proceso de transmitir información así como en otras formas de transmisión existen los siguientes pasos o etapas, abordaremos con más profundidad este tema más adelante.

- Modular la información a transmitir en pulsos de luz mediante el uso de un transmisor.
- Enviar la señal a través de la fibra óptica.
- Recibir la señal y decodificarla para obtener la información en formato digital.

El receptor es el encargado de convertir la señal de luz en una señal digital, como se dijo antes esto se logra mediante el uso de un fotodiodo, este debe cumplir con las siguientes características:

- La corriente inversa (en ausencia de luz) debe ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- Rapidez de respuesta (gran ancho de banda) lo que se logra mediante el uso de un láser.
- El nivel de ruido generado por el propio dispositivo ha de ser mínimo.

Cuando la fibra óptica se encuentra con interferencias, los pulsos de luz se atenúan, esto es causado por distintos motivos:

- Pérdidas por absorción, cuando las impurezas absorben la luz y esta se convierte en calor
- Pérdida de Rayleigh, causada por defectos de fabricación
- Dispersión cromática
- Pérdidas por radiación, cuando la fibra tiene dobleces
- Dispersión modal: Distorsión en la forma de onda debido a los diferentes trayectorias que siguen los rayos de luz en la fibra
- Pérdidas por acoplamiento, cuando hay uniones entre dos fibras y este no se hizo correctamente.

En función del ángulo de entrada el número de reflexiones será menor o mayor, y por ello la longitud recorrida por el rayo será menor o mayor respectivamente. Esta distinción designa a los modos de orden alto a los que tienen los caminos de transmisión más largos, ya los de orden bajo a los que tienen caminos cortos. El **modo axial** es el camino de transmisión más corto posible y generalmente se le denomina como modo fundamental, de esta forma podemos clasificar las fibras ópticas.

Frecuencia de corte

Las fibras ópticas y en general las guías de onda, no pueden transmitir energía electromagnética a frecuencias bajas, a menos que tengan tamaños gigantescos e imprácticos. La transmisión se inicia a partir de una determinada frecuencia, cuyo valor depende de la geometría, tamaño y materiales de la fibra. A esta frecuencia mínima a partir de la cual es posible que la energía se propague, se le denomina frecuencia de corte [4].

Frecuencia normalizada

El valor de la frecuencia normalizada permite discriminar si una fibra opera en régimen monomodo o multimodo. En líneas generales, cuanto mayor es el valor de V , mayor es también el número de modos que una fibra es capaz de guiar.

1.6 CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS OPTICAS

Las fibras utilizadas en el área de las telecomunicaciones son clasificadas en dos grupos, estos dependen del modo de propagación. Definimos modo de propagación como la distribución de campo transversal que se propaga a través de fibra sin ningún cambio en su campo de distribución excepto por un cambio de fase [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

- Fibras ópticas multimodo de salto de índice: Reciben esta clasificación aquella que pueden guiar y transmitir varios rayos de luz por sucesivas reflexiones, es decir los rayos luz pueden viajar por más de un camino. El origen de estos rayos se debe a que las señales incidentes con un ángulo cuyo seno sea inferior a la apertura numérica provocan la aparición de multitud de modos (o dicho de forma más intuitiva de multitud de rayos y ángulos de reflexión). Es importante mencionar que esta dispersión limita el ancho de banda o la cantidad de información que la fibra es capaz de transportar.

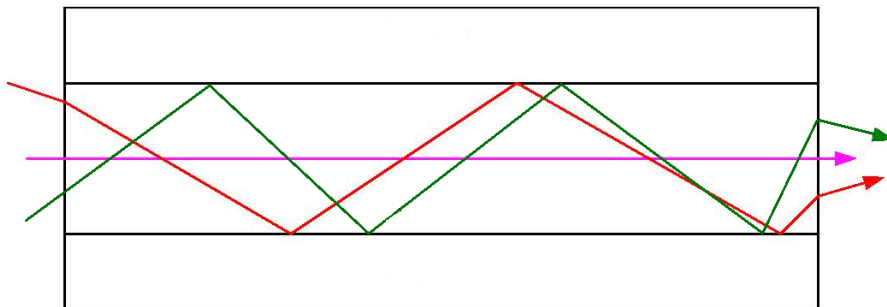


Figura 1.6.1 Tres haces de luz dentro de una sola fibra

- Fibras multimodo de índice gradual: En este caso el cambio de índice de refracción en el interior de la fibra produce una propagación ondulada del rayo de luz como se ve en la siguiente figura 1.6.2:

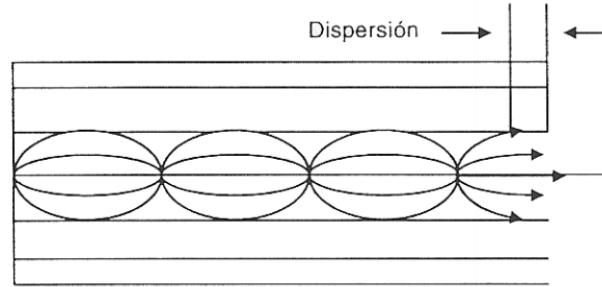


Figura 1.6.2: En fibras multimodo de índice gradual el haz de luz es ondulado y no recto

- Fibras ópticas monomodo. También llamada fibra de modo simple, de un solo modo o fibra uní-modo. Son aquellas que tienen como limitación solo poder guiar y transmitir un rayo de luz (es decir tienen un solo modo de propagación), la luz puede tomar un único camino a través del núcleo y tiene la particularidad de poseer un ancho de banda muy elevado. En estas fibras monomodo cuando se aplica el emisor de luz, el aprovechamiento es mínimo, también el costo es más elevado, la fabricación difícil ya que requiere un alto grado de precisión y los empalmes y acoples deben ser perfectos. Son más eficaces a largas distancias.

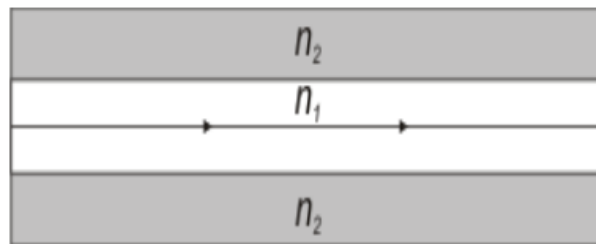


Figura 1.6.3 Un solo haz de luz dentro de una fibra

Se usan cuando se requiere de un ancho de banda muy grande pero presentan mayor dificultad para inyectar la señal luminosa a la fibra, aunque esto se soluciona utilizando punteros laser.

La siguiente figura muestra estos tres tipos de fibra y permite comparar el grosor y el índice de refracción del núcleo y revestimiento para cada tipo, así como imaginar la trayectoria de los rayos de luz por los diferentes tipos de fibra [4].

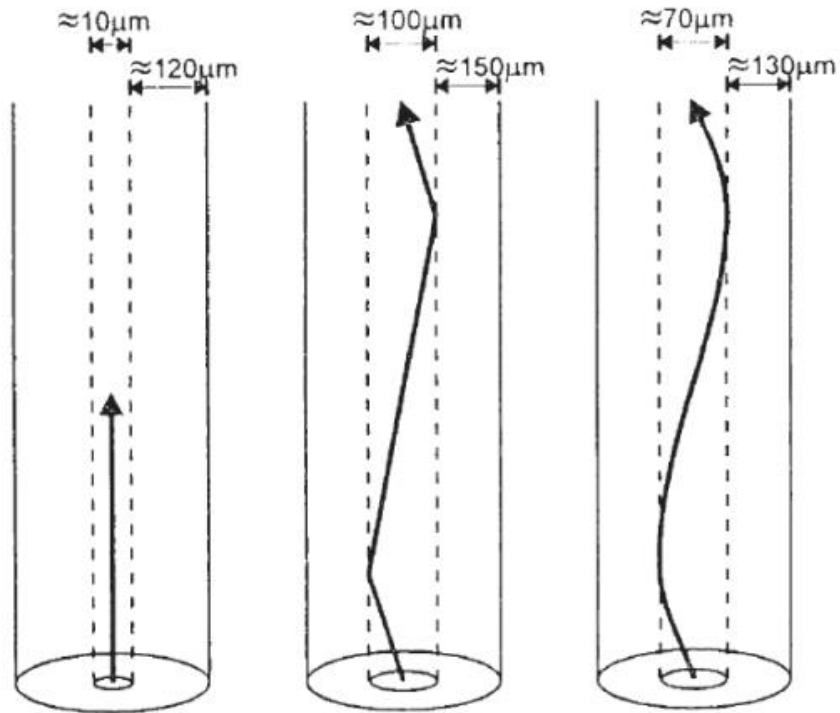


Figura 1.6.4: Comparación de los distintos tipos de fibra

Otra clasificación que reciben las fibras ópticas depende de su composición:

- Vidrio/Vidrio: cubierta y núcleo de vidrio.
- Plástico/Vidrio: cubierta de plástico y núcleo de vidrio.
- Plástico/Plástico: cubierta y núcleo de plástico.

1.7 COMPLICACIONES EN LA TRANSMISIÓN DE LUZ

1) DISPERSION MODAL

La dispersión es el esparcimiento o cambio de dirección de la luz en múltiples ángulos durante su propagación a través de un medio transparente. Como se puede ver en la figura 1.7.1. y en la figura 1.7.2 las fibras de tipo multimodo presentan una atenuación debido a que los rayos que viajan dentro de ella se dispersan acoplándose a modos distintos del original, esto provoca que los rayos de luz recorran longitudes distintas pues en función del ángulo de entrada el número de reflexiones será menor o mayor, si un pulso tiene mayor número de reflexiones recorre una distancia más grande, esto provoca que al iniciar o terminar el pulso de luz el receptor óptico continúe recibiendo una señal aun después de que se dejó de emitir, el resultado es que no se obtiene una fiel

reproducción de la señal eléctrica original, la señal eléctrica obtenida en el receptor tiene más duración que la original en este caso decimos que el pulso entregado por el detector se ha ensanchado o dispersado, a esto le llamamos dispersión modal.

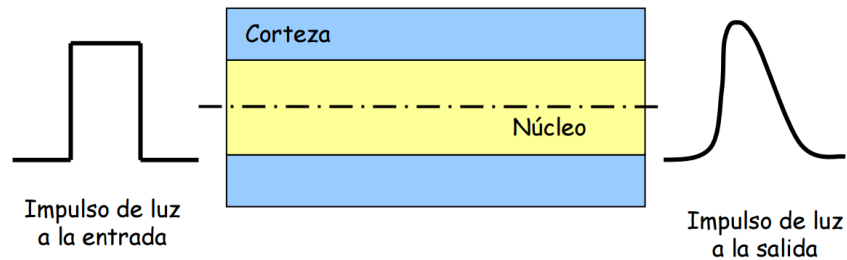


Figura 1.7.1 La dispersión modal provoca una distorsión en la forma de onda de salida

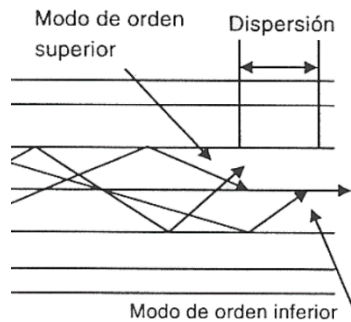


Figura 1.7.2 Dispersión en la fibra multimodo de salto de índice

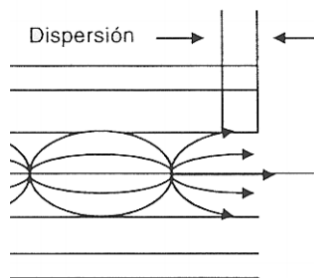


Figura 1.7. 3 Dispersión en la fibra multimodo de índice gradual

2) INTERFERENCIA INTERSIMBOLICA

La distorsión de puntos que tratamos anteriormente puede considerarse como que **el pulso original extendió su tamaño**, esta extensión es tan pequeña que la

consideramos insignificante pero solo en caso de velocidades bajas, en un sistema operando en por ejemplo 90Mb/s, esta distorsión puede consecuentemente ser un porcentaje significativo del periodo del pulso, esto significa que un pulso individual empieza a entrometerse en el espacio destinado a la no presencia de un pulso, complicando el proceso de determinar si un pulso está presente o no. La intrusión de un pulso en el periodo siguiente se llama interferencia intersimbólica, y causa errores en los datos, como podemos observar en la imagen 1.7.3 tres bits seguidos se han dispersado, podría ocurrir que el tercer bit sea visto como un 0(ya que combina los pulsos y ausencia de estos).

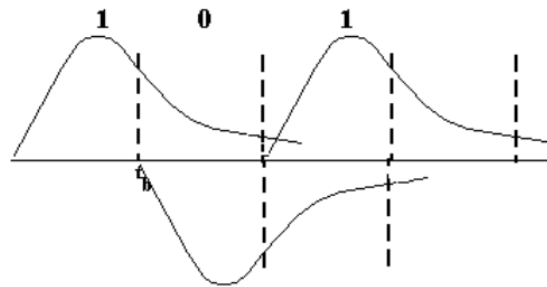


Figura 1.7.4 Tres bits que se solapan entre ellos debido a la dispersión

3) ATENUACION

Se define como la disminución de la potencia de la señal a medida que ésta se propaga. Esta puede presentarse por las características de la guía de onda (geometría, diferentes velocidades para cada modo) o bien por el material. En una fibra óptica, y para un determinado modo de propagación, dicha reducción de la potencia se produce de manera exponencial con respecto a la longitud recorrida, esta a su vez puede calcularse mediante la fórmula que se presenta a continuación. Al expresar esta relación en unidades logarítmicas (decibelios), se obtiene que la atenuación es proporcional a la distancia. La constante de proporcionalidad, denominada **constante de atenuación**, tiene unidades de dB/km. En las fibras multimodo, la constante de atenuación de cada modo individual es diferente; por ello, la constante de atenuación especificada se refiere a un promedio ponderado de los valores asociados a los modos que componen la señal, suponiendo que se ha alcanzado una situación de equilibrio.

La atenuación limita las velocidades de transmisión que pueden utilizarse en las fibras ópticas, además limita la magnitud de potencia óptica que puede

transmitirse y esto a su vez determina las distancias máximas de transmisión en un solo tramo de fibra.

$$a(\lambda) = \frac{1}{L} \cdot 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s} \text{ (dB / km)}$$

Ps: Potencia luminosa de salida

Pe: Potencia luminosa de entrada

L: Longitud del tramo de fibra óptica

La atenuación en la fibra óptica no se incrementa con la frecuencia (como si sucede con los cables de cobre, esta es constata y depende de la longitud de la fibra. Esto es diferente porque al hablar de atenuación en las fibras ópticas nos referimos a que la potencia óptica se distribuye entre los diferentes modos de propagación y estos presentan diferentes atenuaciones. Las causas de estas atenuaciones o pérdidas se pueden dividir en:

- Perdidas intrínsecas
 - Son propias de la fibra
 - Dependen de su construcción
 - No se pueden eliminar
 - Ejemplos de estas son:
 - Absorción(energía que se transforma en calor)
 - Dispersión por efecto rayleigh Tabla 1.7.1
 - Desajuste de la apertura numérica
 - Desajuste del diámetro del núcleo
- Perdidas extrínsecas
 - No son propias de la fibra
 - Dependen del proceso de producción
 - Ejemplos de estas son:
 - Impurezas(Hidrogeno, algunos iones metálicos)
 - Defectos físicos
 - Irregularidades geométricas
 - Microfisuras
 - Separación longitudinal
 - Desviación lateral
 - Desviación angular
 - Microcurvaturas

Tipo de Material	Pérdidas debido a la dispersión Rayleigh (dB/Km) a 850 nm
Sílice	1.2
Silicato potásico	0.7
Borosilicato sódico	2.3
Silicato de sodio y calcio	0.8

Tabla 1.7.1 Las pérdidas por dispersión varían dependiendo del material

Otra forma en la que se produce la atenuación es por la unión o empalme de dos tramos de fibra óptica, aquí es necesario hacer una diferenciación entre las uniones de fibras monomodo y las de fibras multimodo. En las primeras, estas pérdidas se engloban en las pérdidas por desajuste del radio de campo modal.

En las uniones de fibras multimodo se puede hablar de los siguientes tipos pérdidas:

- Por **desajuste de la apertura numérica**: donde la apertura numérica de un tramo de fibra es menor o mayor que la apertura numérica del tramo con que se conecta, causado por que la diferencia de los índices de refracción de ambos tramos sea distinto, provocando que algunos pulsos de salida sean mayores que el máximo ángulo de entrada y no entren en el otro tramo de la fibra, esto se ve mejor en la Figura 1.7.5.

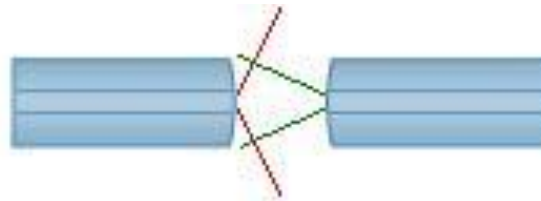


Figura 1.7.5 Desajuste de la Apertura Numérica

- Por **desajuste del diámetro del núcleo**: donde el núcleo de un tramo de la fibra es mayor o menor al del otro tramo como se ven en la Figura 1.7.6, provoca que algunos pulsos de salida incidan en el recubrimiento del otro tramo, al tener un índice de refracción mayor este deja de reflejarse, otro caso donde pasa un efecto parecido es en la **desviación lateral entre fibras**, donde similarmente ambos núcleos no coinciden exactamente Figura 1.7.7.

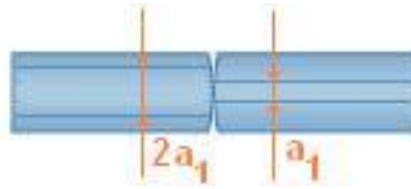


Figura 1.7.6 Desajuste del diámetro del núcleo

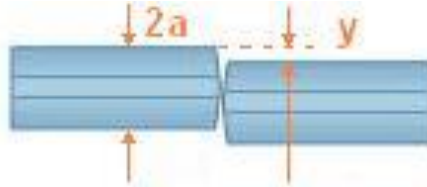


Figura 1.7.7 Desviación lateral entre fibras, el núcleo
choca con el revestimiento

- Por **separación longitudinal** de las fibras: sucede cuando en un empalme los dos tramos de fibra están demasiado separados provocando que algunos pulsos de luz no entren en el otro tramo de fibra, esto se ejemplifica en la Figura 1.7.8, parecido a este efecto es la **desviación angular entre fibras** Figura 1.7.9, el cual es causado cuando un tramo de la fibra se aleja demasiado del otro tramo.

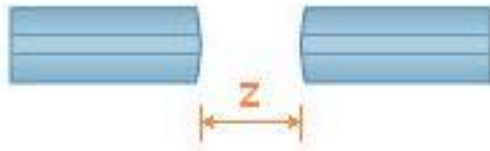


Figura 1.7.8 Separación longitudinal entre fibras

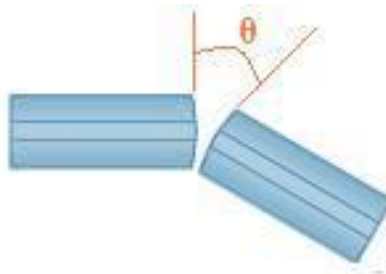


Figura 1.7.9 Desviación angular entre fibras

1.8 APLICACIONES

Comunicaciones con fibra óptica

La fibra óptica se emplea como medio de transmisión en redes de telecomunicaciones ya que por su flexibilidad los conductores ópticos pueden agruparse formando cables.

Iluminación

El uso de la fibra con fines decorativos, como en árboles de navidad, lámparas etc. se debe a que esta presenta algunas ventajas ya que por ejemplo sólo tiene la capacidad de transmitir los haces de luz, además de que la lámpara que ilumina la fibra no está en contacto directo con la misma. Se puede cambiar el color de la iluminación sin necesidad de cambiar la lámpara, esto se debe a que la fibra puede transportar el haz de luz de cualquier color sin importar el color de la fibra. Por medio de fibras, con una sola lámpara se puede hacer una iluminación más amplia, varias fibras funcionando como guía pueden enviar la luz a distintos lugares.

Se puede usar como una guía de onda en aplicaciones médicas o industriales en las que es necesario guiar un haz de luz hasta un blanco que no se encuentra en la línea de visión, de forma que la luz pueda llegar a lugares que de otra forma serían inaccesibles, también para transmitir información de un sensor ya que en los componentes de un sistema de medición que están separados, es necesario el uso de un canal de comunicación. Es posible usar latiguillos de fibra junto con lentes para fabricar instrumentos de visualización largos y delgados llamados endoscopios (uno de los primeros usos de la fibra), los endoscopios se usan en medicina para visualizar objetos a través de un agujero pequeño. Los endoscopios industriales se usan para propósitos similares, como por ejemplo, para inspeccionar el interior de turbinas.

1.9 SENSORES DE FIBRA OPTICA

Las fibras ópticas se pueden utilizar como sensores para medir: tensión, temperatura, presión y otros parámetros, uno de estos sensores, el sensor de desplazamiento logra su medición mediante dos fibras ópticas una que envía un rayo de luz y otra que recibe la luz reflejada por un material, la cantidad de luz recibida determina la distancia como se ve en la imagen 1.9.1, aunque es necesario mencionar que esta distancia tiene un pico máximo.

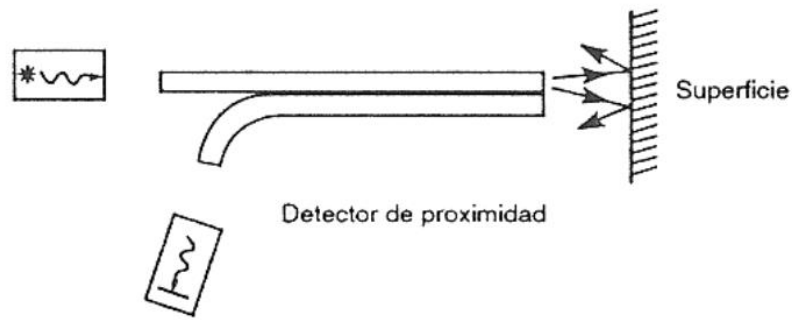


Figura 1.9.1: Funcionamiento de un sensor de proximidad

El sensor de proximidad es similar al sensor de turbieza donde de nuevo la luz sale de un tramo de fibra óptica, se introduce en un medio líquido, se ve reflejado en mayor o menor medida dependiendo de las partículas en el líquido, y finalmente regresa al otro tramo de la fibra, para entenderlo mejor podemos observar la Imagen, la cantidad de la luz recibida determinara el parámetro de medición.

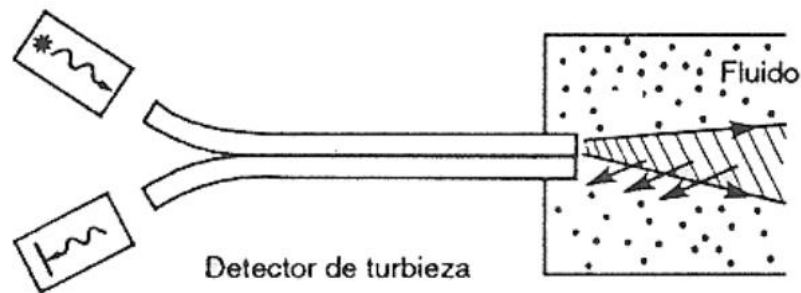


Figura 1.9.2 Funcionamiento de un sensor de turbieza

Las fibras ópticas se utilizan como hidrófonos para los sismos o aplicaciones de sonar. Se han desarrollado sistemas hidrofónicos con más de 100 sensores para los sismos o aplicaciones de sonar, por ejemplo en la industria de petróleo así como las marinas de guerra de algunos países, estos transforman las oscilaciones sonoras en pulsos eléctricos, algunos funcionan mediante técnicas interferométricas y otros mediante técnicas eco métricas.

Se han desarrollado sensores de fibra óptica para la temperatura y presión de pozos petrolíferos. Estos sensores pueden trabajar a mayores temperaturas que los sensores de semiconductores.

Otro uso de la fibra óptica como un sensor es el giróscopo de fibra óptica que usa el Boeing 767 y el uso en micro sensores del hidrógeno.

Otras tecnologías relevantes como conectores ópticos y componentes pasivos también han sido desarrollados a un nivel práctico, transmisión de energía óptica, transmisión de imágenes, y como ya dijimos sensores de fibra óptica, de estos podemos decir que se dividen en dos tipos: los intrínsecos (donde el elemento sensor es en sí la fibra óptica) y extrínsecos [6] Figura 1.9.3 (donde la fibra transmite la información que genera un sensor). En estos, la modulación es producida por una perturbación externa causada por el parámetro físico que se quiere medir, estos modifican las propiedades de la luz dentro de la fibra como intensidad, fase, estado de polarización y longitud de una onda de luz y miden por ejemplo desplazamiento muscular, presión de la sangre, vibración, cambios en la temperatura en el cuerpo, estos sensores también son capaces de detectar campos acústicos, aceleraciones lineales y circulares, campos eléctricos y magnéticos y muchos otros parámetros eléctricos, el método con el cual es posible medir la electricidad con una fibra óptica se basa en el principio de que la polarización de un haz luminoso que se desplaza a través de un medio transparente y que puede ser afectado por la introducción de un campo magnético (el efecto Faraday), los sensores de imágenes abarcan los de observación interna como la tomografía de coherencia óptica (OCT) e imágenes foto acústicas donde escáners internos pueden trabajar de manera no intrusiva, cuando estos interactúan con el elemento, causando dobleces, distorsión y cambios en el índice de refracción, la forma en la que. Estos sensores se componen de una fuente de luz, fibra óptica, un transductor externo y un fotodetector.

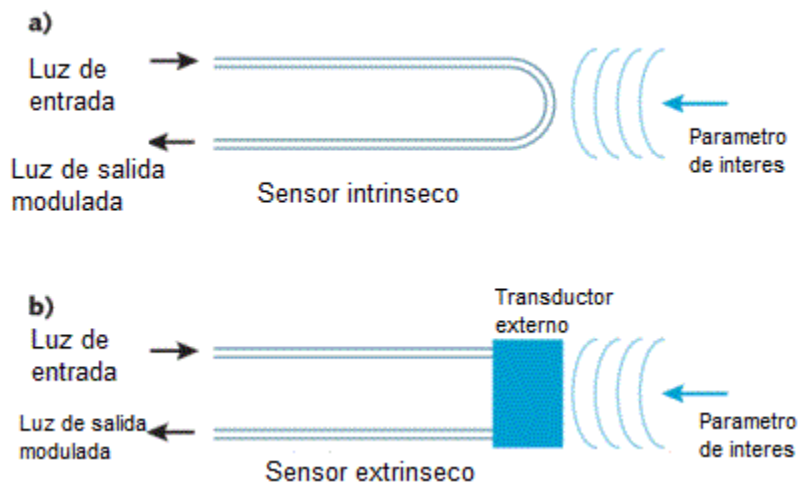


Figura 1.9.3 Tipos de sensores de fibra óptica

Otro ejemplo es el sensor distribuido de temperatura el cual usa el efecto Raman [7] Figura 1.9.4, que además cuenta con un uso comercial. Por último se mencionan las investigaciones en fluorescencia en fibras de sílice dopadas para medir el PH, oxígeno en la sangre y nivel de glucosa, que, aunque aún no son viables comercialmente, están siendo estudiadas para diseñar sensores de luz

ultravioleta. En general podemos decir que se han propuesto sensores para medir distintos fenómenos físicos, pero muchos de sus principios han sido restringidos al uso en el laboratorio en lugar de aplicaciones comerciales robustas.

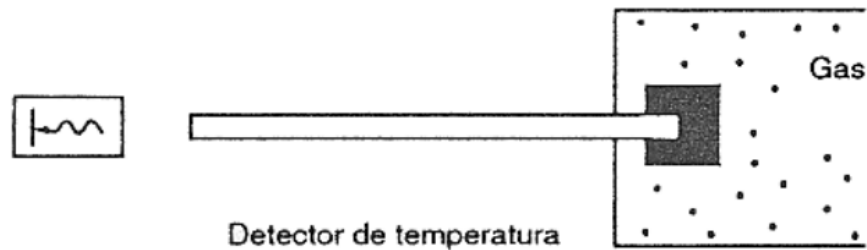


Figura 1.9.4 Funcionamiento de un sensor de temperatura

Al recibir la interferencia de un medio que los presione (La fibra se somete a 2 placas con rugosidades), provoca que la fibra se distorsione y de esta forma la luz que viaja dentro de ella se salga en las microcurvaturas causando la pérdida de modos, lo que hace llegar menos luz al detector como se ve en la Figura 1.9.5, estos pueden ser usados como detector de proximidad de máquinas peligrosas, sensores de contacto en parachoques y detector de impactos, teniendo la desventaja de que no se puede usar para obtener altas precisiones.

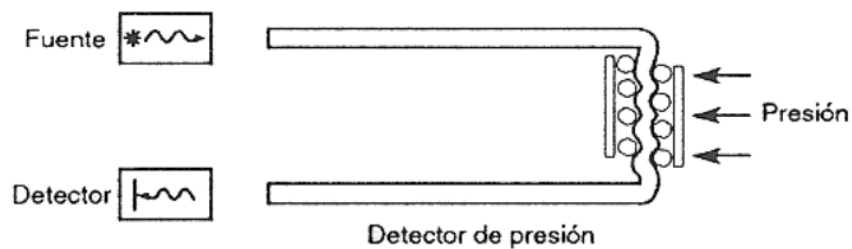


Figura 1.9.5 Funcionamiento de un sensor de presión

La fibra óptica es una tecnología atractiva para aplicaciones biomédicas, fibras de 25um pueden ser insertadas dentro de agujas hipodérmicas y catéteres, ya que las fibras son químicamente inertes estas no son tóxicas y al no usar señales de radiofrecuencia no interfiere con análisis de tipo MRI, CT, PET, SPECT.

Algunos ejemplos de estos sensores son:

- External fiber Fabry-Perot interferometer (EFPI)
- Evanescent wave

- Sagnac interferometer
- Mach-Zehnder interferometer
- Microbend
- Photoelastic
- Spectroscopic sensors
- FOS

1.10 CABLES SUBMARINOS DE INTERNET

El uso de fibra óptica permite la transmisión de una gran cantidad de datos usando un cable muy pequeño, esto hace que su uso sea casi obligado para transmitir información a través de distancias realmente muy grandes, por ejemplo en el caso de querer conectar un continente con otro, aunque esto se puede lograr mediante el uso de satélites, la tasa de información así como su disponibilidad no los hace adecuados para crear una red de internet dado la gran cantidad de información que esta exige, así podemos decir que, el internet tal como lo conocemos no sería posible sin el uso de los cables submarinos que comunican unos continentes con otros. Un ambiente tan agresivo como el fondo marino solo puede ser soportado por un cable con la estructura que se describe en la imagen 1.10.1, donde podemos ver que aunque el cable de fibra óptica es muy delgado el cable final es de un gran grosor por la serie de capas sucesivas que la protegen.

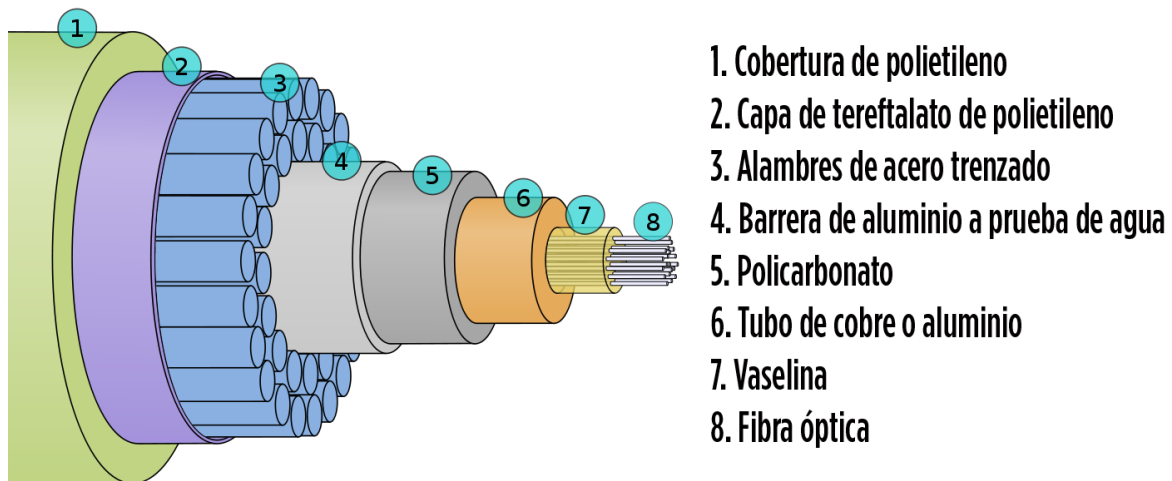


Figura 1.10.1 Componentes de un cable submarino de fibra óptica

1.11 REDES DE FIBRA OPTICA

En todo sistema que se enfoque en transmitir información, se tienen elementos que resultan indispensables, en el caso de la fibra óptica Randhu [8] menciona 3 componentes principales los cuales son:

- **Transmisor:**
Consiste en el emisor óptico y su tarea es modular la información que se quiere transmitir pasándola del formato digital a pulsos de luz, como fuente de luz puede usarse un láser o led.
- **Detector:**
La función de este componente es recibir la señal óptica y convertirla en una señal eléctrica, y además amplifica esta señal para que pueda ser procesada.

Un fotón puede ser detectado por un proceso de interacción de la materia en el que el fotón es aniquilado y su energía transformada en calor o corriente eléctrica. Para que el detector óptico tenga una ejecución óptima debe cumplir los siguientes requisitos:

- Alta sensibilidad de operación
- Alta fidelidad
- Amplitud de respuesta eléctrica
- Tiempo de respuesta corto
- Estabilidad de las características de ejecución
- Pequeño tamaño físico del detector

Los detectores se clasifican en dos tipos:

- PIN(Positivo Intrínseco Negativo)
 - APD(Fotodiodo de Avalancha)
- **Fibra óptica:**
Es el medio de transmisión de la luz, puede ser un elemento sensor o solo transmisor de la información, dentro de esta también pueden existir:
 - Empalmes
 - Conectores
 - Acopladores

Conclusión

En este capítulo hablamos sobre todo lo referente a las fibras ópticas, que son, para que sirven, como están construidas, explicamos los procesos físicos de los que se vale esta tecnología para funcionar, tratamos de explicar las ventajas y desventajas en comparación con otras tecnologías similares como los cables de cobre, continuamos con las complicaciones que pueden existir y que dificultan su utilización, siguiente a esto se trató el tema de las aplicaciones, cabe mencionar

que no hablamos de todo lo referente a este tema pues no tratamos la fabricación y construcción ya que nos interesa más hablar de su funcionamiento, en los siguientes capítulos se hablara del desarrollo del simulador donde aremos uso de la información de este capítulo pero no la extenderemos más allá de este.

CAPÍTULO 2

PLANEACION DEL SIMULADOR

2.1 INTRODUCCIÓN

El análisis matemático de los modos de propagación y de otros parámetros importantes de operación de las guías de onda y las fibras ópticas se puede encontrar al resolver las cuatro ecuaciones de Maxwell y satisfacer adecuadamente las condiciones de frontera en cada caso, las operaciones para lograr todo esto resultan muy laboriosas y a veces confusas para los estudiantes que las enfrentan por primera vez, es así que en este capítulo hablaremos sobre el desarrollo de un simulador sobre el uso de las fibras ópticas, que facilite el aprendizaje de estas, el procedimiento y los cálculos que se llevan a cabo para lograr transmitir información.

Se tratara únicamente la parte de planeación pues la implementación se verá en el capítulo siguiente, se espera que con esto el capítulo pueda servir como referencia a aquellos interesados en construir un proyecto de este tipo.

Para esta parte de la investigación utilizaremos ingeniería de software, la cual nos servirá para realizar una planeación, delimitar el tiempo y recursos requeridos, definir los requisitos así como resultados esperados, complementar el programa con la documentación necesaria y respaldarlo con pruebas que demuestren su correcto funcionamiento, todo esto para obtener un producto de calidad. Además al documentar adecuadamente el software sirve para facilitar futuros procesos tales como expansiones, adaptaciones o mejoras por parte de los usuarios finales. El capítulo proporciona una pequeña revisión de los pasos y procesos en que consiste la ingeniería de software. Comenzaremos estableciendo requisitos de todos los elementos del sistema y asignando al software algún subgrupo de estos requisitos. Estos requerimientos serán considerados posteriormente dentro de este capítulo.

El modelo de trabajo o modelo de ingeniería de software que usaremos será el desarrollo en cascada o modelo lineal secuencial [9], este se escogió ya que se planea realizar una primera versión la cual será evaluada por el asesor para después realizar las correcciones necesarias. Seguiremos iterando este proceso hasta que se alcance un resultado óptimo.

Durante la búsqueda de la información necesaria para la realización del trabajo se recopiló está a través de libros de texto, revistas técnicas, apuntes, material de cursos, conferencias y otros medios electrónicos como páginas web, artículos, tutoriales, tesis y en general medios que pueden considerarse como fuentes secundarias de información [10]. Después se analizó la información recopilada para adaptarla al objetivo planeado y construir la estructura del simulador.

Se espera que este simulador pueda utilizarse como software de apoyo para la enseñanza, la calidad del aprendizaje, y la precisión de la evaluación, logrando una mejora con respecto a las tecnologías que se utilizan actualmente ya que el uso de este software podría reducir considerablemente los tiempos de evaluación y errores en el intercambio de información.

2.2 ANTECEDENTES

Revisando la documentación encontramos una gran cantidad de investigaciones sobre fibras ópticas, algunas en formato de tutorial, se encontró además que todas se mostraban como texto acompañado con imágenes y ocasionalmente videos los cuales por lo general no se pueden descargar o conservar de manera offline, no presentan cuestionarios para reforzar lo aprendido y no son fáciles de compartir o integrar en otras aplicaciones. Además, dado que el tema puede resultar complicado de explicar resulta adecuado el uso de herramientas que ayuden a la comprensión tanto de los conceptos y los procesos que se necesitan para aplicar correctamente esta tecnología [11]. El presente trabajo de tesis pretende por tanto subsanar la mayor parte de estas desventajas y diferenciarse de otras investigaciones, pues al apoyarnos en tecnologías especializadas podemos utilizar formas más eficientes para mostrar la información (ej. graficas interactivas, cuestionarios, ambientes virtuales).

Como una parte de este proyecto consiste en el desarrollo de un simulador de redes de fibra óptica, podemos mencionar el software PacketTracer para simulación y administración de redes, en el cual nos basaremos para la realización de una interfaz con características similares a las que se muestran en la figura 2.2.1, el modelo incorpora la simulación de diversos modos de transmisión, así como distintos tipos de fibra, utilizando dos tipos de fuentes de luz.

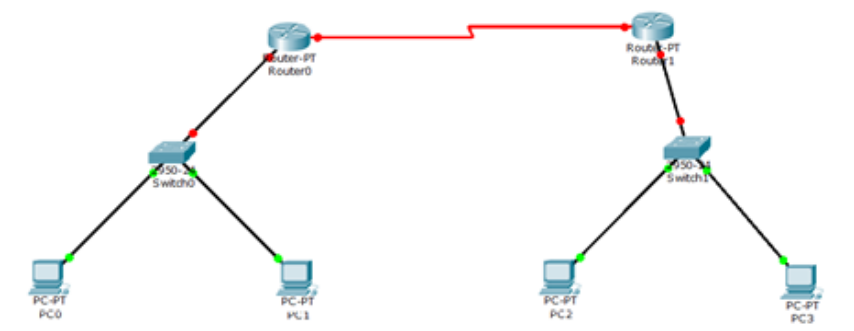


Figura 2.2.1: Interfaz del Software PacketTracer

definen una serie de preguntas que mencionamos y responderemos a continuación.

- ¿Quién usara el sistema?: Alumnos que desean aprender el uso de fibra óptica, maestros que desean mostrar el uso de fibras ópticas y realizar evaluaciones.
- ¿Quién desarrollara el sistema?: Obviamente el desarrollador del sistema es el tesista pues el sistema es parte del trabajo de tesis.
- ¿Quién probará el sistema?: Para comprobar que el sistema cumple con sus objetivos, el tutor evaluará la solución presentada para decidir si resulta adecuada, y en última instancia los estudiantes serán los que evalúen la efectividad del software.
- ¿Quién documentará el sistema?: En proyectos grandes, la persona que planea, implementa y documenta el sistema pueden ser distintas, pero en este caso al tratarse de un trabajo de tesis será realizado por la misma persona.
- ¿Quién dará soporte al sistema?: Dado que el proyecto tiene contemplado su término al finalizar la tesis, este proyecto no considera a una persona que de soporte.
- ¿Quién dará mantenimiento al sistema?: Nuevamente no se tiene contemplado quien dará mantenimiento al sistema dado que tampoco se tiene contemplado si se dará un uso extendido a este sistema, sin embargo cabe decir que se hizo uso de ingeniería de software durante el desarrollo de este y se siguieron estándares que harán más fácil su soporte
- ¿Quién venderá/distribuirá el sistema?: Ya que se trata de un software con carácter educativo se tiene contemplado que esté disponible gratuitamente y se considera el uso de una licencia para tratarlo como software libre.
- ¿Quién se beneficiará por el retorno de inversión del sistema?: Aunque no se espera lograr beneficios económicos el tesista espera lograr el grado académico mediante la presentación de este trabajo.

Por último se hace la aclaración de que se espera lograr un producto funcional al término de este trabajo sin embargo, no se está creando una aplicación lista y completamente válida para un ambiente demasiado exigente en cuanto a sus especificaciones, pues no contamos con auditorías que certifiquen el uso de este software es decir el software resultante así como su documentación no debe usarse en sistemas críticos para la vida o para la seguridad ya que se trata solamente de un software con fines educativos.

El problema que queremos resolver es que cuando el usuario quiere aprender sobre el tema de fibras ópticas los conceptos suelen ser demasiado complejos y la información debe ser recolectada desde distintas fuentes lo que dificulta su obtención, Además es bien sabido que se logra una mayor comprensión de los conceptos si los estudiantes llevan a la práctica los conocimientos adquiridos. Es

así que el estudiante debe de tener acceso a un ambiente virtual donde se muestren las aplicaciones de fibra óptica y que además pueda interactuar con ella pudiendo ver diferentes casos simplemente variando algunos de los parámetros que modifican el comportamiento de la simulación. Además un estudiante interesado puede satisfacer su curiosidad si se le da la opción de decidir cuál va a ser el comportamiento del sistema y si este ambiente virtual cumple con las leyes físicas implicadas se podría incluso encontrar nueva información.

2.4 RESTRICCIONES

En todo desarrollo de software es necesario definir los límites y alcances de este, es decir lo que puede y lo que no puede hacer y en un software de tipo educativo la información tiene que ser muy exacta ya que si no daría una idea errónea a los usuarios. Se hace gran énfasis en las consideraciones de diseño para una mejor selección de componentes como conectores, divisores, acopladores y cables de fibra óptica, limitaremos el alcance del proyecto a estos componentes y omitiremos otros que resultan más complicados de integrar, como el concepto de atenuación.

Otro tipo de restricciones son las validaciones acerca de cómo se debe comportar el sistema, y lo que tienen permitido hacer, en este caso entrarían las siguientes situaciones:

- Un usuario que no sea administrador no puede editar, agregar o eliminar las secciones del tutorial.
- Un usuario no puede realizar la evaluación más de una vez.

2.5 MODELO FUNCIONAL

El modelo funcional [9], consiste en definir la forma en que se manipulara el contenido, ya sea su creación o utilización, además define la interacción que podrá tener el usuario o dicho de otra manera las funciones observables por este, este modelo se aborda en la sección 2.6.

Como requisitos funcionales mencionamos que la aplicación debe correr tanto en un entorno offline como online. Esto para que no sea necesario el acceso a internet para usar la aplicación, por el caso contrario se pueda usar en cualquier momento contando simplemente con acceso a internet, es decir se debe poder usar en un ambiente online sin instalar nada, u offline instalando previamente la aplicación.

2.6 MODELO DE INTERACCION

Este consiste en las funciones que tendrá disponible el usuario y se compone de uno o más de los elementos siguientes:

- Prototipos de la interfaz de usuario
- Casos de uso
- Diagrama de casos de uso
- Diagramas de secuencia

1) PROTOTIPOS DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Para que el desarrollo de un proyecto de software concluya con éxito, es de suma importancia que antes de empezar a codificar los programas que constituirán la aplicación de software se tenga una completa y plena comprensión de los requisitos, algunos autores argumentan que, los usuarios no siempre tienen definida la solución que necesitan y es ahí cuando se hace uso de prototipos, que, aunque tengan funcionalidades mínimas, proporcionan un acercamiento a producto esperado y por ende una ayuda para entender el producto final deseado. Tal es el caso del desarrollo de la interfaz de usuario como ya se mencionó al hablar del **modelo funcional**, aquí recurrimos a una herramienta de creación de prototipos que, mediante el uso de componentes genéricos facilita la creación de una interfaz de usuario, como se muestra en las figuras siguientes donde podemos ver el diseño del tutorial.

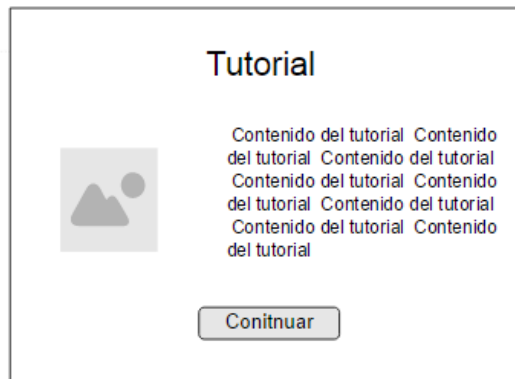


Figura 2.6.1.1 Presentación básica del tutorial, texto e imágenes, aquí no se ve el menú principal

Cuestionario
Cuestionario de opcion multiple

Check me out Pizza

Check me out Pizza

Check me out

Figura 2.6.1.2 Presentación del cuestionario, donde se ve una pregunta con opción múltiple

Además de elegir la mecánica de navegación, también deben establecerse las convenciones y ayudas apropiadas para navegar. Por ejemplo los iconos y vínculos gráficos deben invitar a hacer clic en ellos cambiando el color del icono o del fondo del botón, además de que debe diseñarse retroalimentación auditiva o visual con objeto de dar al usuario la indicación de que ha escogido cierta opción de navegación. Estas son unas cuantas convenciones entre las decenas que hay para el diseño y que hacen que la navegación sea amigable para el usuario, esto se tomó en cuenta cuando se diseñó el prototipo que vemos a continuación donde se muestra la representación del simulador.

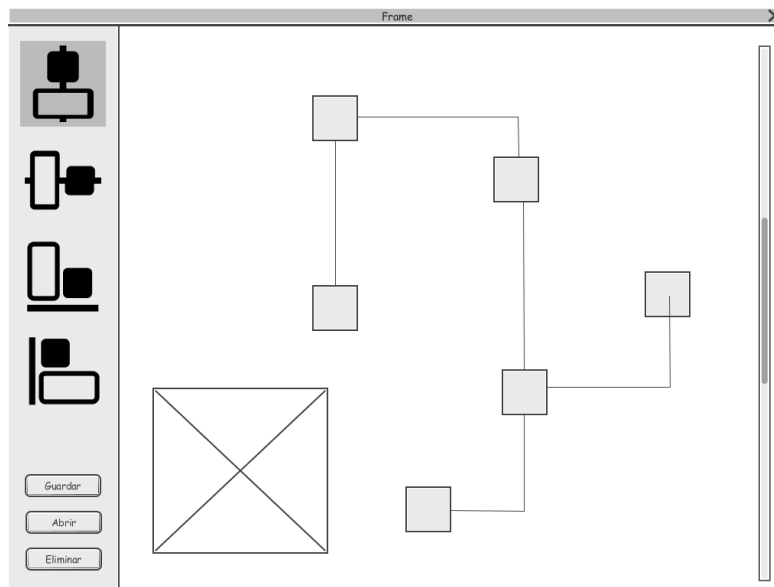


Figura 2.6.1.3 Representación de la interfaz del simulador, vemos varios elementos así como sus conexiones

2) CASOS DE USO

Aunque la interfaz de usuario sugiere como será harán uso del sistema los usuarios no resulta conveniente para tratar temas más específicos, por esta razón el siguiente paso en un desarrollo de software consiste en plantear los casos de uso que tendrán los usuarios del sistema, aquí se describen de una forma más literal las distintas opciones que se quiere tenga la aplicación, esto se muestra a continuación:

1. Un estudiante puede revisar la investigación de fibras ópticas mediante una interfaz que divida el contenido en secciones y que muestre texto, imágenes y video.
2. El maestro puede editar el tutorial agregando, editando y quitando secciones así como su contenido.
3. El estudiante puede ver un ejemplo práctico de las aplicaciones de fibra electrónica mediante el uso de una interfaz que muestre un simulador, donde se muestren componentes, sus conexiones entre ellos y la forma en la que comparten información.
4. El estudiante puede repasar el conocimiento adquirido mediante un cuestionario que muestre distintos tipos de preguntas y que muestre el resultado de la evaluación al término de esta.
5. El maestro puede ver las evaluaciones que han realizado los estudiantes así como sus resultados.
6. El maestro puede agregar, editar y eliminar las preguntas que se mostraran.

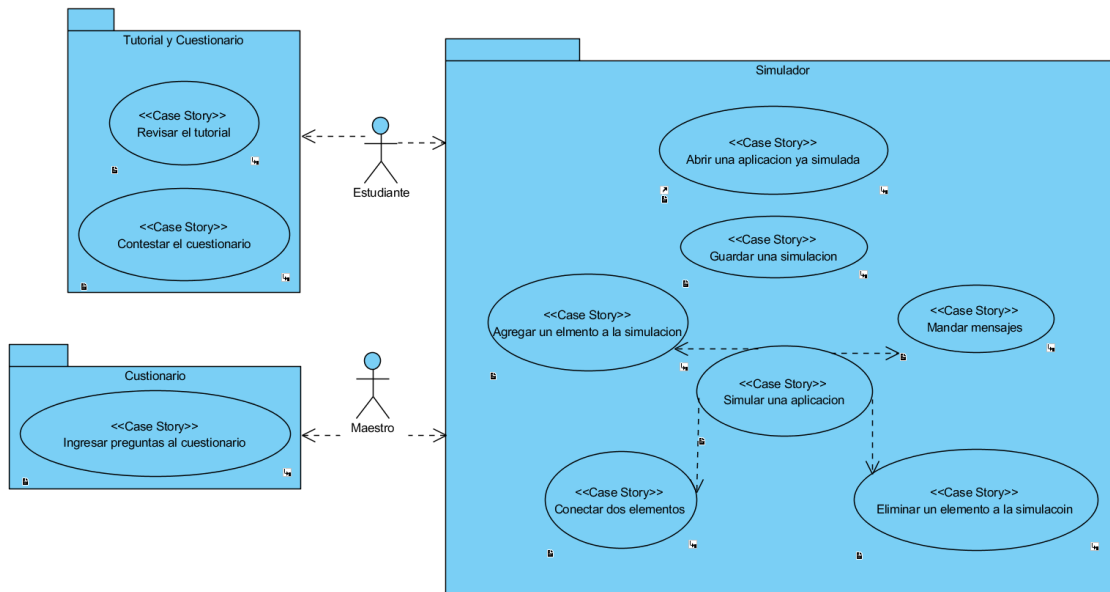
3) DIAGRAMAS DE CASO DE USO

Un diagrama de casos de uso es la representación gráfica de los actores, los casos de uso y sus relaciones dentro del sistema. Para el diseño de los casos de uso se realizó un diagrama utilizando el formato UML y alguno de los distintos programas que hacen uso de este formato, el resultado lo podemos ver en la figura 2.6.3.1.

En los casos de uso encontramos a los usuarios o actores del sistema. Los actores no son parte del sistema, ellos representan a una persona o cosa (otro sistema) que debe interactuar con el sistema. Podemos dividir a los actores en dos grupos dependiendo del uso que le darán a esta aplicación:

- Alumnos o personas interesadas en el estudio de esta tecnología y que quieran usar la aplicación como apoyo para una mejor comprensión del tema así como realizar pruebas en un ambiente virtual.
- Maestros que quieren mostrar el uso de las fibras ópticas valiéndose de la aplicación como apoyo.

Los únicos actores en estos casos de uso son solo personas interesadas en el aprendizaje de fibras ópticas. No se han considerado a los usuarios de fibra óptica como actores del sistema, aunque en la vida real sean las personas harán uso de esta, pues su papel no es relevante en la aplicación, en la Figura 2.5.3.1 podemos ver las acciones que puede seguir cada usuario, aquí vemos como las opciones son distintas si se trata de un alumno o un maestro.



Figuran 2.6.3.1 Casos de uso de la aplicación para dos tipos de usuarios

4) DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Para representar la forma en la que un usuario interactúa con el sistema ya utilizamos los diagramas de flujo, sin embargo en algunos casos es más conveniente utilizar un diagrama de secuencia ya que la interacción con el usuario puede ser más complicada, y en este diagrama vemos el flujo que debe seguirse para poder realizar una acción específica, es por eso que modelamos los siguientes diagramas.

Ya que esperamos que el simulador sirva para compartir información, se decidió que las simulaciones puedan exportarse para tener la capacidad de que varios usuarios puedan ver una misma simulación.

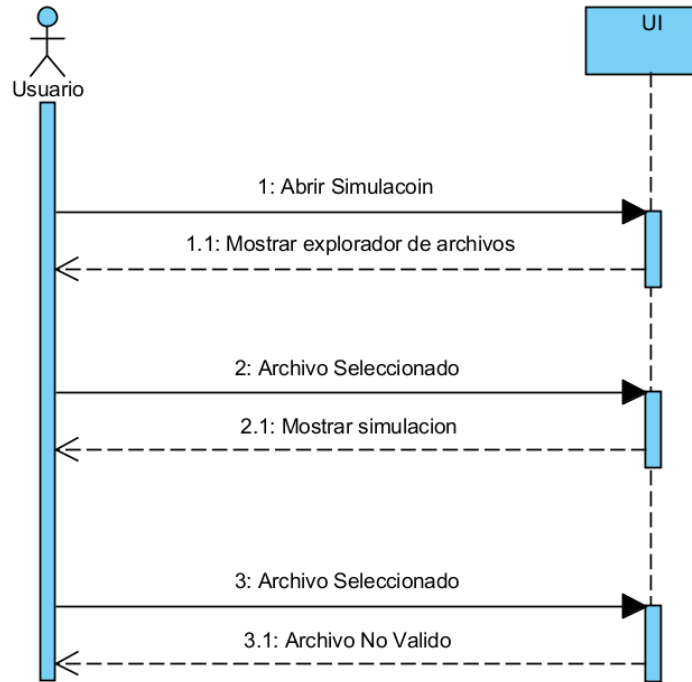


Figura 2.6.4.1 Abrir una aplicación ya simulada y guardada en un archivo externo

Al iniciar una nueva simulación se mostraran algunos componentes por default, si el usuario desea agregar mas componentes estos se pueden tomar de un menú lateral y arrastrarlos dentro de la aplicación.

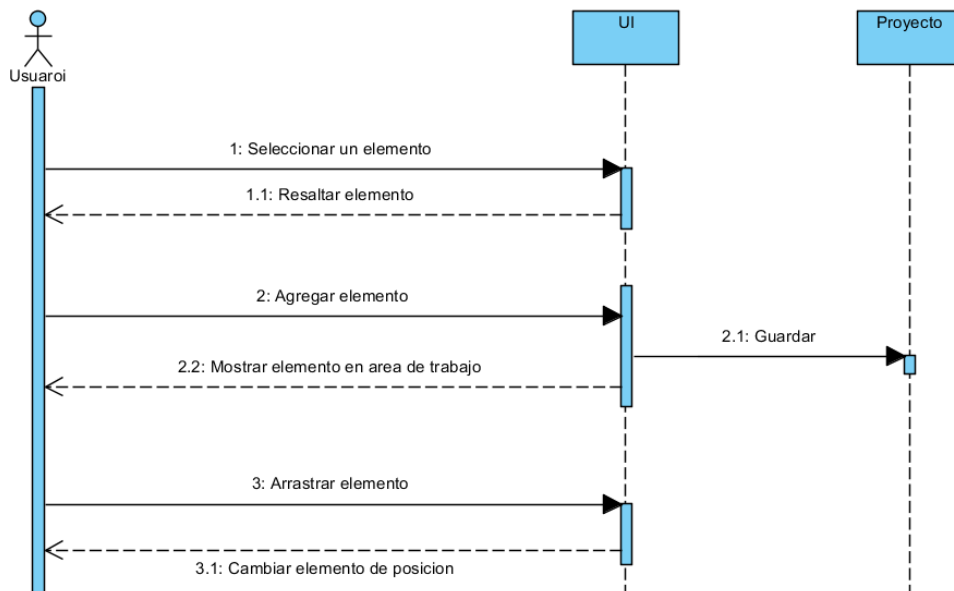


Figura 2.6.4.2 Agregar un elemento a la simulación por ejemplo un repetidor

El modulo tutorial cuenta con las siguientes acciones posibles, las cuales serán disparadas por el usuario y que corresponden con un elemento de la interfaz:

- Seleccionar la opción “tutorial”

Seleccionar una sección del tutorial

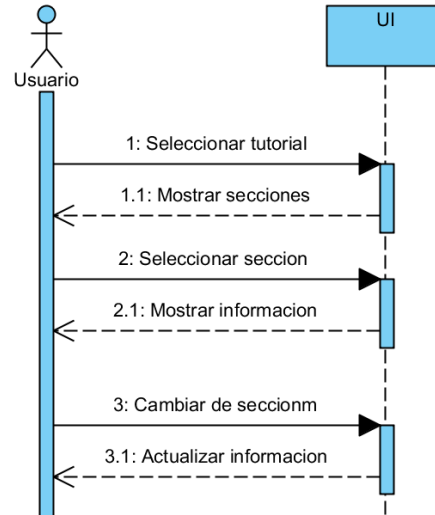


Figura 2.6.4.3 Revisar los capítulos del tutorial

- Editar una sección del tutorial
- Eliminar una sección del tutorial

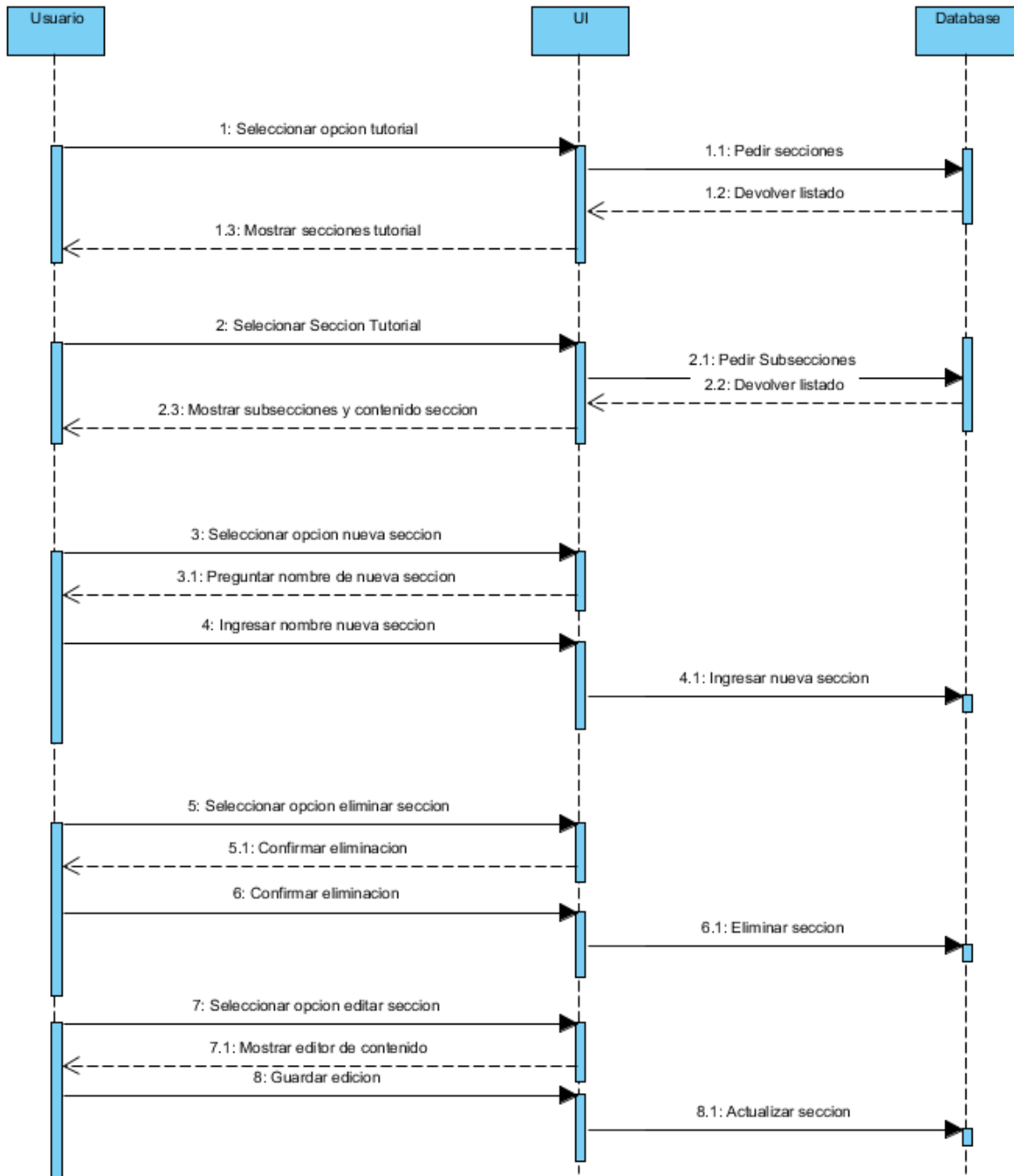


Figura 2.6.4.5 Modificar las secciones para agregar contenido al tutorial

Una vez que el usuario a agregado nuevos elemento o si está usando los que se muestran por default estos se pueden conectar entre ellos, el flujo de esta acción se ve en la siguiente imagen.

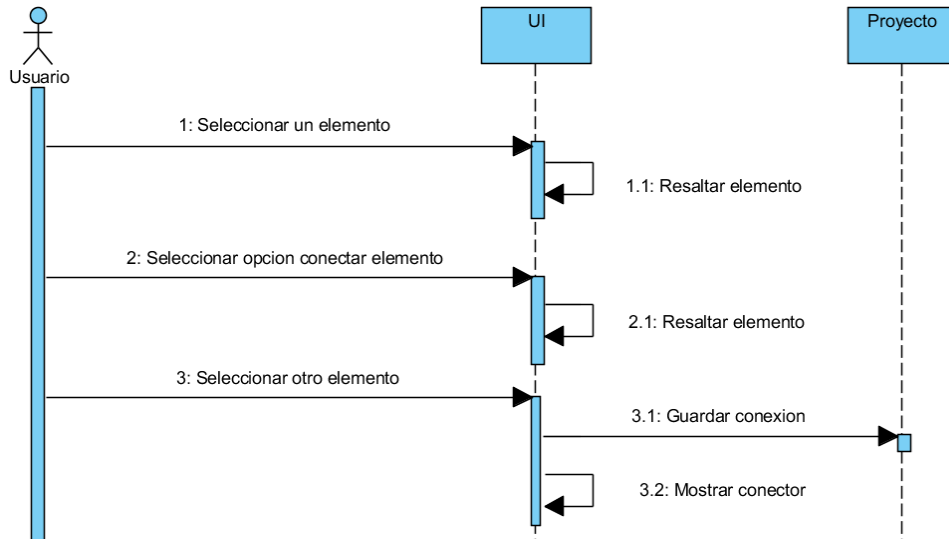


Figura 2.6.4.6 Conectar dos elementos como una fuente y un receptor

Una vez terminado el tutorial y revisado el simulador, se pasara al cuestionario donde el usuario pasara pregunta por pregunta y al final obtendrá sus resultados.

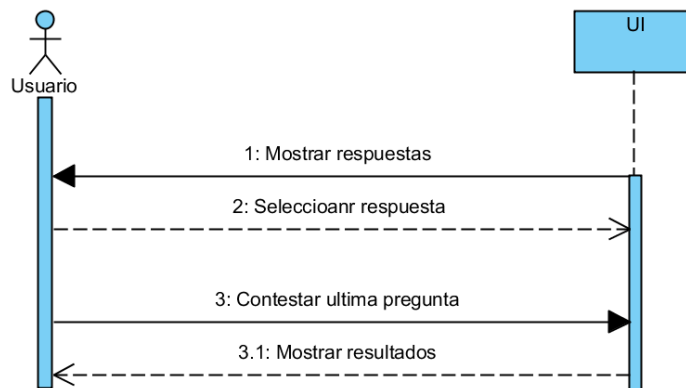


Figura 2.6.4.7 Contestar el cuestionario pregunta por pregunta

Si en algún momento de la simulación ya no se necesita un elemento este puede eliminarse, para lograr esto se debe seleccionar y dar en la opción de eliminar.

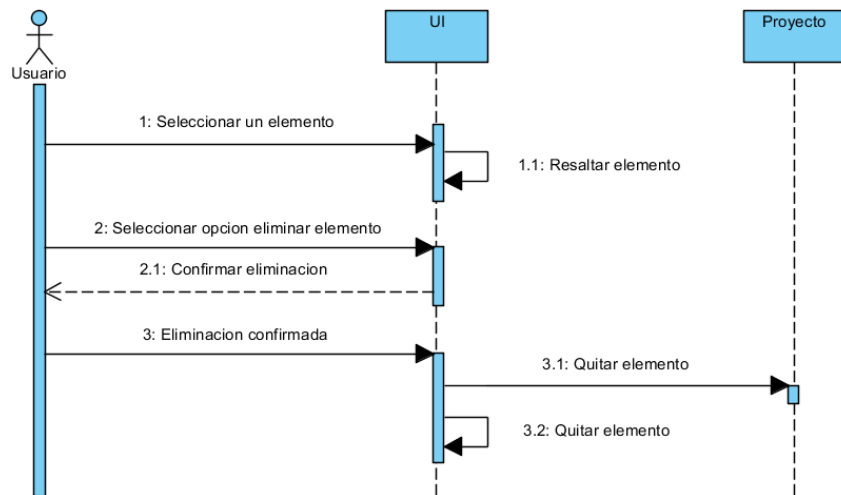


Figura 2.6.4.8 Eliminar elemento de la simulación, primero debe seleccionarse.

Cuando el usuario termine de realizar una simulación esta se puede guardar para futura referencia, en este caso se guardara en un archivo independiente que pueda ser compartido.

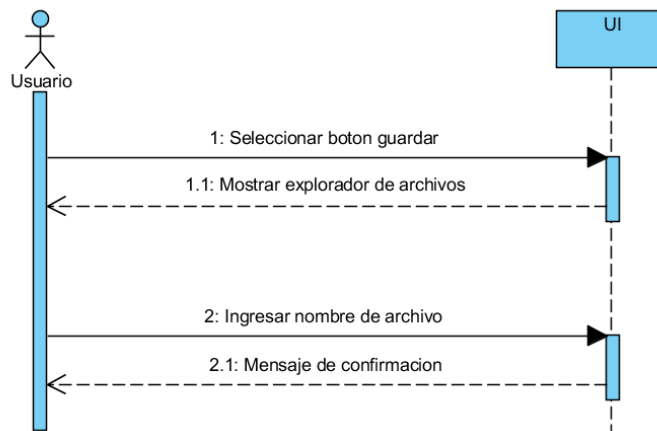


Figura 2.6.4.9 Guardar una simulación en un archivo externo

Ya que el usuario tiene la opción de agregar más información al tutorial, resulta necesario poder agregar nuevas preguntas al tutorial que traten esta nueva información, el cómo se hará se puede ver en la siguiente imagen.

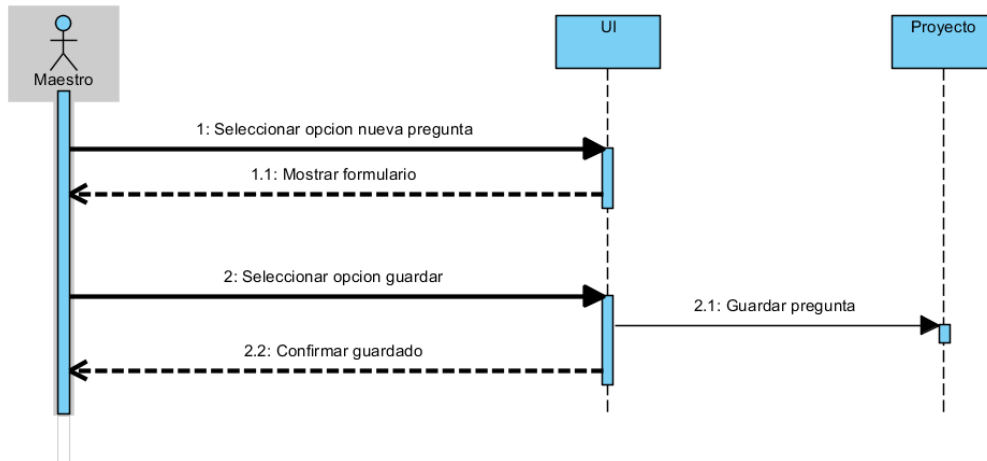


Figura 2.6.4.10 Formulario para ingresar preguntas al cuestionario

Finalmente para mostrar el correcto funcionamiento de la simulación, es decir si se cumplen todas las variables necesarias, se podrá mandar un mensaje de un componente (emisor) a otro (receptor), pudiendo pasar primero por un repetidor, aquí se podrá ver la efectividad de una conexión, es decir cuanta información puede transmitir o si se puede lograr la transición en primer lugar.

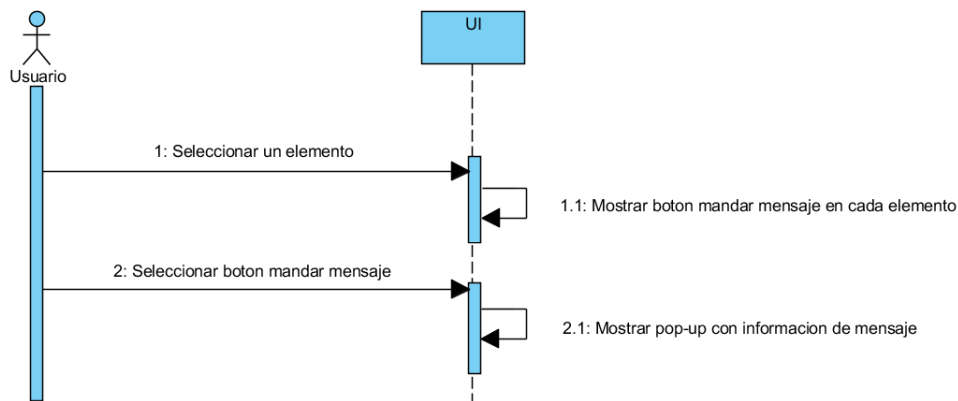


Figura 2.6.4.11 Mandar mensajes entre elementos para verificar que la conexión sea correcta.

5) DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

En base a los casos de uso, es más adecuado volver a redactarlos esta vez como requerimientos bien estructurados.

- 1 Mostrar una interfaz donde se puedan simular aplicaciones de la fibra óptica, se deben mostrar los actuadores y las conexiones entre estos

- a. Mostrar una opción para guardar el estado actual de la simulación y de esta forma recuperarlo más adelante. Se debe guardar en un archivo para que este se pueda compartir.
 - b. El sistema debe de poder abrir archivos de simulación guardados previamente. Una vez abierta una simulación debe ser posible modificar algunas características y volverlo a guardar.
 - c. Al seleccionar un elemento debe mostrarse un botón para eliminar ese elemento, al eliminarlo también se deben eliminar sus conexiones.
 - d. Al seleccionar un elemento, se debe de mostrar la opción de seleccionar otro elemento para que estos dos se conecten.
 - e. Al seleccionar un elemento o actuador se debe mostrar la descripción de este, la cual será llamada desde el modulo del tutorial (Acoplamiento de datos).
 - f. Se debe contar con un panel donde se muestren los distintos elementos que se pueden usar en la simulación, desde ese panel se deben poder arrastrar los elementos a el área de trabajo.
 - g. Dar la opción de transmitir información entre dos elementos que estén conectados para poder ver si la transmisión es eficiente.
7. El usuario podrá ver la información del tutorial así como las opciones para seleccionar el tema que se quiere estudiar.
- a. Mostrar la información en forma de texto e imágenes
 - b. Entrar a una sección del tutorial
 - c. Editar a una sección del tutorial
8. El usuario podrá realizar un cuestionario para evaluar el conocimiento adquirido
- a. Mostrar un cuestionario con preguntas aleatorias
 - b. Poder ingresar nuevas preguntas así como las respuestas esperadas
 - c. Mostrar la opción para ingresar nuevas preguntas así como sus respuestas (si es de opción múltiple), para que estas se muestren en el cuestionario.
 - d. Las preguntas se muestran una tras otra y el usuario puede seleccionar la respuesta entre varias (si es de opción múltiple) o ingresar una respuesta libre.
 - e. Al término de la sección de cuestionarios mostrar los resultados en forma de reporte
 - f. La sección de preguntas debe mostrar el simulador para hacer preguntas en base a esto.
9. El usuario podrá editar el contenido del tutorial
- a. Agregar una nueva sección
 - b. Agregar contenido a una sección
 - c. Eliminar una sección

6) MODELO DE CONTENIDO

En general la actividad del diseño se refiere al establecimiento de las estructuras de datos, la arquitectura general del software, representaciones de la interfaz y algoritmos. Para esto tomaremos los conceptos subrayados en la descripción de los requerimientos ya que estos representan clases y objetos de contenido que serán almacenados como entidades independientes y que serán visibles para el usuario, ya que se crean, o manipulan cuando este interactúa con la aplicación. Así podemos crear el modelo de contenido [9] donde se muestra de forma gráfica la estructura e interfaces de estas entidades así como las relaciones entre ellas y su jerarquía. Así pues las entidades son:

1. Tutorial, en esta parte dividiremos el contenido en secciones y cada sección tendrá un contenido.
 1. Sección
 1. Nombre
 2. Sección Padre
 3. Contenido
 2. Para el modulo del simulador tenemos estas estructuras, se resalta el hecho de que el simulador podrá mostrar información del tutorial
 1. Actuador
 1. Nombre
 2. imagen
 3. Descripción
 2. Conexión
 1. Fuente
 2. Receptor
 3. Tipo de fibra
 4. Longitud de fibra
 5. Grosor de fibra
 6. Frecuencia de transmisión
 7. Índice de refracción de núcleo y revestimiento
 3. Mensaje
 1. Origen
 2. Destino
 3. Contenido
3. Finalmente en el módulo del cuestionario observamos las siguientes estructuras, cabe mencionar que algunas preguntas pueden hacer uso del simulador
 1. Pregunta
 1. Titulo
 2. Descripción
 3. Respuestas
 4. Simulación relacionada
 2. Respuesta

1. Pregunta
 2. Respuesta
 3. Resultado
3. Evaluación
 1. Usuario
 2. Resultado

2.7 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

La plataforma desarrollada no requiere hardware específico, solo de software dado que no se realizarán demostraciones físicas reales.

El sistema estará construido utilizando html5, css, javascript para que pueda ser accedido desde cualquier navegador facilitando su distribución al no estar limitado a una plataforma. Una de las ventajas de usar lenguajes como estos es que podemos separar cada parte de la aplicación, es decir, por una parte tenemos la estructura(HTML), después tenemos la lógica de la aplicación(JavaScript) y por últimos de ser necesario modificaremos el diseño para tener uno más adecuado(CSS).

De acuerdo con Pressman [9], el análisis es un proceso de descubrimiento, refinamiento, modelado y especificación, donde se crean modelos de los requisitos de datos, se define el flujo de la información, y control, y del comportamiento operativo, para entender mejor esto en la sección 3.2 se definió la arquitectura de esta aplicación, donde podemos ver como guardamos y presentamos la información.

2.8 MENU PRINCIPAL

A través del menú principal es que se ingresara a todas las opciones de la aplicación y se podrán realizar determinadas tareas, una opción puede tener más opciones a su vez o visto de otra manera las opciones padre pueden tener opciones hijas como en un diagrama de árbol, estas pueden aparecer como menús desplegables o como botones dentro de la interfaz, para entender mejor como será el flujo del usuario dentro de la aplicación, se definió el diagrama que se ve en la Figura 2.8.1 donde se pueden ver todas las opciones que tendrá la aplicación y como llegaremos a cada una de ellas o cuales son los pasos necesarios para lograr una determinada acción, se puede decir que las opciones presentadas se escogieron tomando en cuenta los requerimientos definidos en la sección 2.6.5.

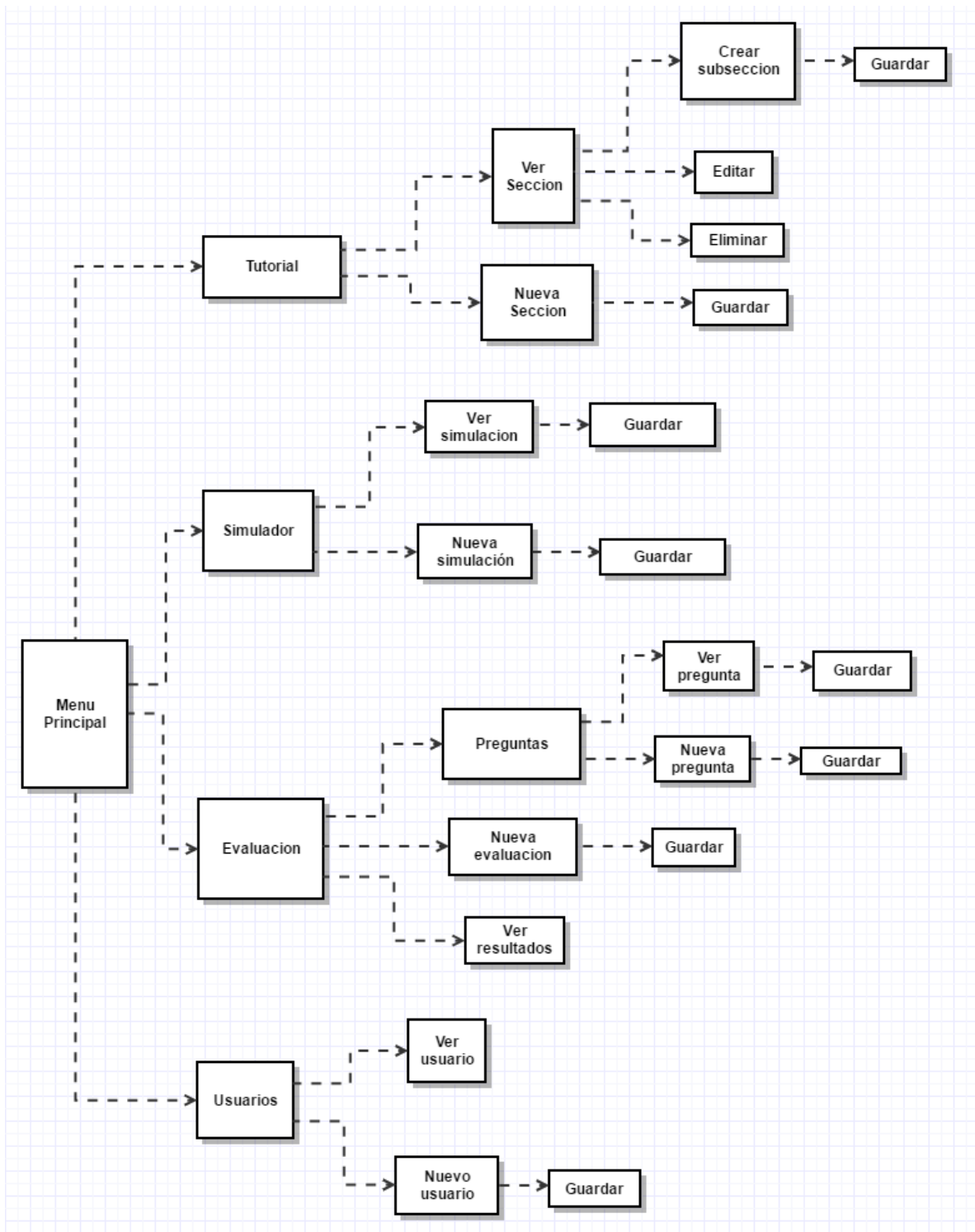


Figura 2.8.1 Diagrama de flujo por las opciones de la aplicación

CAPÍTULO 3

Implementación

Aquí, se describe la metodología que se siguió para realizar el presente trabajo, además se incluye una revisión de conceptos de ingeniería de software diseño de interfaces, diagramas de flujo etc. Se detalló cómo se desarrolló e implemento cada uno de los componentes que al integrarse forman la aplicación que se quiere lograr. Se hablara de como controlamos la interacción del usuario es decir como las acciones del usuario modifican la información y con esto la interfaz. Se tratara también el uso de la librería escogida para hacer diagramas, ya que es desarrollada por personas externas cuenta con restricciones en lo que puede y no puede hacer. Se presenta la interfaz de usuario que se propone y como controlamos esta mediante el uso de la herramienta AngularJS y se discute por qué ayuda considerablemente en modificar la presentación de la aplicación.

En la sección 2.66) se presenta el modelado de las entidades que encontraremos durante el desarrollo de la aplicación, en ese diagrama se muestran las relaciones entre esas entidades, cabe decir que el motor de base de datos que usamos no cuenta con relaciones directas, como si sucede con otras opciones. El bloque de construcción básico para cada entidad o documento es el formato JSON. Este tema se tratara mejor en la sección 3.3.

3.1 INVESTIGACIÓN

Esta es la etapa donde se realizó una investigación de todas las bases teórico-conceptuales del tema a presentar ya que se trata de la fuente de los datos a ser presentados en el simulador. Se realizó la búsqueda de información desde distintas fuentes para poder encontrar los temas más importantes relacionados con las aplicaciones de la fibra óptica. La revisión no se limita únicamente a medios bibliográficos sino también se hizo uso de información encontrada en internet y otros medios electrónicos como artículos, páginas de divulgación científica, páginas de empresas relacionadas con la fibra óptica, como menciona Sampieri [10] estos medios sirven como fuentes secundarias de información. Otra parte complementaria para el desarrollo de este trabajo consiste en la revisión de artículos existentes sobre proyectos similares, donde encontramos estrategias para lograr que un software de tipo educativo sea mejor aprovechado por parte de los usuarios, estos fueron un punto de partida y una referencia a tomar en cuenta.

3.2 DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN

El diseño de la arquitectura del software se refiere a la estructura global del software y las maneras en que esa estructura proporciona integridad conceptual a un sistema, en su forma más simple la arquitectura es la estructura jerárquica de los módulos del programa, la interfaz mediante la cual interactúan estos componentes y la representación de los datos usados por estos módulos [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**]. Un programa grande de un solo modulo no puede ser entendido fácilmente por un lector, complicando su mantenimiento o corrección de errores, el número de caminos de control, número de variables, y la complejidad global harían su comprensión casi imposible, es por eso se trató de crear los componentes por separado, para que cada uno cumpla una función específica y después podamos reutilizarlos.

Pressman sugiere analizar alternativas de estilos o patrones arquitectónicos para llegar a la estructura más adecuada para los requerimientos del usuario. Dadas las características de la aplicación y las herramientas que utilizaremos para su desarrollo definimos la estructura que puede verse en la imagen 3.2.1, como ya se abordó antes, se hará uso del framework de desarrollo electron.io ya que presenta ventajas que resultan muy útiles para el desarrollo de este tipo de proyectos, dado que permite el uso de tecnologías web (HTML5, JavaScript, CSS) en un ambiente de escritorio, es decir que no requiere el uso de un servidor que aloje la aplicación. Al ser de código abierto el framework electron.io permite que cualquier persona pueda modificarlo o extenderlo, este es el caso de electron-quick-start, un proyecto que nace de la necesidad de un desarrollo rápido, al contar con una configuración predefinida facilita el inicio del desarrollo de un producto de este tipo.

Ya se dijo que el proyecto hará uso de una herramienta que permite ejecutar aplicaciones web en un ambiente de escritorio, esta será la parte central y contenedora de la aplicación, la única conexión externa que se tiene es la conexión con la base de datos, para entender mejor esto podemos organizar la aplicación en diferentes capas y sus relaciones entre ellas, en la Figura 3.2.1 mostramos estas relaciones. En términos generales puede decirse que la interfaz de este proyecto está hecha de páginas web que pueden accederse sin la necesidad de un servidor.

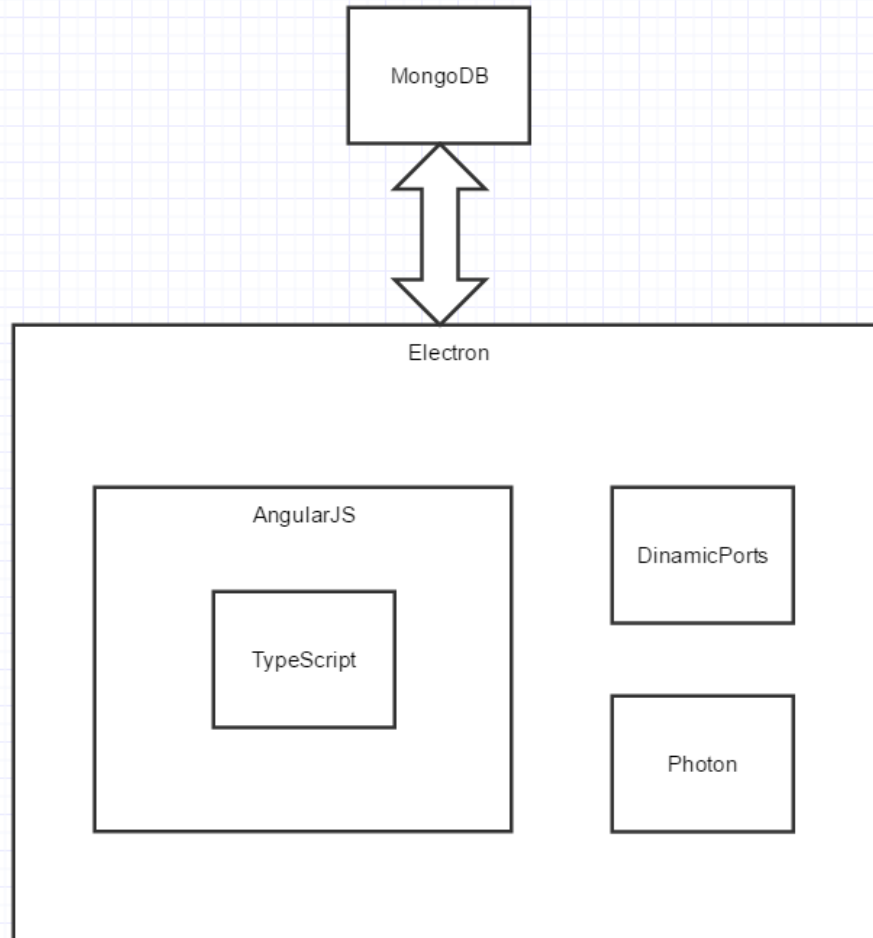


Figura 3.2.1 Arquitectura de la aplicación

Se resalta el uso de AngularJS para el desarrollo de una arquitectura mvc, el por qué se decidió recurrir a esta herramienta se trató en el capítulo anterior donde hablamos de la planeación del proyecto, del concepto de modularidad y él porque es algo sumamente importante, la modularidad nos ayuda a mantener mejor organizado el proyecto al tener una estructura más estándar con lo que facilita el mantenimiento al sistema pues los componentes de este pueden tratarse por separado, además de que son reutilizados. En este proyecto se hace uso del patrón de diseño modelo-vista-controlador, podemos definir este como separar el almacenamiento de la información(modelo) con la presentación(vista) y manipulación de esta(controlador), en el caso del framework de desarrollo escogido la siguiente figura muestra un poco más visualmente como se relacionan estas partes:

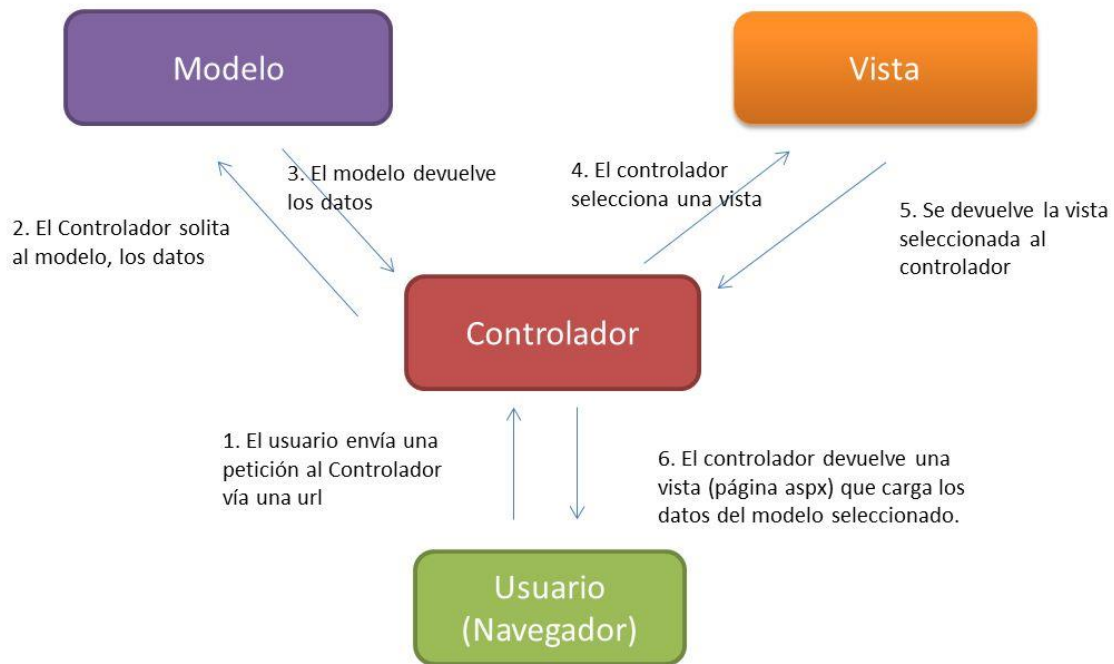


Figura 3.2.2 Relación vista controlador usada en el framework AngularJS

Una parte de la implementación consiste en la generación o escritura del código, este paso se justifica pues es necesario traducir el diseño realizado durante la fase de planeación en una forma legible por la máquina, en nuestro caso escribiremos código JavaScript, Html, Css, todos estos serán interpretados por el motor de renderizado del navegador, en el caso del navegador Chrome es el V8.

La presentación de la información se logra mediante el uso de plantillas esta herramienta nos permite asociar una variable javascript con un contenido html, para entender mejor este concepto debemos definir el concepto de vista y controlador.

El controlador de la aplicación es donde definimos toda la lógica de la aplicación, se hace resaltar que aquí no definimos de ninguna forma HTML, simplemente se trata de código JavaScript y variables que tendrán su correspondencia en el html (de esto se encarga el framework AngularJS), en el siguiente ejemplo definimos una variable llamada firstname

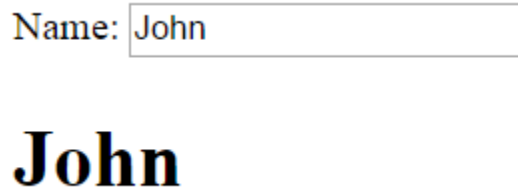
```

var app = angular.module('myApp', []);
app.controller('myCtrl', function($scope) {
  $scope.firstname = "John";
  $scope.lastname = "Doe";
});
  
```

Esta misma variable la utilizamos en la estructura o html de la aplicación, en la etiqueta input nos permitirá recibir un valor por parte del usuario y en la etiqueta h1 este se presentara, si la variable cambia mediante el input (si el usuarios ingresa texto) o si esta cambia en el controlador (JavaScript) esto actualizara automáticamente esta variable en las otras partes donde se esté usando:

```
<div ng-app="myApp" ng-controller="myCtrl">  
  Name: <input ng-model="firstname">  
  <h1>{{firstname}}</h1>  
</div>
```

Al renderizar la página web este muestra el texto que escribimos y en el caso del input este tiene el valor por defecto que se ingresó en el controlador, al cambiar el valor en la caja de texto este se actualiza automáticamente en el html (data binding), aunque no se puede ver en acción, se da una muestra en la Figura 3.3.3.



Name:

John

Figura 3.2.3 Un cuadro de texto y una etiqueta html se actualizan mutuamente

3.3 BASE DE DATOS

Durante el desarrollo se consideraron varias opciones para un motor de base de datos estos fueron: PostgreSQL (que es más amigable con los desarrolladores), MySQL (la opción más popular en aplicaciones web), MongoDB (proporciona mayor flexibilidad y no limita a una estructura fija). Se revisó la documentación de cada una de herramientas y por las características del proyecto donde no usaremos grandes colecciones de información sino más bien información que cuente con una jerarquía tipo árbol(tutorial) o tipo grafo(simulador), la elegida fue MongoDB, la siguiente es una lista de las características que proporciona esta tecnología, aunque no usaremos todas sus opciones:

- Está orientada a documentos, lo que permite compartir uno de estos muy fácilmente.
- Usa el esquema JSON para almacenamiento, algo muy familiar para los usuarios de JavaScript.

- La estructura de un documento puede ser diferente a la de otro documento en la misma tabla.
- Es software libre.
- Es muy rápida.

Ya se habló del motor de base de datos MongoDB, este consiste en el uso de documentos, los cuales no siguen una estructura fija y al que sin embargo podemos realizar operaciones como seleccionar, buscar, actualizar e insertar registros mediante el uso de un lenguaje parecido al SQL. La base se organiza en colecciones y cada una de estas colecciones aloja los documentos, estos cuentan con un nombre y con un identificador especial que se genera automáticamente, además de este identificador la información se organiza mediante campos que constan de una clave y un valor, estos nodos al poder crearse recursivamente pueden describir objetos muy diversos o subpropiedades de estos o en su defecto una serie de objetos [15].

Para la mayoría de proyectos la estructura de datos juega un papel determinante, y para entender mejor esta parte se requiere un esquema de base de datos que representaremos mediante un diagrama de entidad-relación, aunque cabe decir que las relaciones entre entidades serán solo lógicas pues el motor de base de datos (NoSQL), no permite relaciones directas entre entidades, en todo caso solo permite almacenar una entidad dentro de otra, esto es diferente de los motores relacionales, por ejemplo MySQL, donde si existe una relación entre distintas colecciones lo que permite agregar validaciones o evita cometer errores al crear una relación con una entidad inexistente.

A continuación mencionamos algunos conceptos extras sobre el almacenamiento de la información.

1) ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE LA INFORMACIÓN

En la sección anterior se habló de la base de datos, de nuevo mencionaremos que esta se utiliza para tener un almacén persistente de la información del simulador, sin embargo, uno de los requisitos que se recolectaron en la etapa de planeación menciona que los usuarios deberían poder acceder a esta información aun cuando no tengan conexión a internet, cosa imposible con el modelo actual de la base pues esta se encuentra en un servidor que solo sería posible acceder mediante una conexión a internet, para solventar este problema planteamos la utilización de una memoria temporal o cache que permite guardar la información relacionada al simulador, y que esta quede almacenada en la computadora del usuario, de esta forma, al ingresar a la aplicación esta tomaría la información de esta memoria temporal y podría mostrársela al usuario sin necesidad de consultar la base de datos y una vez que se detecte una conexión a internet esta información se actualizaría automáticamente para tener la última versión. La herramienta que nos permite hacer esto es **localStorage**, una forma de guardar información en un navegador (el ambiente en el que está construida la aplicación) y poder acceder a

ella aun después de perder la conexión con el servidor. Esta es la forma en la que guardaremos la información, la forma en la que se actualizara automáticamente se tratara más adelante.

2) DOCUMENTOS JSON

Se mencionó anteriormente que el motor de base de datos MongoDB guarda sus colecciones como documentos JSON, esta es una forma de transmitir información y organizarla, parecida a los documentos XML presenta menos contenido y por lo tanto es más fácil de leer y escribir, la información se organiza de manera jerárquica, esta forma de representar información está teniendo mucho auge al servir para compartir información entre arquitecturas cliente servidor y tiene soporte en muchos lenguajes de programación.

La diferencia entre XML y JSON se ve mejor con la comparativa presentada a continuación donde se ven dos formas de representar la misma información.

JSON

```
{ "employees": [
  { "firstName": "John", "lastName": "Doe" },
  { "firstName": "Anna", "lastName": "Smith" },
  { "firstName": "Peter", "lastName": "Jones" }
]}
```

XML

```
<employees>
  <employee>
    <firstName>John</firstName> <lastName>Doe</lastName>
  </employee>
  <employee>
    <firstName>Anna</firstName> <lastName>Smith</lastName>
  </employee>
  <employee>
    <firstName>Peter</firstName> <lastName>Jones</lastName>
  </employee>
</employees>
```

3.4 CONTENIDO DEL TUTORIAL

Ya hemos definido la arquitectura en la que estará construido el tutorial, también seleccionamos la información que le mostraremos a los usuarios y planteamos como van a interactuar los usuarios con el programa, el siguiente paso que tomaremos será la implementación del tutorial usando los datos mencionados. Para este paso, haciendo uso de la estructura que definimos (Sección 3.2), se implementó un formulario desde donde podremos dar de alta los datos del tutorial así como editarlos más adelante, esto nos facilita el registrar esta información la primera vez y permitirá que un usuario que quiera agregar, eliminar o editar información pueda hacerlo sin la necesidad de conectarse a la base de datos directamente (Casos de uso 1 y 2).

La herramienta que se desarrolló muestra un menú desde donde podemos modificar el contenido de cada sección así como agregar subsecciones que ayuden a estructurar la información como se puede ver en la figura 3.4.1, una vez habiendo seleccionada una sección, los botones y el formulario que mostramos se pueden ver en la imagen 3.4.2. El como un usuario interactúa con esta interfaz se describió anteriormente en el diagrama de secuencia mostrado en la figura 2.5.4.4, por lo que en esta sección nos limitaremos a mostrar el desarrollo de esa interfaz.

Aunque las opciones para navegar por la información son muy útiles, ya que permiten que el tutorial siga una estructura de forma que los temas estén bien organizados, es necesario mencionar la forma en que separamos el contenido es decir las secciones que creamos las cuales son:

- **Introducción:** Donde presentamos el tema y lo que esperamos lograr con el simulador.
- **Fibras Ópticas:** Donde damos una explicación de esta tecnología de manera general, explicando su funcionamiento, construcción y las leyes físicas que permiten su funcionamiento.
- **Usos de la fibra óptica:** Donde se profundiza el tema de las aplicaciones que tiene esta herramienta y en que situaciones resulta más adecuado su uso.
- **Aplicaciones futuras:** Aquí se menciona usos teóricos de la fibra óptica, así como aplicaciones que actualmente se encuentran en desarrollo en un laboratorio y que por lo tanto aún no cuentan con uso comercial.

3.5 INTERFAZ DE USUARIO

Se mencionó anteriormente que mediante el uso del framework de desarrollo Electron.io tenemos disponibles algunas herramientas que facilitan la implementación y presentación del proyecto haciendo uso de tecnologías web (en este caso css), tal es el caso de Photon, la herramienta que nos permite darle estilo a los componentes HTML mostrados en la interfaz del usuario. Esto significa que al tener por ejemplo una etiqueta de texto esta no aparece con su diseño default si no con uno que resulta más agradable y amigable para los usuarios. El cómo funciona esta herramienta se puede resumir en que, mientras el html define la estructura de la aplicación, es decir los componentes utilizados, el css se encarga de darle un estilo a estos componentes, esto se puede entender mejor al ver la figura 3.5.1.

```

<header class="toolbar toolbar-header">
  <h1 class="title">Header with actions</h1>

  <div class="toolbar-actions">
    <div class="btn-group">
      <button class="btn btn-default">
        <span class="icon icon-home"></span>
      </button>
      <button class="btn btn-default">
        <span class="icon icon-folder"></span>
      </button>
      <button class="btn btn-default active">
        <span class="icon icon-cloud"></span>
      </button>
      <button class="btn btn-default">
        <span class="icon icon-popup"></span>
      </button>
      <button class="btn btn-default">
        <span class="icon icon-shuffle"></span>
      </button>
    </div>
  </div>

```

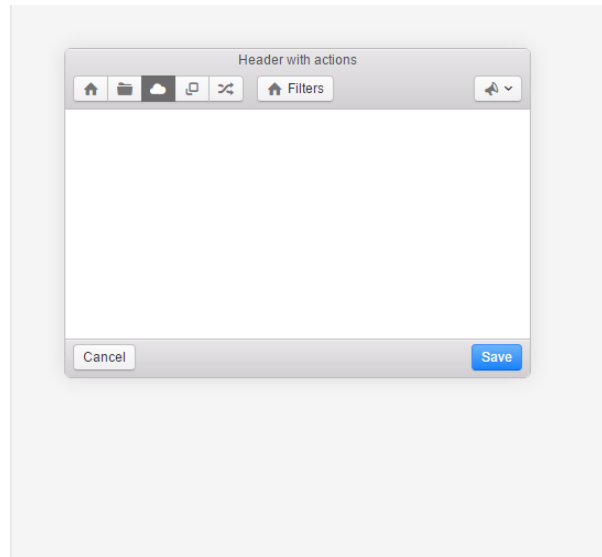


Figura 3.5.1: Definición de estructura HTML y resultado obtenido mediante el uso de CSS

Una vez entendida cual será la forma de implementar la interfaz que vera el usuario, se hizo uso de los prototipos que se expusieron en la sección 2.5.1, aquí tomamos estos bocetos tempranos y procedimos a crear una representación funcionar que se acerca que lo más posible al diseño que ya habíamos aceptado.

Aunque el HTML describe la estructura de la aplicación, este es estático, es necesario el uso de un sistema que permita modificar la estructura o html de la aplicación para mostrar información o elementos de la interfaz, o para capturar eventos que dispara el usuario como click, o pulsaciones de teclas [13]. Para esto se hizo uso del sistema de plantillas de AngularJS el cual nos permite ligar un elemento del DOM con una variable JavaScript, de esta se forma que los cambios en una variable javascript se presenten instantáneamente en el html o en interfaz que maneja el usuario.

Dado que en JavaScript podemos crear estructuras de datos, y dado que estas se pueden representar en el formato json, podemos aprovechar esta característica para realizar una conexión desde la base de datos con la estructura html, facilitándonos bastante la representación de la información.

Sin embargo poder enviar información de la base de datos a la interfaz de usuario y darle una presentación a esta no es suficiente poderoso para lograr el control. Es por eso que haciendo uso nuevamente de las ventajas del html, nos valemos de los eventos del DOM que presentamos a continuación y que podemos encontrar documentado en la página web de la world wide web consortium o W3C.

- onclick: Define una función que se llamara cuando el usuario de click en el elemento que tenga definida la función.

- onchange: Define una función que se llamara cuando el elemento que la defina cambie su valor por lo que solo es efectivo en elementos de tipo input.

3.6 IMPLEMENTACION DEL SIMULADOR

1) REPRESENTACION DE LOS COMPONENTES

Serán los distintos elementos que se presentaran en el ambiente virtual o simulador, desde la fibra óptica, pasando por los sensores y transmisores. La herramienta seleccionada para la implementación de diagramas **GoJS** organiza su estructura mediante componentes(los cuales pueden a su vez tener una organización interna) es decir tenemos una estructura en forma de árbol y las relaciones entre estos por lo que se puede decir que tendremos dos tipos de componentes:

- Nodos: En este caso representaran cada uno de los vértices que forman una red de información o red de fibra óptica.
- Conexiones: Representan las aristas o conexiones entre los diferentes nodos, al menos debe existir una conexión entre dos elementos para considerarse una red.

Como menciona Claudio Randhu [8], los elementos más importantes en un sistema de censado por fibra óptica son el transmisor, el dispositivo sensor, el medio de transmisión y el receptor. La selección adecuada de los componentes depende en gran medida de la aplicación en donde se trabaje, por esto y por los recursos limitados con los que contamos durante el desarrollo de este proyecto se decidió restringir el número de elementos disponibles en el simulador, estos se definen en la siguiente lista, además por tratarse de una interfaz de usuario, representamos estos componentes mediante los iconos de la figura 3.6.1.1.

- Fibra óptica: El medio por el cual estarán conectados los diferentes componentes y la encargada de guiar la información.
- Fuente de luz: Consiste en el elemento encargado de generar la señal que se enviara dentro de la fibra en forma de pulsos de luz, cualquier fuente de luz dirigida sirve.
- Receptor de luz: El componente final donde llega la señal que viaja por la fibra óptica, contiene elementos que son estimulados por los fotones de luz, esta se pasa luego al decodificador.
- Decodificador: el cual no incluiremos en la simulación, al haber un cambio de la señal digital a pulsos de luz, el proceso inverso debe aplicarse al recibir estos pulsos.

- Repetidor: Componente usado para recibir una señal que luego se amplifica para mandarla a otro dispositivo y evitar así que las pérdidas debiliten demasiado la señal y esta sea irrecuperable.
- Empalme: Conecta un tramo de fibra óptica con otro sin hacer más fuerte la señal, pues al contrario es altamente probable que la debilite pero son necesarios si el tramo de la fibra es muy corto y no se quiere hacer uso de un repetidor.



Figura 3.6.1.1 Representación de los elementos de la red

Como nota podemos mencionar que por falta de tiempo no hablaremos de los conectores o empalmes con los que se une la fibra con un transmisor o un receptor, ni tampoco incluiremos los empalmes entre dos tramos de fibra óptica, aunque ya hablamos brevemente de estos en la sección 1.7.

Las tipos de fuentes e luz(laser y led) se representan en la siguiente imagen, lo que se quiere lograr al incorporar distintos tipos de fuentes, dispositivos ópticos y la opción para variar parámetros como la frecuencia, el formato de modulación es conferir al modelo la flexibilidad suficiente para adaptarse a las necesidades de simulación que pueden tener los usuarios.

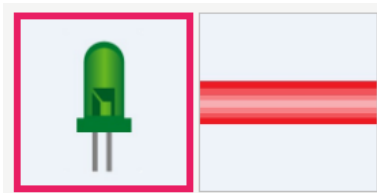


Figura 3.6.1.2 Representación de los dos tipos de fuente de luz

Como ya se mencionó el simulador está bastante inspirado en la herramienta simulink, donde creamos un modelo arrastrando bloques al editor, después conectamos estos bloques con líneas que representan señales para establecer relaciones matemáticas entre estos componentes, se puede variar los parámetros durante la simulación para ver distintos resultados.

3.7 IMPLEMENTACIÓN DEL TUTORIAL

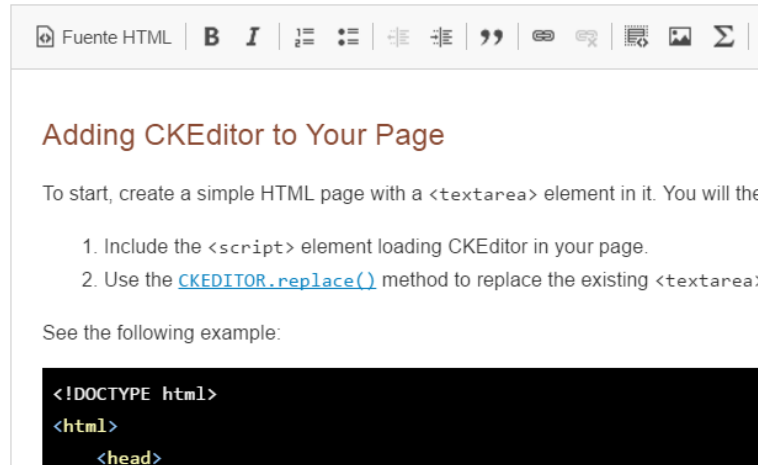
1) EDITOR DE CONTENIDOS

Durante el desarrollo de este proyecto se hizo evidente que, además de presentarle al usuario la información recopilada durante la etapa de investigación, también sería necesario brindarle al usuario una forma de modificar o actualizar esta información, ya que, el continuo avance de la mayoría de las tecnologías provocaría que los usuarios no cuenten con la información más reciente si esta no se actualiza constantemente, esto se planteó más ampliamente en la etapa de análisis de requisitos, así como la solución planeada se abordó en la fase de planeación, por lo que, en esta etapa nos limitaremos a mencionar la forma en la que implementamos esta solución.

Para comenzar es necesario recordar que el tutorial se divide en secciones, cada sección es una parte del tutorial, al igual que los capítulos de un libro, cada una de estas secciones se presenta mediante texto e imágenes, para ingresar el contenido de estas secciones se presenta un editor de texto basado en html muy parecido al programa Microsoft Word, aunque con menos características.

Anteriormente ya hemos mencionado las ventajas de usar tecnologías web, una de las cuales es que cuenta con gran cantidad de proyectos open source que se pueden integrar en una aplicación fácilmente, tal es el caso de **CkEditor**, una librería basada en javascript que nos ayuda en la tarea de construir un editor de texto, acompañada de esta librería también se utilizó otra llamada, `base64Image`, una librería que permite convertir una imagen en texto en base 64 evitándonos con esto la necesidad de usar un servidor de imágenes, pues todo se guarda en la base de datos como texto. Un ejemplo del uso de estas librerías se puede ver en la imagen 3.7.1.1, tratar de explicar su funcionamiento va más allá del alcance de este trabajo, por lo que nos limitaremos a mencionar que se basan en una interfaz construida en html, css y javascript, al igual que el resto de nuestra aplicación por lo que su utilización resultó muy simple.

Developer Site Editor



Fuente HTML | **B** *I* |

Adding CKEditor to Your Page

To start, create a simple HTML page with a `<textarea>` element in it. You will then:

1. Include the `<script>` element loading CKEditor in your page.
2. Use the [CKEDITOR.replace\(\)](#) method to replace the existing `<textarea>`

See the following example:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
```

Figura 3.7.1.1 Ejemplo de la librería CkEditor

CAPÍTULO 4

Resultados obtenidos

Una vez registrada toda la información en la plataforma, y tomando en cuenta como queremos presentarle los temas al usuario podemos dar una muestra de los resultados obtenidos. Aquí se describen las distintas opciones del menú y su funcionalidad, empezando por el menú principal Figura 4.1 donde podemos ver las opciones principales, que son, el tutorial, el simulador, la evaluación y el listado de usuarios.

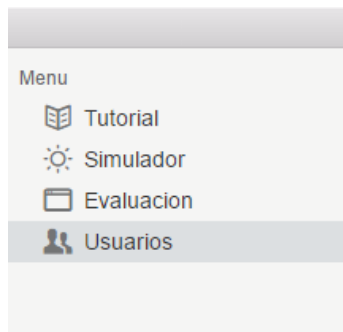


Figura 4.1 Menú con las opciones principales

Al entrar a la sección del tutorial se presentan los distintos temas que tenemos registrados Figura 4.2 así como las opciones para crear nuevos temas o subtemas, se muestra la opción para editar estas secciones y para eliminarlas si es necesario. Aquí es donde se pueden revisar los temas que redactamos en la etapa de investigación.



Figura 4.2 Navegacion por los capitulos del tutorial

Ya que algunas veces se necesita modificar o agregar mas informacion, de esto se hablo mas especificamente en la etapa de planeacion, presentamos un editor Figura 4.3 desde donde se puede agregar formato al texto u otros componentes como tablas y listas ademas de imágenes.

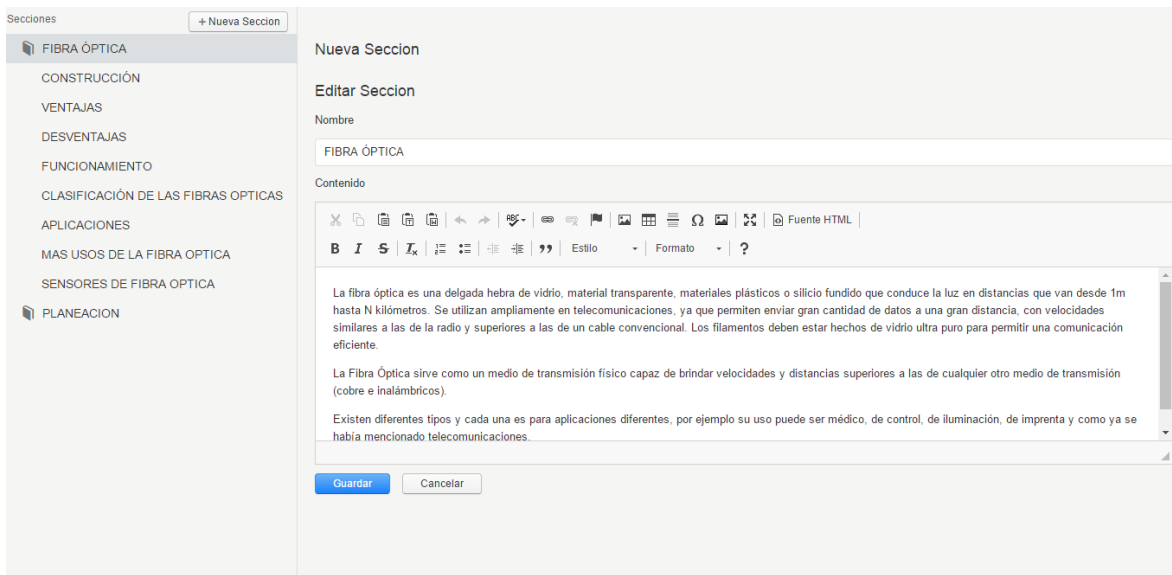


Figura 4.3 Editor del contenido de una seccion del tutorial

Para que el usuario pueda entender mejor el complejo funcionamiento de la redes de fibra optica la seccion del tutorial es un buen comienzo, una vez terminada esta seccion se pasa a la parte del un simulador donde podamos ver los componentes principales de una red de fibra optica, como se muestra en la Figura 4.4, aquí se ven las opciones para crear nuevas simulaciones, para agregar componentes a estas y eliminarlos, tambien podemos ver que cada componente cuenta con un icono distintivo y que estos se pueden conectar entre si para formar la red de fibra optica, como se menciona antes su funcionamiento sigue algunas reglas por ejemplo: un emisor no puede conectarse con otro emisor, el emisor solo tiene conexiones de salida, el receptor solo tiene conexiones de entrada, el repetidor tiene una conexión de entrada y una de salida. Al seleccionar uno de estos componentes en la parte inferior se visualiza informacion relacionada a este elemento para que de nuevo el usuario pueda recordar mas facilmente el funcionamiento de una red de fibra optica Figura 4.12.

GoJS evaluation
(c) 1998-2016 Northwoods Software
Not for distribution or production use
northwoods.com

Capacidad máxima de información en el rango de: 600 Mhz

Núcleo
Tamaño(micras):
Índice de Refracción:

Revestimiento
Tamaño(micras):
Índice de Refracción:

Apertura Numerica:

Frecuencia de Corte:

Frecuencia de Transmisión:

Numero de Modos:

Emisores opticos

Entre los emisores opticos tenemos a los diodos led y los diodos laser.

Diodos LED

Son fuentes de luz con emisión espontánea o natural (no coherente), son diodos semiconductores de unión p-n que para emitir luz se polarizan directamente.
La energía luminosa emitida por el LED es proporcional al nivel de corriente de la polarización del

Agregar Emisor
Agregar Receptor
Agregar Repetidor
Guardar

Figura 4.4 Interfaz del simulador con distintos elementos conectados entre si

Después de haber terminado de revisar los temas en la sección del tutorial y de haber repasado los conceptos básicos en el simulador le mostraremos al usuario una evaluación, sin embargo antes debimos haber registrado las preguntas para esta evaluación, esto se logra mediante el formulario presentado en la Figura 4.5 donde con un formulario se puede ingresar la pregunta y las respuestas posibles (si se trata de una pregunta de opción múltiple).

Fibras opticas Login

astico en lugar de vidrio para la construccion de la
mas rapido si se usa un diodo laser o un diodo led?
nuacion dentro de la fibra optica?
fiable para transmitir informacion, es decir presenta
r indice de refraccion el aire o el agua?
mas adecuado en ambientes con altas temperatur
o monomodo se puede conectar con una fibra de
a al realizar un empalme de fibra optica?
fice de atenuacion nulo, cual es la distancia limite
l de fibra optica?
miento las conexiones de fibra optica?
idencia de un rayo de luz es muy grande?
entre dos materiales con el mismo indice de refrac
pasa si el indice de refraccion del recubrimiento es
de usarse como un: Emisor de luz, Receptor de luz
s de luz en informacion entendible
res es imposible de construir usando solamente fit
flexion y refraccion?
e para indicar un BIT de valor 1. La ausencia de un
una tramo de fibra optica con dos empalmes que co
) y un cable de fibra optica y ambos envian la mism
acion dentro de la fibra optica?
te muchos dobleces la señal se puede perder?
de luz utiliza energia electrica?
una distancia muy grande tenemos un cable de fit

Nueva Pregunta

Pregunta

Contenido

✂ 📄 📁 📄 📄 🔍 ↶ ↷ ABC 🔊 🔇 📧 🖨 📑 ☰ Ω 🔄

Fuente HTML

B **I** **S** **I** $\frac{1}{x}$ $\frac{1}{x^2}$ $\frac{1}{x^3}$ $\frac{1}{x^4}$ $\frac{1}{x^5}$ $\frac{1}{x^6}$ $\frac{1}{x^7}$ $\frac{1}{x^8}$ $\frac{1}{x^9}$ $\frac{1}{x^{10}}$ Estilo - Formato - ?

Tipo

Figura 4.5 Formulario para registrar preguntas

Cuando tenemos guardadas las preguntas estas se pueden revisar en la seccion de preguntas Figura 4.6 pero donde tiene mas sentido ver estas preguntas es en la seccion de evaluacion.

Fibras opticas

Opciones

- [🏠 Preguntas](#)
- [🏠 Nueva evaluacion](#)
- [🏠 Resultados Evaluacion](#)

+ Nueva pregunta

ID	Pregunta
Pregunta 2	Cual es la ventaja de usar plastico en lugar de vidrio para la construccion de la fibra optica?
Pregunta 3	La informacion se transmite mas rapido si se usa un diodo laser o un diodo led?
Pregunta 4	Cue es lo que provoca la atenuacion dentro de la fibra optica?
Pregunta 5	Que tipo de fibra es mas confiable para transmitir informacion, es decir presenta una menor perdida de informacion: monomodo, multimodo?
Pregunta 6	Que sustancia tiene un mayor indice de refraccion el aire o el agua?
Pregunta 7	Que tipo de conexion resulta mas adecuado en ambientes con altas temperaturas? Cableado de cobre o fibra optica?
Pregunta 8	Una fibra con conexion de tipo monomodo se puede conectar con una fibra de tipo multimodo?
Pregunta 9	Cual es el principal problema al realizar un empalme de fibra optica?
Pregunta 10	En un medio ideal con un indice de atenuacion nulo, cual es la distancia limite que puede viajar la fibra optica?
Pregunta 11	Se puede interferir una señal de fibra optica?
Pregunta 12	Porque necesitan un recubrimiento las conexiones de fibra optica?
Pregunta 13	Que pasa si el angulo de incidencia de un rayo de luz es muy grande?
Pregunta 14	Cuando un haz de luz incide entre dos materiales con el mismo indice de refraccion hacia donde se dirige el haz de luz?
Pregunta 15	Dentro de la fibra optica que pasa si el indice de refraccion del recubrimiento es mayor al del nucleo
Pregunta 16	Una sensor fotoelectronico puede usarse como un: Emisor de luz, Receptor de luz
Pregunta 17	Como se convierten los haces de luz en informacion entendible
Pregunta 18	Cual de los siguientes sensores es imposible de construir usando solamente fibra optica:
Pregunta 19	Cual es la diferencia entre reflexion y refraccion?
Pregunta 20	Un pulso de luz puede usarse para indicar un BIT de valor 1. La ausencia de un pulso puede usarse par a indicar un BIT de valor 0.
Pregunta 21	Si tenemos un diodo laser y una tramo de fibra optica con dos empalmes que componente falta para poder enviar una señal de fibra optica?
Pregunta 22	Si tenemos un cable electrico y un cable de fibra optica y ambos envian la misma cantidad de informacion por segundo, por que la señal de la fibra optica viaja mas rapido?
Pregunta 23	Que es lo que causa la atenuacion dentro de la fibra optica?
Pregunta 24	Si el cable de fibra optica tiene muchos dobleces la señal se puede perder?
Pregunta 25	Un repetidor para una señal de luz utiliza energia electrica?
Pregunta 26	Para transmitir una señal en una distancia muy grande tenemos un cable de fibra optica que cubre la mitad de la distancia y un cable de cobre que cubre la otra mitad.
Pregunta 27	Podemos usar un foco comun para transmitir informacion mediante la fibra optica?

Figura 4.6 Lista de preguntas guardadas

Cuando un usuario se encuentra logeado, este tiene acceso a la seccion de evaluacion Figura 4.7, aquí se le mostraran 10 preguntas aleatorias de las 100 hemos registrado previamente, garantizando de esta manera que cada evaluacion sea distinta entre usuarios. Las preguntas que se muestran pueden ser de respuesta libre o de opcion multiple. Aquí podemos mencionar que validamos que el usuario conteste todas las preguntas antes de guardar, una vez completada la evaluacion esta se guarda con los resultados y estos se muestran en la siguiente seccion.

The screenshot shows a web application interface for 'Fibras ópticas'. On the left, there is a sidebar with 'Opciones' and three menu items: 'Preguntas', 'Nueva evaluación' (highlighted), and 'Resultados Evaluacion'. The main content area is titled 'Nueva evaluación' and contains seven numbered questions, each followed by a text input field:

- Num 1: Un pulso de luz puede usarse para indicar un BIT de valor 1. La ausencia de un pulso puede usarse par a indicar un BIT de valor 0. Como se podría transmitir informacion si el pulso de luz fuera siempre constante es decir 1
- Num 2: Que es lo que causa la atenuacion dentro de la fibra optica?
- Num 3: Si la luz rebota al chocar con la superficie de la fibra para enviar una señal, como es posible que la luz "entre" dentro de la fibra si para esto tiene que chocar con su superficie?
- Num 4: Para poder almacenar la informacion enviada como haces de luz se usan memorias opticas. Es esto correcto?
- Num 5: En un medio ideal con un índice de atenuacion nulo, cual es la distancia limite que puede viajar la fibra optica?
- Num 6: Cuales son las formas de modular una señal dentro de la fibra optica?
- Num 7: Que pasa con la señal dentro de la fibra optica si esta tiene muy pocos acoplamientos?

Figura 4.7 Cuestionario al final del tema

Sección de resultados, en esta sección se expone al usuario los resultados obtenidos en su evaluación pudiendo ver la información ingresada así como la pregunta y si esta es correcta o incorrecta.

The screenshot shows the 'Resultados Evaluacion' section of the web application. The sidebar on the left has 'Resultados Evaluacion' highlighted. The main content area is titled 'Respuestas:' and displays two examples of questions and answers:

- Pregunta: Cual es la ventaja de usar plastico en l
- Respuesta: Claro que no
- Correcta
- Pregunta: La informacion se transmite mas rapidc

Figura 4.8 Resultados de la evaluación (Mis resultados)

Finalmente para el caso de los usuarios con permiso de administrador, por ejemplo un maestro, les damos la posibilidad de ver un listado los diferentes usuarios que tenemos registrados así como la opción para crear nuevos, una vez que uno de ellos ha realizado su evaluación también podemos ver el resultado de esta.

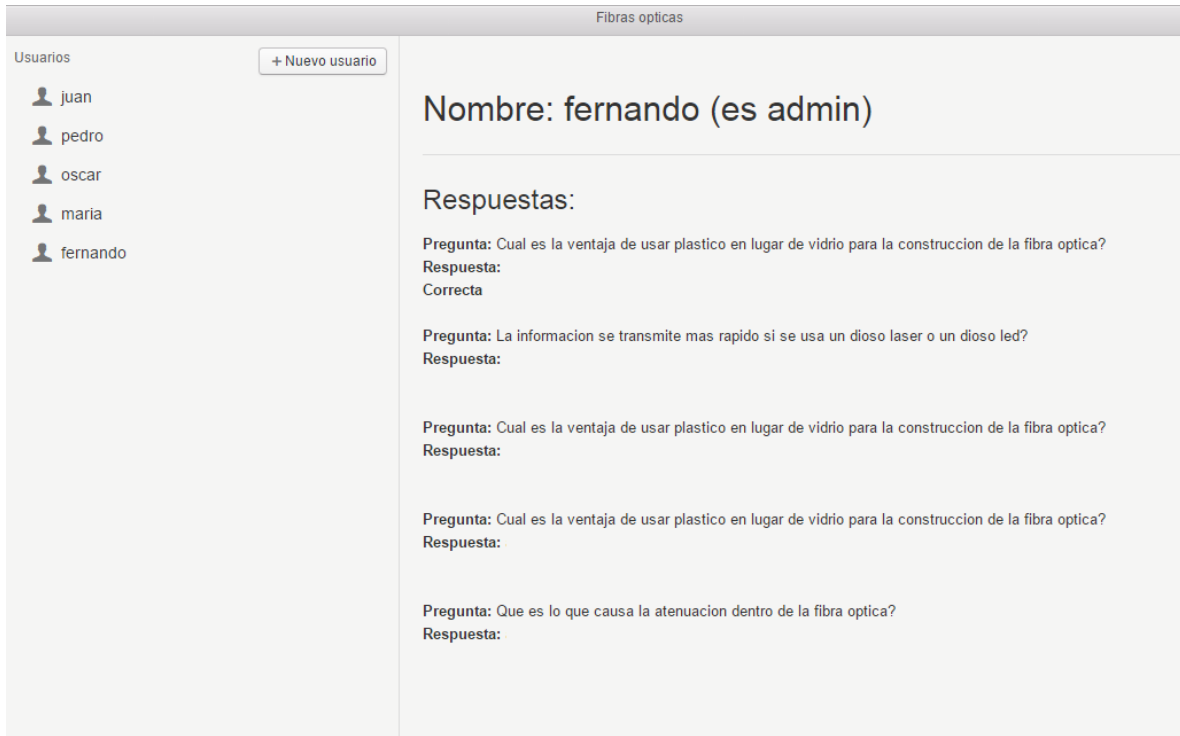
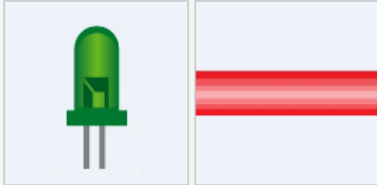


Figura 4.9 Listado de usuarios con los resultados de la evaluación

En la siguiente imagen se muestra la interfaz del simulador desde donde los usuarios podrán variar los parámetros de la fibra, para ver los distintos funcionamientos y cambios en la capacidad de transmisión de la fibra estos pueden ser:

- Tamaño del núcleo
- Tamaño del revestimiento
- Índice de refracción del núcleo
- Índice de refracción del revestimiento
- Apertura numérica
- Frecuencia de corte
- Frecuencia de transmisión
- Numero de modos(monomodo, multimodo)



Capacidad maxima de informacion en el ranfo de:

Nucleo	Revestimiento
Tamaño(micras) <input type="text"/>	Tamaño(micras) <input type="text"/>
Indice de Refraccion <input type="text"/>	Indice de Refraccion <input type="text"/>
Apertura Numerica: <input type="text"/>	
Frecuencia de Corte: <input type="text"/>	
Frecuencia de Transmisión: <input type="text"/>	
Numero de Modos: <input type="text"/>	

Figura 4.10 Interfaz para variar los parámetros de conexión

Ya que se decidió usar dos tipos de modos para la fibra óptica esta también debe representarse de manera distinta para evitar confusiones, a continuación se muestra una imagen con los dos tipos de fibra y con diferente frecuencia de transmisión.

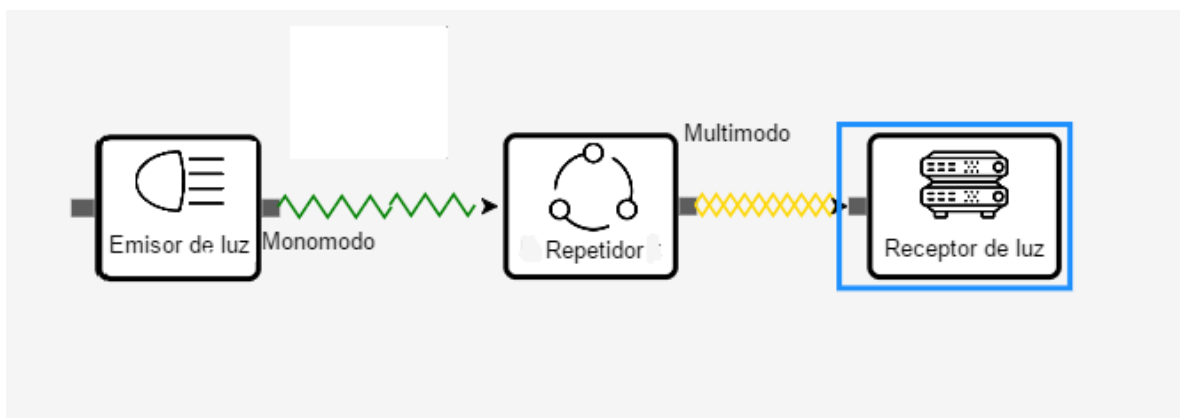


Figura 4.11 Representación de la fibra monomodo y multimodo, el color representa una frecuencia distinta

Para agregar nuevos componentes se muestran distintos botones como se ve en la siguiente figura que al seleccionarlos muestran un nuevo componente en el simulador, por tratarse de una solución más complicada de implementar se descartó la opción de arrastrar elementos al simulador.



Figura 4.11: Botones para agregar nuevos componentes al simulador

Ya que al usar el simulador algunas de sus opciones pueden ser difíciles de entender, se decidió presentar información de los componentes del tutorial al seleccionarlos, por ejemplo al seleccionar el input de apertura numérica se muestra información referente a este tema.

Capacidad máxima de información en el rango de: 600 Mhz

Núcleo	Revestimiento
Tamaño(micras)	Tamaño(micras)
Índice de Refracción	Índice de Refracción

Apertura Numérica:

Frecuencia de Corte:

Frecuencia de Transmisión:

Numero de Modos:

Apertura numérica

La apertura numérica denota el ángulo máximo de incidencia, $\alpha_{\text{máx}}$ con el cual toda la luz incidente es propagada por el interior de la fibra sin que se produzca refracción, solo hay rayo reflejado.

Es lo que se denomina el fenómeno de la reflexión total, que constituye el principio fundamental para entender el comportamiento de la fibra como una guía de ondas.

Para un ángulo superior de incidencia se perderá la luz incidente por refracción.

El concepto de apertura numérica se usa para describir la potencia colectora de luz de la fibra y para calcular la eficiencia de acople fuente/fibra.

También se puede ver como el cono de aceptación de luz de la fibra, y equivalentemente, el cono de divergencia que sufre el haz de luz cuando este sale de la fibra como se ve en la siguiente imagen:

Está definido como:

$$NA = \text{sen } \alpha_{\text{máx}} = \sqrt{n_n^2 - n_r^2}$$

Figura 4.12 Al seleccionar un componente se muestra más información referente a este

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Como conclusión podemos decir que la realización de plataformas de software educativo presenta menor dificultad si esta se realiza con el apoyo de software especializado. En este caso la arquitectura escogida para la tarea resulto de gran utilidad, aunque aún es necesario analizar qué tan útil encuentran la interfaz los usuarios finales. Durante el desarrollo de software educativo (así como en muchos otros) es necesario tener etapas de pruebas tanto para la parte funcional del software (que el software se comporte de la manera esperada), como para la parte operativa del mismo. Se requiere probar el software con sujetos reales que puedan evaluar la efectividad de este para así estar seguros si obtuvimos el resultado que esperamos lograr, que son: explicar el uso y aplicaciones de las fibras ópticas de una manera dinámica, representar una red de fibra óptica mediante un simulador y poder evaluar los conocimientos adquiridos de manera más eficiente.

Repasamos brevemente el desarrollo del simulador y sus distintas etapas. El primer paso consistió en proponer una metodología de diseño de un sistema o una forma de trabajo, después continuamos con los requerimientos de los usuarios para sugerir una solución que cumpla con sus necesidades, para estar seguro de esta solución se expusieron las distintas alternativas que se consideraron y mencionamos el porqué de la alternativa escogida, en la parte del simulador se dieron a conocer las características básicas de cada uno de los componentes tales como los transmisores y receptores de luz, así como los distintos tipo de sensores que existen y usos de cada uno de ellos, por último se habló de los tipos de fibra óptica que hay, sus propiedades básicas y las leyes físicas que permiten su funcionamiento.

Para la investigación realizada sobre el tema presentado podemos concluir que se expusieron ejemplos de uso de fibras ópticas poco conocidos sobre el tema dada la falta de documentación. Realizamos una investigación desde distintas fuentes enfocando esta en las aplicaciones de la fibra óptica, durante esta investigación resulto de gran ayuda las tesis que revisamos pues estas ya reunían bastante información que necesitábamos para nuestro proyecto. Es por esto que este proyecto será de utilidad, dado que se expone la información más relevante de muchas fuentes, ya que esta no se encontraba recopilada o agrupada de alguna manera, aunque existen investigaciones sobre fibra óptica muy pocas se enfocan en las aplicaciones más allá de la transmisión de información.

El presenta trabajo cuenta con características antes vistas en otros proyectos (los cuáles se mencionaron en la sección 2.2), no obstante una investigación de este tipo debe generar nuevo conocimiento, es así que la razón del trabajo presentado responde a la siguiente pregunta:

¿Cuál es el aporte que obtenemos al realizar un proyecto de esta manera?

Aunque anteriormente ya se habló del enfoque que tiene este proyecto y las ventajas que presentan las herramientas utilizadas, se resume nuevamente el objetivo que en un principio se pretendía lograr:

- Poder acceder a la información en cualquier momento sin necesidad de conexión a internet o una plataforma específica.
- Mantener actualizados los datos constantemente, es decir contar siempre con la última versión de la información pero que esto sea transparente al usuario, otras opciones como descargar archivos pdf tienen la desventaja de solo poder realizarse manualmente, además de la necesidad de compartirlo mediante envío por correo o un servidor que pueda alojar archivos. Otra ventaja al uso de archivos estáticos es que se muestra una mejor organización de los temas que se presentan, así como recursos multimedia que no estarían presentes en archivo de documento estático hállese de audios y videos.
- La integración de un ambiente virtual (un simulador) para realizar pruebas y practicar el conocimiento adquirido hace el aprendizaje mas dinámico, dado que se da la opción de que el usuario cree su propio contenido en lugar de solo consumirlo, pudiendo además interactuar con él y en última instancia poder crear una red de fibra óptica real apoyándose en la simulación.
- La inclusión de una forma de evaluación basada en el contenido del tutorial con la posibilidad de administrar a las personas que están estudiando el tema nos proporciona un tener un mejor control sobre los estudiantes y con esto un mayor margen de mejora.

Con esto se espera lograr que el usuario tenga una buena visualización de las opciones que se tienen y de las ventajas y desventajas que cada elección presenta durante el desarrollo de una red de fibra óptica así como los problemas que intervienen en el diseño de un sistema como este.

En futuros trabajos podríamos agregar el cálculo de más parámetros importantes como son el ruido, la atenuación, y dispersión así como una variedad de degradaciones adicionales que aparecen en sistemas reales bajo ciertas condiciones como son los fenómenos de intermodulación o efectos no lineales en la fibra, empalmes y dobleces.

5.1 MANTENIMIENTO

Una de las secciones posteriores a cualquier proyecto se refiere específicamente a posibles extensiones de este, dado que uno de los requisitos planeados era permitir se agreguen nuevos datos como temas al tutorial y preguntas para evaluar el mismo. Por medio de la documentación proporcionada y atinada del software se

pueden presentar las vías para el mantenimiento y modificaciones del mismo, de tal manera que este mismo documento pueda utilizarse posteriormente como referencia al cómo deben desarrollarse aplicaciones que sigan la metodología que este proyecto propone.

También podemos mencionar que las herramientas en las que nos apoyamos para el desarrollo de este software no son las únicas alternativas(al no ser software especializado) por lo que lo que se pretendió resaltar durante la implementación de esta aplicación es la arquitectura de estas herramientas y no las herramientas en sí, permitiendo de esta manera sustituirlas si es necesario, solo manteniendo las interfaces que hayamos definido.

5.2 DOCUMENTACION

El presente trabajo describe las distintas etapas en el desarrollo de un sistema, desde la etapa de investigación y planeación hasta la etapa de implementación y resultados, es por esta razón que no presentamos la documentación en un documento externo pues se da por entendido que esta información ya se incluye dentro de la tesis donde estos temas son tratados. En esta sección se expone la posibilidad de utilizar este documento como base para crear proyectos similares, pudiendo tomar como base la arquitectura desarrollada o las herramientas utilizadas, pues se habló brevemente de como incluimos cada una de estas en el sistema.

La siguiente bibliografía incluye los trabajos mencionados así como recursos relacionados con el tema.

Bibliografía

1. Grassi Marangione F., (2007). Modelo simulink para redes de comunicaciones ópticas multiservicio. Ortega Tamarit, B. dir. ; Mora Almerich, J.
2. Harr y J. R. Dutton, (1998), Understanding Optical Communications, IBM Corporation. ISBN: SG24-5230-00.
3. Murata, H. (1996). Handbook of optical fibers and cables. New York, N.Y: M. Dekker.
4. Bastidas Mora, Henry Arturo, Barahona Varela, Fabián, CÁLCULO DE LAS FRECUENCIAS DE CORTE EN FIBRAS ÓPTICAS DE ÍNDICE ESCALONADO, UTILIZANDO MATLAB. Ciencia e Ingeniería Neogranadina 2012, 22, [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2017]. ISSN 0124-8170
5. K. Thyagarajan, Ajoy Ghatak, (2007), Fiber Optic Essentials, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 0470097426.

6. j. daking and b culshaw(eds.) optical fiber sensors principles an components
7. Senior, John M., and M Y. Jamro. Optical fiber communications: principles and practice. Harlow, England New York: Financial Times/Prentice Hall, 2009, pp 99.
8. Claudio Randhu. (2001). La tecnología de los sensores de fibra óptica (Tesis de Grado). Universidad Autónoma de Nuevo León.
9. Pressman, Roger S., Víctor Olguín, and Javier Brito. Ingeniería del software: Un enfoque práctico. México: McGraw-Hill, 2010. Print.
10. Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, Pilar Baptista Lucio, (2006), Metodología de La Investigación, Instituto Politécnico Nacional, Estado de México.
11. Daniel Alejandro, V. (2004). Tutorial Interactivo de Geometría Descriptiva con Efectos 3D (Tesis de pregrado). BUAP, Puebla, Pue.
12. Fuentes, Joaquín F. (2003). Realidad virtual aplicada al tratamiento del trastorno de lateralidad y ubicación espacial (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla, México.
13. McFarland, David S. JavaScript & jQuery. Sebastopol, Calif: O'Reilly, 2011. Print.
14. b. culshaw, optical fiber sensing and signal processing
15. Chodorow, Kristina, and Michael Dirolf. MongoDB: the definitive guide. Sebastopol, Calif: O'Reilly Media, 2010.
16. Doebelin, Ernest O. Sistemas de medición e instrumentación: diseño y aplicación. México: McGraw-Hill, 2005. Print.
17. Rossi, Bruno B., and Enrique A. Alessio. Fundamentos de óptica: un estudio sistemático de los fenómenos de la óptica física, electromagnética y cuántica. Barcelona México: Reverte, 1978. Print.

Apéndice A

A continuación se describe una serie de conceptos usados durante la documentación de este proyecto que nos ayuda a evitar ambigüedades.

1. En física la **deflexión** se produce cuando un objeto colisiona y rebota contra otra superficie.
2. Actuador: Elemento que recibe una señal y que realiza una acción con esta, ya sea una acción física como el movimiento de un motor, una acción que cambie el aspecto del elemento como prender un led, o cambie el estado de este, como aumentar un contador interno.
3. Usuarios: Son aquellos que van a aprender o educar mediante el uso de esta aplicación pueden ser los estudiantes o los alumnos.
4. Contenido: Es lo que se va a aprender o explicar. Para este proyecto se establece que lo que se va a aprender es el uso y aplicaciones de la fibra ópticas.
5. APD.- (Avalanche Photodiode), Fotodiodo de avalancha, dispositivo óptico que convierte la señal óptica en señal eléctrica

6. Apertura numérica. - Es la medida de la habilidad de aceptación de la luz de la fibra. La luz será aceptada y propagada si entra al núcleo en un ángulo mayor al ángulo crítico.
7. Dispersión Cromática. - Retardo en el tiempo que experimenta el haz de luz a través de la fibra óptica monomodo.
8. Dispersión Modal. - Característica despreciable la cual está en función del diámetro del núcleo, frecuencia y longitud de la fibra.
9. Índice de Refracción. - Es la razón de la velocidad de la luz en el vacío para la velocidad de la luz en ese material.
10. Modos de Propagación. - Se refiere en esencia a los cambios ópticos que sigue la luz dentro de la fibra. Se determina básicamente de acuerdo a la frecuencia, el diámetro del núcleo y la variación del índice de refracción.
11. Pérdidas Extrínsecas. - Pérdidas causadas por desalineamiento mecánico de la unión de las fibras ópticas.
12. Pérdidas Intrínsecas. - Ocasionadas por la geometría de la fibra y sus características de diseño.
13. Refracción. - Cambio de dirección que experimenta un haz de luz al cambiar de un medio de propagación a otro.
14. Reflexión. - Cambio de trayectoria que experimenta un haz de luz al incidir en una superficie reflectora
15. Velocidad de Propagación. - Velocidad de las ondas de luz dependiendo del medio en el que se encuentren